

Capítulo 12

Introdução à robótica

A robótica tem por objetivo liberar o ser humano de tarefas difíceis e repetitivas. Inúmeros recursos destinados ao desenvolvimento e pesquisa em robótica começaram a obter bons resultados.

Essa ciência surgiu como resultado de intensa pesquisa na área de computadores, ainda está em desenvolvimento e abrange as áreas de controle e inteligência artificial. Para a inteligência artificial, o robô deverá, por si, só tomar decisões e identificar os objetos a seu redor. Ela depende de computadores que possam funcionar como cérebros: pequenos, sofisticados, rápidos, com grande espaço de memória, com baixo consumo de energia e capacidade de analisar situações complicadas.

O avanço da robótica pode levar a situações em que as indústrias poderão trabalhar continuamente, sem que pessoas participem de sua linha de produção, que será controlada por computadores, robôs e sensores. Assim, o planejamento de processos poderá ser feito por um computador central, identificando e corrigindo falhas, como sempre vemos em filmes de ficção científica. As poucas pessoas presentes serão incubidos do gerenciamento do processo produtivo. A verificação desse cenário depende de outras questões que vão além da capacidade tecnológica para sua instalação e dependem também de questões sociais e econômicas. Evidentemente, essas implicações fogem ao escopo deste livro, que pretende apresentar conceitos básicos sobre a robótica e as vantagens de sua aplicação nos processos produtivos.

A maioria dos robôs é feita para uma função específica, mas existe uma minoria composta por um cérebro positrônico, podendo desenvolver várias atividades com criatividade.

O termo *robot* nasceu da palavra tcheca *robotnik*, que significa trabalho forçado, e apareceu pela primeira vez na peça de teatro *RUR – Robôs universais de Rossum*, do escritor e teatrólogo tcheco Karel Capek, por volta de 1921.

Décadas atrás, os robôs faziam parte apenas da ficção científica e eram fruto da imaginação do homem.

Existem registros de várias animações mecânicas, como o leão animado de Leonardo da Vinci e suas máquinas que tentavam reproduzir o voo das aves.

Mas foi George Devol, pai da robótica industrial, que, com a construção de robôs no século XX, aumentou a produtividade e melhorou a qualidade dos produtos.

Os robôs dos anos 1960 eram destinados a executar tarefas que o ser humano não podia realizar, pois envolviam ambientes de trabalho com altos níveis de calor, ruído, gases tóxicos, esforço físico extremo, trabalhos monótonos.

12.1 Robôs e medicina

Paraplégicos voltam a andar com exoesqueleto. A frase, que poderia ser retirada de um título de artigo na imprensa, diz respeito a uma pesquisa que está em desenvolvimento. A pesquisa de exoesqueleto computadorizado ajuda paraplégicos nas atividades diárias, até então impossíveis de serem realizadas. O exoesqueleto é composto de apoios motorizados para pernas, sensores corporais e mochila com uma caixa de controle computadorizada, baterias recarregáveis e controle remoto preso no pulso. No dispositivo experimental, é por esse controle que a pessoa escolhe ficar de pé, sentar, caminhar, descer ou subir escadas. O movimento do corpo para a frente ativa os sensores corporais e coloca as pernas robóticas em movimento (figura 12.1).



Figura 12.1

Exoesqueleto robótico experimental.

No nível de desenvolvimento atual, o sistema ainda precisa de muletas para ajudar com o equilíbrio, mas já é uma grande conquista.

Amit Goffer, fundador da Argo Medical Technologies, empresa de alta tecnologia em Israel, é o engenheiro criador.

12.2 Robôs pessoais

Os robôs pessoais são máquinas cuja ocupação está voltada para serviços domésticos e em ambientes comerciais, como restaurantes, escritórios, lojas.

Embora o mercado para esses robôs seja amplo, atualmente, fatores como alto custo, segurança (pela proximidade com pessoa), e precisão (pela necessidade de mobilidade) não permitem maiores investimentos nessa área.

Nessas aplicações, a exigência de processamento e emprego de sensores sofisticados para realização adequada das tarefas têm limitado, por questões econômicas, ao menos temporariamente, o uso de robôs pessoais em larga escala.

12.3 Robôs inteligentes

Os robôs inteligentes são controlados por computador e capazes de tomar decisões em tempo real. Avanços significativos têm surpreendido até os mais céticos. (Ver figura 12.2).

Figura 12.2
Robô Da Vinci.



MARK CLIFFORD / © 2011 INTUITIVE SURGICAL INC.

No Hospital Sírio-Libanês, em São Paulo, no fim de março de 2008, foi realizada com sucesso a primeira cirurgia robótica no Brasil. O “robô-cirúrgico” se chama Da Vinci. É um dos primeiros e mais modernos sistemas robóticos para cirurgias do mundo. Possui tecnologia capaz de proporcionar imagens

tridimensionais do paciente durante a operação. Combina computador e tecnologia robótica, criando uma nova categoria de tratamento cirúrgico, que imita os movimentos humanos. Infelizmente, o robô Da Vinci não é capaz de operar nenhum paciente sozinho. Ele depende das mãos de um cirurgião habilidoso para controlá-lo durante o procedimento cirúrgico.

Apesar do extraordinário avanço tecnológico da robótica, ainda são muito limitadas as aplicações com inteligência artificial. Não há nenhum dispositivo inventado pelo ser humano que seja capaz de tomar decisões por conta própria. Diversos algoritmos matemáticos e dispositivos têm sido desenvolvidos em busca desse ideal, ainda distante.

12.4 Robôs precursores de um futuro próximo

Alguns robôs, como o Hero 1 (figura 12.3) e o Androbot (figura 12.4) já foram oferecidos ao mercado e são os precursores de modelos mais sofisticados.

Hero 1, fabricado pela Heatch Company, pode movimentar-se por uma sala por meio de comando computadorizado.



© ROGER RESS/MEYER/CORBIS/CORBIS (DO)/LATINSTOCK

Figura 12.3

Robô Hero 1.

Possui um único braço articulado, que pode pegar objetos pequenos, sensor ultrassônico para detectar obstáculos e sons e sintetizador de voz.

O Androbot, chamado BOB (*brain on board*, cérebro sobre placa), foi projetado pela Nolan Bushell. É dotado de controle computadorizado, sintetizador de voz e três microprocessadores. Sua locomoção é possível porque é montado sobre um sistema de rodas.

Figura 12.4
Robô Androbot I.



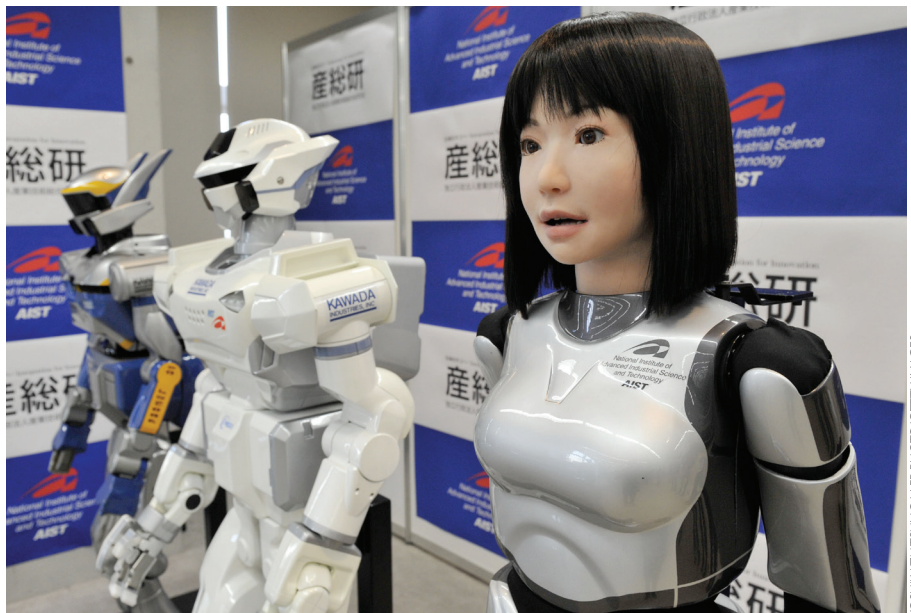
© ROGER RESSMEYER/CORBIS/COORBIS (DC)/LATINSTOCK

A figura 12.5 retrata um androide feminino (robô experimental) com 1,58 m de altura e 43 quilos. Comparado a um ser humano normal, o androide anda com alguma dificuldade. Também é capaz de reproduzir algumas expressões faciais.

O robô humanoide foi feito pelo National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. Sua saudação é:

“Olá a todos, sou humana cibernética HRP-4C”.

Figura 12.5
Robô humanoide do
National Institute of
Advanced Industrial
Science and Technology.



YOSHIKAZUTSUNO/AFP PHOTO/GETTY IMAGES

A robótica entrelaça tecnologias como a mecânica, eletrônica, computação, microeletrônica e inteligência artificial.

Existem pesquisas para desenvolvimento de robôs que atuem nas mais diversas áreas, como combate a incêndios, exploração submarina, mineração e até fabricação de outros robôs.

As máquinas robóticas podem ser classificadas segundo a aplicação, de acordo com a cadeia cinemática, quanto ao tipo de atuadores, quanto à anatomia etc.

O termo robô possui significado amplo que pode representar um veículo autônomo, um humanoide ou um simples braço com movimentos.

Em relação ao grau de interatividade com agentes externos, os robôs podem ser classificados em totalmente autônomos, programáveis, sequenciais ou inteligentes.

12.5 Gerações de robôs

Os robôs também podem ter uma classificação cronológica. Com o avanço da tecnologia permitindo o desenvolvimento de várias estruturas, apareceu a necessidade de classificar os robôs de acordo com a época de sua criação, situando-os no tempo.

Primeira geração – Os robôs são dotados apenas de sensores, operam em um ambiente estruturado e possuem sequência de operação fixa, o que permite que executem sempre a mesma tarefa. Exemplo: “braços” para coleta de amostras submarinas.

As figuras 12.6 e 12.7 são exemplos de robôs com aplicação submarina atual.

