2020سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد (11) _ مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (11) 2020

تصميم وتنفيذ مناول روبوتي تعليمي بخمس درجات حرية (5-DOF)

د.سحر العلي*

سماح سليمان**

(تاريخ الإيداع 12 /10/ 2020 . قُبل للنشر 15 / 12 / 2020)

□ الملخّص □

تم في هذا البحث تصميم ذراع روبوتية بخمس درجات حرية على برنامج SolidWork لأغراض تعليمية، تمت محاكاة الحركة المطلوب القيام بها باستخدام برنامج Solidwork و برنامج Labview عن طريق مكتبة Softmotion التي تسمح لنا بنقل أوامر الحركة من برنامجLabviewإلى النموذج المصمم باستخدام Solidwork.

تم التحكم بمحركات السيرفو SERVO عن طريق شريحة Arduino Mega. بعد ذلك قمنا بتنفيذ التصميم عملياً، واختبار النموذج العملي على منصة تجريبية،وقد تم تنفيذ الحركة المطلوب القيام بها على النموذج ومقارنتها مع الحركة ذاتها بواسطة النموذج المنفذ، وأعطت نتائج الاختبار دقة عالية في تنفيذ الحركات المطلوبة.

الكلمات المفتاحية:مناول روبوتي، خمس درجات حرية، برنامج Labview، برنامج Solidworks.

* أستاذ مساعد في قسم الأتمتة الصناعية– كليّة الهندسة التقنية– جامعة طرطوس – سوريا.

** طالبة ماجستير– قسم هندسة الأتمتة الصناعية– كليّة الهندسة التقنية– جامعة طرطوس – سوريا.

2020سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد (11) _ مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (11) 2020

Design and implementation of a (5-DOF) educational robotic handler

Dr. Sahar Al Ali*
SamahSolieman**

(Received 12/ 10 / 2020 . Accepted 15 / 12/ 2020)

□ ABSTRACT □

In this paper, a robotic arm with five degrees of freedom was designed on SolidWork for educational purposes. The movement required to be performed was simulated using Solidwork and Labview by means of the Softmotion library that allows us to transfer movement commands from Labview to the model designed using Solidwork. The servo motors were controlled via the Arduino mega chip. After that, we practically implemented the design and tested the practical model on an experimental platform. The movement required to be performed on the model was compared with the same movement by the executed model, and thetest' results gave high accuracy in implementing the required movement.

Keywords: Robotic manipulator, 5DOF, Labview, Solidworks.

* Assistant Professor, Industrial Automation Department,Technical Engineering, Tartous University, Syria.

** Student Master, Industrial Automation Department, Technical Engineering, Tartous University, Syria.

مقدمة:

نظراً للتطور الصناعي الكبير وازدياد أهمية المناولات الصناعية في العملية الإنتاجية بسبب التأثير الكبير لهذه المناولات على سرعة الإنتاج تمَّ طرح إمكانية استخدام الحاسب للتحكم بذراع روبوتية ذات 5 درجات حرية ومحاكاة حركتها وذلك باستخدام برنامج (LABVIEW Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)، وبرنامج(SolidWork). كانت الإشكالية التي تمت معالجتها هي استبدال الذراع الروبوتية المقدمة من شركة (LabVolt) في كلية الهندسة التقنية بذراع أخرى قادرة على تأدية مهام مشابهة.

تم استخدام شريحةArduino mega كمتحكم رئيس لربط المحركات إلى المتحكم دون الحاجة إلى توسيعات أو دارات ملاءمة إضافية.

لقد نَشرت أبحاث عديدة طرقاً مختلفة للتحكم بالذراع الروبوتية نذكر منها:

–دراسة قام بها الباحث J.J. Castanedaوآخرون نُشرت في IEEEعام 2016، حيث تم تصميم منصة تعليميةتحتوي على ذراع روبوتية بخمس درجات حرية (5 DOF) لتعليم الطلاب على نمذجة حركة ذراع روبوتية عن طريق برنامج Matlab. ومن ثم تم التطبيق العملي على الروبوت. بعد ذلك تم تعليم الطلاب على قيادة الروبوت عن طريقArduinoوربطه مع الحساسات والمشغلات.

تمت عملية التحكم بمجموعة من الحساسات والمشغلات[1] .

– قام الباحثDuscoLucacوآخرون بنشر مقالة في عام 2018حيث تم تقديم مثال عملي تعليمي لنمذجة روبوت من شركة KUKA والطراز KR6 R900 من خلال البرنامج المقدم من الشركة KUKA Sim Pro 2.2.2.

في المثال المقدم تم ربط الروبوت مع الوحدات المحيطية (سير وحساسات)، بحيث يقوم الروبوت بنقل مكعبات من السير إلى الصندوق عن طريق النمذجة. بالإضافة إلى دراسة حركة الروبوت وتحويل الإحداثيات [2].

–بحث آخر تم نشره عام 2015 تناولتصميم منصة تعليمية لطلاب الأتمتة والميكاترونكس. تقوم هذه المنصة بتعليم الطلاب على المناولات الروبوتية الصناعية عن طريق الانترنت، حيث يمكن للطالب تسجيل الدخول إلى الموقع وكتابة برنامج قيادة للروبوت ورفع البرنامج إلى الروبوت ومراقبة أداء الروبوت عن طريق عدة كاميرات. بالإضافةإلى وجود حساسات تعرض زوايا مفاصل الروبوت[3].

–دراسة أخرى نشرت عام 2016 في IEEE حول تصميم وتنفيذ ذراع روبوتي تعليمي بست درجات حرية يستخدم لتحليل حركة الروبوت عن طريق Matlab–Simulink، تمت قيادة الروبوت عن طريق ربط برنامج Matlabبأنظمة تحصيل البيانات واستخدامها للتحكم بالروبوت[4] .

– تتالت بعد ذلك الأبحاث حول تطوير عملية التحكم بالذراع الروبوتية ونشرت مقالة عام 2016 ناقشتأتمتة ذراع روبوتية لتقوم بعملية الالتقاط والتحرير (Pick and Place) عن طريق برنامج Labview. حيث تم ربط الذراع الروبوتية مع LabVIEW عن طريق أنظمة تحصيل البيانات [5]myRIO.

– نشرت دراسة مشابهة عام 2017 حول تصميم نظام روبوتي صناعي من النوع Scara بأربع درجات حرية يقوم بعملية الالتقاط والتحرير. تم استخدام كاميرا لتحديد موضع القطعة،وباستخدامLabviewوArduino تمتعملياتحساب الزوايا وإرسال الأوامر[6] .

–تم أيضاً نشر مقالة عام 2013 في IEEEالتصميم ذراع روبوتية تتحرك نحو الأعلى والأسفل نحو الأمام والخلف عن طريق محركات تيار مستمر ومحرك خطوي لتمسك القطعة عن طريق سحب الهواء.

وتم تصميم هذا الروبوت ليقوم بعمليةالالتقاط والتحرير عن طريق [7]Arduino.

–بحث آخر نُشر في عام 2018ناقش تصميم خط إنتاج يقوم على استخدام ذراعين روبوتيين من أجل تجميع القطع وتخزينها.تم استخدام PLC للتحكم بالروبوتات ذات الست درجات حرية لنقل القطع بواسطة الروبوت الأول الى الروبوت الثاني لإضافة مادة لاصقة ثم تُجمع وتوضع في صندوق باستخدام الروبوت الأول[8] .

– تم أيضاً نشر بحث عام 2019ناقش طريقة لمحاكاة عمل ذراع روبوتية تسلسلية بالإضافة إلى حل معادلات الحركة الأمامية والعكسية. تم في هذا البحث استخدام برنامجLabviewلإجراء المحاكاة وحل معادلات الحركة الأمامية والعكسية[9] .

أهمية البحث:

يتيح هذا البحث منصة لتدريب الطلاب في الكليات المختصة على المناولات الصناعية الروبوتية.

