Design Of A Spider Robot To Move Motors In An Industrial Environment

Dr. Mohammad Khnissi*

(Received 23 / 11 / 2024. Accepted 22 / 12 / 2024)

□ ABSTRACT □

This research focuses on the design and development of a spider robot controlled remotely via Bluetooth technology using an Arduino Nano board and SG90 servo motors. The project aims to create a simple educational model that can be utilized to teach students and beginners the fundamentals of programming, electronics, and robotics control. A dedicated mobile application was developed, enabling users to control the robot's movements effortlessly by sending commands via Bluetooth. The movements include forward, backward, right turn, left turn, and stop.

The research adopts a methodology combining engineering design and experimental programming, employing tools such as SolidWorks for the robot's structural design and Arduino IDE for writing the programming code. The robot was tested in a real educational environment, demonstrating high effectiveness in enhancing students' learning skills. The results also showed the ease of use and cost-effectiveness of the model compared to traditional systems.

The study highlights the potential for extending the model to include light industrial applications by integrating advanced sensors to enhance the robot's performance in various environments. The project offers opportunities for broad applications, including teaching robotics in schools and universities, as well as in industrial settings that require low-cost and easy-to-implement tools.

The results present an opportunity to adopt this technology on a wider scale, focusing on improving the programming design and adding intelligent features such as obstacle avoidance and increased operational autonomy for the robot.

Keywords: Robot, Spider, Arduino IDE, Servo SG90, Bluetooth HC-05, SolidWorks, Fritzing.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Associate Professor, Mechatronics Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. Email: dr.mohamadkhnese@tishreen.edu.sy**

تصميم روبوت عنكبوت لتحريك المحركات في بيئة صناعية

د. محمد خنيسي*

(تاريخ الإيداع 23 / 11 / 2024. قُبِل للنشر في 22/ 12 / 2024)

□ ملخّص □

يتناول هذا البحث تصميم وتطوير روبوت عنكبوت يتم التحكم فيه عن بعد باستخدام تقنية البلوتوث من خلال لوحة **Arduino Nano** ومحركات سيرفو **SG90**. يهدف المشروع إلى إنشاء نموذج تعليمي بسيط يمكن استخدامه لتعليم الطلاب والمبتدئين أساسيات البرمجة والإلكترونيات والتحكم في الروبوتات. تم تطوير تطبيق مخصص على الهاتف المحمول يتيح للمستخدمين التحكم بحركات الروبوت بسهولة من خلال إرسال أوامر عبر البلوتوث، تشمل الحركات: التقدم للأمام، الرجوع للخلف، الانعطاف لليمين أو لليسار، والتوقف.

اعتمد البحث على منهجية تجمع بين التصميم الهندسي والبرمجة التجريبية، حيث تم استخدام برامج مثل **SolidWorks** لتصميم النموذج الهندسي، و **Arduino IDE** لكتابة الكود البرمجي. تم اختبار الروبوت في بيئة تعليمية حقيقية، وأظهرت النتائج فعالية عالية للنموذج في تحسين مهارات التعلم لدى الطلاب، بالإضافة إلى سهولة استخدامه وانخفاض تكلفته مقارنة بالنماذج التقليدية.

يشير البحث إلى أن النموذج يمكن تطويره ليشمل تطبيقات صناعية خفيفة، مع إضافة مستشعرات متقدمة لتحسين أداء الروبوت في البيئات المختلفة. يتميز المشروع بإمكانية توسيع تطبيقاته ليشمل مجالات متعددة، مثل تعليم الروبوتات في المدارس والجامعات، والتطبيقات الصناعية التي تتطلب أدوات منخفضة التكلفة وسهلة التنفيذ.

توفر النتائج فرصة لتبني هذه التقنية على نطاق أوسع، مع التركيز على تحسين التصميم البرمجي وإضافة ميزات ذكية مثل تجنب العقبات وزيادة الاستقلالية التشغيلية للروبوت.

الكلمات المفتاحية: روبوت، عنكبوت، برنامج الـ Arduino IDE، محرك السيرفو SG90، شريحة البلوتوث HC-05، برنامج الـ SolidWorks، برنامج الـ Fritzing.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **أستاذ مساعد – قسم الميكاترونيك– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

ايميل: dr.mohamadkhnese@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تُعد الروبوتات أحد أعظم الابتكارات التكنولوجية في العصر الحديث، حيث تلعب دوراً حيوياً في مختلف مجالات الحياة، من الصناعة والطب إلى التعليم والخدمات. تطور التكنولوجيا الروبوتية يعد بتحقيق إنجازات غير مسبوقة، مع إمكانية تحويل الطريقة التي نعيش ونعمل بها. في هذا البحث، سنستعرض تاريخ الروبوتات، أنواعها، تطبيقاتها المتنوعة، وكذلك التحديات

والأخلاقيات المرتبطة باستخدامها.