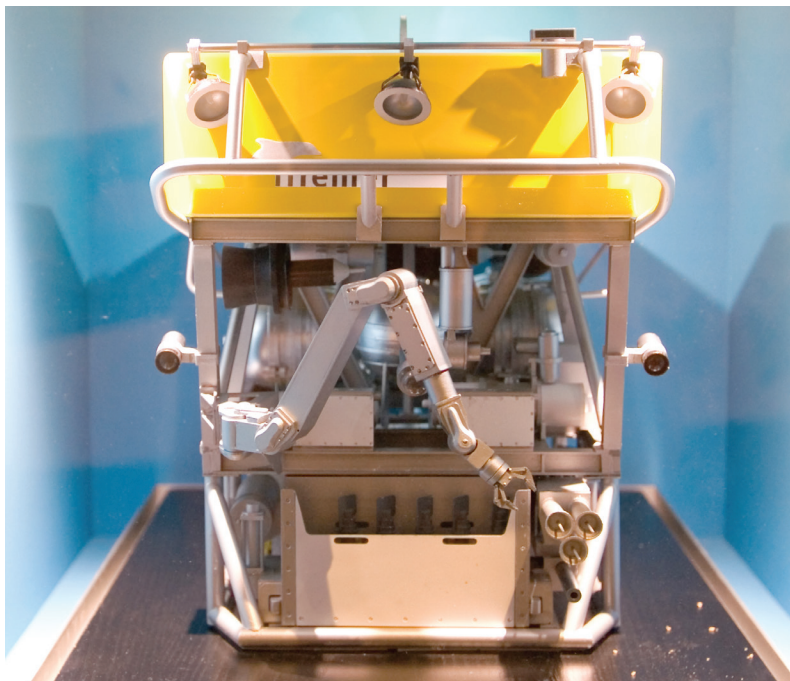
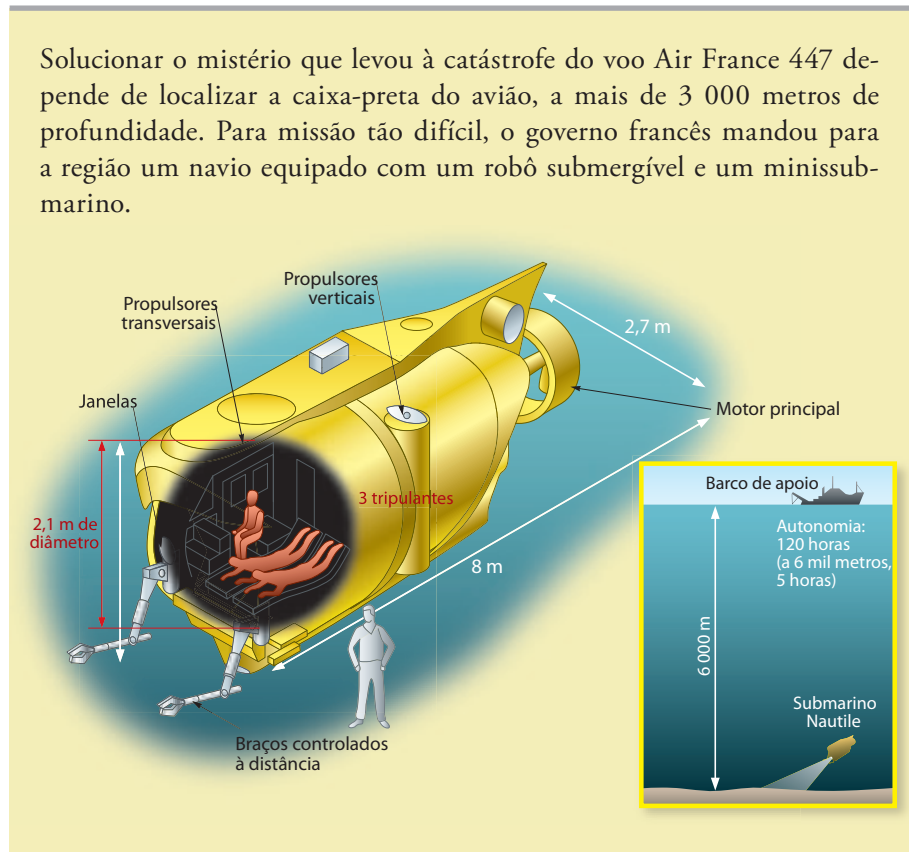


Figura 12.6

O robô submersível Victor 6000.

Figura 12.7

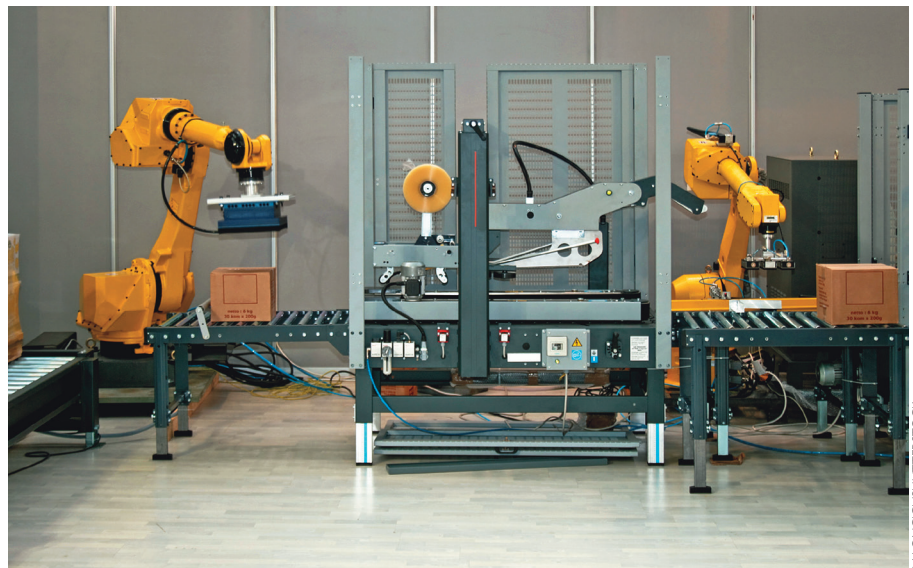
Com capacidade para três pessoas, o submarino Nautilo já explorou o Titanic.



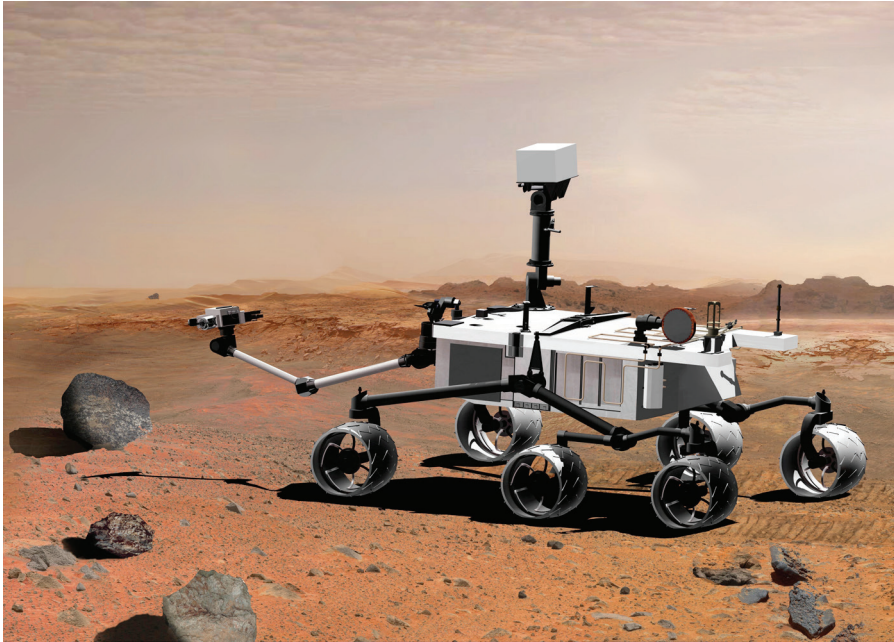
Segunda geração – São robôs dotados com sensores internos e externos para que percebam o ambiente; possuem atuadores pneumáticos, hidráulicos ou elétricos. Exemplo: manipuladores (ver figura 12.8).

Figura 12.8

Robô manipulador de objetos.



Terceira geração – Os robôs fazem uso intensivo de sensores, de algoritmos de percepção e de controle inteligente. O robô de terceira geração comunica-se com outras máquinas, toma decisões autônomas diante de situações não previstas e atua em ambiente não completamente estruturado. Exemplo: robôs utilizados em missões espaciais, ou exploradores (ver exemplo na figura 12.9).



NASA PLANETARY PHOTO JOURNAL COLLECTION

Figura 12.9

Robô utilizado em missão espacial.

Um helicóptero dotado de controle totalmente autônomo, capaz de voar de forma inteligente, desviando de obstáculos e calculando em tempo real a rota, em função de um destino previamente programado que será seguido até chegar a seu destino. Esse projeto foi apresentado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) no concurso de robótica aérea (AUVSI).

O pequeno helicóptero tem um sistema de câmeras e *scanner a laser* responsáveis pela análise do ambiente, determinando o melhor lugar para se movimentar, sem bater em objetos. Ele é capaz de entrar em uma janela para chegar até seu destino e desviar de obstáculos.

12.6 Robôs na agricultura

Futuramente, robôs agrícolas deverão fazer colheita de frutas de forma autônoma.

Um grupo de agricultores dos Estados Unidos enxergou a robótica como alternativa em suas plantações durante a colheita. A empresa Vision Robotics foi



encarregada de desenvolver robôs para a colheita de frutas e desenvolveu o robô-aspirador Roomba.

Os engenheiros dividiram a tarefa da colheita de frutas para dois robôs. O primeiro localiza, por meio de um sistema de visão artificial, as frutas e transmite ao segundo as coordenadas para a coleta de cada fruta de maneira precisa. Dotado de um sistema de visão artificial que rastreia a plantação, o robô constrói um mapa tridimensional com a localização e o tamanho de cada fruta, calculando a melhor sequência para a colheita. A informação é transmitida para o segundo robô, dotado de oito braços, como um polvo, que tem a função de colher os frutos.

