

Descrição e Análise de Linguagens de Automação (CNC, SCORBASE e ACL)

Lia Carrari Rodrigues, 3020219-1

?

Resumo — O artigo explica as principais características e funcionamento das três linguagens CNC, ACL e SCORBASE. Mostra as principais aplicações de cada uma, ferramentas disponíveis e campos onde cada uma é empregada. Também mostra códigos de exemplo das linguagens e define a melhor linguagem para usuários leigos.

I. INTRODUCTION

ESTE artigo tem como objetivo apresentar linguagens de programação usadas para controle numérico e robótica. As linguagens detalhadas são a CNC (*Computer Numerical Control*), utilizada para controle numérico, em especial no campo industrial e as linguagens de programação para robôs SCORBASE e ACL (*Advanced Control Language*), empregadas no meio industrial, científico e também no meio educacional.

A seguir será especificada cada uma destas linguagens, sendo mostradas suas características, vantagens e desvantagens. Também há um histórico de cada uma delas, apontando o uso comum e as principais aplicações, além das ferramentas de desenvolvimento disponíveis atualmente. Ainda serão explicados exemplos de código de cada linguagem, para o entendimento do funcionamento desta.

Após o detalhamento e explicação das linguagens, será definida qual a melhor linguagem, dependendo do parâmetro de desempenho escolhido. No caso, será escolhido como parâmetro de desempenho a usabilidade, facilidade e rapidez de desenvolvimento de códigos.

II. CNC

A CNC (*Computer Numerical Control*) Adquiriu notoriedade na década de 70, com a introdução dos microcomputadores a preços acessíveis. Seu uso foi significativo no campo industrial, em especial na área de metais. A CNC é definida como uma operação de ferramentas de máquina, que são codificadas por meio de instruções, para o sistema de controle desta. Esta linguagem lida de forma satisfatória com inconsistências, pois não requer envolvimento físico ou manual [1].

O uso da CNC pode prover diversas vantagens. Uma

vantagem é a redução de tempo de *setup* de uma máquina. Esse processo é indispensável e, na maioria das vezes, um processo manual que pode ser automatizado com um programa CNC. O processo de *setup* é otimizado agrupando diversas operações de diversas etapas em um só *setup*.

Outra vantagem verificada no uso de programas CNC, é o alto grau de precisão das máquinas e repetição dos programas. Onde quer que o programa esteja armazenado (na memória do computador, em disco, etc.), este pode ser reutilizado e alterado quantas vezes necessário. Este benefício permite com que partes de programa de alta qualidade sejam produzidas ao longo do tempo.

Os programas CNC também tem sido utilizados com sucesso no contorno de formas complexas, na indústria automobilística e de aeronaves. A CNC oferece vantagens para as ferramentas de geração de contornos tridimensionais. Formas complexas, como moldes, podem ser fabricadas sem a necessidade de desenvolver um modelo para traçar.

A linguagem CNC é totalmente controlada pelo computador, assim, seu tempo de produção é contínuo e sempre consistente. O principal motivo da escolha da CNC das empresas é devido à razão econômica. Para obter um investimento de sucesso com uma máquina CNC, é preciso entender como esta funciona, como sua tecnologia é baseada [3].

A necessidade de um profundo conhecimento técnico da máquina e da linguagem CNC pode ser considerada uma desvantagem do uso desta. Pois apenas profissionais especializados são capazes de escrever programas eficientes na linguagem. Outras linguagens, como SCORBASE, possuem interface visual amigável, possibilitando usuários mais leigos a criar programas na linguagem [4].

Há diversos tipos de máquinas CNC. Algumas principais aplicações são: fábricas e centros automatizados, centros de corte e rotação, máquinas de perfurar, máquinas EDM, jatos de água, máquinas de solda, dentre outras [1].

Os programas em CNC são escritos utilizando caracteres como letras, números e símbolos (+, -, ., :, ;, / e %). As instruções contidas no programa são assim reconhecidas e executadas pela controladora da máquina. Como qualquer outra linguagem, a CNC possui uma estrutura definida e consistem em caracteres, palavras, blocos e programas [2].

Uma palavra é uma seqüência de caracteres que possui um comando específico para a máquina. A palavra consiste em

um endereço seguido de números e/ou símbolos. Alguns exemplos de uma palavra são: F10.0 (F – *Feed rate*, ou taxa de alimentação, e o número 10.0 indica a quantidade, 10.0 polegadas por minuto); T5 (T – *Selection of Tool*, ou seleção de ferramenta, e o número indica a ferramenta desejada).

