

Tutorial de Roboguide II

Ejercicio de sincronización entre robots

Febrero de 2019

Universidad de Jaén

Ángel Gaspar González Rodríguez

1 Objetivos

Con este documento se persigue avanzar en el conocimiento de la aplicación de simulación Roboguide, persiguiendo los siguientes objetivos:

1. Asentar los conocimientos adquiridos relativos a los registros de posición y offset
2. Añadir un segundo robot a la estación
3. Detectar y evitar los problemas de singularidades en la definición de la cinemática del robot
4. Sincronizar dos robots mediante señales digitales de entrada y salida

2 Descripción del problema a resolver

La tarea a resolver es la siguiente:

Partiendo de la posición de reposo, el robot R1 ha de obtener la pieza de la posición de suministro	
A continuación, la llevará a la posición de intercambio, donde dará la orden al robot R2 para que vaya a por ella.	
	Quando R2 reciba la orden, irá (con aproximación) a la posición de intercambio y cogerá la pieza
	Enviará una señal a R1 indicando que tiene cogida la pieza
Quando R1 perciba que R2 ha cogido la pieza, la soltará y lo notificará a R2	
	Quando R2 perciba que R1 ha soltado, se retirará a la posición de alejamiento y lo notificará a R1
R1 irá a Reposo	R2 dejará la pieza

Ha de velarse de que los movimientos de R1 y R2 no den lugar a colisiones tanto al acercarse como al alejarse.

Importante: a fin de evitar perder el trabajo realizado, se recomienda grabar asiduamente el proyecto en una unidad extraíble. Para guardar la célula, posiciones y programa, seleccionar **File → Package cell** (o alguna opción similar) para empaquetar todo el trabajo realizado y grabar en una **memoria USB**.

En el caso de que en esta práctica se parta directamente de un proyecto de partida, pasar directamente al punto 3.2.2.

3 Creación y definición de una célula de trabajo con dos robots

En esta sección se creará una estación de trabajo con los siguientes elementos:

- Dos zonas fijas, una para el suministro y otra para la dejada de pieza
- Dos robots con sus herramientas de tipo garra
- Una pieza cilíndrica que será intercambiada por los robots

3.1 Creación de la célula de trabajo

Operar como se indicó anteriormente para iniciar la célula de trabajo con un robot Fanuc, que se denominará Robot1, y se dejará en la posición 0, 0, 0, y sin tocar su orientación.

3.1.1 Añadir un segundo robot

Nota: A la ventana **Cell Browser** se accede mediante la pestaña View→Cell Browser. Mostrarla si no lo está ya.

Haciendo click derecho sobre Cell Browser→Robot Controllers, añadir un segundo robot (Robot2), y situarlo de acuerdo a 3000, 0, 0, 0, 0,-180. De esta forma, ambos robots están alineados respecto del eje x.

Convendrá darle cierto grado de transparencia para de esta forma poder diferenciarlo posteriormente. Mover la cintura de alguno de los robots para evitar colisión virtual.

En ambos robots definir la garra, con escala 0.5. Asignar 475 para la componente z de UTOOL para indicar la posición del TCP.

3.1.2 Definir las zonas fijas de suministro y dejada

Añadir dos zonas fijas tal como se explicó anteriormente, aunque sin inclinar ninguna de ellas.

La primera, con altura 500 mm, y situada en 0, -1200, 500. La segunda, con altura 750, y situada en 3000, 1500, 750

3.1.3 Definir la parte o forma manipulada

Como forma manipulada se utilizará un cilindro, de color crema, de 80 mm de diámetro y 250 de longitud. Para seleccionar el cilindro, directamente seleccionar Cylinder de entre las primeras 6 opciones, no a través de "Import from librarian".

3.1.4 Interacción del cilindro con las zonas fijas y la garra

Al definir cómo aparecerá el cilindro apoyado sobre las zonas fijas, definir el siguiente Offset: 0, 0, 125, 90, 0, 0.

