

Robótica e Manufatura Integrada

Alexandra Isabel Coelho Videira e João Miguel Duarte Barata Oliveira e Pedro Miguel dos Santos Martins

Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Secção de Robótica e Manufatura Integrada
Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa
Quinta da Torre, 2829 – 516 Caparica, Portugal
{a.videira, jmdbo.oliveira, pmd.martins}@campus.fct.unl.pt

Resumo — As PLCs são dispositivos eletrónicos digitais utilizados em aplicações industriais. O mundo que combina os PLCs e os robots tem permitido atingir patamares surpreendentes que nunca o ser humano pensou alcançar. Neste paper poderá encontrar definições, funcionalidades, aplicações práticas e exemplos ilustrativos de PLCs e robots usados atualmente.

Palavras-Chave — PLC, indústria, segurança, robot, eixos, CPU, I/O, programação, automação, futuro.

I. INTRODUÇÃO

Neste paper irão ser abordados o que são PLCs (*Programmable Logic Controller*) e qual a importância da sua utilização na indústria. Será referenciado o modo como são programados e as diferentes linguagens utilizadas. Também estarão presentes as descrições de alguns componentes de segurança utilizados na indústria, os diferentes tipos de robots e a respetiva comparação entre as suas principais diferenças. Serão ainda mencionadas as características que cada um deles possui para conseguir realizar diferentes tipos de tarefas e o objetivo de um robot ter mais do que 3 eixos. Por último, é descrito em detalhe um caso real que foi observado na visita à empresa INTROSYS.

II. O QUE É UM PLC

Os PLCs foram desenvolvidos na década de 60 com a finalidade de substituir os painéis de relés que eram utilizados nas indústrias automobilísticas.

Um PLC é um computador especializado baseado num microprocessador que desempenha funções de controlo através de software desenvolvido pelo utilizador. Estes dispositivos executam um programa previamente armazenado em memória, que tem como função processar os sinais de entradas – que provêm de diferentes sensores – e fornecer sinais de saídas compatíveis com atuadores. Geralmente, as fontes de alimentação dos PLCs são alimentadas com uma tensão alternada e devem ser protegidas contra curto-circuito e sobrecargas, proteção esta que pode ser feita utilizando fusíveis ou disjuntores.

Os PLCs podem ser distinguidos em três tipos: compacto, modular e *soft-PLC*. Se se tiver um PLC do tipo compacto sabe-se que as entradas são limitadas e não são permitidas extensões. No caso dos PLC do tipo modular, é permitida a configuração e

expansão do hardware disponível na sua gama e a sua arquitetura é composta por módulos independentes. Em relação aos *soft-PLC*, estes possuem uma arquitetura *open source* que combina as características dos PLCs com a capacidade dos computadores.

A imagem que se segue representa o funcionamento de um sistema genérico de automação, onde se podem verificar as funções básicas de um PLC. [1]

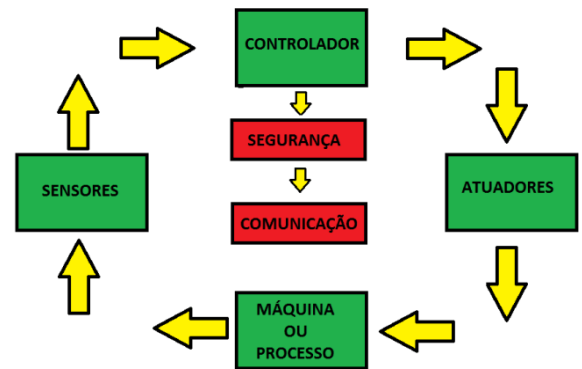


Fig. 1. Sistema genérico de automação

III. IMPORTÂNCIA DE PLC NA INDÚSTRIA

Inicialmente os PLCs foram concebidos para trabalhar com variáveis discretas, no entanto viu-se a necessidade que existia em mudar para variáveis contínuas. Através desta mudança, o PLC tornou-se no principal responsável pela automação da indústria moderna.

