

TRABALHO DE ROBÓTICA

Técnicas de Programação de Trajectórias

1. Objectivos

O presente trabalho tem como objectivos o estudo e demonstração de técnicas fundamentais usadas para a programação de trajectórias.

2. Material

1. Robot MA2000, colocado sobre uma plataforma.
2. Computador com o *software de interface* instalado.
3. Controlador do MA2000.
4. *keypad* ligado ao controlador.

3. Introdução

O sistema CIM MA9000/1, onde se encontra inserido o Robot é um sistema didáctico ideal para espaços limitados (fig. 1).

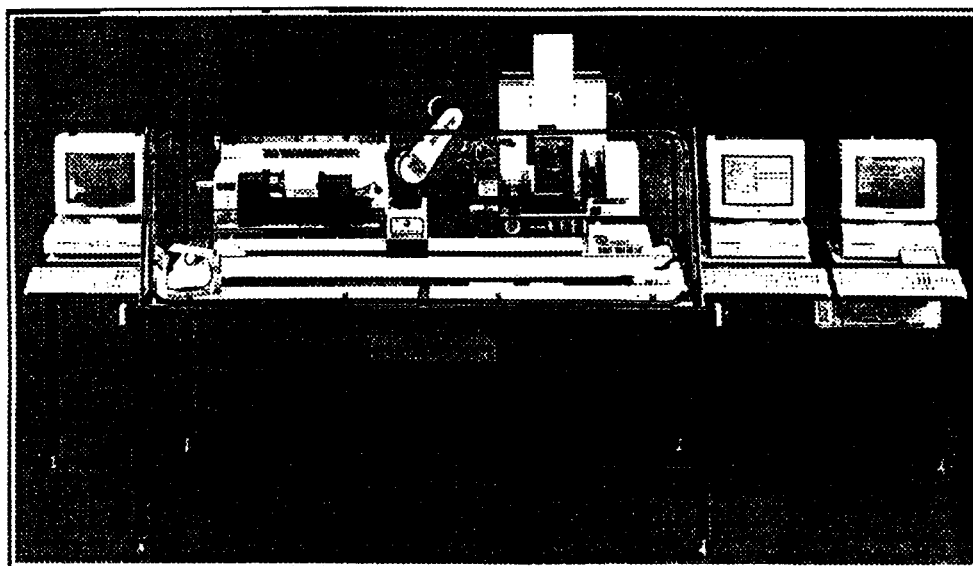


Fig. 1 - Sistema CIM completo

3.1. O Robot

É um robot servo-controlado de 6 eixos (fig. 2). A sua adaptação a este sistema fez com que o braço robot tenha apenas 5 eixos, existindo ainda um 6º eixo fora do mecanismo braço para realizar o movimento horizontal da trave MA9062.