Este endereço encontrado na palavra é sempre uma única letra, que é um código que indica o que a máquina deve fazer com a seqüência numérica que segue esta letra. Cada máquina possui seus próprios códigos de endereçamento, que são especificados pelo fabricante. Dois destes códigos são considerados códigos fundamentais, o código M (*Miscellaneous Functions*, funções diversas) e G (*Preparatory Function*, funções preparatórias) e por isso são expandidos.

Um bloco é uma série de palavras que define uma instrução. Este pode ser uma palavra ou uma combinação de palavras (por exemplo, *N05 G80 G90 G17*), que é sempre terminado por um caractere que designa o fim do bloco.

Um programa é uma série de blocos que contém um conjunto de instruções. Este pode conter apenas alguns blocos ou milhares destes. E é o programa que irá comandar a máquina e executar as operações desejadas.

A seguir será elaborado um programa CNC com base no código de uma máquina industrial, utilizada para produzir superfícies planas e angulares, contornos, engrenagens, rodas dentadas, etc. A tabela de caracteres de endereçamento é mostrada abaixo, na Figura 1.1 e 1.2 (tabela estendida do código G e M).

Address Codes–Milling (Includes drilling)

- A Angular dimension around X axis**
- B Angular dimension around Y axis**
- C Angular dimension around Z axis**
- D Cutter diameter (or radius) Compensation register number**
- E Angular dimension for special axis**
- F Feed rate**
- G Preparatory function**
- H Tool length offset register number**
- I X-axis arc center location**
- J Y-axis arc center location**
- K Z-axis arc center location**
- L Loop count repeat for canned cycles**
- M Miscellaneous function**
- O 1. Program number
2. Sub-routine number**
- P Dwell time**
- Q Canned cycle repeat dimension**
- R 1. Arc radius
2. Z axis retract distance**
- S Spindle speed**
- T Tool selection number**
- U Not used**
- V Not used**
- W Not used**
- X Primary X motion dimension**
- Y Primary X motion dimension**
- Z Primary X motion dimension**

Fig. 1.1. Tabela de caracteres de código de endereçamento de uma máquina industrial.

G-codes for Milling (includes drilling)

- Rapid positioning (G00)**
- Interpolation (G01, G02, G03)**
- Dwell (G04)**
- Plane selection (G17, G18, G19)**
- Automatic Reference Returns (G28, G29)**
- Cutter compensation (G40, G41, G42)**
- Tool offset (G43–G49)**
- Work Coordinate Offset (G52–G59)**
- Unit input (G20, G21; or G70, G71)**
- Fixed canned cycles (G80–G89)**
- Positioning Input (G90, G91)**
- Set Work Coordinates (G92)**
- Return Points (G98, G99)**

M-codes for Milling (including drilling)

- Program Stops (M00, M01)**
- End of Program (M02, M30)**
- Spindle control (M03, M04, M05, M19)**
- Tool Change (M06)**
- Coolant Control (M08, M09)**
- Clamp Control (M10, M11)**
- Sub-program Control (M98, M99)**

Fig. 1.2. Tabela de caracteres de código de endereçamento estendida de uma máquina industrial.

O0001 (*Número do programa*)
 N005 S320 M03 (*Velocidade do eixo em CW à 320*)
 N010 G00 X1. Y1. (*Posicionamento rápido na localização de XY no primeiro furo*)
 N015 G01 Z-1.25 F3.5 (*Alimenta primeiro furo com 3.5 polegadas por minuto*)
 N020 G00 Z.1 (*Sai do furo*)
 N025 X2. (*Vai para o segundo furo*)
 N030 G01 Z-1.25 (*Alimenta segundo furo*)
 N035 G00 Z.1 (*Sai do segundo furo*)
 N040 G91 G28 Z0 (*Retorna para a posição referente em Z*)
 N045 M30 (*Comando para finalização de programa*)

O programa acima é um exemplo de uma rotina de uma máquina industrial, é necessário notar que o caractere de endereçamento N seguido por um número seqüencial é um código utilizado para identificação de linhas.

III. SCORBASE

A linguagem SCORBASE é uma linguagem popular para programação de robôs. A SCORBASE possui um software para fácil manuseio e uma interface visual facilitando e agilizando o uso para todos os usuários (Figura 2). Há versões da SCORBASE baseadas em Windows que são encontradas em universidades, escolas e centros educacionais ao redor do mundo.