طرق البحث ومواده:

اعتمد البحث على استخدام برنامج LabViewالبرمجة المتحكم الرئيسي المستخدم، وذلك لاحتواء برنامج LabViewعلى مكتبات خاصة بالأذرع الروبوتية تقوم بحساب الموضع الحالي للذراع الروبوتية بناء على قيم زوايا المحركات، أيضاً يمكنها حساب زوايا المحركات للوصول إلى نقطة محددة.

كما يتيح برنامج LabView التحكم بالنماذج الهيكلية المصممة على برنامج SolidWorks عن طريق مكتبة Softmotion، كما استخدمنا برنامج Solidwork لتصميم الذراع.

أدوات البحث:

تم في هذا البحث ربط عدة برامج من أجل الحصول على الحركة النهائية المطلوبة حيثتم استخدام برنامج Solidworks لتصميم الذراع،قمناباستخدام برنامج Labview 2018 للتحكم بالتصميم الذي تم إنشاؤه وتحريكه إلى مواضع محددة، وبعد ذلك تم استخدام برنامج Labview 2019 للتحكم بشريحة Arduino المتصلة بالذراع الروبوتية، وتم استخدامه أيضا لتلقين الإحداثيات التي يراد التحرك إليها إلى برنامج Labview 2018.

البرمجة باستخدام LABVIEW:

الحركة الأمامية :(forward kinematics)

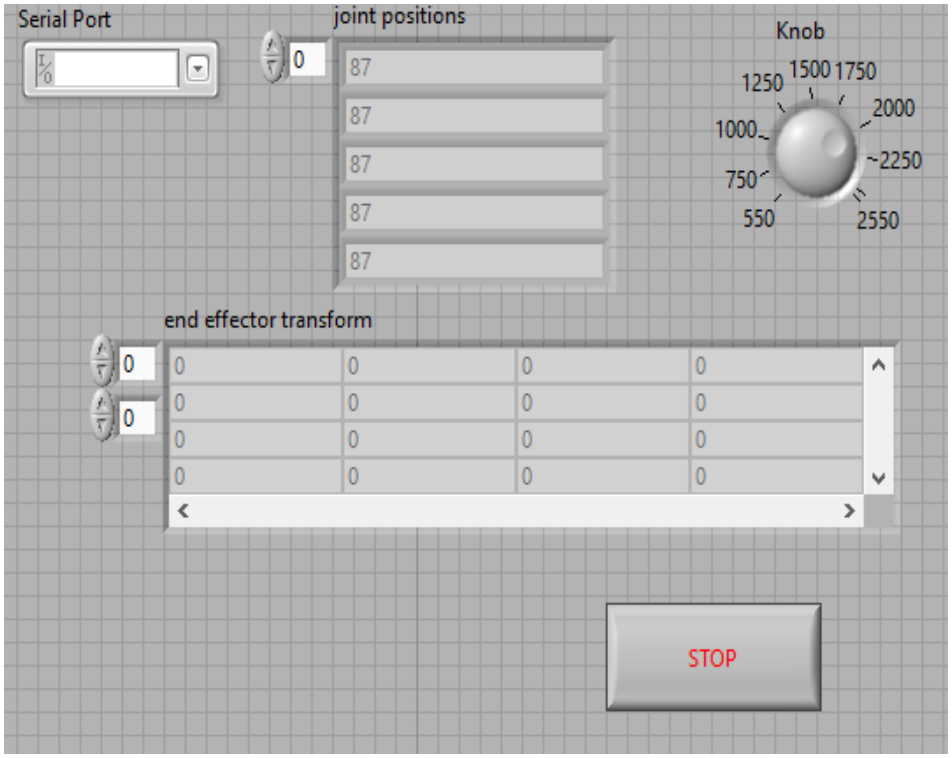
تصميم واجهة المستخدم:

قمنا بتصميم واجهة للمستخدم باستخدام Labview والتي تحتوي على:

– Serial Port: مدخل لتحديد المنفذ التسلسلي الذي تم وصل شريحة Arduino إليه.

- Joint position: جدول بخمس خانات يتم في كل خانة إدخال قيمة زاوية المحرك الموافق لرقم الخانة (الخانة الأولى توافق المحرك الأول)، وذلك باعتبار أن أول محرك هو محرك القاعدة.
- knob: عقدة تحكم بدرجة إغلاق المقبض الموجود في نهاية الذراع.
- End effector transform: جدول يحتوي الإحداثيات الحالية للذراع.
- STOP: زر إيقاف للتحكم.

كما هو موضح بالشكل (1).



الشكل(1) واجهة المستخدم للحركة الأمامية

واجهة البرمجة:

قمنابإدخال معطيات الذراع التسلسلية ضمن بيئة LabView (المسافة بين المفاصل، اتجاه دوران المحركات)، حيث أن:

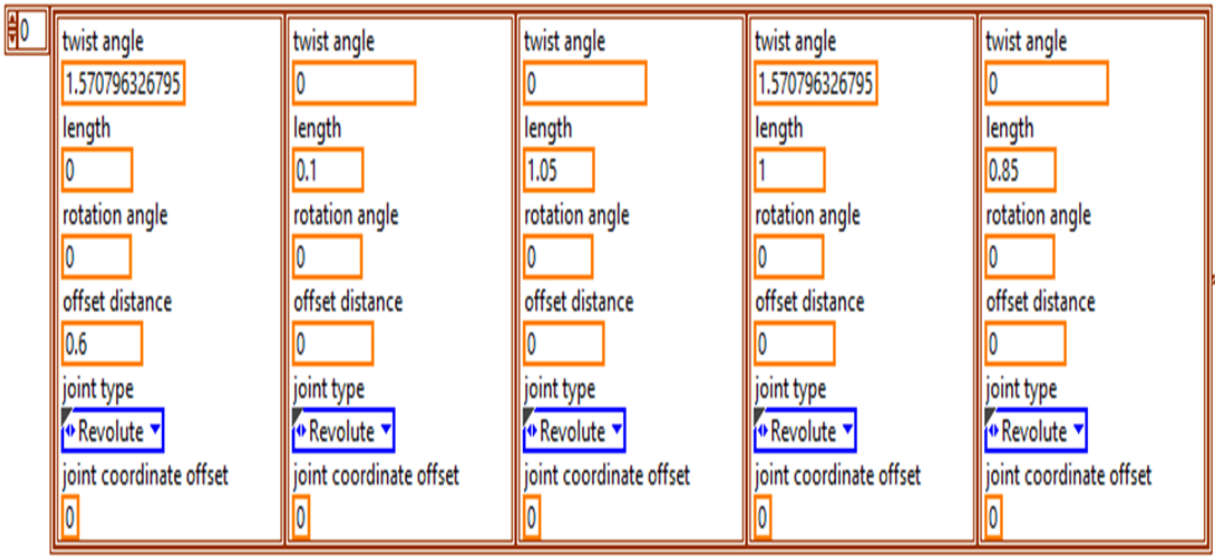
-Twist angle: زاوية التفاف المفصل تمثل ب 90 درجة إذا كان محور المفصل موازي للمحور (Y) و 0 درجة إذا كان محور المفصل موازي للمحور (X).

-Length : طول القطعة الواصلة بين المفصلين أو بين المفصل والقاعدة أو بين المفصل والنهاية الفعالة.

-Rotation angle: زاوية دوران المفصل.