Uma das principais utilizações de PLCs na indústria é para a automatização dos mais variados processos eletromecânicos, tais como os movimentos de uma máquina numa linha de montagem.

Uma das características mais importantes na escolha dos PLCs na indústria é a velocidade de processamento da CPU, pois está diretamente ligada a fatores como:

- Número de entradas e saídas (analógicas e digitais).
- Tamanho do programa a ser executado.
- Quantidade de loops e cálculos matemáticos presentes.
- Velocidade de resposta pretendida.

Atualmente podem ser encontrados *PLCs* que permitem realizar funções específicas, tais como a segurança de processos, a comunicação GSM, a IHM (*Interface Homem Máquina*), os inversores de frequência, os dispositivos para controle de movimentos, e o controle hidráulico e pneumático.

A imagem seguinte representa um diagrama de blocos de um *PLC* que revela as possíveis capacidades de integração que este pode possuir.

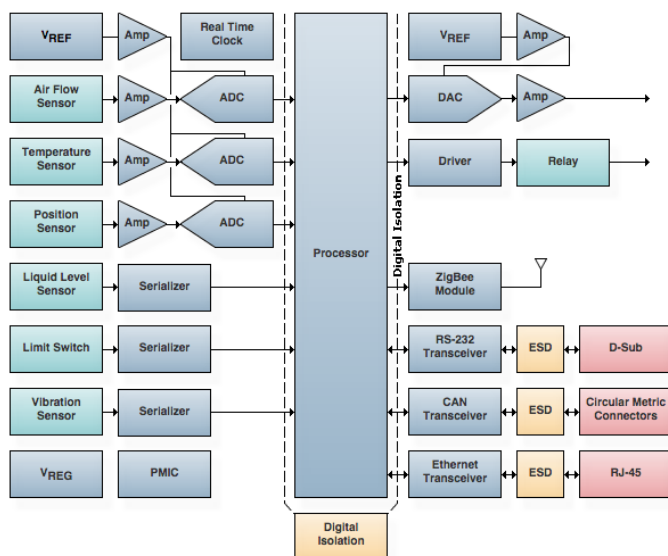


Fig. 2. Diagrama de blocos de um *PLC* [2]

IV. PROGRAMAÇÃO DE *PLC*

As linguagens de programação permitem ao utilizador introduzir um programa de controlo num *PLC* utilizando uma sintaxe estabelecida. Atualmente, as linguagens de alto nível possibilitam a existência de novas e versáteis instruções para controlar as ações do programa. A adição de novas instruções e o desenvolvimento dos módulos I/O deram origem a novas instruções. Estas mudanças incluíram ainda a capacidade de enviar e receber dados dos diferentes módulos. Todos estes avanços, juntamente com as necessidades da indústria, criaram uma grande procura por instruções que permitem programas de *PLCs* mais compactos e simples.

Existem então três tipos de linguagens utilizadas para programar *PLCs*:

- *Ladder*.
- *Boolean*.
- *Grafcet*.

As linguagens *Ladder* e *Boolean* implementam operações da mesma forma, diferindo somente na representação das suas instruções e a forma como são introduzidas no *PLC*. Por outro lado, a linguagem *Grafcet* implementa instruções de controlo baseando-se em steps e ações que são representadas através de um programa de gráficos. [3]

V. COMPONENTES DE SEGURANÇA

Existem componentes de segurança dentro de uma célula de trabalho devido ao facto de os *robots* não terem nada que lhes indique se existe alguém ou algo dentro dela aquando do seu funcionamento. As consequências dos acidentes que envolvem humanos e *robots* industriais são mortais. Para minimizar este tipo de acidentes foram desenvolvidos controladores de segurança que param de imediato o *robot* na posição em que se encontra. Isto acontece quando é detetado alguém ou algo na zona abrangida pela rede de sensores.