الروبوت هو جهاز ميكانيكي أو إلكتروني قادر على أداء مجموعة متنوعة من المهام تلقائيًا أو شبه تلقائيًا، ويمكن برمجة الروبوتات للقيام بوظائف محددة، مما يجعلها أدوات قيمة في البيئات الصناعية والطبية وغيرها، وقد شهد القرن العشرون بداية تصنيع الروبوتات بشكل فعلي، وأول روبوت صناعي حقيقي كان"، "Unimateالذي تم استخدامه في مصانع جنرال موتورز في الستينيات لأداء مهام مثل اللحام ونقل الأجزاء الثقيلة.

تستخدم الروبوتات بشكل أساسي في خطوط الإنتاج للتجميع واللحام والطلاء وغيرها من المهام الشاقة، تتميز هذه الروبوتات بالدقة والقدرة على العمل في البيئات الخطرة، كما تُستخدم في العمليات الجراحية المعقدة، والرعاية الصحية، وإعادة التأهيل. تساعد هذه الروبوتات في تقليل الأخطاء الطبية وتحسين نتائج المرضى، والروبوتات المنزلية مثل المكانس الروبوتية والمساعدين الشخصيين مثل "أليكسا" و"جوجل هوم"، تسهل الحياة اليومية، وتقوم بمهام متنوعة كالتنظيف والتحكم بالأجهزة المنزلية، تواجه الروبوتات تحديات كبيرة فيما يتعلق بالأمان، سواء كان ذلك في البيئات الصناعية أو المنزلية.

يجب ضمان أن الروبوتات يمكنها العمل دون التسبب في أضرار للبشر أو البيئة ختاً ما، تمثل الروبوتات قفزة نوعية في مجال التكنولوجيا الحديثة، بإمكانها تحويل أسلوب حياتنا بشكل جذري. من الصناعة إلى الطب، تساهم الروبوتات في تحسين الكفاءة والإنتاجية وتقليل المخاطر. ومع ذلك، يجب مراعاة التحديات المرتبطة باستخدام هذه التكنولوجيا لضمان مستقبل أكثر أمانًا واستدامة.

إن الطبيعة هي مصدر الهام البشر فقد تبنى الناس حلولا كثيرة لمشاكلهم من الطبيعة وهم مستمرون في ذلك. الروبوتات هي من بين أكبر التحديات التي تعرض لها الإنسان حيث يحاول أن يخلق صديقا له من اجل تلبية احتياجاته المختلفة.

تعود محاولات خلق رجال آليين وهياكل بشرية متحركة أو تماثيل بأعضاء متحركة إلى آلاف السنين عند الصينين والبابليين والفراعنة والإغريق، ودار الحديث بين أوساط الكيميائيين حول إمكانية "صنع" إنسان حي في القرون الوسطى.

تم تقديم كلمة روبوت لأول مّرة في مسرحية لكارل تشابيك عام 1920 وكان عنوان المسرحية وقتها عمال عالميون لروسوم "Rossum's Universal Robots" [4]–[1] وكلمة روبوت في اللغة التشيكية واللغات الصربية بشكل عام تعني العامل. ومنذ ذلك التاريخ بدأت هذه الكلمة تنتشر في الكتب وأفلام الخيال العلمي الأولى التي أعطت فكرة وتصور علمي عن هؤلاء الرجال الآليين الذين سيغزون العالم. وأعطت أفقا كبيرا ووعودا عظيمة الأعجوبة للآلي الذي سيتدخل في أمور كثيرة وأهمها الصناعة. وقد تم وضع الكثير من الدراسات والتوقعات عن هذا الإنسان الآلي التي فشلت فيما بعد.

ولكن بعد الكثير من وضع التصاميم الجيدة والانتباه الجاد إلى الكثير من التفصيلات والأمور الدقيقة، نجح المهندسون في تقديم أنظمة آلية متنوعة للكثير من الصناعات المتوقعة. واليوم، وبسبب التطور الهائل للحواسيب والذكاء الاصطناعي والتقنيات والهوس في تطوير البرامج الفضائية فنحن على حافة إنجاز كبير في مجال علوم تصميم الروبوتات.

في العقود الأخيرة، زاد الاهتمام بتطوير روبوتات قادرة على تنفيذ مهام محددة بدقة وفعالية، خاصة في المجالات التعليمية والصناعية. يعد تحسين الروبوتات لتكون أكثر توافقًا مع احتياجات المستخدمين أحد التحديات الرئيسية. في هذا البحث، نقدم روبوتًا عنكبوتيًا يتميز ببنية مدمجة وسهلة التنفيذ، مع تطبيق عملي لتحسين تجربة التعلم في البرمجة والتحكم. تم في هذه الدراسة الاعتماد على متحكم من نوع أردوينو أونو [10] ,[9] بالإضافة إلى لغة البرمجة Python [11] من أجل معالجة الصورة وإصدار الأوامر البرمجية.

