



Apellidos:	
Nombre:	DNI:

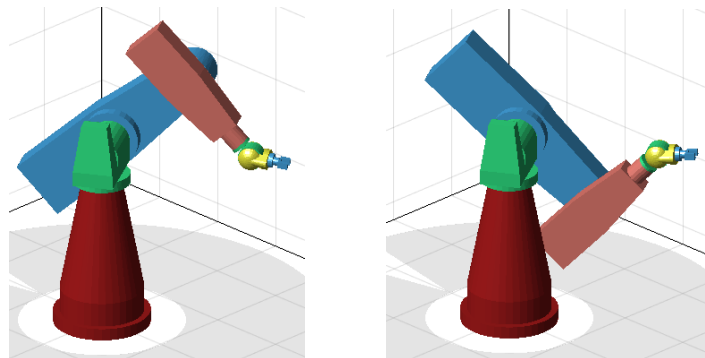
Convocatoria Extraordinaria. Junio 2024

Cuestión 1 (0.5 ptos): ¿Qué es un robot Delta? ¿Cuál es su característica principal y su campo de aplicación?

Un robot Delta es un robot paralelo de 4 grados de libertad (3 de traslación y uno de rotación). Debido a su configuración, este robot tiene una estructura más ligera que le permite alcanzar aceleraciones mayores que los robots de cadena cinemática abierta. Su principal campo de aplicación son tareas de pick-and-place,

Cuestión 2 (0.5 ptos): ¿Qué implica que el resultado de una cinemática inversa tenga soluciones múltiples?

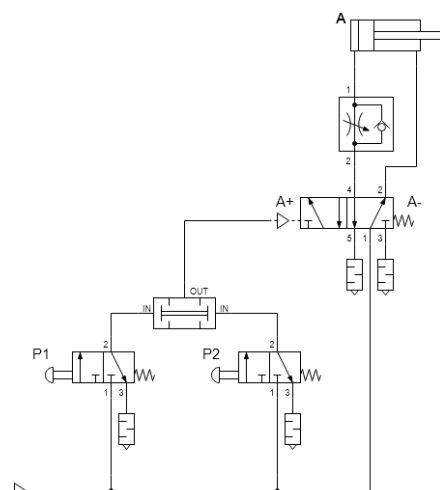
El hecho de que la cinemática inversa tenga soluciones múltiples implica que hay varias configuraciones angulares posibles para que el TCP alcance la misma posición y orientación final en el espacio cartesiano. Uno de los ejemplos más típicos es el de la configuración “codo arriba” o “codo abajo” en un robot manipulador de 6 ejes:



Cuestión 3 (1 pto): Dado el siguiente esquema neumático, indique los componentes que intervienen y describa el funcionamiento del sistema

Los componentes que intervienen son:

- Dos válvulas 3/2 NC accionadas por pulsador y con retorno por muelle
- Una válvula 5/2 accionada por aire y retorno por muelle
- Una válvula lógica AND
- Un pistón de doble efecto
- Un regulador de caudal unidireccional



