



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

Robot SCARA basado en Arduino

Butlerov Taboada, Rurik Maximiliano

Ocampos Escobar, Guillermo Osvaldo

Trepowski Castillo, Caleb

ROBÓTICA 1

21 de diciembre de 2023

Resumen

Este proyecto se enfoca en la ejecución de una guía disponible en línea, para la construcción de un Robot SCARA basado en Arduino. Se sigue detalladamente cada paso del proceso, desde los cálculos fundamentales hasta el ensamblaje del robot, además de realizar adaptaciones propias, concluyendo con el desarrollo del Código G para su control. La implementación incluye cálculos y ajustes necesarios, tanto en el diseño como en la programación, para la correcta aplicación del código que permite manejar el robot mediante el Código G.

DESCRIPCIÓN: Se presenta un proyecto para la construcción de un Robot SCARA basado en Arduino, con 4 grados de libertad. Inspirado en un diseño existente [1], utilizará una placa Arduino UNO [2], un CNC Shield [4] y cuatro controladores DRV8825 [3] para motores paso a paso NEMA 17 [5]. La propuesta incluye el desarrollo del Código G que permitirá el control de la cinemática directa e inversa. El Código G permitirá controlar el robot considerando ciertas restricciones. Este proyecto promete una experiencia completa desde el diseño hasta la implementación de un robot SCARA funcional y controlable, utilizando los conocimientos adquiridos en la materia de Robótica 1.

I. DISEÑO 3D

El ensamblaje original fue modificado mediante el uso del software Fusion 360 de Autodesk.

Se llevaron a cabo diversas modificaciones y mejoras adicionales con el objetivo de ensamblar el robot y sustituir componentes que no se encuentran disponibles localmente o que no correspondían en dimensiones para su uso con los tornillos utilizados. Se realizaron ajustes iniciales en la tapa del brazo intermedio para aumentar el espacio disponible tanto para el cableado como para los tornillos. Del mismo modo, se implementaron ajustes en la tapa

de la caja del Arduino con el fin de aumentar el espacio libre para el cableado y agregar un ventilador.

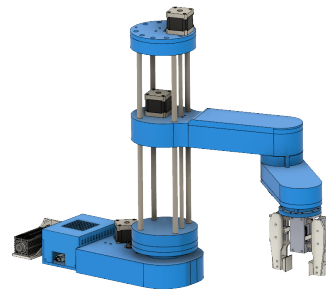


Figura 1: Ensamblaje final del SCARA. Fuente: [1]

Se procedió a modificar el diseño encontrado de un rodillo liso destinado a desempeñar la función de tensiómetro, seleccionando el rodamiento interno SKF624ZZ para su implementación [6].

Se realizaron ajustes mediante perforaciones en ciertas secciones de las impresiones, facilitando así la utilización de los tornillos adquiridos. El proceso de modificación del diseño se llevó a cabo sin contratiempos.

Se optó por utilizar PLA en la fabricación de

las piezas, con un tiempo total de impresión de aproximadamente 150 horas, utilizando 20 % de relleno.

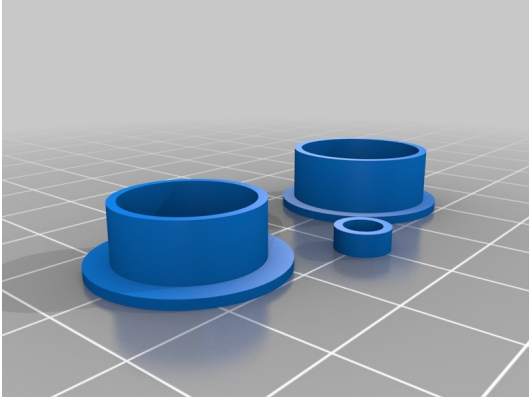


Figura 2: Piezas del rodillo liso listas para impresión. Fuente: [6]

II. ENSAMBLAJE MECÁNICO

Para el primer ensamblaje, se logró una relación de reducción de 20:1 mediante poleas diseñadas específicamente, utilizando correas GT2 cerradas de 200 mm y 300 mm. Este ensamblaje robótico consta de dos rodamientos axiales y un rodamiento radial.