12.7 Robôs nas minas e na construção civil

Figura 12.10

Exemplos de elementos robotizados em maquinário pesado para demolição.



A figura 12.10 apresenta duas máquinas pesadas para demolição, utilizadas na construção civil da fabricante Brokk.

Como exemplo adicional de aplicação, é possível citar os robôs Brokk para mineração, concebidos para realizar tarefas sob as condições adversas e para facilitar os trabalhos em minas, onde é necessário movimentar-se com precisão em espaços relativamente reduzidos com o máximo de cuidado e com segurança.

Nesse tipo de robôs, os braços articulados chegam a qualquer canto, reduzindo o deslocamento necessário e aumentando o rendimento de cada parada. A precisão dos movimentos permite que se alcance a mesma sensibilidade das ferramentas manuais.

12.8 Micromanipulador

O micromanipulador, por suas características construtivas, auxiliará a construir micromáquinas e microfábricas.

Manipular coisas sempre foi uma necessidade da humanidade, desde o uso de pequenas ferramentas como as pinças até os grandes braços robóticos. No microcosmo que começa a ser explorado pela ciência, por meio da nanotecnologia, as necessidades de manipulação se repetem.

Futuras máquinas microscópicas, por suas estruturas, necessitarão de microferramentas como micropinças, microalicates e micromanipuladores robóticos para serem montadas com precisão e destreza.

Então, há necessidade dos micromanipuladores. Pesquisadores da Universidade de Illinois, Estados Unidos, desenvolveram uma estação de micromanipulação, medindo um centímetro quadrado. Em seu interior, estão minúsculos “dedos mecânicos”. No interior da minúscula estação de manipulação (parecida com um *chip* de computador e construída com a mesma técnica), os quatro “dedos mecânicos” capturam e movem partículas com precisão. São capazes de agarrar, segurar e mover peças microscópicas, conforme os comandos enviados pelo computador.

Os pesquisadores querem ampliar a quantidade de “dedos”, aprimorar seu desenho e aumentar a área na qual a manipulação ocorre e adicionar mais flexibilidade. Para melhorar sua precisão, algoritmos foram desenvolvidos a fim de que os “dedos flexíveis” pudessem ser coordenados de forma cooperativa, como os dedos da mão humana.

Eles planejam utilizar atuadores piezoelétricos para refinar o movimento dos dedos. Não se sabe quantas versões deverão ser construídas para que o micromanipulador possa chegar ao mercado. O equipamento até agora é o que mais se aproxima do conceito de microfábrica.

12.9 Robôs industriais

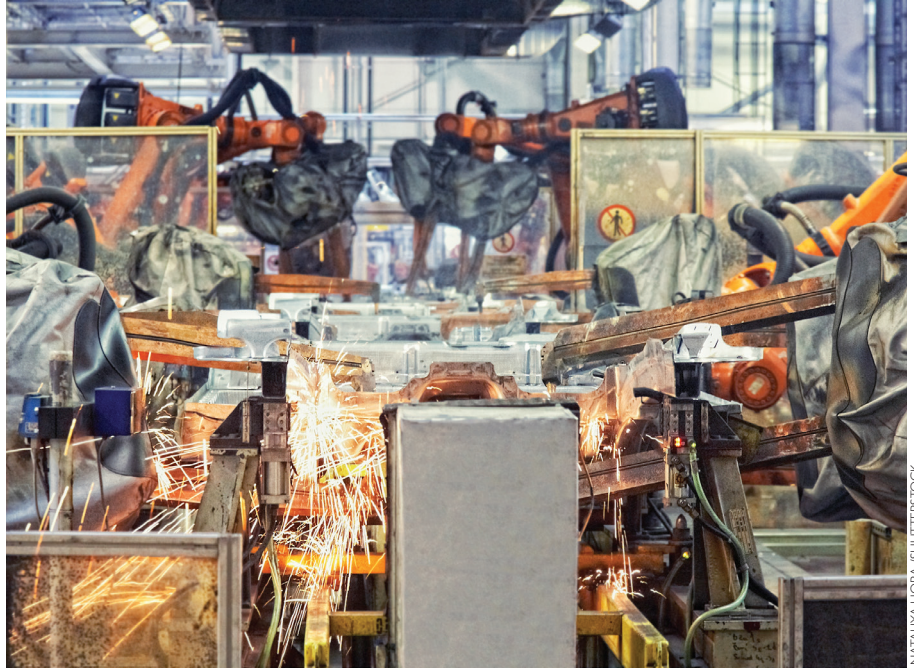
Os robôs industriais executam tarefas como empilhamento e empacotamento, montagem e desmontagem de materiais, medição e inspeção de peças, soldagem, aplicação de fluidos e pinturas.

É comum ver cenas como a da fotografia da figura 12.11.



Figura 12.11

Robôs para solda.



NATALIYA HORA / SHUTTERSTOCK

A dimensão e a natureza da peça a ser manipulada influenciam na estrutura do robô. Peças pesadas exigem atuadores hidráulicos; peças delicadas necessitam de atuadores pneumáticos ou até ventosas (ver figura 12.12).

Figura 12.12

Robô de acionamento pneumático com ventosas.



MAXIMILIAN STOCK LTD/SCIENCE PHOTO LIBRARY/SP. DCLATINISTOCK

12.10 Robô manipulador

Os manipuladores são robôs responsáveis por deslocar diversas peças, ferramentas, por sistemas de monitoramento de determinado processo, entre outras atividades.

O manipulador é composto de um circuito eletrônico computadorizado de controle e de um mecanismo articulado.

As características como anatomia, volume de trabalho, sistemas de acionamentos, sistema de controle, desempenho e precisão, programação, órgãos terminais e sensores são determinantes na escolha de um robô.

O braço robótico é composto basicamente de braço e pulso.

O braço consiste em elos unidos por juntas de movimento relativo, nos quais são acoplados os acionadores responsáveis pelos movimentos individuais. São dotados de capacidade sensorial instruídos por um sistema de controle. O braço é fixado à base, e o punho fixado ao braço. Na extremidade do punho, existe um órgão terminal, mão ou ferramenta, destinado a realizar o trabalho exigido pela aplicação.

O braço mecânico é um manipulador projetado para executar diferentes tarefas e ser capaz de repeti-las. Para realizar determinadas tarefas, o robô move partes, objetos, ferramentas e dispositivos especiais, segundo movimentos e pontos pré-programados.

O computador possui um programa armazenado em sua memória com dados sobre a trajetória que o braço robótico seguirá. A execução do programa permite ao computador enviar sinais, ativando e desativando motores que movem o braço robótico e a carga.

Os aspectos mais importantes do funcionamento de um braço mecânico são o sensoreamento do ambiente e a programação do robô.

Outros fatores, como o *layout* da linha de produção e a geometria da máquina, também devem ser considerados na escolha do robô.

O tipo mais conhecido de robô manipulador é o braço mecânico. Constituído de corpos rígidos interligados por juntas que permitem um movimento relativo entre eles, assemelha-se à forma de um braço humano e, às vezes, quase com as mesmas possibilidades de movimento.

Alguns manipuladores são controlados pelo operador. O movimento do operador é transmitido diretamente de forma mecânica, elétrica ou hidráulica.

A função de um robô manipulador é diminuir os custos da produção, oferecendo melhor acessibilidade à peça em um tempo de manobra menor.



O investimento é relativamente alto, mas, em termos econômicos, torna-se viável na maioria dos casos.

12.11 Como os robôs se movimentam

Circuitos de potência comandados pelo controlador são responsáveis pelo acionamento dos atuadores que realizam os movimentos. Esses atuadores estão listados a seguir.

Os atuadores são elementos responsáveis pela ação, isto é, pela conversão da energia disponível nos processos pneumáticos, hidráulicos e elétricos em energia mecânica para movimentar o robô. Podem ser pneumáticos, hidráulicos ou elétricos.

Pneumáticos – São baratos, leves, produzem movimentos rápidos; entretanto, têm baixa precisão.

Hidráulicos – Utilizam um fluido à pressão para realizar os movimentos programados. São mais fortes, mas mais caros. Não são precisos quando o fluido muda de temperatura, porém, têm grande potência.

Elétricos – Transformam a energia elétrica em movimentos para executar suas tarefas. São rápidos e precisos.

Os acionadores elétricos mais utilizados na robótica são: motor de corrente contínua ou DC, servomotor e motor de passo. Não propiciam muita velocidade ou potência, quando comparados aos hidráulicos, porém, são mais precisos.

Dotados de redutores, são capazes de reduzir a velocidade e aumentar o torque.

Esses acionadores podem ser utilizados em juntas prismáticas, transformando o movimento rotativo do motor em movimento linear por meio de um fuso.

O custo cresce quando o torque necessário para acionar o braço mecânico aumenta, e o tamanho do motor é praticamente proporcional ao binário produzido.

Segundo estudos, o acionamento elétrico é economicamente mais vantajoso quando se trata de braços robóticos de médio e pequeno porte. Para braços de grande porte, o custo se eleva rapidamente em função da potência do motor; o acionamento hidráulico é indicado quando se trata de gerar elevadas potências para o movimento de cargas.

Servomotores – São compostos pela associação de um motor DC, um redutor de velocidades, um sensor de posição e um sistema de controle realimentado (ver figura 12.13).

Esses motores apresentam como característica o posicionamento angular. Por essa razão, são considerados motores comandados em posição angular ou linear. Possuem dimensões pequenas e têm ampla variação de torques.

O mecanismo de posicionamento ajusta as posições angulares por meio de um sinal codificado que lhe é enviado. Enquanto esse código estiver ativado, o servo vai manter sua posição angular. Esse sinal é, em geral, do tipo PWM (*pulse width modulation*).