Al definir la posición del cilindro respecto a la garra, definir el siguiente Offset: 0, -510, 0, 0, 0, 0.

3.2 Definición de los registros de posición en Robot 1

3.2.1 Detectando puntos de singularidad

Tal como se comentó anteriormente, los robots se encuentran alineados, siguiendo el eje x. La primera idea es que la entrega de la pieza se realizase alineando el antebrazo de R1, su garra, el cilindro, la garra de R2 y su antebrazo, sin ninguna rotación en las articulaciones de las muñecas. Sin embargo, dicha postura equivale a no establecer ninguna rotación para la quinta articulación, lo que da lugar a que la cuarta y sexta articulación tienen el mismo eje de giro. Esta es una situación indeseable porque origina una pérdida de grados de libertad (girar la cuarta articulación sería equivalente a girar la sexta), y porque una misma postura se puede conseguir con una infinidad de combinaciones entre estas dos articulaciones. A esta circunstancia se le denomina singularidad.

Esta situación de singularidad se puede reproducir operando con la consola de programación sobre R1, y seleccionando **Data** (botón debajo de F4). Si no aparece un listado de PR, seleccionarlo con F1/TYPE.

A continuación, en F4/POSITION, elegir la representación cartesiana e introducir los valores del punto medio en x, esto es 1500. Poner 0 en y, en tanto que para la altura elegir 1100. Indicar 0, 90, 0 para las orientaciones. Al pulsar F5/REPRE para ver su representación en el espacio de las articulaciones, aparecerá una indicación relativa a que la solución cinemática no es válida, o que la posición no es alcanzable. Se soluciona dando un valor pequeño (p.ej. 1) en Y o en W.

Una situación similar aparece si se elige una altura de 900 o 1000. Esta posición es alcanzable, y al pulsar DONE, se guardará dicha posición. Sin embargo, al pulsar F2/MOVE TO, dará un error indicativo de singularidad, al tener la articulación 5 muy próxima a 0. Dicha articulación es la que más habitualmente origina problemas de singularidad.

3.2.2 Definición de Registros de Posición del primer robot

Para alejar la postura de la situación de singularidad, la orientación de intercambio no se alinearán con la dirección del brazo. Esto se consigue con la siguiente combinación de valores: 1500, 0, 1100, 90, 0, 110.

Grabar dichos valores como posición PR[3:Inter] del primer robot. Es importante asegurarse que la articulación J1 (pulsando F5/REPRE) tiene un valor cercano a 0 (menor que 20 en valor absoluto). Si no es así, el programa está asociando un valor raro a las articulaciones (estarían cogiendo la pieza de espaldas). Para evitarlo, volver a representación cartesiana y pulsar F3 CONF.

Utilizando el método indicado en el apartado 4.1, ir a la posición de suministro y grabar en PR[2:Suministro]. Tener en cuenta que ha de seleccionarse el Robot 1 para la posición de suministro. Cuando se repita este procedimiento para enseñar la posición de dejada, habrá de seleccionarse el robot 2.

Se ha de asegurar que la configuración de esta postura es NVT (encima del valor de articulación W), o en cualquier caso, la misma configuración que la de la posición de intercambio. Si no es

así, es posible que dé error en los movimientos de un sitio a otro. Para evitarlo, se modificará donde corresponda (opción CONF dentro de la definición de las posiciones).

Mover de una posición a otra para comprobar la posibilidad de movimiento. En un punto intermedio de dicha trayectoria (elevando un poco más la garra) se elegirá una posición para el reposo, y se grabará en PR[1: Reposo]. Definir un registro de posición para el offset en z y grabar en PR[4:Offset z].

3.3 Definición de los registros de posición en Robot 2

Se procederá de igual forma con el segundo robot.

Utilizar PR[1: Reposo] para el reposo y PR[2: Interc] para la postura del intercambio. En este segundo registro de posición, rellenar 1500, 0, 1100, 90, 0, 110.