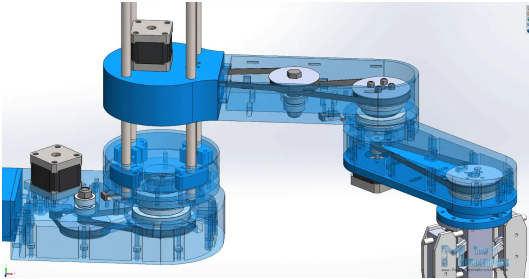


Figura 3: Ensamblaje de las correas. Fuente: [1]

El segundo ensamblaje alcanza una relación de reducción de 16:1, siguiendo un proceso similar. Mientras que el tercer ensamblaje logra una reducción de 4:1 en una única etapa. Estos ensamblajes, siendo huecos, permiten el paso de cables de motores y microinterruptores. Además, se incluyen ranuras para la colocación de poleas tensoras en las correas.

El sistema de agarre del robot está impulsado por un motor servo MG996R. Es posible modificar fácilmente los extremos del agarre para variar el tamaño de sujeción. La movilidad en el eje Z del robot se logra mediante un tornillo de avance de 8 mm. La estructura del brazo se desplaza sobre

cuatro varillas lisas de 10 mm y rodamientos de bolas lineales. La altura total del robot se determina por la longitud de estas varillas, que en este proyecto es de 40 cm. Para adaptar el tornillo de avance a esta configuración, debe reducirse en 2 cm su longitud, o alternatively, elevar el motor Z mediante tuercas espaciadoras en 2 cm.

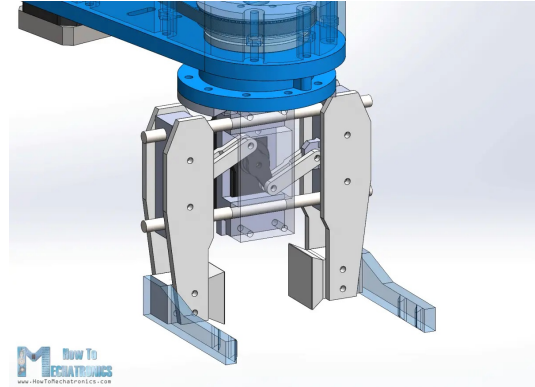


Figura 4: Ensamblaje del sistema de agarre. Fuente: [1]

III. PARTE ELECTRÓNICA

Se empleó un Arduino UNO en asociación con un CNC Shield, complementado por cuatro controladores de motor paso a paso DRV8825. Para la configuración de los motores, se estableció una resolución de 1/4, y se reguló la corriente a un máximo de 1.8A. Para la alimentación, se utiliza una fuente de 12V y 10A. También se puede utilizar un Arduino MEGA junto con una placa controladora RAMPS para impresoras 3D.

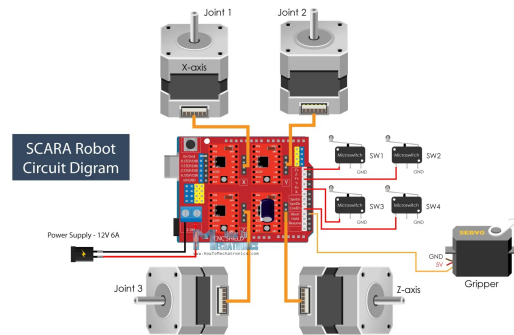


Figura 5: Diagrama de conexión del circuito. Fuente: [1]

IV. FUNCIONAMIENTO

Para el control de robots en términos de posicionamiento y orientación, existen dos métodos principales: la cinemática directa y la cinemática inversa.

La cinemática directa se utiliza para determinar la posición y orientación del efector final a partir de ángulos articulares dados. Por otro lado, la cinemática inversa se emplea para determinar los ángulos articulares necesarios para alcanzar una posición específica del efector final. Esta última resulta especialmente relevante en robótica, ya que frecuentemente se busca que el robot posicione su herramienta en coordenadas específicas de X, Y y Z. A continuación se muestran las ecuaciones de la cinemática directa obtenidas.

$$x = L_1 \times \sin(\Theta_1) + L_3 \times \sin(\Theta_1 + \Theta_3) \quad (1)$$

$$y = L_1 \times \cos(\Theta_1) + L_3 \times \cos(\Theta_1 + \Theta_3) \quad (2)$$

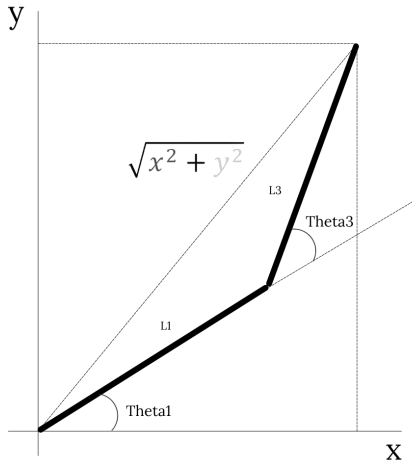


Figura 6: Esquema gráfico del SCARA. Fuente: Diseño Propio

Mediante la cinemática inversa, es posible calcular los ángulos articulares en función de las coordenadas proporcionadas.

$$\Theta_3 = \arccos\left(\frac{x^2 + y^2 - L_1^2 - L_3^2}{2 \times L_1 \times L_3}\right) \quad (3)$$

$$\Theta_1 = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \arcsin\left(\frac{L_3 \times \sin(\Theta_3)}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \quad (4)$$

Las ecuaciones provienen de las reglas y fórmulas de la trigonometría.