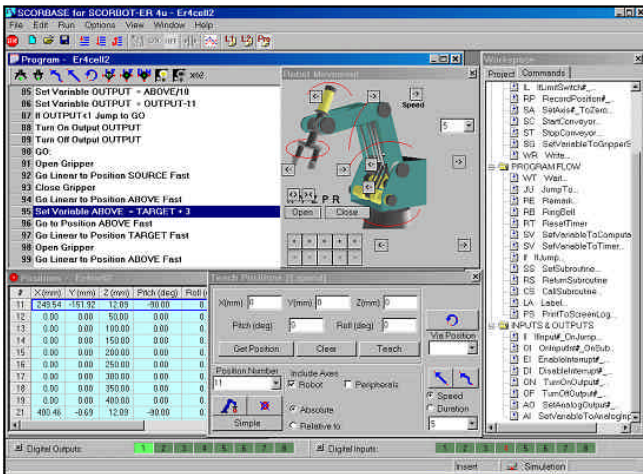


Fig. 2. Interface amigável do software SCORBASE [6].

O software SCORBASE oferece todos comandos de robótica industrial e é voltado para o aprendizado. Esta ferramenta possui um modo off-line para testes, e ícones para inserção de comandos. O modo editor proporciona comandos de controle para robôs Scorbots e periféricos, comandos de programas e comandos de entrada e saída. Também existe a opção RoboCell que permite simulações com visualização tridimensional e criação de robôs virtuais [4].

A principal vantagem do SCORBASE é a simplicidade da ferramenta que torna possível um usuário leigo programar um robô, sem a necessidade de um profundo conhecimento técnico. Outra vantagem proporcionada pela interface é a agilidade de se criar um programa, apenas pressionando botões para inserir comandos no código.

Mas a pequena diversidade de robôs disponíveis para a utilização do software é uma desvantagem deste sistema. Ao contrario de outras linguagens, como a CNC, que possui uma infinidade de máquinas para diversas aplicações, a SCORBASE somente permite a utilização com o Scorbots.

A SCORBASE é utilizada no Scorbots-ER que é um robô versátil, com um braço vertical. Este robô é voltado para aplicações profissionais na indústria, ciência, pesquisa e educação. O Scorbots pode operar em sistemas independentemente e também em conjunto com outros componentes. Suas principais funções são pegar, inserir, instalar, soldar, medir peças e também realizar testes de automação [5].

Para o controle do Scorbots, é necessário um computador, com o software SCORBASE para a programação intuitiva e facilitada, ou a programação direta com ACL. É possível programar em série e a comunicação entre o computador e o robô é feita através de uma comunicação digital ou analógica, com por exemplo, cabo USB [5] [6].

Atualmente, a SCORBASE está presente em aplicações em diversas áreas. Uma delas é treinamento de funcionários em empresas e indústrias, para a operação, programação e manutenção de robôs. Também está presente no campo industrial, no manuseamento de materiais, transporte,

fabricação de itens, desenvolvimento e teste de sistemas automatizados [5].

Abaixo (Figura 3), temos um exemplo de um simples programa em SCORBASE, criado a partir da interface amigável, através dos ícones de comando.

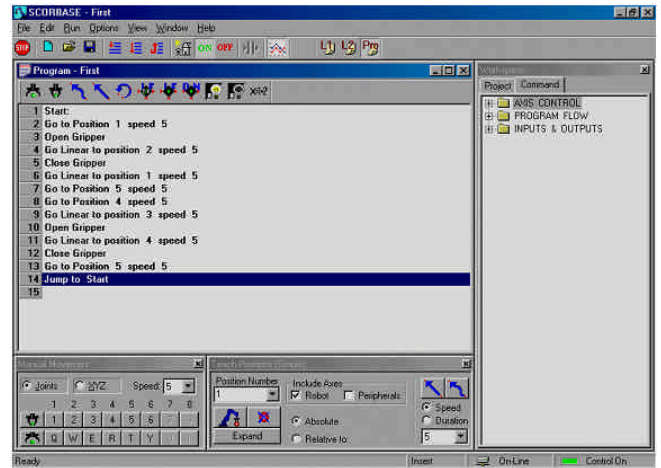


Fig. 3. Exemplo de um programa desenvolvido pelo software SCORBASE [6].