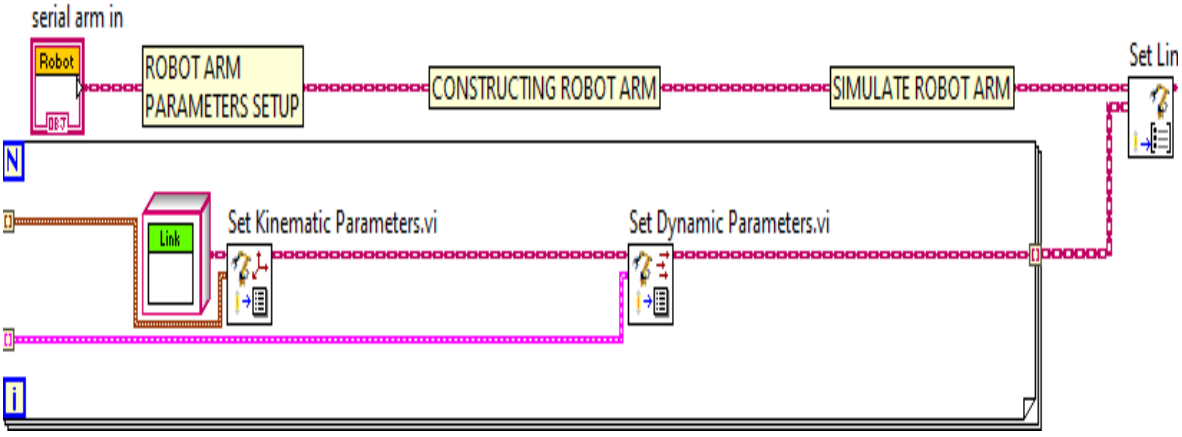
-Offset distance: زاوية الانزياح.

كما هوموضح بالشكل (2).



الشكل (2)واجهة البرمجة للحركة الأمامية

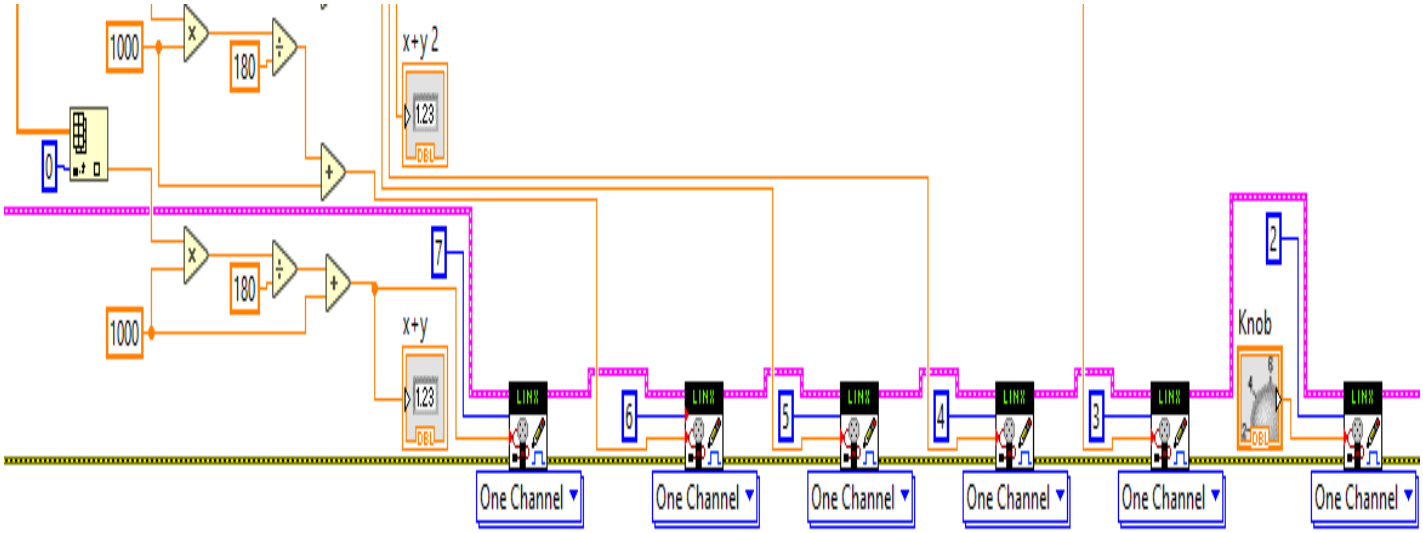
بعد ذلك قمنا بإدخال المعطيات المعرفة مسبقاًإلى صندوق تشكيل الذراع التسلسلية كما في الشكل (3).



الشكل(3)يمثل الجزء البرمجي الخاص بتشكيل الذراع التسلسلية

ثم تمت كتابة البرنامج المطلوب من الذراع تنفيذه (Pick and Place) كما هو موضح بالشكل (4)[9].

الشكل(4) الجزء البرمجي الخاص بتحويل قيم الزوايا إلى قيم مناسبة لمحركات Servo

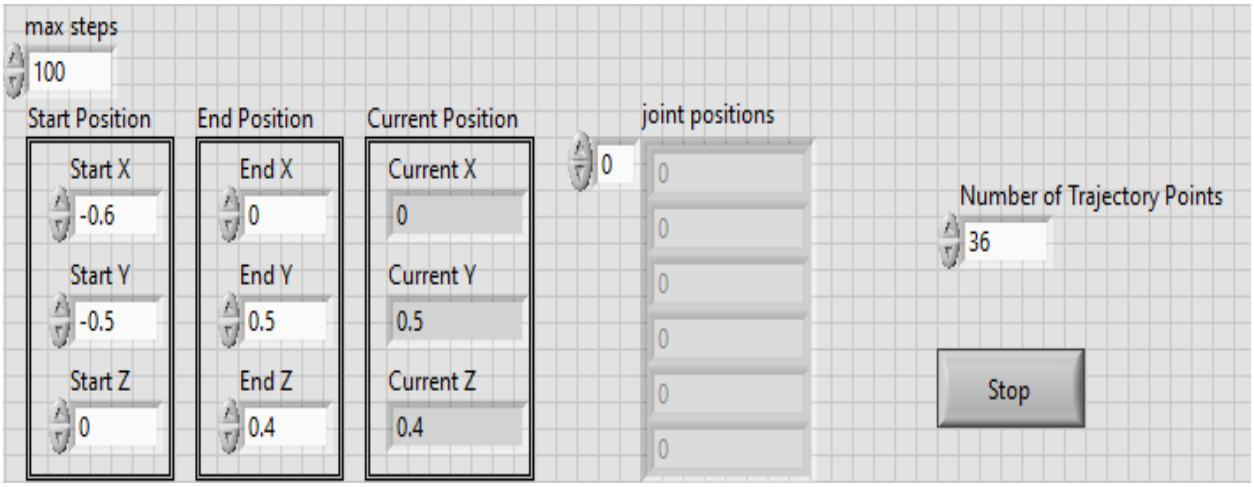


الحركة العكسية (Inverse kinematics)

تصميم واجهة المستخدم:

يوضح الشكل (5) واجهة المستخدم المصممة والتي تحوي:

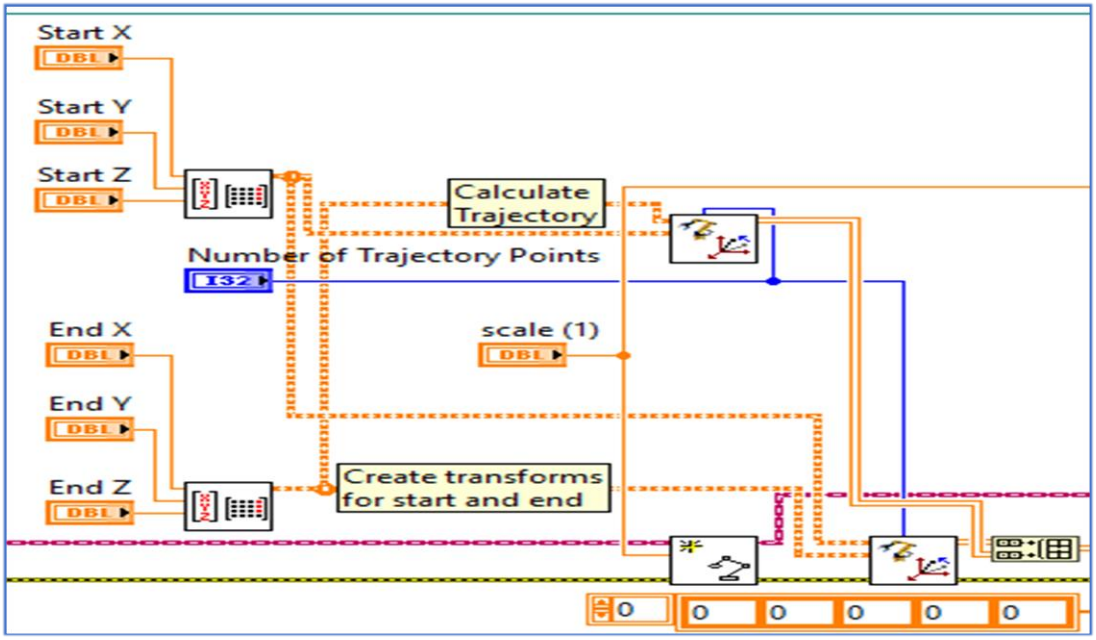
- Start position: مدخل لضبط الإحداثيات الحالية التي ستبدأ منها الحركة.
- End position: مدخل لضبط الإحداثيات الحالية التي ستنتهي عندها الحركة.
- Current position: شاشة عرض للموضع الحالي.
- Joint position: شاشة عرض لزوايا المحركات الحالية.
- max steps,Number of Trajectory Points: متغيرات متعلقة بعدد الخطوات.
- زر Stop لإيقاف الحركة.



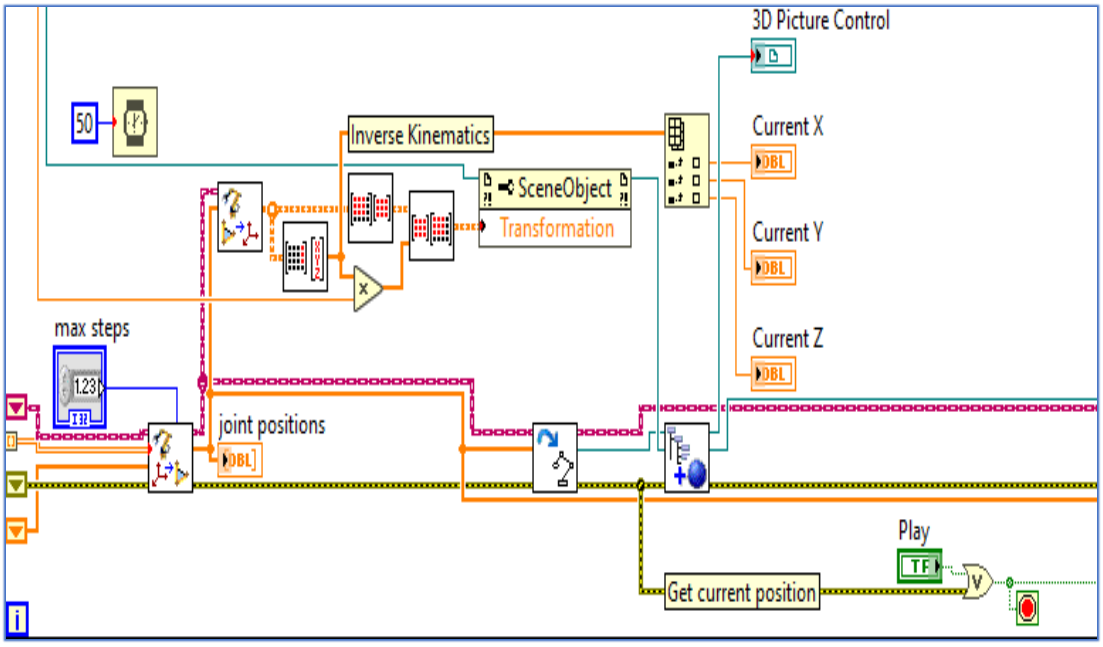
الشكل (5) واجهة المستخدم للحركة العكسية

واجهة البرمجة:

بعد تعريف الذراع على أنها ذراع تسلسلية وإدخال معطياتها تمت كتابة برنامج للحركة العكسية والذي يظهر للمستخدم قيم زوايا المحركات التي يجب تطبيقها للوصول إلى إحداثيات نقطة محددة،ثم تطبق هذه القيم على المحركات، حيث يبدأ أولا بتحويل قيم احداثيات نقطة البداية والنقطة الهدف إلى قيم ضمن مصفوفتين، ثم يحاول إيجاد حل مشترك لهما وهذا الحل يمثل قيم زوايا المحركات[6][9] .



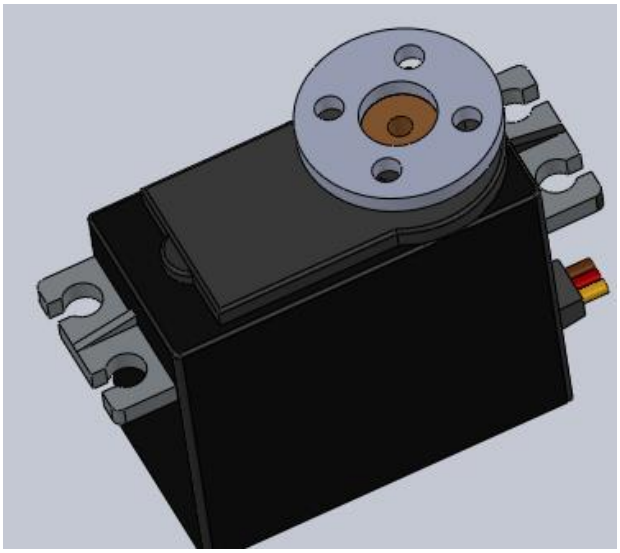
الشكل (6) الجزء البرمجي الخاص بتحويل مدخلات المستخدم الى مصفوفة



الشكل(7) الجزء البرمجي الخاص بإيجاد قيم زوايا المحركات

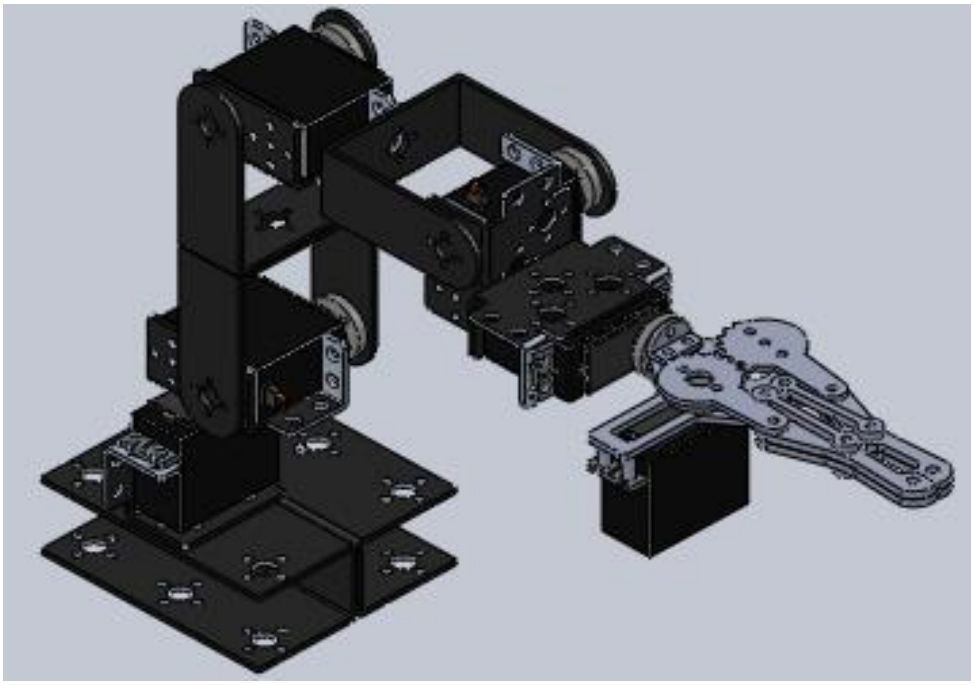
برنامج SolidWork:

تم تصميم ذراع روبوتية باستخدام Solidwork مشابهة تماما للذراع المنفذة حيث تم إنشاء كل قطعة من القطع الموجودة على الذراع بشكل منفرد. ويوضح الشكل (8) محرك Servo تم تصميمه على برنامج Solidwork.