Os dispositivos de segurança frequentemente utilizados nas empresas industriais são:

Fechaduras especiais nas portas que dão acesso à célula de trabalho e dão indicação ao *PLC* se a fechadura está trancada ou não. Uma das formas de reforçar esse tipo de segurança é colocar um cadeado (correspondente a um determinado funcionário da empresa) trancado na porta, para que caso alguém passe fora da célula e não consiga ver alguém dentro da mesma, saiba que se encontra alguém lá dentro e não é possível fechar a porta para colocar o *robot* em funcionamento.



Fig. 3. Fechadura de uma porta de acesso à célula (Introsys)

- Sensores de infravermelhos que funcionam do seguinte modo: de um lado encontra-se um *array* de *LEDs* que emitem luz infravermelha e do outro lado encontra-se um sensor de luz *LDR*. Quando algo/alguém bloqueia a passagem da luz até ao respetivo sensor, é enviada uma mensagem de aviso para o *PLC*, que uma vez mais para o *robot* nesse preciso instante. Existe uma particularidade nestes sensores, ou seja, é necessário haver uma fiscalização por parte de um funcionário para verificar se não existe alguém dentro da célula de trabalho. Só depois dessa verificação concluída é que a máquina pode voltar a continuar o seu processo que fora interrompido.

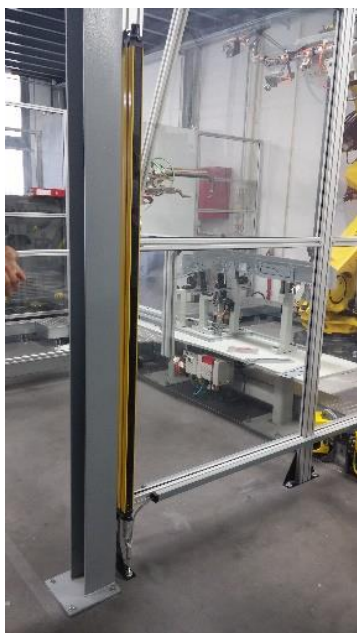


Fig. 4. Sensor de infravermelhos por interrupção do feixe de luz

- Sensor de varrimento que emite vários raios laser para saber se a zona abrangida por este sensor localiza algo/alguém dentro da célula de trabalho.

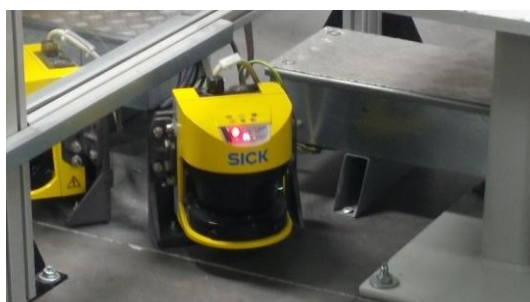


Fig. 5. Sensor de varrimento

Qualquer um destes sensores sozinho torna-se ineficiente, razão pela qual é necessária a existência de um vasto conjunto de sensores a funcionar em simultâneo. Desta forma, minimizam-se os riscos de acidentes graves ou até mesmo mortais dentro das células de trabalho. Estas componentes de segurança permitem que o *robot* não ultrapasse os limites possíveis, evitando assim colisões com possíveis obstáculos.

VI. DIFERENTES TIPOS DE ROBOTS

As configurações mais usadas de *robots* industriais são os *robots* de coordenadas cartesianas, os *robots* SCARA, os *robots* articulados, os *robots* delta, e os *robots* de duplo braço.

