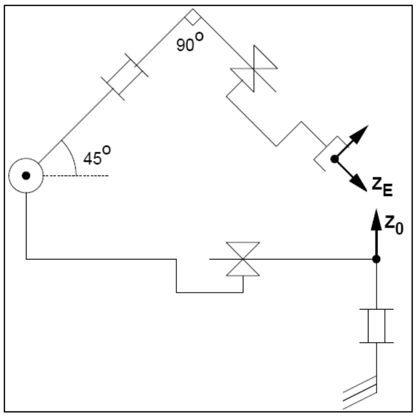
ROBÓTICA 2017/2018

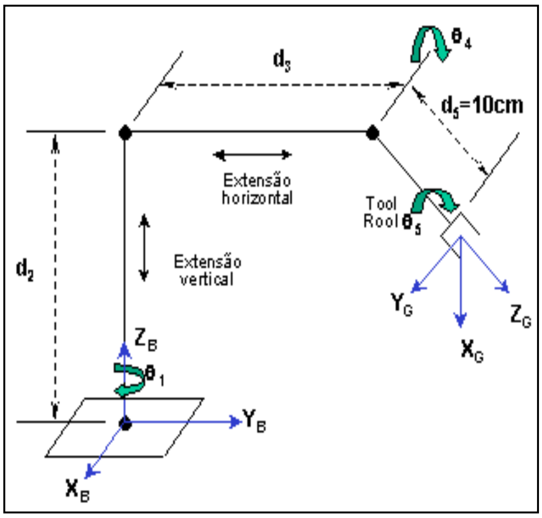
Modelo Geométrico Directo e Inverso de manipuladores

HOMEWORK #2 *Data de Entrega: 29 de Outubro 2017*

- Observe o esquemático do manipulador RPRRP que se apresenta. Atribua os sistemas de coordenadas de cada elo e indique os parâmetros cinemáticos do manipulador usando o algoritmo de Denavith-Hartenberg.



- Considere o manipulador de cinco graus de mobilidade (RPPRR) cujo diagrama se apresenta na figura.



1. Recorrendo à representação de Denavit-Hartenberg obtenha ${}^{B}T_{G}$.
2. Sabendo que ${}^{B}T_{G}$ para a posição de Home do manipulador é igual a

$$
{}^{B}T_{G} = \begin{bmatrix} 0.7071 & -0.5 & 0.5 & 28.2843 \\ -0.7071 & -0.5 & 0.5 & 28.2843 \\ 0 & -0.7071 & -0.7071 & 30.0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

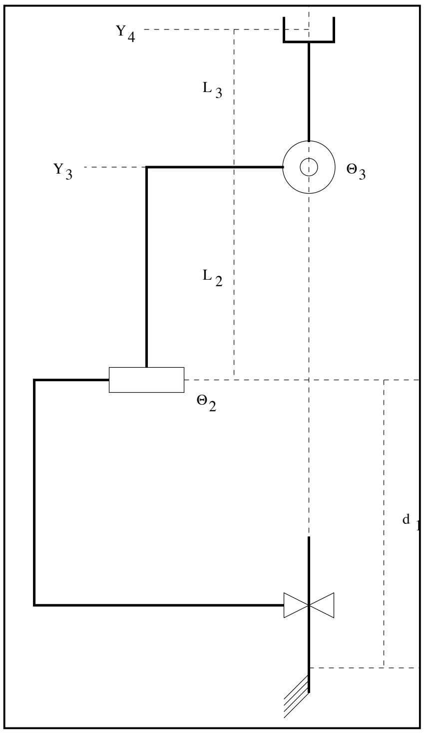
obtenha os valores de $\theta_1, d_2, d_3, \theta_4$ e θ_5 para essa posição.

