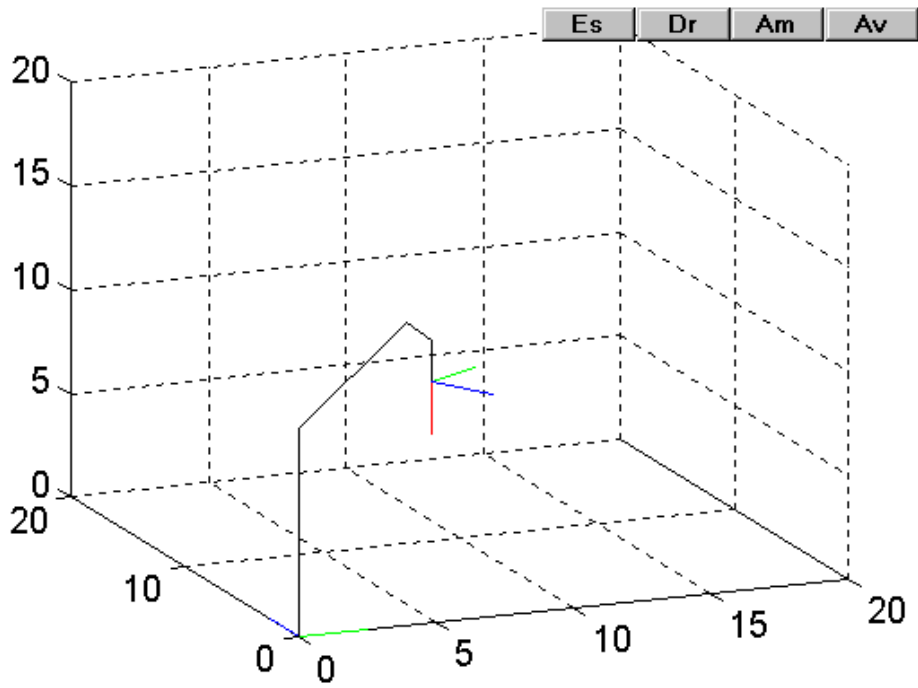


Pràctiques

Curs 99-00

Robòtica Industrial



PRÀCTICA 0: Iniciació a Matlab – Transformacions homogènies

Matlab és una eina informàtica que ens permet solucionar de forma numèrica qualsevol problema matemàtic.

Per ser especialment indicat per al càlcul matricial, resulta ideal per solucionar problemes de robòtica.

- **Matrius en Matlab**

Una matriu en matlab s'especifica per files, els elements de les quals separats per comes, i les files separades entre sí per punt i comes.

Per exemple, la matriu

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 & 6 \\ 2 & 8 & 10 & 7 \\ 2 & 8 & 0 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

s'especifica: `M=[1,3,1,6;2,8,10,7;2,8,0,1;1,3,1,1];`

Els arrays s'entren com a matrius d'una sola fila.

El càlcul de matrius transposades, es fa indicant-ho amb un apòstrof a la dreta del nom de la matriu:

$$M^T \equiv M' \text{ en Matlab.}$$

Les matrius inverses s'especificuen mitjançant la funció 'inv'.

$$M^{-1} \equiv \text{inv}(M) \text{ en Matlab.}$$

- **Representacions 2D i 3D en Matlab**

Les representacions gràfiques en Matlab, permeten visualitzar qualsevol funció d'una o dues variables de diverses maneres (vegeu les ordres **plot**, **mesh**, **plot3**, i l'exemple de gràfics executant l'arxiu **demo.m** a l'inici de la sessió).

Tanmateix, per a la realització d'aquesta pràctica i gairebé totes les de robòtica, n'hi haurà prou amb la descripció de les següents comandes:

1. **axis([x1,x2,y1,y2,z1,z1]).**- Crea uns eixos coordinats corresponents a un sistema de coordenades dextrogir on els rangs de representació de cada eix van de x1 a x2 per l'eix X, de y1 a y2 per l'eix Y i de z1 a z2 per l'eix Z. Per representacions 2D no cal especificar el rang de representació de Z. El modificador "**grid**" fa aparèixer una malla indicadora.
2. **h=line([x1,x2],[y1,y2],[z1,z2]).**- Dibuixa una línia des del punt (x1,y1,z1) fins el punt (x2,y2,z2) referit al sistema de coordenades creat per l'ordre axis. El valor retornat, **h**, és un apuntador a un objecte de tipus *line*. Aquest apuntador serveix per canviar diversos atributs de la línia creada, entre els quals hi ha el **color**. Per exemple, per dibuixar una línia de color blau des del punt (0,0,0) al (10,5,8), cal fer:

```
h=line([0,10],[0,5],[0,8]);  
set(h,'color','blue')
```

- **Inici de la sessió de treball**

És important que treballem en un directori vostre, per exemple a `\usuari\robòtica\pepet` o bé des de disquet. És aconsellable guardar els vostres treballs en un disquet i durant la sessió de treball utilitzar el disc dur per guanyar velocitat.

Podeu crear fitxers de comandes que poden ser interpretades per Matlab. Aquests fitxers ténen per extensió `.m`, i els podeu crear amb qualsevol editor de text.