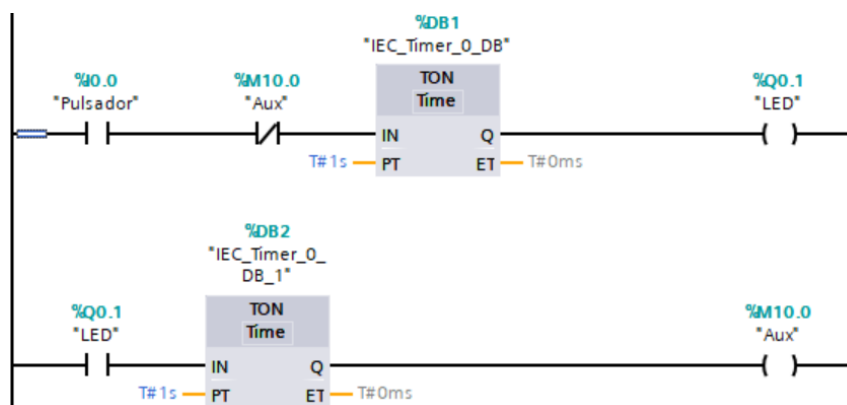


El sistema busca controlar la extensión y contracción del cilindro. Si no se actúa sobre los pulsadores, el pistón se encuentra totalmente contraído. Al presionar simultáneamente P1 y P2, el pistón se extiende a una velocidad controlada por el regulador de caudal. En el momento que uno de los pulsadores se suelta, el pistón vuelve a contraerse, pero esta vez a máxima velocidad.

Cuestión 4 (0.5 ptos): En el catálogo de un fabricante se encuentran dos modelos de sensores ópticos de barrera para la detección de objetos. Ambos tienen salida en 0-12V, pero uno de ellos es normalmente abierto y el otro normalmente cerrado, ¿en qué se diferencian?

La diferencia está en el nivel de tensión que tienen a la salida cuando detectan el objeto. El sensor normalmente abierto tendrá 0V en la salida si no hay detección y 12V en caso de que se detecte. Por el contrario, el sensor normalmente cerrado tendrá 12V en la salida si se detecta un objeto y 0V si no se produce la detección.

Cuestión 5 (0.5 ptos): Explique el funcionamiento del siguiente diagrama de contactos.



Se trata del control del parpadeo del LED conectado a %Q0.1. El parpadeo inicia cuando se acciona el pulsado %I0.0. Como la marca %M10.0 no está activa, empieza a contar el temporizador DB1 durante 1segundo, tras el cual se activa el LED y comienza a contar el segundo temporizador DB2. Una vez que este temporizador ha finalizado su cuenta, se activa la marcha %M10.0.

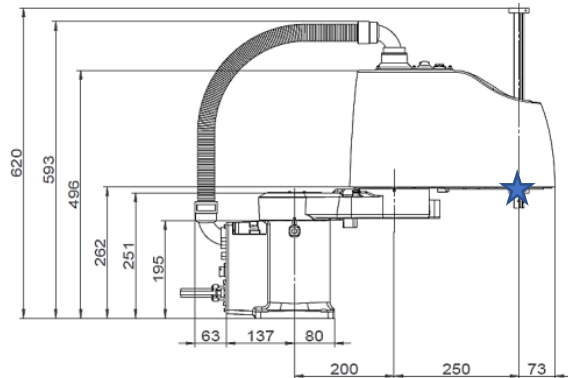
Puesto que esta marca se lee con un contactor normalmente cerrado, al activarse, se desactivan en cadena %DB1, %Q0.1, %DB2 y la propia %M10.0. Por tanto, de manera inmediata, vuelve a activarse el contactor normalmente cerrado, volviendo a contar el primer temporizador y repitiéndose el proceso hasta que se desactiva el pulsador.

Problema 1 (2 ptos): Las siguientes figuras muestran la geometría y las dimensiones del robot Scara IRB 910SC de ABB. Se trata de un robot de 4 grados de libertad cuyo



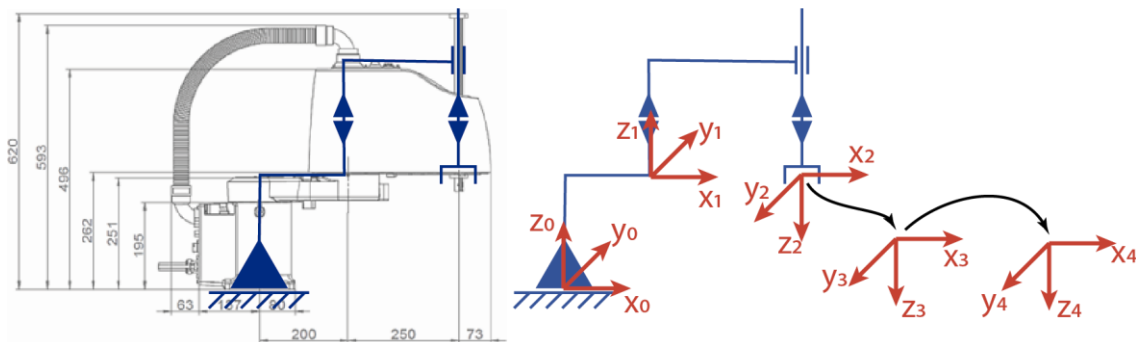
TCP se encuentra en el extremo inferior del último grado de libertad, considérese la posición marcada en la figura.