- Considere o manipulador PRR cuja tabela de Denavit-Hartenberg é apresentada de seguida. O sistema referencial da 1ª junta está relacionado com um sistema de coordenadas base através da transformação expressa na 1ª linha da tabela (transformação corpo-rígido).

i	a_i	d_i	α_i	θ_i
$B \mapsto 0$	a_0	d_0	$-\pi/2$	$-\pi/2$
$0 \mapsto 1$	0	$*$	0	0
$1 \mapsto 2$	a_2	0	$\pi/2$	$*$
$2 \mapsto G$	a_3	0	$-\pi/2$	$*$

1. Obtenha o desenho esquemático do manipulador na sua posição de "home" (variáveis de junta nulas).
2. Dado ${}^{B}d_{B,G}$, obtenha ${}^{0}d_{0,G}$
3. Conhecendo ${}^{0}d_{0,G}$ é possivel obter uma das váriáveis de junta independentemente das restantes variáveis. Indique qual a variável de junta e obtenha a equação de cinemática inversa para essa variável de junta.
4. Obtenha as equações de cinemática inversa para as restantes variáveis do manipulador, mantendo a consideração de que apenas é conhecido ${}^{0}d_{0,G}$.

- Analise o manipulador PRR que se apresenta em anexo. Assumindo comprimentos genéricos para os elos, obtenha a tabela dos parâmetros de D-H (standard). Transfira o esquemático do manipulador para a folha de prova e acrescente os referenciais necessários à obtenção do modelo geométrico directo do manipulador.



  1. Apresente as matrizes de transformação associadas a cada elo (${}^{i-1}_{\ i}T$).
  2. Apresente a função de configuração da ferramenta para o robot, isto é, os 6 graus de liberdade $w(q) = \begin{bmatrix} p_x & p_y & p_z & roll & pitch & yaw \end{bmatrix}^T$.
  3. Apresente a solução de cinemática inversa que assegura ${}^{0}p_{4,org} = \begin{bmatrix} -L_2 & L_3 & d_1 \end{bmatrix}^T$.
  4. Assumindo que $L_2 = 2L_3 = 0.5m$ e que $0.5m \le d_1 \le 1.0m$, $-\pi \le \theta_2 \le 0$ e $-\pi/2 \le \theta_3 \le 0$, apresente o espaço de trabalho 3D do manipulador.

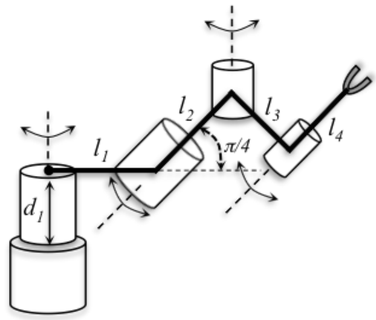
- Identifique os parâmetros de Denavit-Hartenberg $[\theta, d, a, \alpha]$ da matrix

$$
{}^{i-1}_{\ i}T = \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 & 0 & -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2} \\ \sqrt{2}/2 & 0 & \sqrt{2}/2 & -\sqrt{2} \\ 0 & -1 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

Considere que os parâmetros de rotação apresentam valores no intervalo $\left[0..2\pi\right]$.

Desenho o esquemático do elo *i*.

- Analise o manipulador PRRR que se apresenta na figura. Assumindo os comprimentos de elo (l_1=2, l_2=2, l_3=l_4=1), obtenha a tabela dos parâmetros de D-H (standart). Transfira o esquemático do manipulador para a folha de prova e acrescente os referenciais necessários à obtenção do modelo geométrico directo do manipulador. Apresente as matrizes de transformação associadas a cada elo (${}^{i-1}_{\ i}T$).



  NOTA : A configuração apresentada na figura corresponde à posição de "*home*".

- Considere um manipulador cilíndrico (*PRP*) equipado com uma garra esférica ao qual corresponde a tabela de DH que se apresenta. O vector das variáveis de junta é dado por $q=\left[d_1,\theta_2,d_3,\theta_4,\theta_5,\theta_6\right]$.

	θ_i	d_i	a_i	α_i
0->1	0°	d_1	0	0°
1->2	θ_2	0	0	-90°
2->3	0°	d_3	0	-90°
3->4	θ_4	2	0	90°
4->5	θ_5	0	0	-90°
5->6	θ_6	1	0	0°

Obtenha:

1. O desenho esquemático do manipulador na sua posição de "home";
2. As expressões de cinemática inversa do manipulador;

LABWORK #2

- Escrever uma função *MGD_DH* que permita estabelecer a posição e orientação da ferramenta de um rôbo com estrutura arbitrária: *n* graus de liberdade e com juntas de revolução e/ou prismáticas.
    - ***a.*** Atribua os sistemas de coordenadas e identifique os parâmetros cinemáticos do rôbo usando o algoritmo de Denavith-Hartenberg, armazenando os parâmetros das juntas numa matriz *PJ_DH*, onde cada linha da matriz corresponde a $\left[\theta_i, d_i, \alpha_i, a_i\right]_{i=1..n}$. Esta matriz constitui o parâmetro de entrada da função *MGD_DH(PJ_DH)*.
    - ***b.*** Para cada linha da matriz obter a matriz de transformação do elo ${}^{i-1}_{i}A$. Cada matriz é representada por

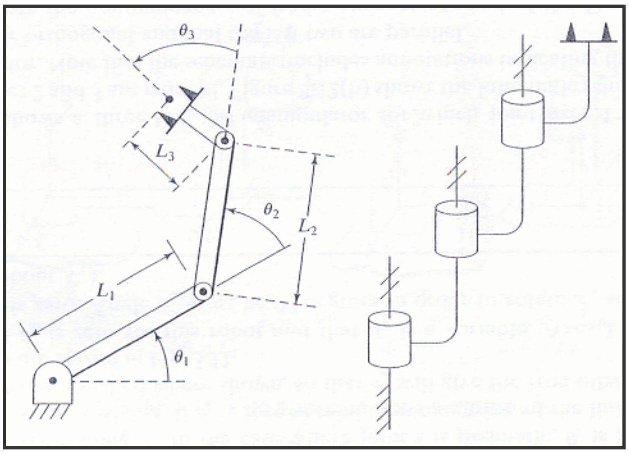
$$
{}^{i-1}_{i}A = \begin{bmatrix} c_{\theta_i} & -s_{\theta_i} \cdot c_{\alpha_i} & s_{\theta_i} \cdot s_{\alpha_i} & a_i \cdot c_{\theta_i} \\ s_{\theta_i} & c_{\theta_i} \cdot c_{\alpha_i} & -c_{\theta_i} \cdot s_{\alpha_i} & a_i \cdot s_{\theta_i} \\ 0 & s_{\alpha_i} & c_{\alpha_i} & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.
$$

    - ***c.*** A cinemática directa é obtida através da multiplicação das matrizes

$$
{}^{0}_{n}A = \prod_{j=0}^{n-1} {}^{j}_{j+1}A = {}^{0}_{1}A \cdot {}^{1}_{2}A \cdots {}^{n-1}_{n}A
$$

- Observe o rôbo planar com 3-DOF (RRR) da figura. O comprimento dos elos são conhecidos e são iguais a $L_1 = 4$, $L_2 = 3$ e $L_3 = 2$ (m).
    - a. Obtenha a matriz dos parâmetros de D-H: *PJ_DH*.
    - b. Usando a função *MGD_DH(PJ_DH)* obtenha as matrizes de cinemática directa ${}^{0}_{2}A$ e ${}^{0}_{H}A$ para as situações:
        - i. $q = \left[\theta_1 \quad \theta_2 \quad \theta_3\right]^T = \left[0^\circ \quad 0^\circ \quad 0^\circ\right]^T$
        - ii. $q = \left[10^\circ \quad 20^\circ \quad 30^\circ\right]^T$
        - iii. $q = \left[90^\circ \quad 90^\circ \quad 90^\circ\right]^T$

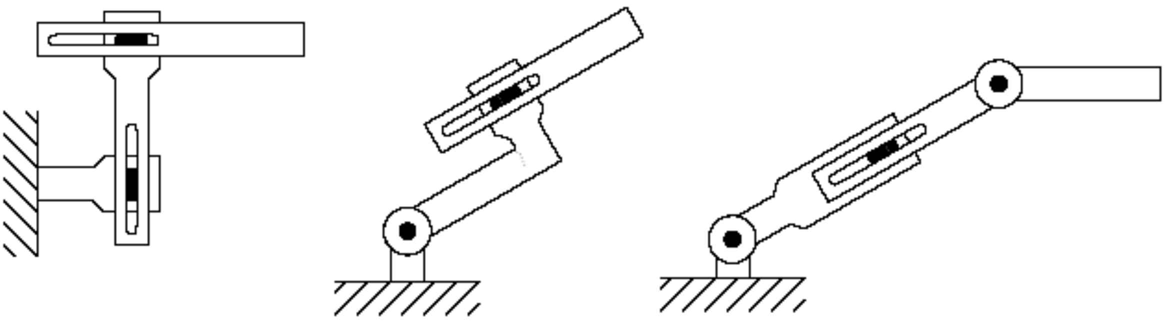
        Confirme visualmente (desenho) os resultados obtidos.