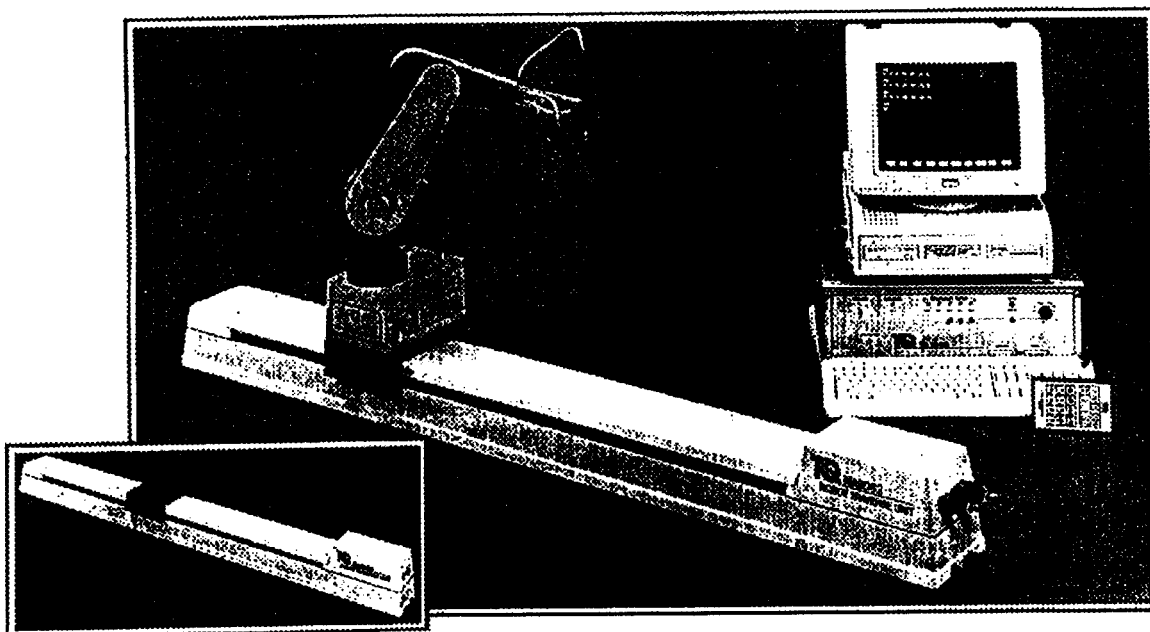


Fig. 2 - O Robot

O robot tem um alcance dentro de um hemisfério imaginário de 500mm de raio e um peso suportado no *end effector* de 1Kg.

Mecanicamente o robot consiste num braço com 6 junções, em posições similares às posições do braço humano.

Na fig. 3a encontra-se o esquema do robot em linhas gerais. Este esquema refere-se ao robot original (6 eixos). Foi necessário retirar o movimento de um destes eixos para se obter o deslocamento horizontal na trave (fig. 3b). O movimento retirado foi o do eixo *yaw* passando a rotação da garra a ter este nome (*yaw*) e o movimento de deslocação horizontal ficou com o nome de *roll*.

Os 3 eixos maiores - *waist*, *shoulder*, *elbow* - realizam a maior parte do trabalho num robot tipicamente cíclico, o que explica o tamanho destes motores comparados com os dos eixos menores que se encontram no *end effector* (mão).

3.2. O Keypad

É o canal de comunicação com o robot (fig. 4). A sua função mais relevante é a selecção da direcção e da velocidade com que o robot se move. O computador traduz as

teclas pressionadas no *keypad* em sinais para o controlador, este fornece a potência aos motores de modo a moverem-se adequadamente. Depois do robot ser movido para uma determinada posição, o computador memoriza-a e permite a programação dos passos seguintes.