- Dibuje un boceto del robot que incluya los sistemas de referencia S_i de acuerdo con el estándar Denavit-Hartenberg (1 ptos).
- Extraiga su tabla de parámetros de Denavit-Hartenberg (1 ptos). *La puntuación se obtendrá sólo por las filas que sean completamente correctas.*



Nota: Dimensiones en mm.

- La siguiente figura muestra los sistemas de referencia asociados a cada articulación sobre una representación esquemática del robot



b)

i	θ_i	d_i	a_i	α_i
1	q_1	0.262	0.2	0
2	q_2	0	0.25	180°
3	0	q_3	0	0
4	q_4	0	0	0

Problema 2 (2.5 ptos). La matriz de transformación homogénea que determina la cinemática directa de un determinado robot es la que aparece a continuación:



$$T = \begin{bmatrix} 0 & S_1 & C_1 & C_1((0.5+q_3)C_2 - 0.25) \\ 0 & -C_1 & S_1 & -S_1((0.5+q_3)S_2 - 0.25) \\ 1 & 0 & 0 & 1 - S_2(q_3 + 0.5) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Calcule la cinemática inversa del robot (1 pto).
- Comente las posibles orientaciones del elemento terminal (0.5 pts).
- Calcule la cinemática diferencial del robot, considerando únicamente la posición del elemento terminal (1 pto).

Resolución:

- a) En la matriz de transformación T se observan los valores de X , Y , Z :

$$X = -C_1(0.5C_2 + q_3C_2 - 0.25)$$

$$Y = -S_1(0.5C_2 + q_3C_2 - 0.25)$$

$$Z = 1 - S_2(q_3 + 0.5)$$

De la expresión de X e Y se puede obtener el valor de q_1

$$\frac{Y}{X} = \frac{-S_1(0.5C_2 + q_3C_2 - 0.25)}{-C_1(0.5C_2 + q_3C_2 - 0.25)} = \frac{S_1}{C_1} = \tan(q_1) \Rightarrow q_1 = \text{atan}\left(\frac{Y}{X}\right)$$

Manipulando esas mismas expresiones se tiene:

$$X^2 + Y^2 = (C_1^2 + S_1^2)((0.5 + q_3)C_2 - 0.25)^2 \Rightarrow (0.5 + q_3)C_2 - 0.25 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$(0.5 + q_3)C_2 = 0.25 \pm \sqrt{x^2 + y^2}$$

De la expresión de la componente Z de obtiene:

$$(0.5 + q_3)S_2 = 1 - Z$$

De donde:

$$\frac{(0.5 + q_3)S_2}{(0.5 + q_3)C_2} = \tan q_2 = \frac{1 - Z}{0.25 \pm \sqrt{x^2 + y^2}} \Rightarrow q_2 = \text{atan} \frac{1 - Z}{0.25 \pm \sqrt{x^2 + y^2}}$$