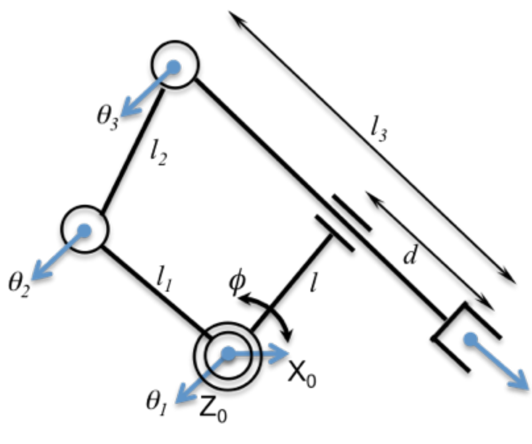
    - c. Confirme todos os seus resultados usando as funções da toolbox Robotics.
    - d. Deduza analiticamente a solução de cinemática inversa para o referido manipulador. Dada uma transformação ${}^{0}_{H}T$, calcule todas as possíveis soluções para $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$.

e. Com base nas expressões deduzidas analiticamente em d), implemente uma função em MATLAB que resolva o problema da cinemática inversa deste manipulador. Teste os resultados para as matrizes ${}^{0}_{H}A$ obtidas em b) (validação circular). Confirme os valores obtidos comparando-os com os resultados obtidos com a função da toolbox.

- Obtenha os parâmetros de D-H dos 3 manipuladores planares que se apresentam.
  a. Usando as funções da toolbox Robotics, represente graficamente os robôs.
  b. Imagine que acoplava um punho esférico a estes manipuladores. Obtenha os parâmetros de D-H e represente-os graficamente usando as funções da toolbox Robotics. Confirme os resultados usando a função *MGD_DH(PJ_DH)*.
  c. Obtenha o modelo geométrico inverso para os manipuladores apresentados. Verifique a validade das soluções encontradas recorrendo às funções da Toolbox Robotics.
  d. Confirme a validade da solução encontrada usando as funções da toolbox Robotics.



- Considere o sistema manipulador em malha fechada que se apresenta na figura. O sistema é constituído por dois mecanismos cooperantes que permitem o deslocamento linear da garra função do ângulo de orientação ϕ.
  1. Apresente o modelo geométrico direto deste sistema manipulador;
  2. Obtenha as expressões para as variáveis de junta $(\theta_1,\theta_2,\theta_3)$ função da



variável de orientação do mecanismo ϕ e amplitude de deslocamento d.

3. Sabendo que $l_1 = l_2 = \sqrt{2} \cdot l$, calcule o comprimento de elo l_3 que assegura a máxima amplitude de movimento d.
4. Usando as funções disponíveis na Toolbox Robotics, apresente graficamente a estrutura articulada e demonstre a funcionalidade do modelo geométrico inverso anteriormente obtido.

- Considere um manipulador RRP equipado com uma garra esférica ao qual corresponde a tabela de Denavit-Hartenberg que se apresenta. O vector das variáveis de junta é dado por $q = \left[\theta_1, \theta_2, d_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6\right]^T$.

	θ_i	d_i	a_i	α_i
0 -> 1	pi/2 + θ_1	10	0	-pi/2
1 -> 2	-pi/2 + θ_2	0	0	-pi/2
2 -> 3	0^o	d_3	0	0^o
3 -> 4	θ_4	0	0	-pi/2
4 -> 5	θ_5	0	0	pi/2
5 -> G	θ_6	1	0	0^o

Obtenha:

a) O desenho esquemático do manipulador na sua posição de “home”; Usando a Toolbox Robotics, apresente a estrutura geométrica do manipulador e confirme o desenho esquemático anteriormente obtido.

b) As expressões de cinemática inversa do manipulador; Verifique a validade das soluções encontradas recorrendo às funções da Toolbox Robotics.

c) Confirme a validade da solução encontrada usando as funções da toolbox Robotics.