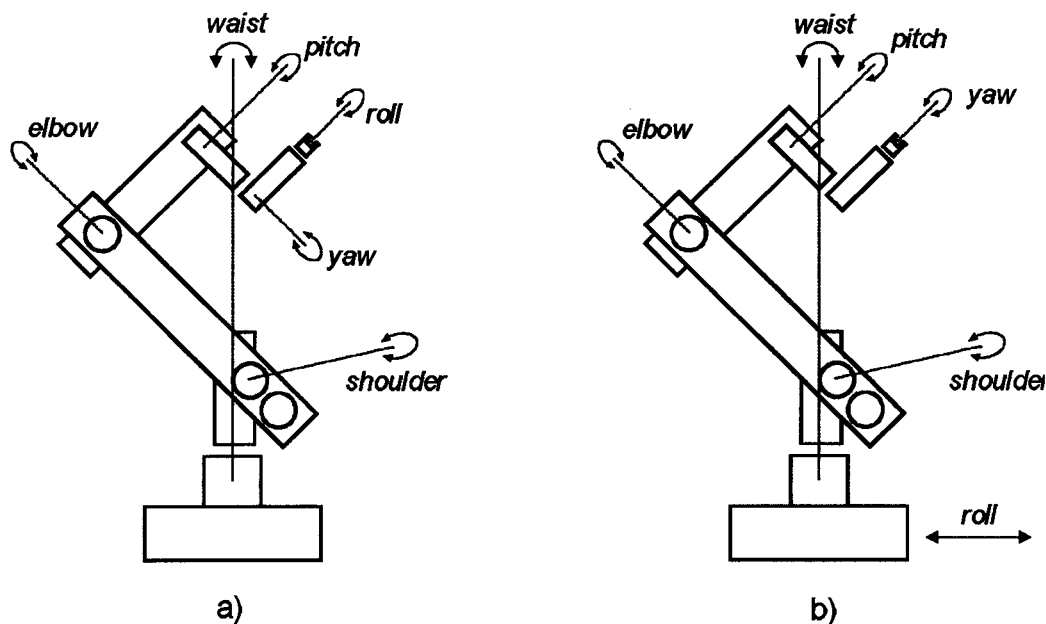


Fig. 3 - Esquema do Robot

Uma vez o utilizador satisfeito com a sequência, esta pode ser iniciada apenas premindo a tecla <RUN> do *keypad*. O computador segue os passos armazenados mandando as posições para o controlador que fornece a potência necessária para os motores realizarem a movimentação do braço robot.

As principais teclas do *keypad* são:

- <RUN> - Executar uma sequência de passos.
- <HOLD> - Parar uma sequência.
- <EDIT> - Mostra o menu de edição das funções.
- <STEP> - Passar para o próximo passo tanto a nível da programação como da execução de uma sequência.
- <PROG> - Permite aceder às funções de gravar <SAVE> ou carregar <LOAD> uma sequência.
- <COPY> - Copia um bloco de passos para outro bloco.
- <CLEAR> - Apaga um bloco de passos.
- <DRIVE> - Prepara o robot para aprender uma nova posição.
- <LEARN> - Memorizar a posição corrente do robot
- <ESCAPE>- Interromper ou terminar funções.

Existem ainda as teclas referentes ao movimento das junções tanto no sentido positivo como no negativo, cujo nome é o das próprias junções; as teclas referentes aos parâmetros de controlo com o nome destes; e as referentes ao tipo de programação utilizado.


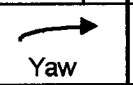



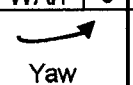
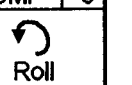

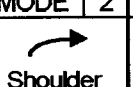
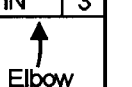
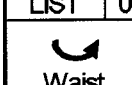
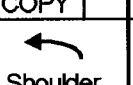
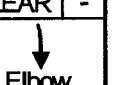
PROG	7	LOAD	8	SAVE	9	FUNCTION	
							RUN
OUT	4	WAIT	5	JUMP	6	PATH	EDIT ESCAPE
						LEAD	ENTER LEARN
RATE	1	MODE	2	IN	3	DRIVE	HOLD STEP
						<small>SLOW</small> / <small>RAPID</small>	
LIST	0	COPY		CLEAR	-		
							

Fig. 4 - Keypad

3.3. Segurança

O controlador MA2000 tem um botão de emergência “*emergency stop*” e um de paragem “*stop*”. Se o comportamento do robot se tornar inesperado e perigoso, qualquer um destes botões deve ser premido parando de imediato o movimento do robot.

É necessário ter em atenção que o “*emergency stop*” actua retirando a alimentação ao robot, o que o torna dinamicamente instável e provoca desvios da posição onde estava. Caso estes desvios resultem numa posição fora dos limites, é necessário actuar no painel do controlador nos botões (STOP) seguido de (TEST) e (RESET) juntamente e finalmente mantendo o (TEST) seleccionar as junções desejadas e aumentar-lhes ou diminuir-lhes o seu valor de modo a ficarem novamente dentro dos limites.

4. Parâmetros da Programação do Robot

O robot pode ser ensinado a executar uma série de movimentos programando-o para seguir uma determinada sequência de passos. Para a programação dos movimentos é necessário fornecer ao robot dados que caracterizem as posições para as várias junções e dados de controlo. Isto é realizado usando como *interfaces* o teclado do computador ou o *keypad*.

Cada sequência consiste num determinado número de passos. Cada passo contém 13 parâmetros, 6 definem os de controlo, outros 6 os de posição e 1 o estado da garra pneumática.

Estes parâmetros aparecem no monitor do computador da seguinte forma:

Controlo: *rate* *mode* *input* *output* *wait* *jump*
Posição: *waist* *shoulder* *elbow* *pitch* *yaw* *roll* *gripper*

Todos os parâmetros de controlo já têm valores por defeito:

<i>rate</i>	<i>mode</i>	<i>input</i>	<i>output</i>	<i>wait</i>	<i>jump</i>
7	2	0	0	0	0

4.1. Parâmetros de Controlo

Gama de valores dos parâmetros de controlo

<i>rate</i>	<i>mode</i>	<i>input</i>	<i>output</i>	<i>wait</i>	<i>jump</i>
1-9	1-9	1-4	1-4	0-255	0-X

Rate - Define a velocidade à qual o robot se move entre as posições. Para um controlo afinado o *rate* deve ser '1' (menor velocidade).

Mode - Define o modo de programação que se está a utilizar. Neste trabalho apenas se usará os modos '2' e '6'. Os restantes modos - exceptuando o '3' (valores das posições são dados em relação à posição anterior) e o '9' (não executa nenhum movimento do robot) - são usados quando o robot trabalha conjuntamente com as outras máquinas que se encontram no sistema (fig. 1). Estes modos usam os canais de entrada e saída do controlador e os parâmetros de controlo *input/output*.

mode '2' - O robot move-se através de passos intermédios até atingir a posição especificada pelos valores programados no passo.

mode '6' - É reservado para o movimento *continuous-path*, este modo não pode ser seleccionado através do *keypad* nem do teclado, ele é seleccionado automaticamente quando é especificado o movimento contínuo do robot.

Input - Consoante o valor positivo ou negativo deste comando a sua entrada vai ficar *on* ou *off* respectivamente. Com um valor igual a zero as entradas são ignoradas.

Output - Um valor positivo coloca o canal de saída correspondente a *on*, enquanto um valor negativo coloca-o a *off*. O valor zero deixa os canais de saída invariáveis.

- Wait* - Após realizar o passo, o robot fica parado o tempo definido pelo valor deste parâmetro (em segundos).
- Jump* - Indica o próximo passo a executar. É bastante útil quando é necessário tornar o movimento cíclico ou alterar uma sequência grande, pois seria um pouco inconveniente corrigi-la. Quando $jump = 0 \Rightarrow$ não há salto, passa para o passo seguinte.

4.2. Parâmetros de Posição

Definem o movimento do robot, atribuindo valores às posições das várias junções.

Gama de valores dos parâmetros de posição

<i>waist</i>	<i>shoulder</i>	<i>elbow</i>	<i>pitch</i>	<i>yaw</i>	<i>roll</i>	<i>gripper</i>
000 a 999	000 a 999	000 a 999	000 a 999	000 a 999	000 a 999	aberta = 1
0° a 270°	0° a 270°	0° a 270°	0° a 180°	0° a 270°		fechada = 0

Os valores numéricos da primeira linha são os chamados “*posture numbers*” e representam o ângulo de rotação de cada junção para alcançar o seu destino. Os valores máximos desses ângulos encontram-se na segunda linha.

4.3. Park Position

É a posição origem para a qual o robot se desloca quando o sistema é ligado sendo designada por *step 0*. Este *step* não pode ser alterado nem evocado durante uma sequência. Se se pretende que um passo de uma sequência seja a *park position* é necessário copia-la para o passo pretendido.

4.4 Técnicas de Programação

Existem quatro técnicas diferentes de programação

Ponto a ponto: Este tipo de programação usa o *keypad* para mover o robot através de uma sequência de passos. É o método mais fácil e por esta razão será o primeiro a ser considerado na parte experimental do trabalho.

Lead-by-the-Nose: Esta técnica é usada para manualmente mover o robot para uma dada posição desejada. O robot escolhe o seu próprio caminho para a posição desejada quando a sequência é executada.