Aquests fitxers `.m` han d'estar en el directori actiu, que se selecciona mitjançant l'ordre `cd`, igual que en DOS, i per cridar-los, només cal escriure el seu nom des del prompt de Matlab.

És possible també crear funcions que poden retornar uns valors en funció dels paràmetres passats ('help function').

- **Enunciat de la pràctica**

En aquesta pràctica es tracta de familiaritzar-vos amb l'entorn Matlab utilitzant les operacions amb matrius per obtenir transformacions homogènies compostes i visualitzar els resultats obtinguts mitjançant una representació 3D dels eixos de coordenades.

El producte de matrius és l'asterisc `*` en Matlab, la suma i la resta de matrius són els símbols convencionals.

Per multiplicar tots els elements d'una matriu per un escalar, s'utilitzarà la combinació `.*`. Així, per multiplicar els elements de la matriu `M` per l'escalar `k`, farem `k.*M`.

- a) Definiu les matrius homogènies de rotació al voltant dels eixos X, Y i Z, i bategeu-les com `Rx`, `Ry` i `Rz` respectivament.
- b) Obteniu una transformació homogènia composta, que anomenareu (THC1), que representi un gir de $\pi/2$ al voltant de l'eix Z fix, seguit d'una translació de 10 unitats al llarg de l'eix Y mòbil.
- c) Obteniu una transformació homogènia composta (THC2) que representi un gir de $\pi/2$ al voltant de l'eix Z mòbil, seguit d'una translació de 10 unitats al llarg de l'eix Y fix.
- d) Obteniu una transformació homogènia composta (THC3) que representi un gir de $-\pi/2$ al voltant de l'eix X mòbil, seguit d'una translació [8,8,9] al llarg dels eixos fixos.
- e) Obteniu una transformació homogènia composta (THC4) que representi un gir de $-\pi/2$ al voltant de l'eix X fix, seguit d'una translació [8,8,9] al llarg dels eixos mòbils.

En els punts b) fins l'e), cal que feu una representació de la situació final després d'efectuar la transformació homogènia composta. La representació consistirà sempre en dibuixar els eixos fixos, els eixos mòbils i una línia que uneixi els dos orígens dels sistemes de coordenades.

Els eixos dels sistemes de coordenades, encara que en realitat siguin de mòdul 1, cal que tinguin una llargada que es pugui apreciar a simple vista.

Els colors dels eixos de coordenades seran: **verd** per als eixos X, **blau** per als eixos Y i **vermell** per als eixos Z (tant per als sistemes fixos com per als mòbils).

El color de la línia que uneix els dos orígens dels sistemes de coordenades fix i mòbil, ha de ser de color **blanc**.

PRÀCTICA 1: Problema cinemàtic directe

Aquesta pràctica consisteix en caracteritzar 5 configuracions diferents de manipulador, segons l'algorisme de Denavit-Hartenberg. Cada configuració de manipulador serà estudiada per un grup de pràctiques diferent.

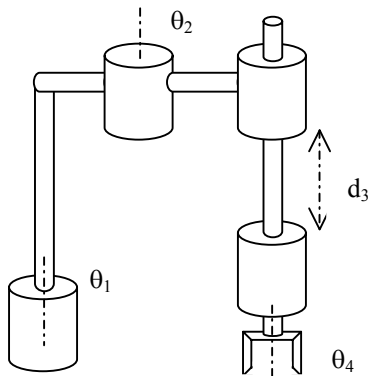
Els cinc manipuladors es poden veure a la figura 1, 2, 3, 4 i 5.

La pràctica es resumeix en quatre punts:

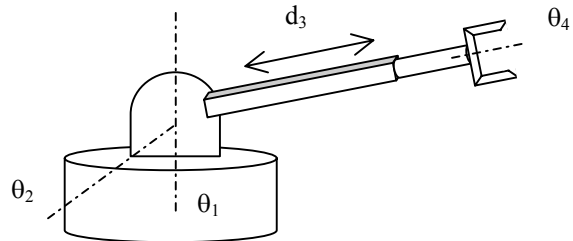
- Caracterització D-H del manipulador.
- Obtenció de les matrius ${}^{i-1}T_i$, (segons model) i ${}^R T_H$.
- Animació del robot, fent variar les unions. L'animació es pot fer fixant una posició inicial i final per a cada articulació, dividir el recorregut de cada articulació en 20 punts, i dibuixar la configuració del robot per cada posició.

NOTA: Per a l'animació del robot, utilitzeu l'atribut del color de la línia. Les línies dels *links* i *unions* de cada manipulador seran de color **blanc**. Si voleu esborrar una línia determinada, canvieu-li l'atribut 'color' a **negre**.

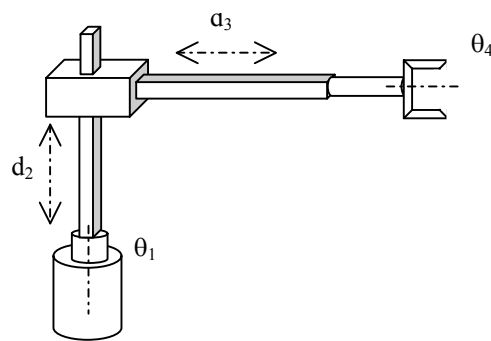
Cal dibuixar els eixos dels sistemes de coordenades de la **base** i de la **punta de l'element final**, seguint la coloració de la pràctica anterior.