الشكل (8) محركServo تم إنشاؤه على برنامج SolidWork

تم تجميع القطع باستخدام العلاقات الموجودة ضمن بيئة SolidWorkوالشكل (9) يمثل الذراع المصممة.

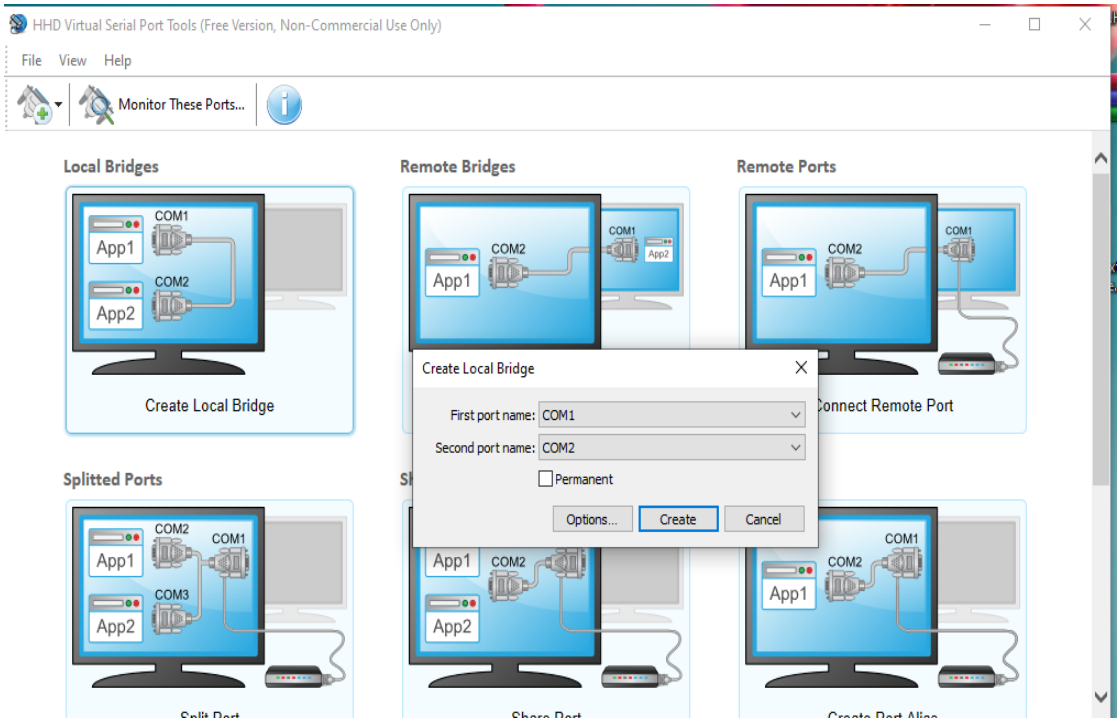


الشكل (9) الذراع المصممة على برنامج SolidWork

تعتمد عملية الربط بين برنامج LabView مع برنامج SolidWork على وجود مكتبة Motion Analyze، والتي تسمح بمراقبة حركة التصميم ثلاثي الأبعاد في الفراغ.

إرسال الأوامر بين LabView2019-LabView2018:

لإرسال أوامر الحركة من Labview 2019إلىLabView 2018تماستخدام برنامج Virtual Serial Port Toolوالذي يسمح بإنشاء منافذ (COM) افتراضية على الحاسب الشخصي، حيث يتم تعريف المنافذ على أنها قنوات اتصال نوع Bridge.كما في الشكل (10).

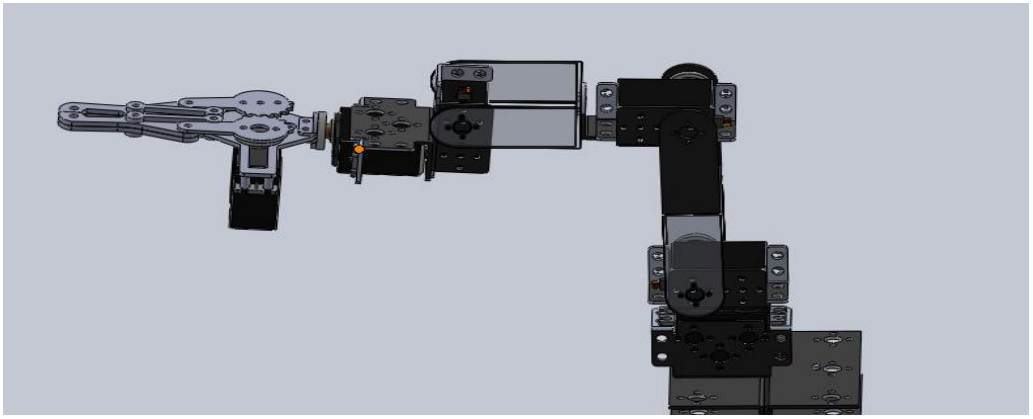


الشكل (10) واجهة البرنامج المستخدم لإنشاء منافذ COM افتراضية

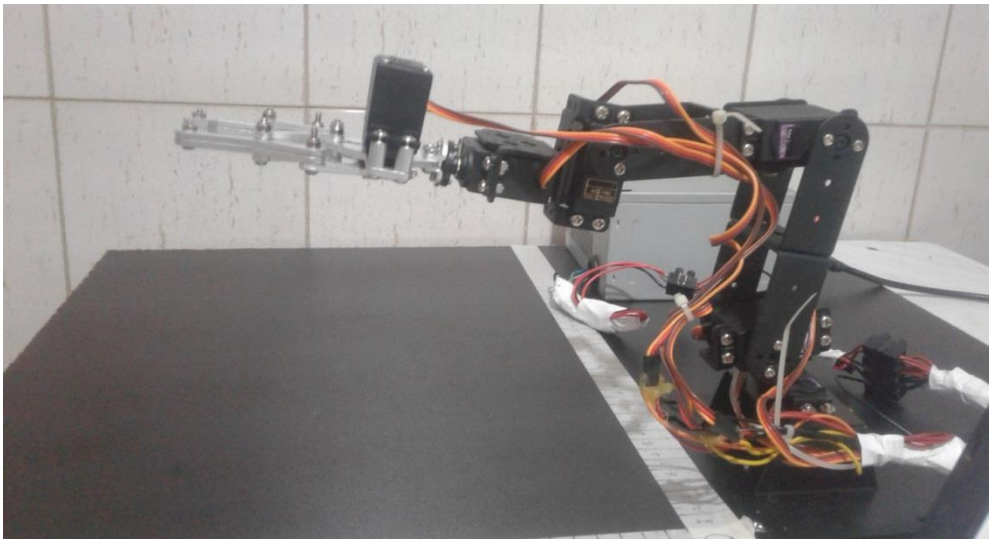
اختبار النموذج المصمم:

التجربة الأولى:

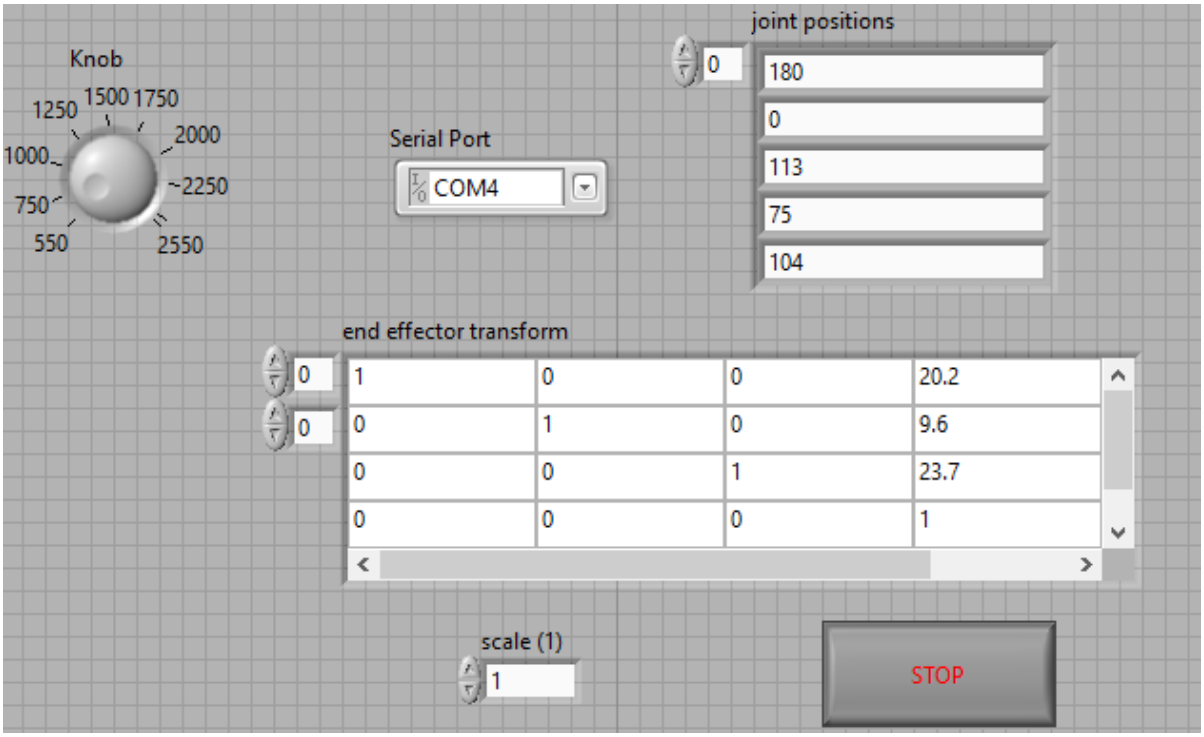
تم فيها اختبار مقدرة النموذج المصمم على إعطاء نتائج صحيحة لموضع الرأس الفعال للهيكل عند إدخال قيم زوايا المحركات من قبل المستخدم، كما تم مقارنة الوضع النهائي للهيكل المصمم على برنامج Solidworks مع الوضع النهائي للهيكل المصمم على أرض الواقع كما هو موضح في الأشكال (11، 12، 13).



الشكل (11) الوضع الأولي للمناول الروبوتي ضمن بيئة المحاكاة Solidwork



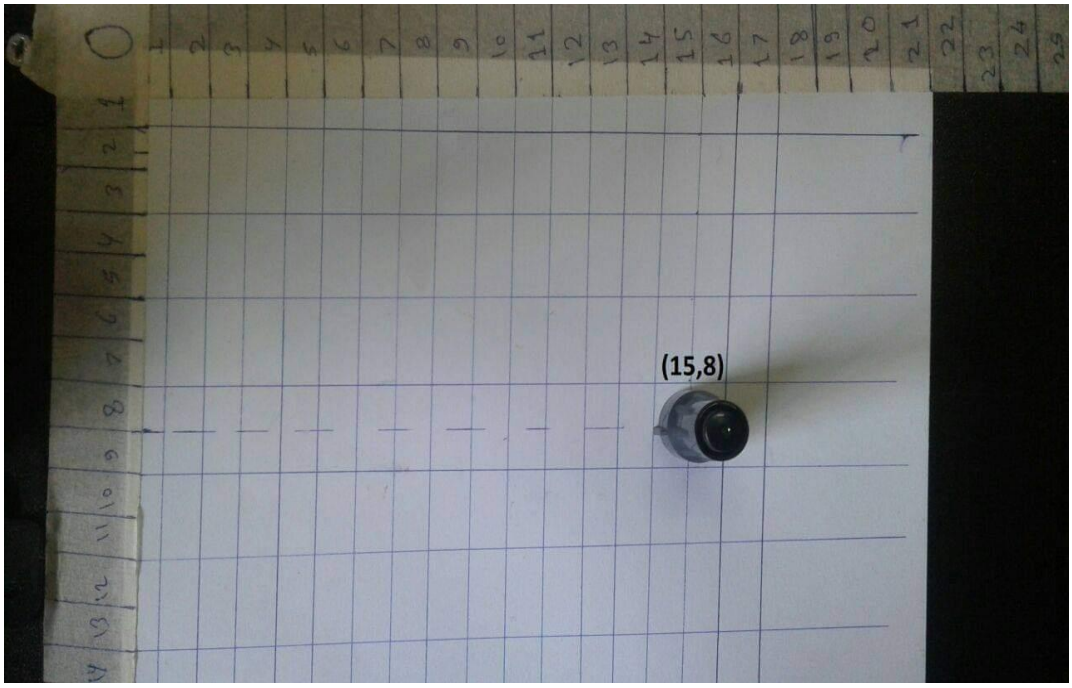
الشكل (12) يمثل الوضع الأولي للمناول الروبوتي في الوقت الحقيقي



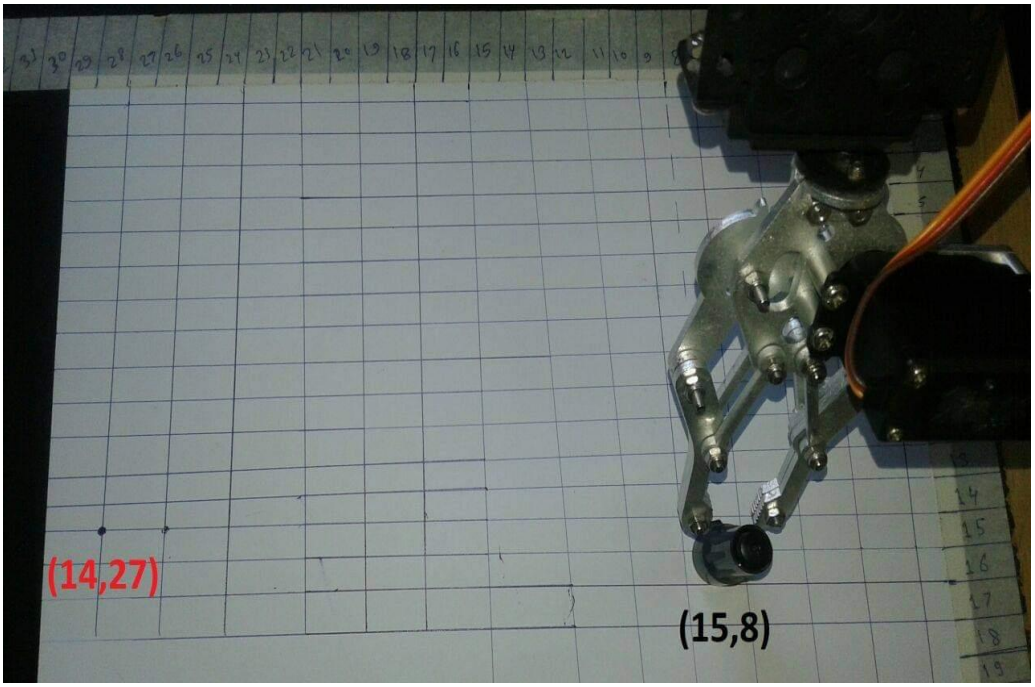
الشكل (13) يوضح الواجهة التخاطبية لإدخال قيم زوايا المحركات وإظهار احداثيات الموضع الحالي للذراع