Continuous Path: As sequências criadas pelas duas técnicas anteriores fazem com que o robot MA2000 se mova para várias posições distintas, caracterizadas pelos valores das posições das várias junções em cada passo. Quando uma sequência destas é executada o

robot move-se entre as várias posições de uma forma eficiente, isto é, escolhe o seu próprio percurso de modo a minimizar o tempo entre posições. Em certas aplicações é fundamental que o robot siga uma trajectória específica entre dois pontos. A tecla PATH no *keypad* permite esta facilidade ao utilizador.

Offline: A programação *offline* usa o teclado do computador para preencher a linha dos parâmetros de controlo e dos parâmetros das posições com quaisquer valores.

5. Trabalho Experimental

5.1. Inicialização do Sistema

1. Ligar a alimentação do sistema robótico (controlador) e do computador.
2. Abrir a válvula pneumática.
3. No computador executar o programa MA2000.

No primeiro menu que aparece escolher F3 (MA2000 robot with RTU).

No segundo menu seleccionar F1 (MA9062 *software*).

4. Aparece uma pergunta no monitor do computador:

"Do you wish to clear the DATA AREA?"

qual deve responder 'Y'.

5. Por fim o monitor irá apresentar a seguinte mensagem brilhante:

"Controller not in AUTO".

A seguir deve premir *RESET* e *AUTO* no painel frontal do controlador e seguir as instruções que aparecem no ecran.

No *keypad*, premir <EDIT> e depois <STEP> duas vezes para levar o computador para a *'PARK POSITION'*.

QUAIS AS COORDENADAS DA *'PARK POSITION'*?

EM QUE *STEP* ESTÁ PARADO O ROBOT?

5.2. Programação ponto-a-ponto

Objectivo

Pretende-se usando o método da programação ponto a ponto programar o movimento cíclico entre dois pontos.

Procedimento

a) Início da sequência

Prima a tecla <STEP> duas vezes

Prima <DRIVE>

Prima <LEARN>

O robot deve agora estar parado no *step* 1.

Leia as instruções e prima <ENTER>

Leia as instruções e prima <ENTER>

Volte a premir <ENTER>

b) Segundo passo da sequência

Prima a tecla <STEP> duas vezes (para seleccionar o próximo passo, neste caso *step* 2)

Prima a tecla "*Waist* - sentido anti-horário" (ou outra se preferir) de modo a executar um movimento com cerca de 90°

Premir <LEARN>

c) Para tornar a sequência repetitiva

Prima <JUMP>

Prima <1>

Prima <ENTER>

d) Para executar a sequência

Premir <RUN>

Agora para ter uma execução contínua volte a premir <RUN>. Para uma execução passo a passo prima <STEP> por cada passo a executar.

e) Para parar a sequência

Premindo a tecla <HOLD> a execução do programa pára e pode ser retomada premindo <STEP> ou <RUN>

Para terminar definitivamente a execução carregar em <ESCAPE>

Desafio

Programa o movimento cíclico de robot entre dois pontos à sua escolha. Registe as coordenadas desses pontos e o comportamento do robot.

5.3. Programação *Lead-by-the-nose*

Objectivo

Pretende-se programar novamente o movimento cíclico entre dois pontos mas agora usando a técnica de *Lead-by-the-nose*.

Procedimento

Depois de ter parado a execução da sequência anterior (premindo <HOLD> seguido de <ESCAPE>):

a) Limpar a sequência anterior da memória

Premir <CLEAR>

<1> <ENTER>

<2> <ENTER>

b) Ensinar ao robot uma nova posição - Step 1

Premir <STEP> duas vezes

Premir <DRIVE> para preparar o robot para os comandos de movimento.

CUIDADO: Quando o botão <LEAD> é premido o sistema de travagem automático do robot é libertado. Segure o robot entre as suas mãos. Antes do sistema de travagem ser libertado o computador "apita" durante 5 segundos.

Premir <LEAD> e depois do sistema de travagem estar liberto, conduzir o robot suavemente para a posição desejada (Escolha a posição vertical).

Quando estiver satisfeito com a posição prima <HOLD> para restaurar o sistema de travagem e em seguida prima <LEARN> para armazenar a posição.

c) Ensinar ao robot outra posição - Step 2

Siga o procedimento anterior para "ensinar" ao robot uma nova posição. Desta vez escolha a posição horizontal.

d) Tornar a sequência cíclica

Prima <JUMP> <1> <ENTER>

e) Executar a sequência

Prima <RUN> duas vezes.

f) Parar a execução da sequência

Prima <HOLD>

Desafio

Programa o movimento cíclico de robot entre dois pontos à sua escolha usando esta técnica. Registe as coordenadas desses pontos e o comportamento do robot. Compare com a técnica anterior.

5.4. Programação *Continuous-path*

Objectivo

Programar uma trajectória circular usando a técnica de programação *Continuous Path*.

Procedimento

Depois de ter parado a execução da sequência anterior (premindo <HOLD> seguido de <ESCAPE>):

a) Limpar a sequência anterior da memória

Premir <CLEAR>

Premir <1> <ENTER>

Premir <2> <ENTER>

b) Ensinar ao robot uma nova posição - *Step 1*

Premir <STEP> duas vezes

Premir <DRIVE> para preparar o robot para os comandos de movimento.

Premir <LEARN>

c) Ensinar ao robot outra posição - *Step 2*

Premir <STEP> duas vezes

Premir <DRIVE> para preparar o robot para os comandos de movimento.

CUIDADO: Quando o botão <PATH> é premido o sistema de travagem automático do robot é libertado. Segure o robot entre as suas mãos. Antes do sistema de travagem ser libertado o computador "apita" durante 5 segundos.

Premir <LEAD> e depois do sistema de travagem estar liberto, "ensine" o robot a descrever uma trajectória circular.

Quando tiver terminado prima <HOLD> para restaurar o sistema de travagem e em seguida prima <LEARN> para armazenar a posição.

d) Tornar a sequência cíclica

Prima <JUMP> <1> <ENTER>

e) Executar a sequência

Prima <RUN> duas vezes.

f) Parar a execução da sequência

Prima <HOLD>

Desafio

Programe o robot para executar os movimentos de pintura de um painel.

5.5. Programação *Offline*

Objectivo

"Ensinar" o robot a executar uma sequência pré-definida através do teclado do computador.

Procedimento

a) No keypad

Premir <EDIT> e depois <LEAD>

ou alternativamente

Premir <ESCAPE>

Premir <PROG>

Premir <0> <ENTER>

b) No teclado do computador

Premir <P> para usar os *Posture numbers*

Premir <M>

À pergunta, qual o valor mínimo para Z, respondam 0.

c) Introdução dos passos da sequência

Aparece agora no monitor uma mensagem a perguntar o número de passo que quer introduzir. Digite o número, seguido de <RETURN>.

Preencha a linha de controlo e a linha de dados.

ATENÇÃO: Uma vez que os valores que introduz não são verificados pelo robot, pode acontecer pedir ao robot para executar um movimento impossível ou perigoso. Por conseguinte seja mais cuidadoso ao usar a programação *offline* em relação às outras técnicas.

d) Passar o controlo ao keypad

Depois de introduzir uma sequência de passos, seleccione *step 0* no computador para passar o controlo para o keypad.

f) Por fim para executar a sequência:

Premir <RUN> duas vezes.

Desafio

Introduza a seguinte sequência:

STEP 1)	7	2	0	0	0	0
500	350	100	500	500	500	0
STEP 2)	6	2	0	0	0	0
750	350	100	500	500	500	0
STEP 3)	6	2	0	0	0	0
250	350	100	500	500	500	0
STEP 4)	5	2	0	0	0	0
500	350	100	500	500	500	0
STEP 5)	7	2	0	0	0	0
475	380	150	450	450	450	0
STEP 6)	9	2	0	0	1	0
475	380	150	575	600	750	1
STEP 7)	7	2	0	0	1	0
525	290	85	500	500	500	0
STEP 8)	9	2	0	0	1	0
525	290	85	425	595	425	1
STEP 9)	8	2	0	0	5	1
500	500	500	500	500	500	0

Registe o comportamento do robot.