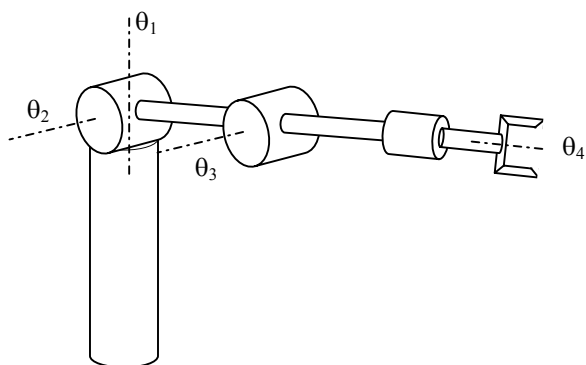
1. Robot SCARA ($\theta, \theta, r, \theta$)



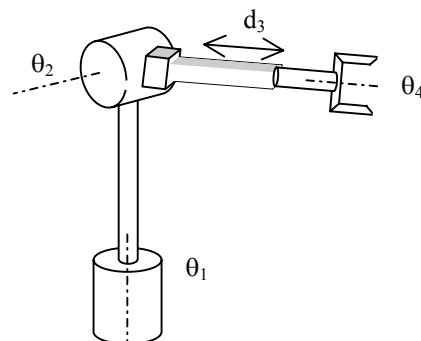
3. Robot Polar ($\theta, \theta, r, \theta$)



4. Robot Cilíndric (θ, r, r, θ)



2. Robot MiniPuma ($\theta, \theta, \theta, \theta$)

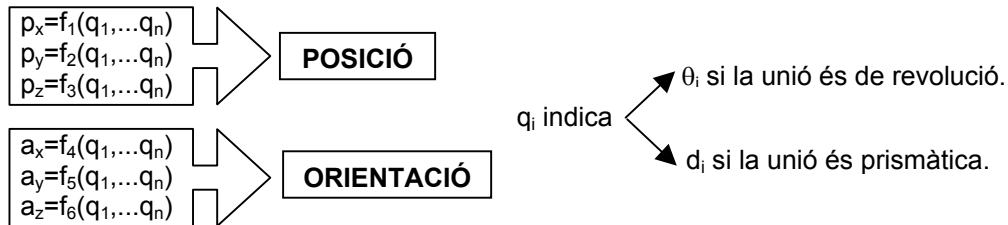


5. Robot EsotèricII ($\theta, \theta, r, \theta$)

PRÀCTICA 2: Problema cinemàtic invers

Aquesta pràctica consisteix en fer l'estudi del manipulador de la pràctica anterior de manera que es pugui obtenir un conjunt de configuracions d'aquest, a partir de l'especificació d'un conjunt de posicions i orientacions en forma de la matriu ${}^R T_H$.

1. Obtenció de les equacions del manipulador.



- ❖ Les equacions del manipulador es poden extreure mitjançant un **estudi geomètric del manipulador**, les expressions obtingudes a partir de les matrius ${}^{i-1} T_i$ i ${}^R T_H$, o bé a partir del **vector de configuració**. Escolliu un sol mètode.

2. Obtenció de les expressions algebraiques: (*solució del problema cinemàtic invers*)

$$q_1 = g_1(p_x, p_y, p_z)$$
$$q_2 = g_1(p_x, p_y, p_z)$$
$$q_3 = g_1(p_x, p_y, p_z)$$
$$q_4 = g_1(a_x, a_y, a_z), \quad q_4 = g_1(n_x, n_y, n_z) \quad \text{o} \quad q_4 = g_1(s_x, s_y, s_z)$$

3. Dibuixeu el manipulador en una posició concreta (utilitzeu la resolució del problema cinemàtic directe) coneixent els valors de les variables dels eixos (especificació numèrica de la matriu ${}^R T_H$, especificació de la posició+orientació $[x,y,z]+[r,p,y]$, o bé especifiqueu el vector de configuració).

Substituïu els valors de la posició i orientació en les equacions que heu obtingut i comproveu que el resultat s'adigui amb el dibuix que heu fet abans.

4. Feu una animació del manipulador seguint una trajectòria rectilínia, fixant 2 coordenades (p_x i p_y , per exemple) i fent variar la tercera de manera representativa.

5. Utilitzeu la toolbox 'robotics' de Matlab per:

- a) Creeu la matriu descriptiva del vostre manipulador basada en la caracterització D-H. (Help DH)
- b) Obteniu el vector d'eixos ($q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}, \dots, q_{in}$) corresponent a la mateixa trajectòria rectilínia d'abans utilitzant la funció '*ikine*' de la toolbox. (help ikine)
- c) Feu l'animació corresponent utilitzant la funció '*plotbot*' de la toolbox. (Help plotbot)