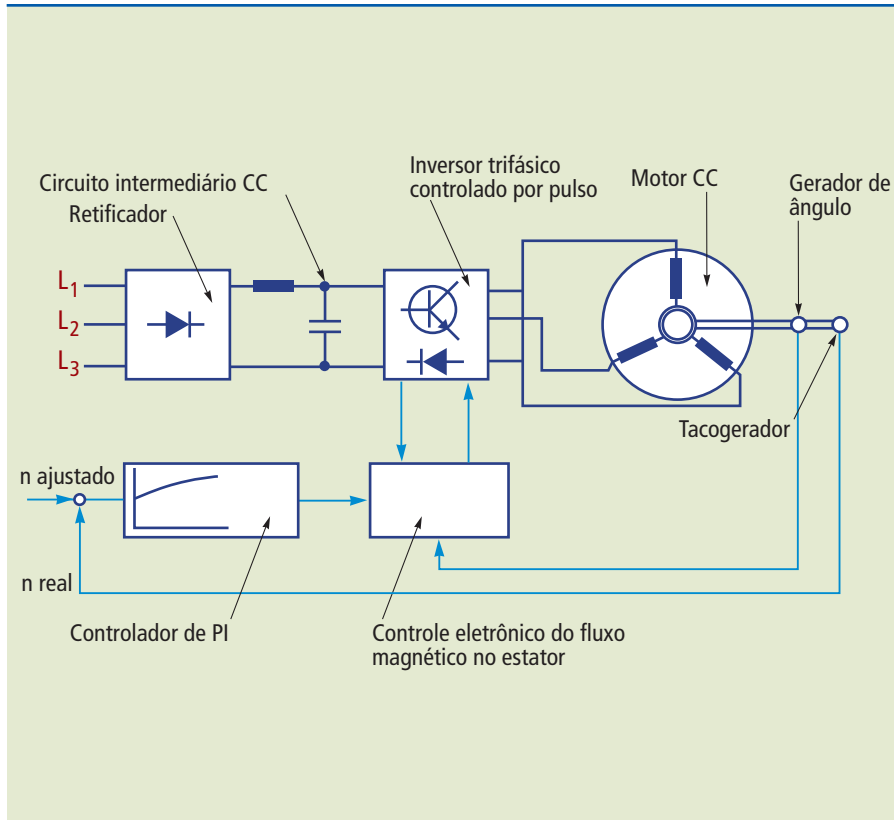


Figura 12.13

Ajuste de velocidade de um servomotor CC através de campo giratório dependente do ângulo.

Motores de passo – Por suas características de posicionamento angular são usados em serviços leves. Em geral, possuem precisão da ordem de grau e têm condição de giro horário ou anti-horário com torque relativamente baixo.

Os movimentos são variações incrementais de precisão angular, possibilitando a repetição de movimentos com grande precisão.

Esse tipo de motor requer um circuito de controle digital para a geração da sequência de operação. Esses motores podem ser bipolares ou unipolares. As fontes de tensão para a alimentação são contínuas com o fornecimento de uma corrente contínua para um sistema *drive* de potência, que recebe o sinal de um circuito de controle e produz a sequência necessária para executar o movimento na direção desejada.

Existem aplicações em que o torque é mais importante; em outras, a precisão ou a velocidade são mais relevantes. Algumas características de funcionamento, como a tensão de alimentação, a máxima corrente elétrica suportada nas bobinas, o grau e o torque são decisivos na escolha dos motores de passo. Ver a estrutura de um robô industrial típico na figura 12.14.

Figura 12.14
Robô industrial.



12.12 Estrutura do robô

Como explicado anteriormente, os robôs industriais são projetados para realizar trabalho produtivo deslocando o objeto a ser manipulado.

O robô manipulador tem estrutura que consiste em uma série de corpos rígidos, em geral de um material resistente como aço, que são os elos ou *links*. Esses elos são unidos por juntas (articulações) que permitem o movimento relativo entre eles.

Os manipuladores normalmente estão montados sobre uma base fixa. Essa base robótica pode estar montada sobre uma superfície também fixa, ou em um veículo que pode ser automatizado ou não, o que permite deslocamento pelo local de trabalho.

O ponto extremo do braço robótico é conhecido com o nome de pulso e é o local de fixação do atuador. Nos braços mecânicos, ele se assemelha à mão no extremo do antebraço. Ver as partes principais de um braço robótico no esquema apresentado na figura 12.15.

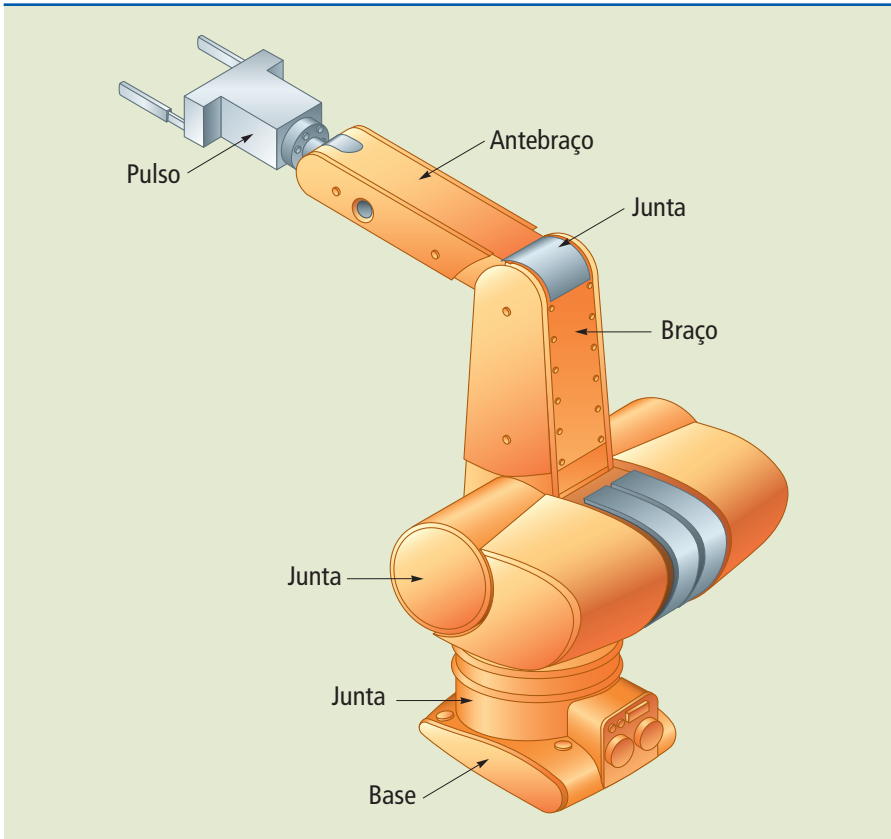


Figura 12.15
Braço robótico.

Tipos de juntas

Juntas são as articulações entre as diferentes partes motrizes.

O movimento pode ser de giro ou linear. Quando é de giro, a junta chama-se rotacional, rotativa ou de revolução. Quando é linear, a junta é chamada prismática ou linear. Ver figura 12.16 com os tipos mais comuns de juntas.

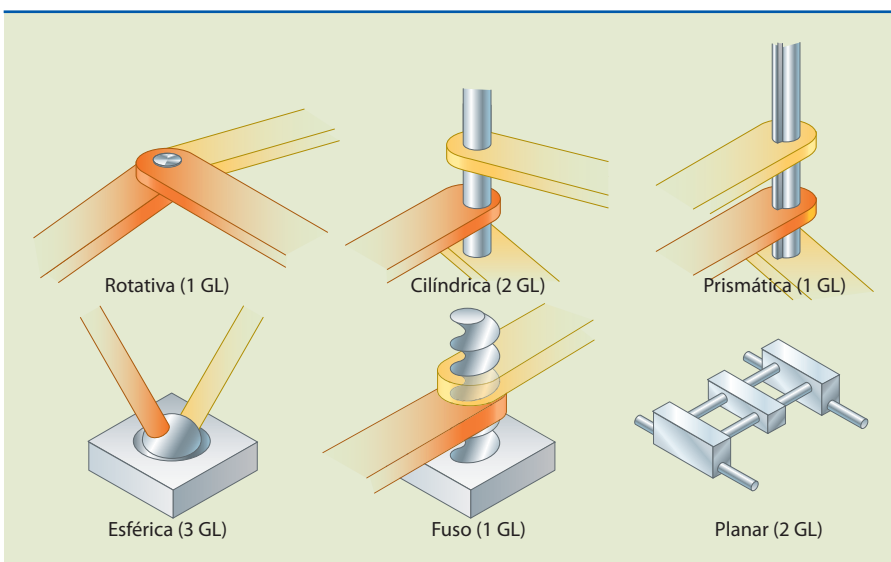


Figura 12.16
Tipos de juntas.

12.13 Sensoreamento

Para que os robôs tenham bom desempenho, suas habilidades sensoriais devem ser parecidas com as dos seres humanos e aproximadas a elas.

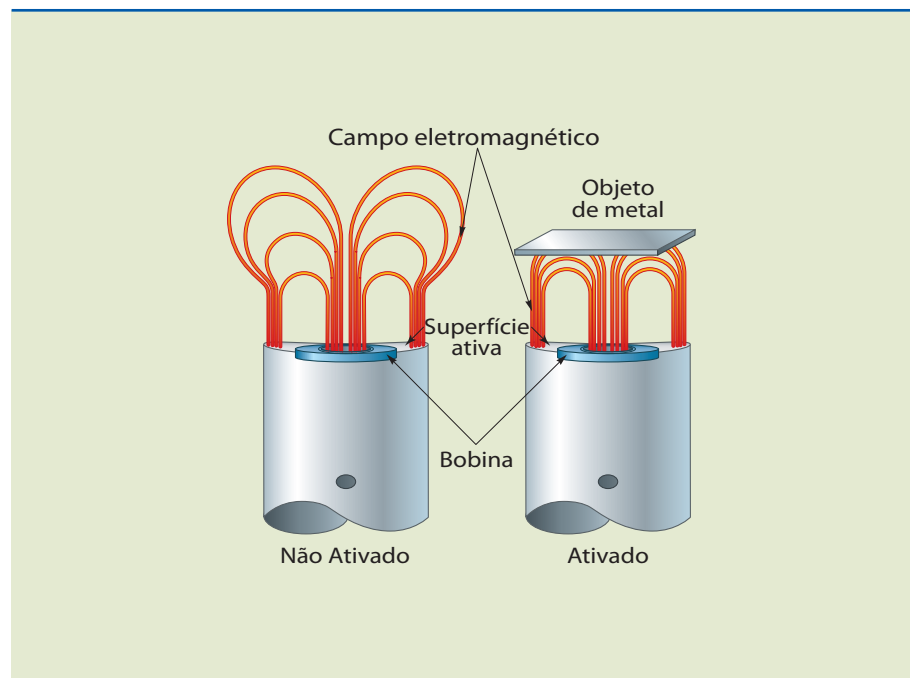
O sensor é o elemento básico e comum em qualquer processo de automação, principalmente industrial. Ele possibilita, ao sistema, a coleta de informações do ambiente ou de um processo, necessárias para a execução de determinada tarefa.