V. CONCLUSIONES

Se observó que el robot no es tan rígido como se esperaba inicialmente. Esto se debe, en gran medida, a que prácticamente todo el robot SCARA, incluido el eje Z y los brazos, se sostiene únicamente mediante la primera articulación. La carga total y las fuerzas inerciales generadas al moverse ejercen una presión significativa sobre la base donde se encuentra esta primera articulación, lo que, al ser de plástico, tiende a flexionarse ligeramente. Además, las correas utilizadas no son completamente libres de holgura, lo que también afecta la rigidez del robot. A pesar de estos desafíos, el proyecto en su conjunto proporcionó una buena oportunidad para comprender el funcionamiento de los robots SCARA y brinda la motivación para construir uno propio.

VI. POSIBLES MEJORAS

Para potenciar la estabilidad, es imperativo incorporar un rodamiento de diámetro superior en la base. Además, para contrarrestar cualquier inclinación de la torre debido al peso del brazo, es esencial perfeccionar el diseño para asegurar que la base y la parte superior permanezcan en una posición perpendicular constante. Una mejora significativa en la rigidez se lograría al emplear materiales de mayor resistencia, como el nylon o, preferiblemente, aluminio para la estructura principal de la torre.

Para mejorar la estabilidad de la torre también se pueden duplicar la cantidad de rodamientos para poder ayudar a resistir el peso excesivo del brazo.

Gracias a la programación con Código G será posible implementar mejoras en el brazo a fin de poder realizar impresiones 3D o grabados en láser con ella.

REFERENCIAS

- [1] Dejan, *SCARA Robot - How To Build Your Own Arduino Based Robot* <http://bit.ly/3GRecGt>
- [2] Arduino, *Arduino UNO R3 Documentation* <http://bit.ly/3RuTaCu>
- [3] Texas Instruments, *DRV8825 Stepper Motor Controller IC* <https://bit.ly/3v0XvF0>
- [4] Maker Store, *CNC Shield Guide v1.0* <https://bit.ly/3vakxdC>

- [5] StepperOnline, *Stepper Motor 17HS19-2004S1 Datasheet* <https://bit.ly/3thQyzT>
- [6] Thingiverse, *Idler pulley for 6mm GT2 timing belt with one 624ZZ ball bearing by hlavaatch* <https://bit.ly/3RQ0zvI>
- [7] R. Butlerov, G. Ocampos y C. Trepowski, *Código del firmware para el control del SCARA* <https://bit.ly/3RAyXeq>

ANEXOS

I. Código G para controlar el código del robot

El código proporcionado define una serie de comandos G que facilitan el control y movimiento del robot SCARA. El comando ‘G0’ permite realizar movimientos bruscos, lo que significa que el desplazamiento puede no ser una línea recta, y siempre se especifica una coordenada Z negativa, manteniendo cualquier parámetro anterior si no se modifica. Por otro lado, el comando ‘G1’ instruye al robot a realizar un movimiento suave mediante interpolación lineal, también con coordenada Z negativa, y al igual que ‘G0’, conserva los valores anteriores de parámetros si no se alteran. La orden ‘G10’ tiene la función

de posicionar todos los motores del robot en sus finales de carrera. En cuanto a los comandos relacionados con coordenadas articulares, ‘G11’ dirige el robot a una posición específica determinada por los valores de articulación H, J, K y L, donde cada valor representa una articulación particular en grados, milímetros, grados y grados respectivamente, mientras que ‘G12’ establece dichas coordenadas articulares. En relación con la garra del robot, ‘G20’ cierra la garra según el valor proporcionado (0 indica totalmente abierta y 255 completamente cerrada), mientras que ‘G21’ la abre por completo.

```
G0 X_ Y_ Z_-
G1 X_ Y_ Z_-
G10
G11 H_ J_ K_ L_
G12 H_ J_ K_ L_
G20 P_
G21
```

II. Firmware de control y otros archivos

El código completo del firmware, así como otros archivos importantes, pueden ser encontrado en la referencia de este documento [7].