Os *robots* cartesianos têm três das articulações principais do tipo deslizante ou prismática. Estes *robots* possuem uma

pequena área de trabalho, um elevado grau de rigidez mecânica e destacam-se pelo seu grande nível de precisão. São utilizados essencialmente para transportes e armazenamento de cargas. [4]

Em relação aos *robots* SCARA (*Selective Compliant Assembly Robot Arm*) estes são constituídos por quatro eixos. São ideais para montagens em alta velocidade, empacotamentos e outros materiais que precisem de ser manuseados. [5]

Os *robots* articulados são conhecidos pelas suas juntas rotativas. Estas juntas permitem ao *robot* uma grande liberdade de movimentos, visto que podem rodar em múltiplos planos. Isto faz com que as capacidades do *robot* aumentem consideravelmente. [6] Alguns tipos de *robots* articulados mais básicos estão normalmente disponíveis em *kits* de robótica e permitem a iniciantes a exploração das juntas para verificar o seu modo de funcionamento.

No caso dos *robots* delta, sabe-se que este é um *robot* de *links* paralelos e em que os principais eixos mecânicos atuam em paralelo no painel frontal do *robot*, contrariamente à maioria que é feito em série. Isto permite movimentos rápidos e precisos. [7]

Os *robots* de duplo braço têm uma visão precisa, um controlo de força sensível, um *software* flexível e medidas de segurança previamente implementadas – o que permite uma programação através de aprendizagem. Um exemplo deste tipo de *robot* é o YuMi da ABB. [8] A ABB desenvolveu um *robot* de duplo braço para montar pequenas peças, onde as pessoas e os *robots* trabalham lado a lado nas mesmas tarefas. Este tipo de *robots* desbloqueia funcionalidades adicionais na automação da indústria. O que diferencia este *robot* de outros tradicionais é a capacidade de operar num espaço muito pequeno, o que é bastante relevante para minimizar o seu espaço numa fábrica proporcionando a possibilidade de ser instalado em fábricas onde ainda só trabalham humanos.

Existem várias marcas de *robots* industriais e entre elas destacam-se:

- Fanuc.
- Motoman.
- ABB.
- Kuka.
- Denso.
- Adept.
- Comau.
- Kawasaki.
- OTC Daihen.

Na robótica industrial existem inúmeras aplicações onde os *robots* podem ser utilizados. Normalmente, os *robots* são criados para operarem em ambientes considerados hostis para os humanos, ou então para otimizarem processos.

Na visita à empresa Introsys pode-se observar alguns exemplos de *robots* utilizados na indústria automóvel. Os *robots* com seis graus de liberdade são utilizados para facilitar a construção de determinadas parte de carros que são de difícil produção e, consequentemente, a qualidade do produto final aumenta. Uma das razões pelas quais hoje em dia os carros são mais robustos é precisamente pelo facto de ter sido eliminado o fator de erro humano em certos processos de construção da

carroçaria dos veículos, como por exemplo, a soldadura por pontos. Nas imagens seguintes apresentam-se exemplos de *robots* pertencentes à empresa Introsys.



Fig. 6. *Robot* utilizado pela BMW



Fig. 7. *Robot* utilizado pela Audi

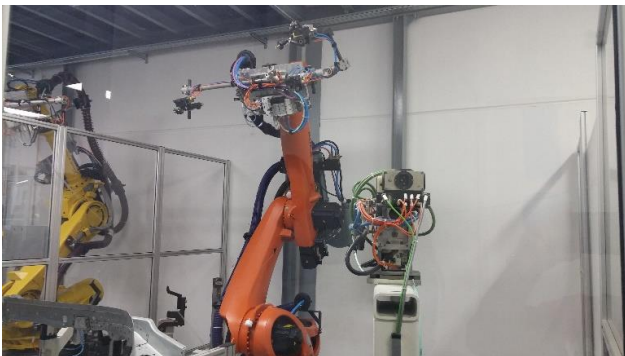


Fig. 8 *Robot* utilizado pela Volkswagen

Se se falar de um *robot* com três graus de liberdade, este apenas atua em dois eixos. Para este operar num ambiente com três eixos cartesianos podem ser usados *robots* com seis graus de liberdade. Caso o objetivo do *robot* seja, por exemplo, tirar uma peça de uma prateleira e colocar num tapete, há uma maior vantagem em utilizar um *robot* que possua seis graus de liberdade, tendo em conta que varia a posição do *TCP* nos 3 eixos de coordenadas. A razão pela qual é necessário o terceiro