É um dispositivo capaz de detectar eventos, fazer leituras, determinar posicionamentos etc.; para isso, utiliza variados métodos e técnicas.

Tipos de sensores utilizados na automação industrial

Sensor indutivo

Figura 12.17
Sensor indutivo



O sensor indutivo (figura 12.17) é elemento capaz de detectar a presença, ou não, de um objeto metálico ou condutor pelo campo magnético que produz. Essa detecção acontece quando o objeto estiver a determinada distância de sua face, por seu princípio de funcionamento.

O sensor indutivo gera um campo eletromagnético de alta frequência, por causa de uma bobina ressonante instalada na face sensora. Essa bobina faz parte de um circuito oscilador que produz um sinal senoidal. Quando um metal é introduzido no campo magnético da bobina, as linhas magnéticas sobre a superfície do metal têm velocidades diferentes das linhas no ar, o que provoca um efeito que reduz a amplitude do sinal gerado no oscilador. Esse sinal, então, é comparado com um nível e dispara um alarme quando essa variação acontece.

A parte metálica não precisa estar em contato com a bobina para ser detectada, basta se aproximar dela. Portanto, o sensor é chamado sensor de proximidade e, por não ter contato mecânico, o sistema tem baixa manutenção e alta vida útil. A velocidade de detecção é bastante alta, pois a inércia do sistema é praticamente desprezível.

Sensor capacitivo

O sensor capacitivo (figura 12.18), ao contrário do indutivo, funciona segundo um campo elétrico e é ideal para detectar materiais não condutores (líquidos, plásticos, vidros, entre outros).

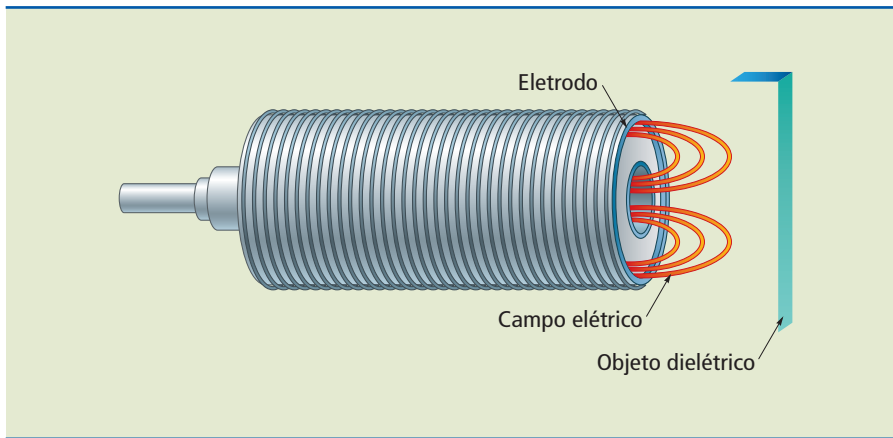


Figura 12.18

Sensor capacitivo.

A detecção do objeto não condutor ocorre segundo uma variação da capacitância do sensor.

Como sabemos, o ar e os dielétricos possuem permeabilidade elétricas diferentes. Quando o dielétrico (não condutor) se aproxima do sensor, interrompe o campo elétrico, aumentando a capacitância. Um circuito oscilador que detecta essa variação aciona um comando informando que houve uma detecção.

Sensor óptico difuso

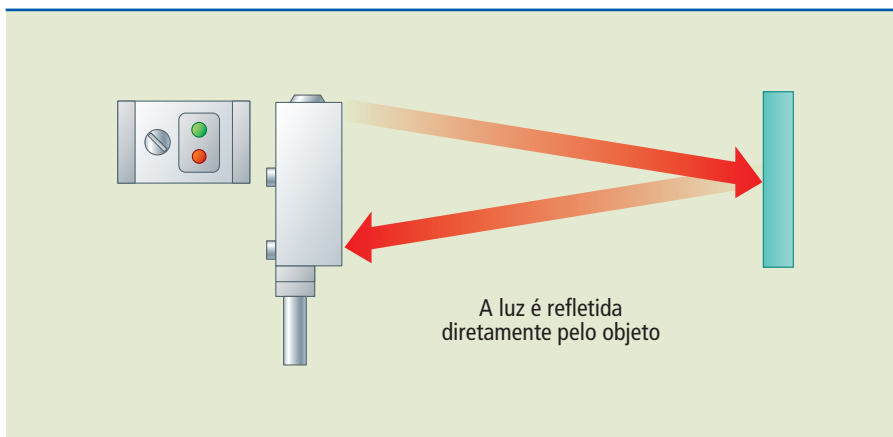


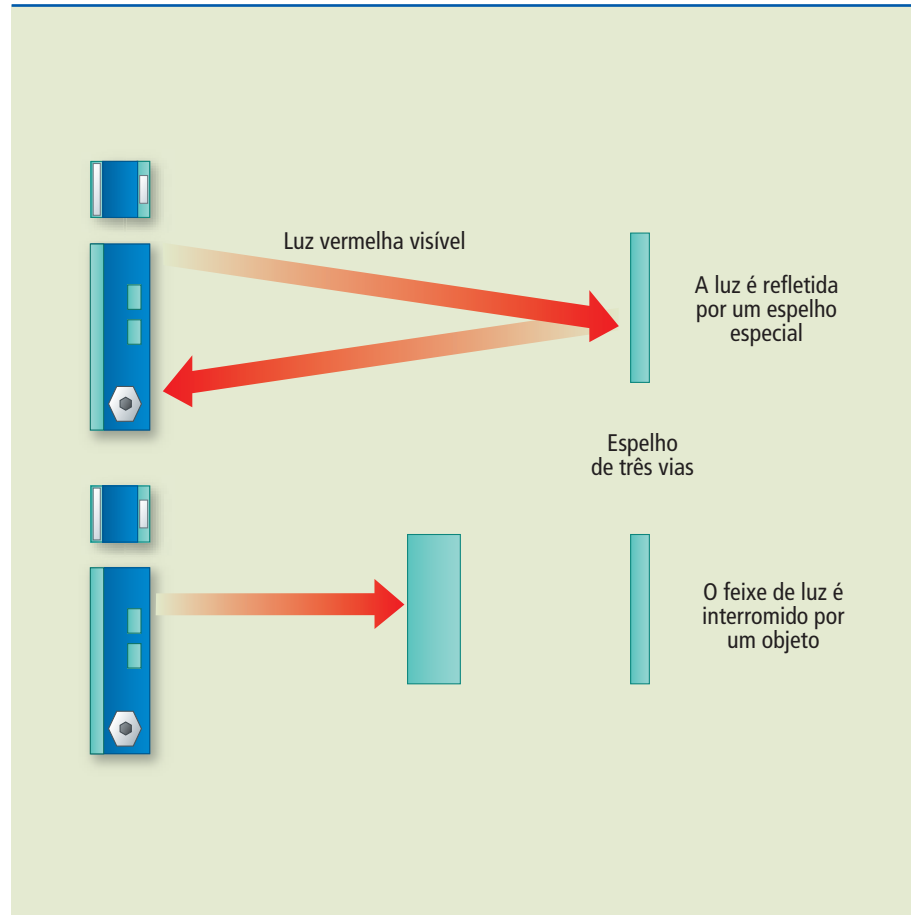
Figura 12.19

Sensor óptico difuso.

Nesse sensor (figura 12.20), o transmissor e o receptor são montados em uma mesma unidade. Ele inicia seu funcionamento quando o objeto a ser detectado entra na região de sensibilidade e reflete para o receptor o feixe de luz emitido pelo transmissor.

Sensor óptico reflexivo

Figura 12.20
Sensor óptico reflexivo.



O sensor óptico reflexivo (figura 12.20), assim como o difuso, também tem o transmissor e o receptor montados em uma única unidade. O feixe de luz chega ao receptor após a incidência em um espelho. Quando esse feixe é interrompido por um objeto, o acionamento ocorre.

Barreira de luz

Esse sensor é montado em duas unidades distintas: uma transmissora e outra receptora. Cada unidade fica de um lado da trajetória do objeto-alvo, uma vez que o objeto interrompe o feixe, e o sensor é ativado.

Nas máquinas industriais de corte, prensas etc., em que os operadores manipulam objetos com a mão, as barreiras de luz têm muita utilização na promoção da segurança do operador.

Sensor ultrassônico

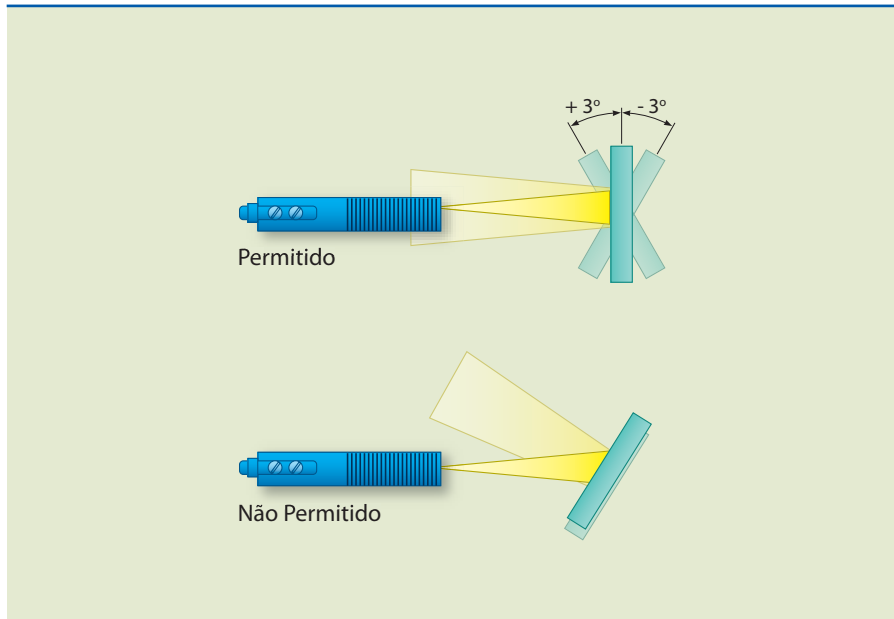


Figura 12.21

Sensor ultrassônico.

O sensor ultrassônico (figura 12.11) é composto de um emissor e um receptor. O emissor emite pulsos cíclicos ultrassônicos que, quando incidem sobre uma superfície, refletem retornando ao receptor. A recepção do sinal implica a existência do objeto.

Os sensores ultrassônicos podem ser montados na mesma unidade. O emissor emite o sinal, e será necessário que haja uma reflexão (eco) do ultrassom de modo a ativar o receptor.

Em geral, esse tipo de sensor permite uma inclinação de mais ou menos 3° em relação ao eixo do perpendicular da emissão.

12.14 Dispositivos de entrada para manipuladores

Para programar um robô, podem ser usados vários tipos de dispositivos de entrada, como *joystick*, *mouse*, teclado, luvas especiais e outros. Esses dispositivos são meios de interação homem-máquina. Os sinais de entrada são enviados ao sistema de controle, e este transmite os sinais para os acionadores, que, por sua vez, realizam os movimentos dos manipuladores.

12.15 Sistema de controle

Qualquer robô tem seu sistema de controle realizado por um sistema de *software* e *hardware* que processa os sinais de entrada e os converte em ação conforme a programação.

Um computador pessoal ou um microcontrolador pode ser usado para armazenar o *software*.

Quando se escolhe usar um microcontrolador, deve-se ter em mente que ele reduz o custo do projeto, é rápido, dedica-se apenas ao controle do robô, mas que é limitado em relação ao tamanho do *software*.

O computador pessoal possui alta taxa de processamento e mais memória para a alocação do *software*.

Temos também como alternativa a solução mista. Nesta, a parte mais leve do *software* será executada no microcontrolador e a que exige maior esforço computacional será processada no computador.

O sistema de *hardware* pode ser constituído de motores de passo, atuadores, cabos, dispositivo de entrada e de saída, sensores e amplificadores de potência. Os sensores podem ser usados como dispositivos em um sistema de malha fechada, que consiste em verificar o estado momentâneo do dispositivo a ser controlado, comparar e corrigir a medida até se chegar a um valor pré-definido. Essa comparação resultará em um erro, que é ajustado pelo sistema de controle até ser reduzido a zero.

O quadro 12.1 representa um resumo de controladores de um robô.

Quadro 12.1

Subsistema e subfunções do controlador de um robô

Subsistema	Subfunção
Computador	Interpreta o programa de controle.
	Coordena todos os movimentos do eixo do robô.
Painel de controle	Facilita o estabelecimento de todos os modos de operação.
	Ativa e desativa o robô.
	Apresenta as condições operacionais.
Controlador de posição	Mantém os eixos individuais do robô em uma posição específica.
Amplificador de acionamento	Fornece alimentação aos motores acionadores.
	Monitora a velocidade dos eixos do robô.
Unidade de entrada e de saída	Comuta as saídas.
	Recebe mensagens na forma de sinal.
Dispositivo de controle manual	Permite ao usuário a movimentação manual do robô.

(Apostila Festo Didatic.)



12.16 Robô cartesiano



ANDY CRUMP/SCIENCE PHOTO LIBRARY/SPL DOLATINSTOCK

Figura 12.22

Robô cartesiano.

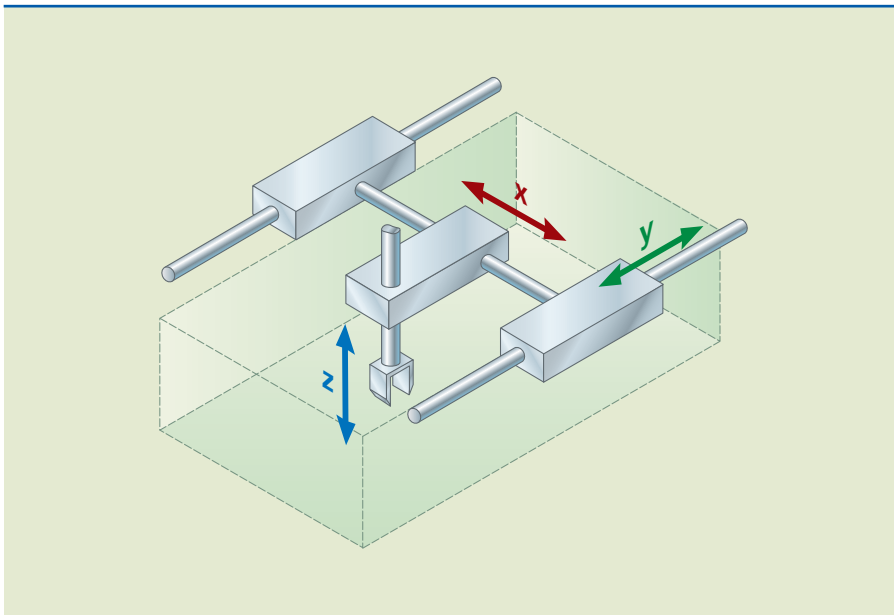


Figura 12.23

Esquema de robô cartesiano.

Nas figuras 12.22 e 12.23 podem ser vistos robôs cartesianos. Nestes, a combinação de três eixos é responsável para fazer manipulação de peças de um lado para outro. Uma garra é necessária para que a peça possa ser transportada; entretanto, nessas condições, a peça não pode ser rotacionada.

Nos casos em que a garra do robô é substituída por uma ferramenta, a área de atuação dessa ferramenta é chamada espaço secundário.

Robôs cartesianos são adequados para carga e descarga de peças de uma estação de trabalho e para encaminhá-las a outra. Normalmente, são encontrados executando trabalho de paletização e comissionamento de produtos.

12.17 Robô SCARA

Tem como característica o tamanho compacto, grande precisão e repetibilidade. Tais características fazem desses robôs exímios montadores, e os tornam próprios para montagem mecânica ou eletrônica que exigem alta precisão.

A estrutura de movimento está baseada em duas juntas rotativas e uma junta linear, e o braço que atua sempre na vertical, descrevendo um volume de trabalho cilíndrico.

Como o braço utiliza juntas rotativas, é considerado articulado. O nome SCARA é proveniente do inglês *selective compliance assembly robot arm*, em português, braço robótico de montagem com complacência seletiva (ver figuras 12.24 e 12.25).

Figura 12.24

Robô SCARA com duas articulações rotacionais e uma prismática (RRP). Destinado a trabalhos de simples manipulação sobre uma superfície plana (montagem de peças, inserção de componentes, empacotamento).

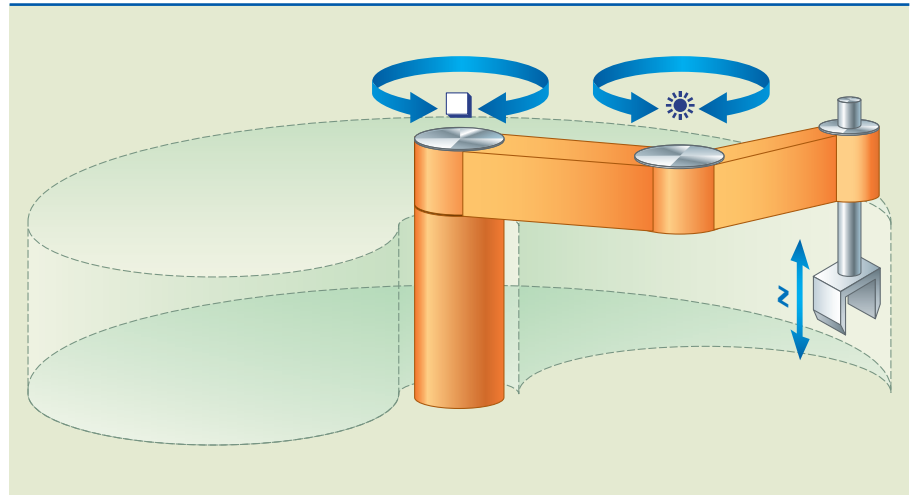
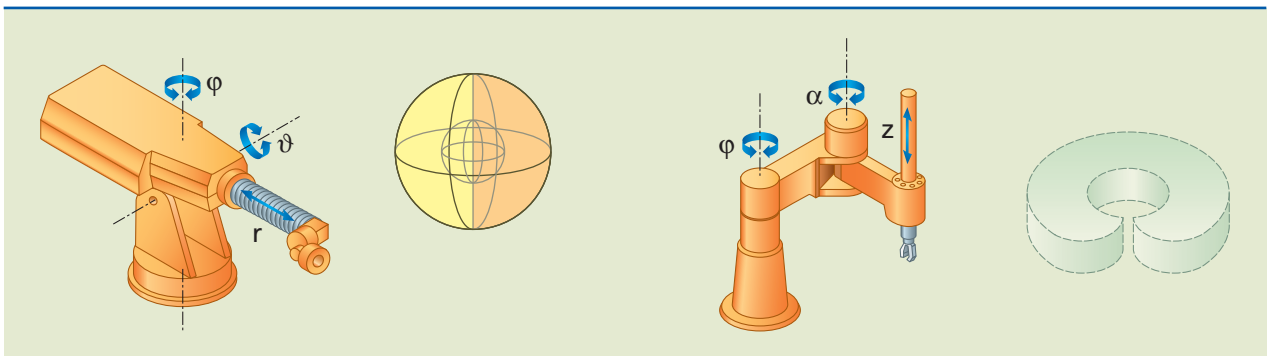


Figura 12.25

Diagrama de robô SCARA.



12.17.1 Robô com braço articulado

São formados por vários eixos giratórios, fato que produz um espaço operacional mais amplo denominado espaço operacional esférico (ver figura 12.26).



Figura 12.26

Exemplo de robô com braço articulado.

Os robôs com braço articulado possuem elevado grau de mobilidade e são adequados para tarefas que exigem movimentos mais complexos. São encontrados frequentemente em indústrias automobilísticas executando operações de solda, montagem e medições.

Em aplicações mais complexas, que exijam espaço operacional ampliado, é comum a utilização de um eixo linear auxiliar no qual o robô possa se movimentar na frente de várias estações de trabalho.

12.18 Graus de liberdade

A posição e a orientação de uma peça em uma unidade de processamento pode ser alternada por seis movimentos básicos, a saber: três movimentos de rotação e três movimentos lineares. A cada uma dessas possibilidades chamamos grau de liberdade (GL).

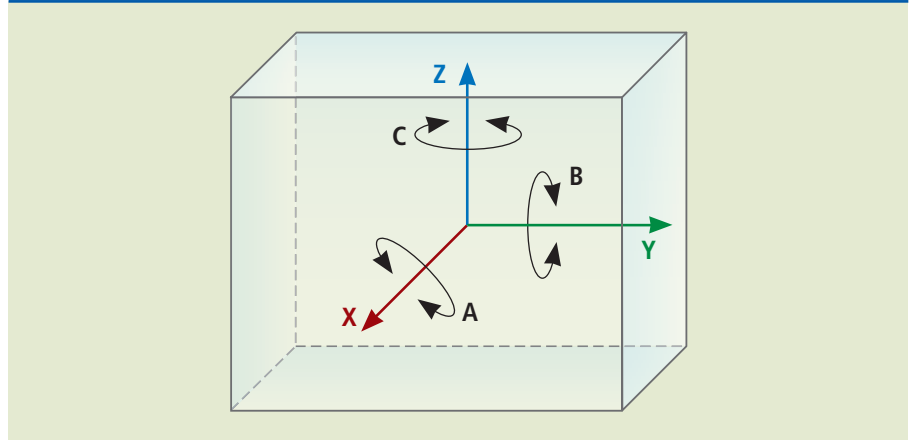
Em outras palavras, os GL determinam os movimentos do braço robótico no espaço 2D ou 3D.

Para calcularmos o grau de liberdade do robô, somamos os graus de liberdade de suas juntas. O número de graus de liberdade de uma junta é dado pelo número

de eixos que permitem os movimentos Por exemplo, quando o movimento relativo ocorre em um único eixo, temos grau de liberdade igual a 1; caso o movimento seja possível em mais de um eixo, a junta tem 2 graus de liberdade. Assim podemos concluir que quanto maior o GL, mais complicada será a cinemática, a dinâmica e o controle do manipulador. Ver, na figura 12.27, os seis graus de liberdade possíveis.

Figura 12.27

Três graus de liberdade para posicionamento das peças, em que A, B e C são graus de liberdade para a rotação da peça, e X, Y e Z, para a translação.

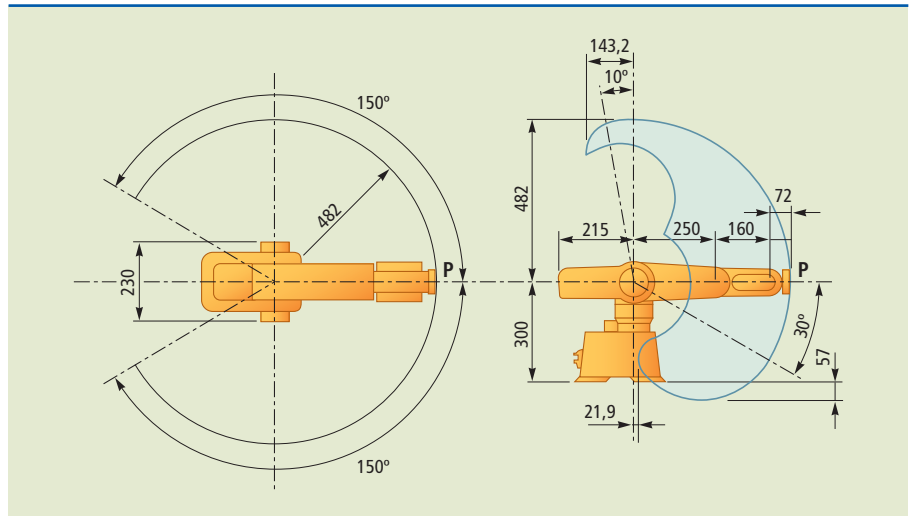


12.18.1 Espaço operacional

O espaço operacional é o lugar geométrico delimitado por todas as posições possíveis para um robô. Para um robô como o indicado na figura 12.28, o espaço operacional é indicado por linhas que o delimitam. O estudo do espaço operacional deve ser executado com cuidado para se evitar choques com máquinas e/ou operadores.

Figura 12.28

Espaço operacional do robô RV-M11 Mitsubishi com cinco graus de liberdade rotacionais.



12.19 Programação de robôs

Braços mecânicos podem ser programados de diversas formas, cada uma específica para um tipo de braço robótico.

O manipulador manual, como o nome sugere, requer a intervenção do homem para sua operação, guiando manualmente a máquina que multiplica a força.

Já nos robôs sequenciais, a sequência é fixa, definida pelo fabricante e inacessível para o usuário, mas pode ser também variável, conforme as necessidades dos usuários.

Nos robôs de aprendizagem, o trajeto ou sequência é programado guiando-o manualmente pelo caminho que deverá seguir, como se estivesse ensinando o caminho.

E, finalmente, o robô inteligente é capaz de mudar as condições de trabalho e posicionamento, conforme os estímulos externos provenientes de sensores.

O desempenho dinâmico do braço robótico está associado à velocidade de resposta, à estabilidade e à precisão. Ou seja, é a capacidade de mover-se de um lugar para outro em um curto período de tempo com estabilidade. A estabilidade é o tempo necessário para amortecer as oscilações que ocorrem durante o movimento de uma posição para a outra.

Quando a estabilidade do robô for baixa, podemos aplicar elementos de amortecimento no braço, mas isso influencia na velocidade de resposta.

A precisão de movimento está relacionada com a resolução espacial, a precisão e a repetibilidade, sendo a primeira dependente diretamente do controle de sistema e das inexatidões mecânicas do braço robótico. O sistema de controle é responsável por controlar todos os incrementos das articulações. A qualidade dos componentes que formam as uniões entre as articulações, assim como as folgas nas engrenagens, tensões nas polias e histereses mecânicas e magnéticas são fatores que influenciam na precisão do robô.

A precisão de um braço robótico tem relação com a resolução espacial, pois, para atingir determinado ponto do espaço de atuação, depende dos incrementos que as juntas permitem realizar.

Já a repetibilidade está relacionada com a capacidade do robô de se posicionar sempre no mesmo ponto exato. Os movimentos sofrem influências de folgas mecânicas, das limitações do sistema de controle, entre outros, contribuindo para que a posição se altere a cada nova tentativa de alcançar a posição de parada ou operação.

Um grande problema dos braços robóticos é que as características de acionadores com as propriedades exatas de velocidade-torque ou de velocidade-força não estão disponíveis no mercado, na mesma proporção da necessidade dos braços robóticos.

Para a transmissão de potência, utilizamos as correias e polias, correntes e rodas dentadas, engrenagens e eixos de transmissão.

A resolução do controle em cada uma das juntas será somada, e seu resultado determina a precisão do braço para executar determinado trabalho.

Glossário



ADITIVO – é um elemento químico que, adicionado ao óleo, melhora as características do mesmo. Os aditivos são inibidores de corrosão, antioxidantes, detergentes, aditivos EP (extrema pressão), antiespumantes, emulgentes, abaixadores do ponto de congelamento, etc.

ALETAS – são superfícies cuja função é aumentar a área de transferência de calor.

ALTO-FORNO – equipamento siderúrgico de tamanho variável, externamente revestido por metal e internamente com material refratário, onde é fundido o minério de ferro, que assim é transformado em ferro-gusa.

ÁGUA DESMINERALIZADA – água que tem todos os sais minerais removidos, sendo própria para ser utilizada em processos químicos ou para alimentar caldeiras.

CALOR – é a energia que se transfere; surge quando há diferença de temperatura.

CALOR ESPECÍFICO – calor específico é uma grandeza física que define a variação térmica de determinada substância ao receber determinada quantidade de calor; sua unidade no SI é J/kg.K.

CALORIA – unidade de medida de energia, especialmente de energia térmica; equivale a 4,18684 J.

CAPACITÂNCIA – é a grandeza elétrica de um capacitor, determinada pela quantidade de energia elétrica que pode ser armazenada nele por uma determinada tensão e pela quantidade de corrente alternada que o atravessa numa determinada frequência.

CIRCUITO INTEGRADO – os circuitos integrados são circuitos eletrônicos funcionais, constituídos por um conjunto de transistores, diodos, resistências e condensadores, fabricados num mesmo processo, sobre uma substância comum semicondutora de silício que se designa normalmente por chip.

CIRCUITOS LÓGICOS – os circuitos lógicos têm como base operações lógicas estudadas na Álgebra de George Boole (matemático inglês – 1815-1864). Todas as operações de um computador são operações aritméticas e lógicas básicas, como somar, completar, comparar e mover bits. Elas são usadas para controlar a maneira como o processador trata os dados, acessa a memória e gera resultados. Essas funções são realizadas por circuitos eletrônicos, ou seja, pelos circuitos lógicos. Um computador não é mais que um aglomerado de circuitos lógicos.

COMBUSTÍVEL – substância que queima na presença de um comburentes; como exemplos de combustíveis, temos os combustíveis fósseis mais utilizados, como o carvão, o petróleo e o gás natural.

DIELÉTRICO – é uma substância que possui alta resistência ao fluxo da corrente elétrica.



DIN – significa Deutsches Institut für Normung; é a norma alemã na ISO desde 1951.

ENERGIA INTERNA – é a soma das energias cinéticas dos átomos e moléculas que se encontram no interior de um sistema e das energias potenciais moleculares associadas às suas mútuas interações, isto é, é a energia total contida num sistema fechado. Seu símbolo é U.

FISSÃO – é a quebra do núcleo de um átomo instável em dois menores e mais leves. Esse processo pode ser rotineiramente observado em usinas nucleares.

FLUIDO TÉRMICO – é um fluido utilizado para transferência de calor de um sistema para outro.

FONTE CHAVEADA – é uma unidade de fonte de alimentação eletrônica que incorpora um regulador chaveado, ou seja, um circuito controlador interno que chaveia a corrente, ligando e desligando rapidamente, de forma a manter uma tensão de saída estabilizada.

HARDWARE – é a parte física do computador, ou seja, o conjunto de componentes eletrônicos, circuitos integrados e placas que se comunicam através de barramentos.

ISO – é a sigla de Organização Internacional para Padronização (em inglês: International Organization for Standardization, em francês: L'Organisation internationale de normalisation). É uma entidade que representa os grêmios de padronização/normalização de 158 países. Fundada em 23 de fevereiro de 1947, em Genebra, Suíça, a ISO aprova normas internacionais em todos os campos técnicos, exceto na eletricidade e eletrônica, cuja responsabilidade é da International Electrotechnical Commission (IEC).

JOULE – unidade de energia no sistema internacional de unidades (SI); seu símbolo é J.

LÍQUIDO VOLÁTIL – líquido que apresenta pressão de vapor muito baixa.

MÁQUINA TÉRMICA – máquina que realiza trabalho e lida com a variação de temperatura; normalmente, a máquina térmica retira calor da fonte quente e transfere-o para a fonte fria, o que define sua eficiência.

MASSA MOLAR – quociente entre a massa de uma substância e a correspondente quantidade de matéria; sua unidade é kg/mol.

MKS – é um sistema de unidades de medidas físicas, ou sistema dimensional, de tipologia LMT (comprimento, massa, tempo), cujas unidades-base são o metro para o comprimento, o quilograma para a massa e o segundo para o tempo.

MICROCONTROLADOR (*microcontroller*) também conhecido como MCU – é um chip que em seu invólucro aloja um computador contendo processador,



memória e funções de entrada e saída. É um microprocessador que prioriza alta integração, em contraste com outros microprocessadores de propósito geral (como os utilizados nos PCs). Relacionando os elementos usuais de lógica e aritmética dos microprocessadores convencionais, o microcontrolador integra elementos adicionais em sua estrutura interna, como memória de leitura e escrita para armazenamento de dados, memória somente de leitura para armazenamento de programa, EEPROM para armazenamento permanente de dados, dispositivos periféricos como conversores analógico-digitais (ADC), conversores digitais-analógicos (DAC) em alguns casos, e interfaces de entrada e saída de dados. Com uma velocidade de clock em geral na casa de poucos MHz (Megahertz), os microcontroladores operam a uma frequência muito baixa se comparados com os microprocessadores atuais, no entanto, são adequados para a maioria das aplicações usuais como, por exemplo, controlar uma máquina de lavar roupas ou uma esteira de chão de fábrica. O desenvolvimento do programa geralmente é feito através de *cross compilers* em linguagem nativa de máquina (*assembly*) ou em linguagem de alto nível como C, Pascal, Basic.

MOL – quantidade de matéria de um sistema contendo tantas entidades elementares quantos os átomos que existem em 0,012 kg de carbono 12.

NEMA – National Electrical Manufacturers Association ou NEMA é uma associação baseada nos EUA, que foi criada em 1926, pela fusão da Associated Manufacturers of Electrical Supplies e do Electric Power Club. Tem a sua sede em Rosslyn, Virginia; esta associação define muitos padrões usados por seus associados em produtos elétricos.

PASCAL – unidade de medida de pressão no SI, seu símbolo é Pa; equivale a 1 N/m^2 .

PROTOCOLO DE REDE – é a linguagem usada para a comunicação entre um computador e outro.

RELÉS – os relés são componentes eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de grandes correntes a partir de pequenas correntes ou tensões.

SETPOINT – é o valor-alvo que um sistema de controle automático, por exemplo um controlador PID, tentará alcançar.

SI - SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES – é um conjunto de definições utilizado internacionalmente que visa uniformizar e facilitar as medições; sua abreviatura é SI.

SOLENOIDE – é um condutor enrolado em forma de espiras, ao redor de um centro.

TRABALHO – medida da energia transferida entre sistemas mecânicos.



TUBULÃO – é o reservatório existente em caldeiras aquatubulares, que tem a função de conter água e vapor para distribuí-los pelo feixe tubular que une esses reservatórios.

VISCOSIDADE – é a propriedade de um fluido correspondente ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular; ou seja, quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade em que o fluido se movimenta quando sob tensão de cisalhamento.





Referências

bibliográficas

Livros

AQUINO, P. L. S. *Material de aula da disciplina Instrumentação Eletrônica: Curso de Engenharia Industrial Elétrica*. Rio de Janeiro: CEFET.

BAZZO, E. *Geração de Vapor*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1992.

BIZZO, W. A. *Geração, Distribuição e Utilização de Vapor* – capítulo 4. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP4.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2009.

BONACORSO, N. G.; NOLL, V. *Automação Eletropneumática*. São Paulo: Editora Érica, 2004.

CAMPOS, M. C. M. M.; TEIXEIRA, H. C. G. *Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2006.

CASTRUCCI, P. de L; MORAES, C. C. de. *Engenharia de Automação Industrial*. São Paulo: Editora LTC, 2007.

FIALHO, A. B. *Instrumentação Industrial: Conceitos, Aplicações e Análises*. 4. ed. São Paulo: Editora Érica, 2002.

FILHO, G. F. *Motor de Indução*. São Paulo: Editora Érica, 2000.

GEORGINI, M. *Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs*. São Paulo: Editora Érica, 2000.

KILIAN, C. T. *Modern Control Technology: Components and Systems*. 2. ed. Albany: Delmar Thomson Learning, 2000.

NATALE, F. *Automação Industrial: Série Brasileira de Tecnologia*. São Paulo: Editora Érica, 2000.

_____. *Automação Industrial*. São Paulo: Editora Érica, 2003.

O'DWYER, A. *Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules*. 2. ed. London: Imperial College Press, 2006.

PERA, H. *Geradores de Vapor*. São Paulo: Editora Fama, 1990.

TELLES, P. C. da S. *Tubulações Industriais*. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1982.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. *Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações*. 4. ed. São Paulo: Editora Érica, 2007.

VIANNA, M. L. R.; CENDRETTI, E. C. *Equipamentos Estáticos*. São Paulo: Fundação de Apoio à Tecnologia, 2009.

Apostilas

Apostila de análise e montagem de sistemas hidráulicos – Festo Didactic

Apostila de análise e montagem de sistemas pneumáticos – Festo Didactic

Apostilas CEFET/BA – Centro de Educação Tecnológica da Bahia

Apostila de eletropneumática – Festo Didactic

Apostila de eletro-hidráulica – Festo Didactic

Apostilas de eletropneumática Parker

Apostilas de eletro-hidráulica Parker

Apostila de hidráulica industrial – Festo Didactic

Apostilas de hidráulica Parker

Apostila de introdução à robótica – Festo Didactic

Apostila de pneumática industrial – Festo Didactic

Apostilas de pneumática Parker

MAMEDE, W. F. *Apostila de pneumática e eletropneumática*. 3. ed. CEFET/SP UNED – Sertãozinho: São Paulo, 2008.

MARTINS, G. M. *Material de aula da disciplina Princípios de Automação Industrial*. Santa Maria, RS: UFSM – Curso de Engenharia Elétrica. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/desp/geomar/automacao/index.htm>>. Acesso em: set. de 2009.

MUNARO, C. J. *Material de aula da disciplina Técnicas de Modelagem e Controle Aplicados a Sistemas Lineares*. Vitória: UFES – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Disponível em: <www2.ele.ufes.br/~munaro/tea06/aula6.ppt>. Acesso em: out. de 2009.

NABAIS, R. *Material de aula da disciplina Controle Automático de Processos*. Coimbra: Instituto Politécnico – Curso de Engenharia Alimentar. Coimbra/Portugal. Disponível em: <www.esac.pt/rnabais/InstEquip/.../Sensores_nivel.pdf>. Acesso em: out. de 2009.

NERIS, M. M. *Material de aula da disciplina Instalação de Sistemas Hidráulicos e Pneumático*. São Caetano, SP: ETEC Jorge Street – Curso Técnico em Mecatrônica.



SANTOS, J. E. S. *Material de aula da disciplina Modos de Controle*. Rio Grande do Sul: Colégio Técnico Industrial Mário Alquati – Curso de Projetos e Instalações Elétricas. Disponível em: <http://www.cti.furg.br/~santos/apostilas/ModosdeControle_050905.pdf>. Acesso em: out. de 2009.

Técnicas e aplicações de comandos eletro-hidráulicos – Festo Didactic

VIANNA, W. da S. *Material de aula da disciplina Controlador Lógico Programável*. Campos, RJ: Curso de Engenharia de Controle e Automação. Disponível em: <http://www.professor.cefetcampos.br/professores/wvianna/clp/apostila-clp-uerj/clp_1.pdf/view>. Acesso em: set. de 2009.

Sites

E-FÍSICA: <<http://efisica.if.usp.br/mecanica/basico/pressao/unidades/>>.

FESTO: www.festo.com.br. Acesso em: out. de 2009.

MICRO: www.micromecanica.com.br. Acesso em: out. de 2009.

MSPC: <http://www.mspc.eng.br/termo/termod0110.shtml#calor_esp>. Acesso em: 15 ago. 2009.

NOVUS: <<http://www.novus.com.br>>. Acesso em: out. de 2009.

PARKER: www.parker.com.br. Acesso em: out. de 2009.

CENTRO PAULA SOUZA