التجربة الثانية :

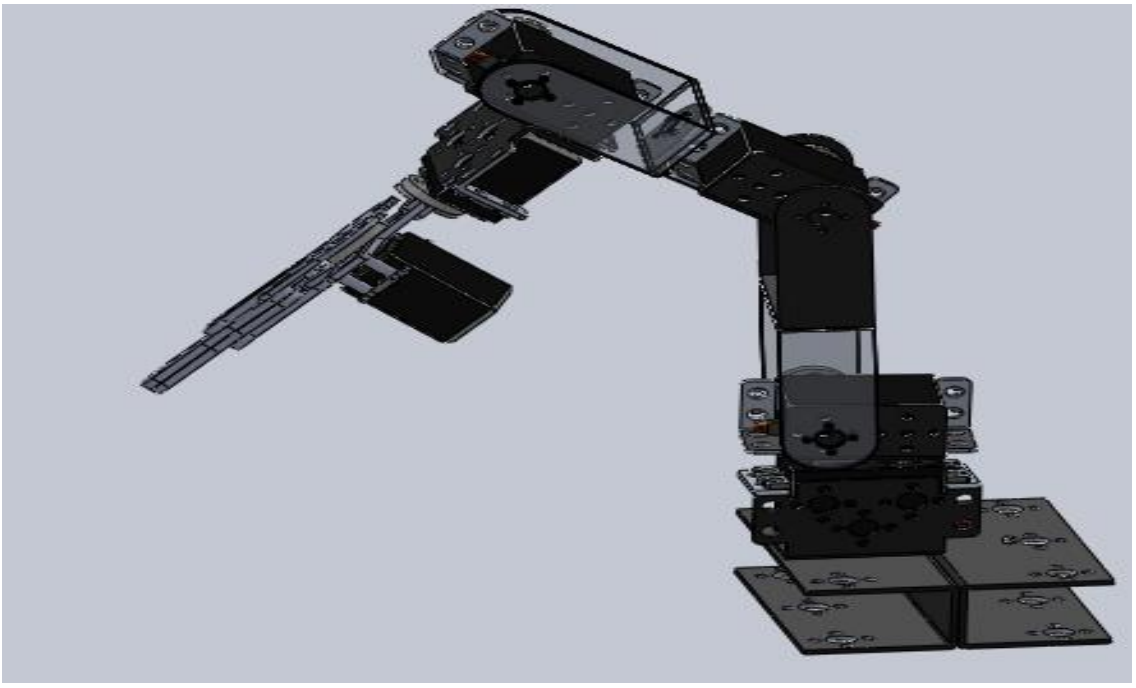
تم فيها التحقق من قدرة المناول على التقاط جسم في نقطة معينة، ونقله إلى نقطة أخرى مع المقارنة بين الحركة في الوقت الحقيقي والحركة على النموذج المصمم على برنامج Solidworkكما هو موضح في الأشكال (14، 15، 16 ،17،18،19،20).



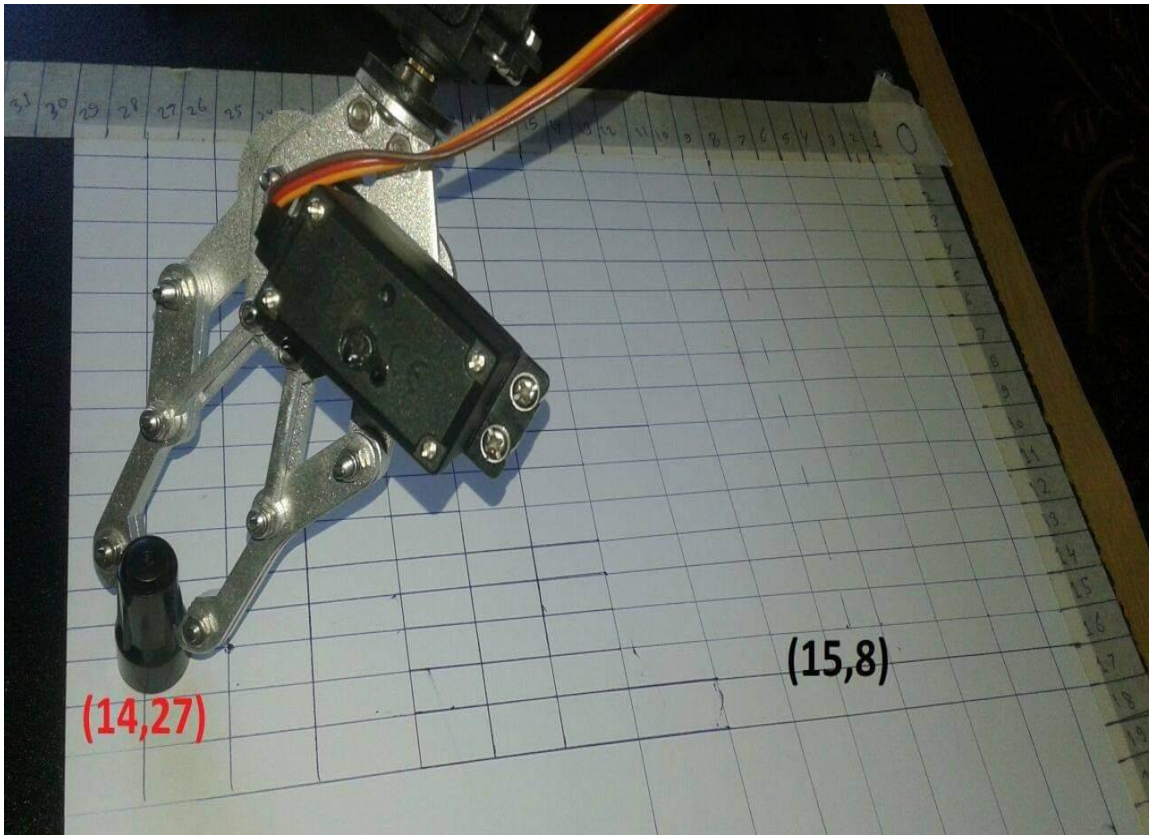
الشكل(14) موضع الجسم في الوقت الحقيقي



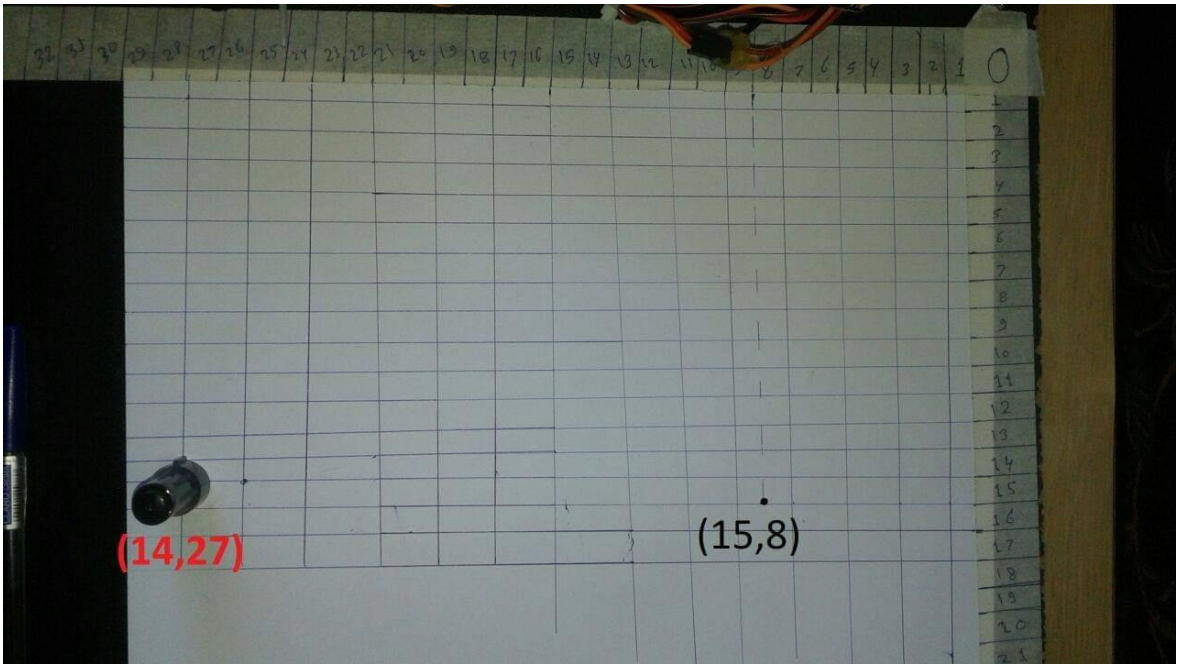
الشكل (15) يوضح وضع المناول عند التقاط الجسم في الوقت الحقيقي



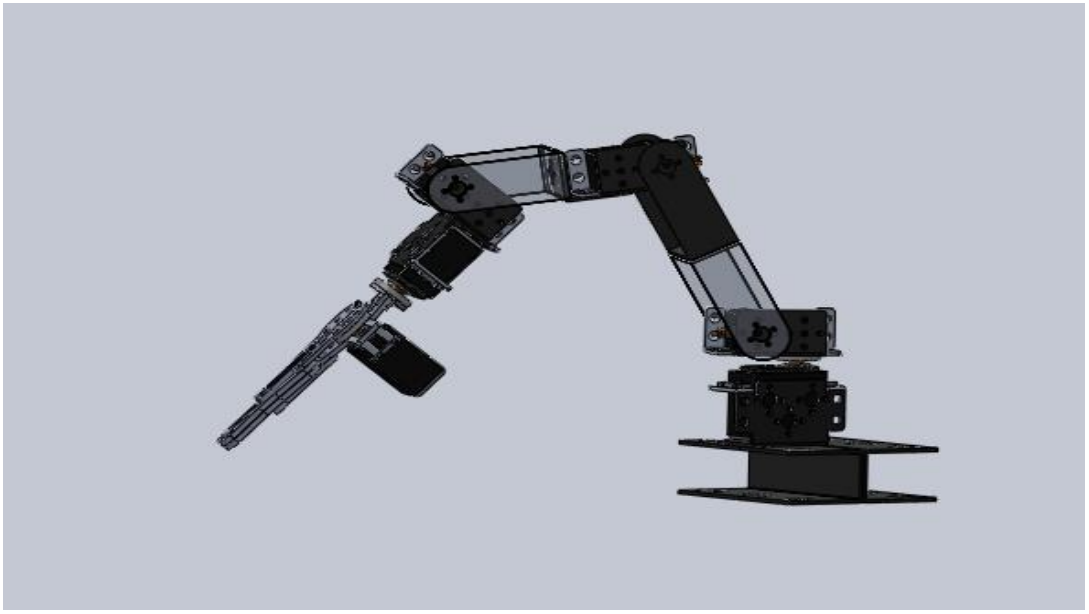
الشكل (16) يوضح وضع المناول عند التقاط الجسم ضمن بيئة المحاكاة Solidwork



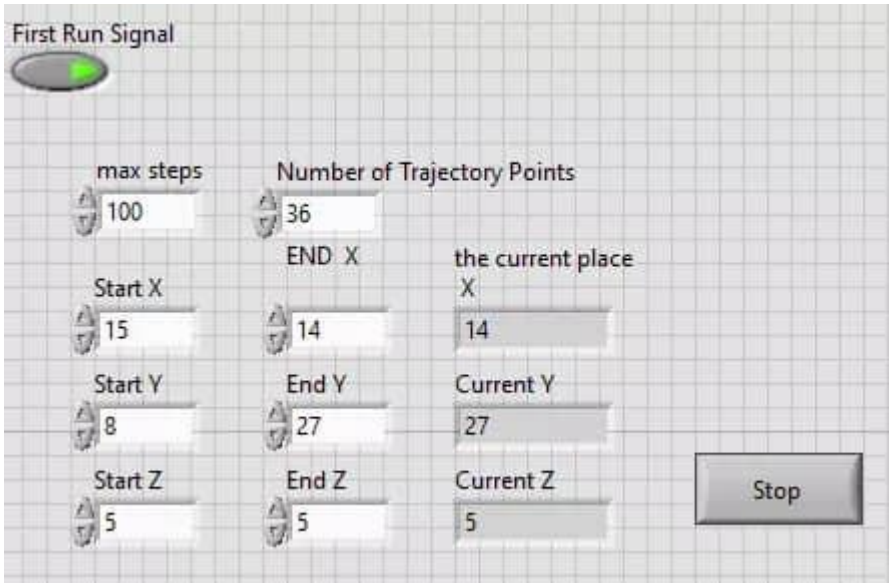
الشكل (17) يوضح وضع المناول عند إفلات الجسم في الوقت الحقيقي



الشكل (18) احداثيات الموضع النهائي للجسم



الشكل (19) يوضح وضع المناول عند افلات الجسم ضمن بيئة المحاكاة Solidwork



الشكل (20) يوضح الواجهة التخاطبية لإدخال إحداثيات النقطة الهدف وإظهار احداثيات الموضع الحالي للذراع

الاستنتاجات و التوصيات:

- تمت نمذجة ذراع روبوتية بخمس درجات حرية لأغراض تعليمية باستخدام برنامج Solidwork.
- تم تصميم واجهة تخاطبية باستخدام برنامج Labview لإرسال أوامر التحكم بمحركات السيرفو عن طريق شريحة Arduino.
- تنفيذ ذراع روبوتية واختبار أدائها.
- يمكن استخدام الذراع المنفذة لتدريب الطلاب مخبريا على برمجة وتنفيذ عدة حركات : التقاط والتحرير، لحام نقطي ، طلاء سطح.

المراجع:

[1] CASTANEDA, J, J.; RUIZ-OLAYA, A, F.; ACUNA, W.; MOLANO, A., 2016, *A Low-Cost Matlab-Based Educational Platform for Teaching Robotics*. IEEE USA, Vol. 2, No. 6.

[2] LUKAS, D., 2018, *Simulation of a Pick and Place Cube Robot by Means of the Simulation Software Kuka Sim Pro.* IEEE Mexico, Vol. 8, No. 6.

[3] GARCIA, H, M., 2015, *Implementation of a Remote Laboratory for Distance Training in Robotic Applications. IEEE India,* Vol. 1, No. 6.

[4] KRASNANSKY, P.; TOTH, F., 2013, *Basic Laboratory Experiments with an Educational Robotic Arm*. IEEE Slovakia, Vlo. 2, No. 6, 3038- 3043.

[5] ANGLA, Y.; GADE, A., 2016, *LabVIEW Controlled Robot for Object Handling Using NI myRIO*. IEEE India, Vol. 3, No. 4, 553-557.

[6] ISSA, A.*;* Aqel, M, A.; TUBAIL, A.; ALKAYYALE, Y.; ALAY, A.,2017, *Vision Assisted SCARA Manipulator Design and Control Using Arduino and LabVIEW.* IEEE Gaza, Vol. 2, No. 5, 814-819.

[7] KATO, G.; ONCHI, D.; ABARCA, M., 2013, *Low Cost Flexible Robot Manipulator for Pick and Place Tasks.* IEEE Korea, Vol. 5, No. 5, 5-10.

[8] LEE, J, D.; LI, W, C.; SHEN, J, H.; CHUANG, C, W., 2018, *Multi-Robotic Arms Automated Production Line*. IEEE China, Vol. 2, No. 6.

[9] OLARU.D. D; OLARU.S. A; MIHAI.N. F; SMIDOVA.N.M.,*2019nternational Journal of Modeling and Optimization.*Singapore,Vol. 9, No. 1،