Contudo, também é possível desenvolver códigos mais complexos, utilizando variáveis o que é necessário, quando se deseja escrever comandos que mudam conforme o estado do robô ou do ambiente se altera durante a execução. Abaixo, há um código de um programa utilizando variáveis.

```

Set variable pos = 0
Set Variable luz=1
Start:
Set variable pos = pos +1
Go to position pos fast
Turn on output luz
Wait 50 (10ths of seconds)
Turn off output luz
If pos < 5 jump to start
    
```

O código acima define uma posição (variável pos), que é incrementada quando o programa inicia, e então o robô é enviado até essa posição. Quando o robô chega na posição, ele acende uma luz (definida pela variável luz), espera 50 segundos e apaga a luz. Então, ele checka se a posição é menor que 5, se sim, inicia o programa novamente, senão, encerra o programa.

IV. ACL

A ACL (*Advanced Control Language*) é uma linguagem avançada, que assim como a SCORBASE, é utilizada para programação de robôs. A ACL foi desenvolvida pela Eshed Robotec Pty Ltd, e permite execução de comandos de controle diretos e programas editados. A linguagem tem como

característica permitir ao usuário controle direto do robô, programação do sistema do robô, controle dos dados de entrada e saída, execução de programas simultaneamente e em sincronia e gerenciamento de arquivos [7].

A linguagem ACL é programada em um conjunto de EPROMs inseridas em um robô. Esses chips podem ser acessados de qualquer computador, por meio de um canal de comunicação. Os programas em ACL são escritos em caracteres ascii, sendo os comandos de controle enviados em série diretamente ao controlador e os programas são carregados em texto. Os códigos escritos nessa linguagem não possuem diferenciação de caracteres maiúsculos e minúsculos [8].

A maior vantagem da ACL, por ser uma linguagem avançada, é notavelmente poderosa. Também prove um ambiente multi-tarefas em tempo real. Além disso, oferece controle e otimização de trajetória, interpolação linear e circular, programação orientada a eventos, diversos perfis de velocidade de controle, dentre outras. Existem softwares para comunicação e edição de programas para teste que facilitam o desenvolvimento de programas na linguagem ACL [9].

Contudo, assim como a linguagem CNC, a ACL é uma linguagem complexa e exige um conhecimento e especialização específica do usuário para programação eficiente dos robôs. Mesmo com os softwares existentes, a linguagem possui muitos parâmetros e muitas opções, sendo de difícil entendimento para o usuário leigo.

O ATS (*Advanced Terminal Software*) é uma interface de acesso para a controladora ACL no robô, que pode ser instalada em qualquer computador. Este software oferece configuração da controladora, definição dos dispositivos periféricos, definição de teclas de atalho para comandos de entrada, gerenciador de backup e gerenciador de impressão. A Figura 4 ilustra esta comunicação entre os dispositivos [7].

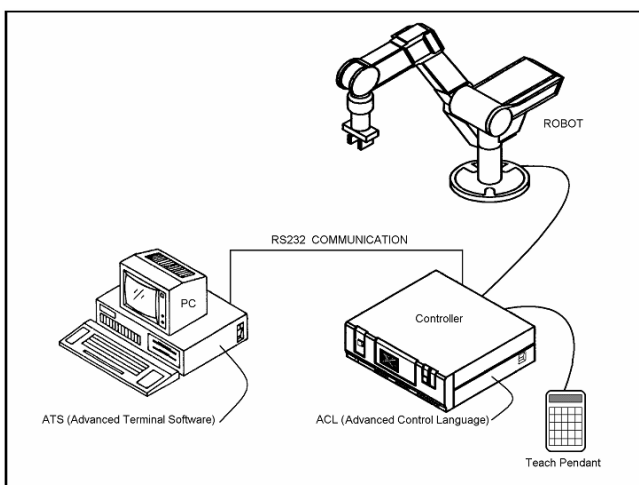


Fig. 4. Diagrama descritivo da comunicação entre dispositivos [7].

A linguagem ACL, assim com a SCORBASE é utilizada para programar robôs Scrobot, empregados no meio industrial, científico e educacional. A seguir, um exemplo de código de movimentação de um robô na linguagem ACL.

```

speed 40 (Altera velocidade)
setpvc 1 x 0 (Modifica o valor da coordenada x)
setpvc 1 y 10 (Modifica o valor da coordenada y)
setpvc 1 z 0 (Modifica o valor da coordenada z)
move 1 (Move para a posição 1, definida acima)
delay 1 (espera 10 milisegundos)
setpvc 1 x 0 (Modifica o valor da coordenada x)
setpvc 1 y 20 (Modifica o valor da coordenada y)
setpvc 1 z 0 (Modifica o valor da coordenada z)
move 1 (Move para a posição 1, definida acima)
    
```

V. ANÁLISE DAS LINGUAGENS

Cada uma das linguagens descritas acima é específica para usos diferenciados. Porém, dependendo do parâmetro de desempenho definido, é possível definir qual delas é a melhor linguagem.