Finalmente:

$$q_3 = \frac{1 - Z}{S_2} - 0.5$$

- La orientación de la pinza únicamente depende de q_1 , además, tiene como particularidad que el eje X del TCP tendrá siempre dirección vertical hacia arriba (eje Z positivo del sistema de referencia de la base).
- La cinemática diferencial del robot sigue la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial q_1} & \frac{\partial x}{\partial q_2} & \frac{\partial x}{\partial q_3} \\ \frac{\partial y}{\partial q_1} & \frac{\partial y}{\partial q_2} & \frac{\partial y}{\partial q_3} \\ \frac{\partial z}{\partial q_1} & \frac{\partial z}{\partial q_2} & \frac{\partial z}{\partial q_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{bmatrix}$$

Considerando la cinemática directa del enunciado, la matriz jacobiana resulta



$$J(q) = \begin{bmatrix} S_1[(0.5 + q_3)C_2 - 0.25] & -C_1(0.5 + q_3)S_2 & -C_1C_2 \\ -C_1[(0.5 + q_3)C_2 - 0.25] & S_1(0.5 + q_3)C_2 & -S_1C_2 \\ 0 & -C_2(q_3 + 0.5) & -S_2 \end{bmatrix}$$

Problema 3 (2.5 ptos): Considere el proceso de empaquetado de placas de circuito impreso (también llamadas PCBs) que se describe a continuación para diseñar su automatización. Para dicho proceso:

- Describa las entradas, salidas y recursos del PLC utilizados.
- Diseñe el diagrama GRAFCET para la automatización del proceso.

Todo el sistema se comanda desde un selector (S_{on}) que habilita el funcionamiento del sistema. El sistema consta de dos cintas transportadoras accionadas por motores. Por una de ellas (C_{PCB}) se hacen circular las PCBs que se suministran, mientras que por la otra (C_{box}) se hacen circular las cajas donde se empaquetan. Ambas cintas tienen un sensor para detectar la presencia de objetos: bien la caja en la posición correcta para el empaquetado (S_{box}) o bien las PCBs (S_{PCB}) en la posición correcta para que un robot SCARA las transfiera a la caja. El accionamiento del robot SCARA se realiza con un pulso digital ($DI_{RobotOn}$) a estado alto hasta que el final del proceso se confirma con la señal digital ($DO_{RobotOff}$).

En cada caja se empaquetan un total de 10 PCBs. Además, para proteger el contenido, se utiliza relleno de porexpan hasta completar el nivel de la caja. Este relleno se almacena en un depósito colocado en el nivel superior, de manera que al abrirse una electroválvula ($EV_{relleno}$), se traspasa el relleno a la caja por gravedad. Cuando comienzan a depositarse las PCBs en el interior de la caja, también empieza a incluirse el relleno. La electroválvula puede estar abierta durante este proceso, únicamente, un máximo de 2 minutos por caja. Una vez que todas las PCBs están dentro de la caja, se completa el relleno con porexpan hasta que un sensor capacitivo (SC_{full}) indica que la caja está completamente llena.

En este momento, una vez detectada la caja completamente llena, se activa la cinta C_{box} hasta que deja de ser vista por S_{box} para transferir el paquete. El sistema al completo queda a la espera de un nuevo ciclo de trabajo.

Resolución:

Los elementos que intervienen en el sistema son:

- Entradas:
 - S_{on} : selector
 - S_{PCB} : sensor de posición en la cinta de las PCBs
 - S_{box} : sensor de posición en la cinta de las cajas
 - $DO_{robotOff}$: señal de confirmación generada por el robot
 - SC_{full} : sensor capacitivo de llenado
- Salidas:
 - C_{box} : motor para el movimiento de la cinta transportadora de cajas.



- *C_PCB*: motor para el movimiento de la cinta transportadora de PCBs.
- *DI_robotON*: señal digital de mando al robot
- *EV_Relleno*: electroválvula para el vertido de relleno
- Temporizadores
 - *Temp*: temporizador TON con ET de 2 minutos para el llenado con relleno.
- Contadores:
 - *Cnt*: contador ascendente con PV de 10 para el conteo de las PCBs.

La siguiente figura muestra el diagrama Grafcet del proceso completo:

