

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

### Integración de robot manipulador con posicionador basado en arduino

Autor: Antonio Pérez García

Tutor: Luis Fernando Castaño Castaño

**Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2022





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

# **Integración de robot manipulador con posicionador basado en arduino**

Autor:

Antonio Pérez García

Tutor:

Luis Fernando Castaño Castaño

Profesor Contratado Doctor

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado: Integración de robot manipulador con posicionador basado en arduino

Autor: Antonio Pérez García

Tutor: Luis Fernando Castaño Castaño

El tribunal nombrado para juzgar el trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes profesores:

Presidente:

Vocal/es:

Secretario:

acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha:



# Agradecimientos

---

El trabajo de fin de grado es la culminación de mucho esfuerzo realizado durante años de mis padres Antonio y Rosario. Agradezco su paciencia y apoyo durante todo este tiempo.

*Antonio Pérez García*

*Sevilla, 2022*





# Resumen

---

**E**n el laboratorio de automática



# Abstract

---

In the lab of automatics



# Índice Abreviado

---

<i>Resumen</i>	III
<i>Abstract</i>	V
<i>Índice Abreviado</i>	VII
<i>Notación</i>	XI
<b>1 Introducción</b>	<b>3</b>
1.1 Modos de funcionamiento	3
<b>2 Descripción del hardware</b>	<b>5</b>
<b>3 Planificación de caja</b>	<b>7</b>
<b>4 Desarrollo de placa de conexiones</b>	<b>9</b>
<b>5 Desarrollo en Arduino</b>	<b>11</b>
<b>6 Desarrollo en Robotstudio</b>	<b>13</b>
<b>7 Resultados</b>	<b>15</b>
<b>8 Conclusiones</b>	<b>17</b>
<i>Índice de Figuras</i>	19
<i>Índice de Tablas</i>	21
<i>Índice de Códigos</i>	23
<i>Bibliografía</i>	25



# Índice

---

<i>Resumen</i>	III
<i>Abstract</i>	V
<i>Índice Abreviado</i>	VII
<i>Notación</i>	XI
<b>1 Introducción</b>	<b>3</b>
1.1 Modos de funcionamiento	3
<b>2 Descripción del hardware</b>	<b>5</b>
<b>3 Planificación de caja</b>	<b>7</b>
<b>4 Desarrollo de placa de conexiones</b>	<b>9</b>
<b>5 Desarrollo en Arduino</b>	<b>11</b>
<b>6 Desarrollo en Robotstudio</b>	<b>13</b>
<b>7 Resultados</b>	<b>15</b>
<b>8 Conclusiones</b>	<b>17</b>
<i>Índice de Figuras</i>	19
<i>Índice de Tablas</i>	21
<i>Índice de Códigos</i>	23
<i>Bibliografía</i>	25





# Notación

---

$\mathbb{A}\mathbb{B}\mathbb{B}$	Cuerpo de los números reales
$\mathbb{C}$	Cuerpo de los números complejos
$\ \mathbf{v}\ $	Norma del vector $\mathbf{v}$
$\langle \mathbf{v}, \mathbf{w} \rangle$	Producto escalar de los vectores $\mathbf{v}$ y $\mathbf{w}$
$ \mathbf{A} $	Determinante de la matriz cuadrada $\mathbf{A}$
$\det(\mathbf{A})$	Determinante de la matriz (cuadrada) $\mathbf{A}$
$\mathbf{A}^\top$	Transpuesto de $\mathbf{A}$
$\mathbf{A}^{-1}$	Inversa de la matriz $\mathbf{A}$
$\mathbf{A}^\dagger$	Matriz pseudoinversa de la matriz $\mathbf{A}$
$\mathbf{A}^H$	Transpuesto y conjugado de $\mathbf{A}$
$\mathbf{A}^*$	Conjugado
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
■	Como queríamos demostrar
□	Fin de la solución
e.o.c.	En cualquier otro caso
$e$	número $e$
$e^{jx}$	Exponencial compleja
$e^{j2\pi x}$	Exponencial compleja con $2\pi$
$e^{-jx}$	Exponencial compleja negativa
$e^{-j2\pi x}$	Exponencial compleja negativa con $2\pi$
$\text{Re}$	Parte real
$\text{Im}$	Parte imaginaria
$\text{sen}$	Función seno
$\text{tg}$	Función tangente
$\text{arctg}$	Función arco tangente
$\sin^y x$	Función seno de $x$ elevado a $y$
$\cos^y x$	Función coseno de $x$ elevado a $y$
$\text{Sa}$	Función sampling
$\text{sgn}$	Función signo
$\text{rect}$	Función rectángulo
$\text{Sinc}$	Función sinc
$\frac{\partial y}{\partial x}$	Derivada parcial de $y$ respecto a $x$
$x^\circ$	Notación de grado, $x$ grados.
$\text{Pr}(A)$	Probabilidad del suceso $A$

$E[X]$	Valor esperado de la variable aleatoria $X$
$\sigma_X^2$	Varianza de la variable aleatoria $X$
$\sim f_X(x)$	Distribuido siguiendo la función densidad de probabilidad $f_X(x)$
$\mathcal{N}(m_X, \sigma_X^2)$	Distribución gaussiana para la variable aleatoria $X$ , de media $m_X$ y varianza $\sigma_X^2$
$\mathbf{I}_n$	Matriz identidad de dimensión $n$
$\text{diag}(\mathbf{x})$	Matriz diagonal a partir del vector $\mathbf{x}$
$\text{diag}(\mathbf{A})$	Vector diagonal de la matriz $\mathbf{A}$
SNR	Signal-to-noise ratio
MSE	Minimum square error
:	Tal que
$\stackrel{\text{def}}{=}$	Igual por definición
$\ \mathbf{x}\ $	Norma-2 del vector $\mathbf{x}$
$ \mathbf{A} $	Cardinal, número de elementos del conjunto $\mathbf{A}$
$\mathbf{x}_i, i = 1, 2, \dots, n$	Elementos $i$ , de 1 a $n$ , del vector $\mathbf{x}$
$dx$	Diferencial de $x$
$\leq$	Menor o igual
$\geq$	Mayor o igual
$\backslash$	Backslash
$\Leftrightarrow$	Si y sólo si
$x = a + 3 \underset{a=1}{=} 4$	Igual con explicación
$\frac{a}{b}$	Fracción con estilo pequeño, $a/b$
$\Delta$	Incremento
$b \cdot 10^a$	Formato científico
$\overset{x}{\rightarrow}$	Tiende, con $x$
$\mathbf{O}$	Orden
$\text{TM}$	Trade Mark
$\mathbb{E}[x]$	Esperanza matemática de $x$
$\mathbf{C}_x$	Matriz de covarianza de $\mathbf{x}$
$\mathbf{R}_x$	Matriz de correlación de $\mathbf{x}$
$\sigma_x^2$	Varianza de $x$

!TEX root = ../LibroTipoETSI.tex



# 1 Introducción

---

En las prácticas de laboratorio realizadas por parte de alumnos durante la docencia de los cursos de Robótica del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, los alumnos deben programar el movimiento de un brazo robótico presente en dicho laboratorio. El objetivo es que una pieza sea trasladada por el robot desde un punto de la mesa de trabajo hacia una segunda posición. El proceso se realiza colocando manualmente la pieza, con los problemas que ello conlleva. Por un lado, la precisión es cuestionable, ya que el propio alumno no tiene una referencia sobre la cual poder repetir el proceso de forma eficaz y el error introducido al sistema es alto. Por otro lado, al invadir el espacio de trabajo del brazo robótico continuamente se producen riesgos innecesarios impropios de las normas de seguridad en la industria.

Este trabajo es la continuación de [1] y [2], que sentaron las bases del proyecto. En esta ocasión, el enfoque es en la implementación sobre los equipos del laboratorio. Por ello, el sistema creado debe quedar en una caja donde se realicen las conexiones electrónicas y todos los dispositivos. Además el sistema debe tener componentes fácilmente sustituibles para facilitar las reparaciones.

El sistema cuenta con las siguientes características:

- Posicionamiento de piezas en medidas de ejes X e Y que el usuario requiera para interactuar con el robot.
- Conexión entre Arduino y RobotStudio mediante protocolo TCP/IP para comunicaciones.
- Funcionamiento sin Arduino mediante señales digitales del robot.
- Funcionamiento sin conexión directa entre RobotStudio y Arduino.

## 1.1 Modos de funcionamiento



## **2 Descripción del hardware**

---





### **3 Planificación de caja**

---



## **4 Desarrollo de placa de conexiones**

---



## **5 Desarrollo en Arduino**

---



## **6 Desarrollo en Robotstudio**

---





## 7 Resultados

---



## 8 Conclusiones

---



## Índice de Figuras

---



## Índice de Tablas

---





## Índice de Códigos

---



# Bibliografía

---

- [1] Jorge Andrés Tapia Herrera and Luis Fernando Castaño Castaño, *Control de equipo de posicionado de piezas semiautomático en zona de trabajo de robot*, 2018.
- [2] Mauricio Hinojosa Rea, Luis Fernando Castaño Castaño, and David Muñoz de la Peña Sequeda, *Conexión de robotstudio y arduino mediante tcp/ip para la recolección y envío de datos de posicionamiento de cinta transportadora*, 2019.