No caso, o parâmetro de desempenho definido, será a facilidade de programação para um usuário. Assim, será analisada qual destas linguagens é a linguagem mais simples para ser programada. Todas as características detalhadas serão levadas em conta, assim como o funcionamento de cada uma delas.

A linguagem CNC é programada em seqüências de caracteres onde as instruções dependem da máquina utilizada. Assim, é necessário um conhecimento exato da linguagem e também um conhecimento técnico específico, que depende da documentação da máquina.

A linguagem SCORBASE possui um ambiente interativo, onde o usuário não necessita conhecimento técnico específico ou conhecimento dos comandos. Todos os comandos estão disponíveis nos ícones da interface, sendo assim, a criação de um programa muito rápida, sem a necessidade de digitação. Também possui ferramenta para testes e visualização do robô.

A ACL é uma linguagem bastante avançada, extremamente complexa, que exige um conhecimento específico dos parâmetros da linguagem. Os softwares e ferramentas disponíveis não possuem ambientes interativos para facilitar o entendimento do usuário. Assim, o programador deve conhecer e estudar a linguagem a fundo para criar um programa eficiente.

Considerando a análise acima, a SCORBASE é a melhor linguagem para usuários leigos, para aprendizado, e para criação de programas de forma rápida e simples. Isso se deve ao seu ambiente gráfico, às suas ferramentas que incluem os comandos sem a necessidade de digitação, seus modos de teste e visualização, entre outros.

VI. CONCLUSÃO

De tal modo, é possível concluir que há diversas linguagens disponíveis atualmente. A escolha de qual delas utilizar depende exclusivamente de qual é a aplicação desejada pelo usuário.

As linguagens descritas neste trabalho apresentam características diferentes, contudo, todas são linguagens computacionais, que não necessitam de interação humana para sua execução. Estas linguagens são linguagens de programação modernas, utilizadas em automação de máquinas, principalmente no campo industrial e educacional.

Para a escolha da linguagem a ser utilizada é necessária somente a definição do parâmetro de desempenho desejado. Então, feita a análise das características, vantagens e desvantagens e funcionamento das linguagens, é possível escolher a linguagem que melhor atenda as necessidades do usuário e da aplicação.

REFERENCES

- [1] Peter Smid, "CNC Programming Handbook," 2nd ed., New York: Industrial Press Inc., 2003.
- [2] Virtual Machine Shop. *Introduction to CNC Code*. [Online]. Available: http://www.jjjtrain.com/vms/cnc_intro_code.html
- [3] CNC Resources. *The Basics Of Computer Numerical Control*. [Online]. Available: <http://www.cncci.com/resources/articles/CNC%20basics%201.htm>
- [4] Soluciones Tecnologicas Integradas, "SCORBASE para Windows" [Online]. Available: www.sti-sl.es/descargas/robotica/software/SCORBASE.PDF
- [5] Dr.-Ing. Paul Christiani, "Scorbot-ER 9" [Online]. GmbH & Co. KG Technisches Institut für Aus- und Weiterbildung. Available: http://www.christiani.de/product_info.php/cPath/611_466/products_id/1164/Scorbot-ER-9.html
- [6] Intelitek, "SCORBASE" [Online]. Available: http://www.christiani.de/product_info.php/cPath/611_466/products_id/1164/Scorbot-ER-9.html
- [7] Eshed Robotec (January, 1995), "ACL Reference Guide" [Online]. Available: <http://www.utc.edu/Departments/engrcs/ielab/lab-info/manuals/100085-a%20ACL28-Ctrl-B.pdf>
- [8] Robert Mahony, "Introduction to the Scorbot ER VII and the Eshed Robotec Pty. Ltd. Advanced Control Language (ACL)", Dep. Engineering, ANU, ACT, 0200, Australia. [Online]. Available: http://users.rsise.anu.edu.au/~chen/teaching/Robotics_ENGN4627_2005/aboratory/Scorbot_Intro.pdf
- [9] Edgar Online, "INFORMATION ON THE COMPANY", [Online]. Available: <http://sec.edgar-online.com/2004/06/29/0001178913-04-000856/section6.asp>