Utilizar PR[3: Dejada] para la posición de dejada, PR[4:Offset-z] para el offset en Z. Definir igualmente un registro de posición para el offset en el eje de la herramienta. En el TCS, la dirección para el alejamiento y acercamiento coincide con el eje z. En consecuencia, se asignará -200mm en Z para el offset de herramienta y se grabará en PR[5:Offset_tool].

3.4 Programas de ambos robots

3.4.1 Programas de apertura y cierre

Crear los programas **Toma** y **Deja** para ambos robots tal como se indicará en el apartado 4.2. Notas:

- No utilizar la consola de programación para la edición de estos programas.
- No utilizar copiar y pegar de una controladora a otra.

3.4.2 Establecimiento de la comunicación entre robots

Es preciso definir de qué forma las salidas digitales de un robot se conectarían con las entradas digitales del otro. En este caso, la salida DO[1] del robot R1 se conectaría con la entrada DI[1] del robot R2 y viceversa. Esto se indica a través de **Cell→I/O Interconnections**.

3.4.3 Programas de ambos robots

Realizar los programas de ambos robots de acuerdo a la secuencia anteriormente descrita. Al comienzo del programa, utilizar OFFSET Condition PR[4] para ambos robots y TOOL_OFFSET condition PR[5] para el segundo robot.

Al comienzo del programa, poner inicialmente las salidas digitales a OFF.

En Roboguide, la forma de abrir y cerrar la garra no se realiza con RO. Habría que llamar a las funciones **Toma** y **Deja**. Al ejecutar en modo continuo, realizarán acciones equivalentes al cierre y apertura. Sin embargo, en modo paso a paso, la garra no abrirá ni cerrará.

Si el robot hace excesivos giros, configurar todas las posiciones aprendidas como NUT.

4 A recordar del tutorial anterior

4.1 Llevar al robot a una zona de suministro o dejada y guardar esa posición

Para acceder a la ventana en que se definen los registros de posición, pulsar el botón **Data** (botón debajo de F4) de la Teach Pendant. Si no aparece un listado de PR, seleccionarlo con F1/TYPE. En esta nueva ventana, hay que tener en cuenta que tanto los movimientos como la grabación de los registros requieren de la activación de la tecla Shift. Sin embargo, muchas otras actuaciones no se llevarán a cabo si precisamente dicha tecla está activada.

Llevar el robot a la posición de suministro. Para ello:

- Hacer doble click sobre la zona fija de suministro o dejada, y seleccionar la pestaña **Parts**.
- Seleccionar la **pieza** que se va a tomar o soltar. En la lista desplegable seleccionar la garra del robot y **MoveTo**.

A continuación Registrar (**record**) la postura como alguno de los registros **PR[2:Aliment]**. Pulsando F4 se tiene acceso a las coordenadas cartesianas o en el espacio de las articulaciones (mediante [REPRE]). Con F4 Done se vuelve al menú anterior. Para escribir el nombre del registro de posición (p.ej. Aliment), basta pulsar Enter y escribir directamente el nombre a través del teclado del ordenador.

Este será un registro de posición **APRENDIDA**.

4.2 Programar el cierre y apertura de garra

Realizar los siguientes pasos para programar la acción sobre la garra

1. Botón derecho en **Cell Browser**→Robot Controller→Programs→**Add Simulation Program**. Escribir **Toma**.
2. Seleccionar **Inst**→**Pickup**. Seleccionar **Caja** o aquella pieza que se esté manipulando.
3. Seleccionar una **espera de 0.5 s** (Inst→Wait)

De esta forma se crea el programa de cierre de garra. Para el de apertura el método es análogo.

4. Botón derecho en Cell Browser→Robot Controller→Programs →Add Simulation Program. Escribir **Deja**.
5. Seleccionar Inst→Drop. Seleccionar Caja.
6. Seleccionar una espera de 0.5 s.

En el apartado siguiente se mostrará cómo llamar a dichos subprogramas dentro de un programa global.