eixo deve-se ao facto de se poder levantar a peça garantindo assim integridade da célula. Porém, se o objetivo do *robot* for cortar placas de metal com dimensões previamente definidas, enquadra-se perfeitamente um *robot* que possua apenas três graus de liberdade, visto somente ser necessário operar em 2 eixos cartesianos.

VII. CASO OBSERVADO NA EMPRESA INTROSYS

Durante a visita à empresa os alunos tiveram a oportunidade de programar um movimento no *robot* KUKA (ver fig. 8). As coordenadas de posição foram introduzidas através de uma linguagem simples de programação, e o *robot* através da cinemática inversa, que lhe foi anteriormente implementada, movimentou as juntas para conseguir alcançar essa mesma posição. Após todos os alunos terem introduzido um ponto linear, pôde-se observar todos os pontos inseridos e o movimento a que deram origem. Este *robot* tem a capacidade de suportar movimentos livres ou lineares mantendo a orientação da garra. Esta funcionalidade garante um funcionamento mais rápido e eficiente por parte do *robot* num ambiente fabril. Um dos aspetos importantes que se deve preservar é a integridade física dos *robots*, no entanto também esta funcionalidade já vem integrada no próprio *robot* desde fábrica. Apesar de manter a integridade em relação a si próprio, é importante perceber em contexto industrial o modo como o *robot* se relaciona com possíveis obstáculos. Esta preocupação é desempenhada pelos engenheiros responsáveis pelas linhas de produção em que estão inseridos.

VIII. CONCLUSÃO

Como se pôde observar os *PLCs* têm uma forte presença nos *robots* industriais. Nos últimos anos têm sido feitas melhorias a nível de eficiência energética, aplicabilidade, capacidade de armazenamento, e redução de custos de produção, que permitem em conjunto com os avanços na área da robótica responder a novos desafios.

Uma das principais desvantagens dos *PLCs* é a falta de padronização dos protocolos de comunicação que dificulta a integração de equipamentos distintos de diferentes fabricantes. A comunicação entre *PLCs* será um dos próximos desafios neste âmbito.

Pelos exemplos apresentados neste *paper* pode-se concluir que nos dias de hoje já existem *robots* com altos níveis de rendimento que executam tarefas complexas e inacessíveis ao ser humano. Todas as suas características influenciam o seu modo de funcionamento o que leva a que diferentes marcas desenvolvam diversos tipos de *robots*. A procura por *robots* especializados leva a melhorias significativas num curto espaço de tempo. Pode-se então esperar um acréscimo exponencial de *robots* no nosso quotidiano, não só na área da indústria como também nas áreas da medicina, da restauração, entre outras.

REFERÊNCIAS

- [1] Carlos Márcio Freitas, “Controlador Lógico Programável – CLP – Parte 1”, <http://www.embarcados.com.br/clp-parte/>, 2013.
- [2] http://pt.mouser.com/applications/industrial_application_logic_controller/.
- [3] Vishal Kumar Alok, Ajay Goel, “To study the different industrial applications of PLC through ladder diagrams.”, 2011.
- [4] <http://automacaoerobotica.blogspot.pt/2012/07/robo-manipulador-cartesiano-um-robo.html>, 2005.
- [5] <http://www.adept.com/robots/scara-robots-4-axis>, 2015.
- [6] <http://www.wisegEEK.com/what-is-an-articulated-robot.htm>
- [7] http://robot.fanucamerica.com/robotics-articles/delta_robots_improve_highly_repetitive_tasks.aspx, 2011.
- [8] <http://new.abb.com/products/robotics/yumi>