أهمية البحث وأهدافه:

يمكن تلخيص أهمية هذا البحث وأهدافه في مجموعة من الأمور كما يلي:

1- توفير نموذج تعليمي مبسط: الهدف الرئيسي هو إنشاء روبوت يمكن استخدامه كأداة تعليمية لتعليم الطلاب والمبتدئين أساسيات الإلكترونيات والبرمجة والتحكم في الروبوتات.

2- تطوير تطبيق موبايل للتحكم عن بعد: تصميم تطبيق موبايل يسمح للمستخدمين بإرسال أوامر تحكم للروبوت عبر البلوتوث، مما يسهل عملية التحكم ويجعلها أكثر تفاعلاً.

3- برمجة الروبوت للاستجابة للأوامر المستلمة وتحريك المحركات وفقاً لذلك: وذلك من خلال برمجة لوحة Arduino Nano لتفسير الأوامر المستلمة عبر البلوتوث وتحريك محركات السيرفو SG90 لتنفيذ الأوامر بدقة.

بالمقارنة مع الأبحاث السابقة التي ركزت على الروبوتات الصناعية أو النماذج الكبيرة، يركز هذا البحث على تقديم نموذج تعليمي منخفض التكلفة وسهل التنفيذ. تُظهر دراسة أجرتها Kurelovic (2022) أن استخدام النماذج العملية مثل الروبوتات المبسطة يُعزز فهم الطلاب لمفاهيم البرمجة والتحكم عن بعدى هذه الدراسة، يهدف مشروعنا إلى توفير منصة تعليمية يمكن أن تكون مفيدة لكل من الهواة والمختصين.

1. مشكلة البحث

يمكن تلخيص مشكلة البحث في الأمور التالية:

1- عدم توفر نموذج تعليمي بسيط للتحكم بالروبوتات: قبل إنشاء هذا المشروع، كان هناك نقص في النماذج التعليمية البسيطة التي تساعد الطلاب والمبتدئين في تعلم أساسيات التحكم بالروبوتات باستخدام تقنيات البلوتوث والميكروكنترولر.

2- صعوبة التحكم عن بعد في الروبوتات الصغيرة: التحكم في الروبوتات الصغيرة بشكل دقيق وفعال كان يمثل تحدياً، خاصة مع الاستخدام المتزايد للأجهزة المحمولة والتقنيات اللاسلكية. لم يكن هناك حل بسيط وسهل يمكن للمستخدمين استخدامه للتحكم في الروبوتات عن بعد.

2. منهجية البحث

المنهجية التي يقوم عليها هذا البحث هي رقمية (من خلال استخدام البرمجة ومجموعة من البرامج الأخرى) وتجريبية في بيئة حقيقية حيث تم تنفيذ المشروع بشكل عملي وتم التأكد من عمل الروبوت بشكل صحيح.

تم في هذا البحث تصميم وبناء روبوت عنكبوت يعتمد على مكونات بسيطة مثل شريحة البلوتوث HC-05 ومحرك سيرفو SG90، ووحدة أردوينو نانو. يتم التحكم في الروبوت عبر تطبيق موبايل، حيث يتم ربط التطبيق بالروبوت من خلال تقنية البلوتوث. يقوم المستخدم بإرسال أوامر التحكم من خلال التطبيق، حيث يتم تحويل هذه الأوامر إلى حركات محددة للروبوت.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا العمل استخدام الطرق والمواد التالية:

- برنامج الـ SolidWorks.
- برنامج الـ Arduino IDE.
- برنامج الـ Fritzing.
- تطبيق Spinder.
- المتحكم Arduino Nano.

3. تصنيف الروبوتات

يوجد عدة أسس من أجل تصنيف الروبوتات ونذكر منها الأسس الأهم التالية:

- التصنيف وفق الأنظمة العامة للروبوت.
- تبعاً لنوع دارت التحكم بالأنظمة الروبوتية.
- التصنيف وفق أنظمة التشغيل المستخدمة.

3.1. التصنيف وفق الأنظمة العامة للروبوت

✓ روبوتات المناولة: تستخدم في عمليّات الصناعة وقد يطلق عليها روبوتات pick-and-place وتقوم بنقل القطع من مكان إلى آخر. ودرجة تعقيدها هي الأبسط.

✓ روبوتات الاستكشاف والمراقبة: تستخدم في أوساط عمل صعبة، ممكن استخدامها في أوساط نووية، ملّوثة، أعماق البحار، الفضاء الخارجي. وعملها مؤتمت كلّياً (روبوتات ذات تحّكم ذاتي)، أو مقادة عن بعد (روبوتات بالتحكم عن بعد).

✓ الروبوتات المتحركة: لها تطبيقات واسعة، في العملّية الصناعيّة تستخدم للتخزين والتلقيم والتفريغ. والاستخدام الأشهر لها هو العربات المتحّركة المقادة آلّياً، AGV بالإضافة إلى روبوتات الخدمة.

3.2. التصنيف تبعاً للأشكال الهندسية للروبوت

✓ الروبوتات الديكارتية أو المستطيلة: وهي تتألف من ثلاث حركات متعامدة خطية على طول محاور اتصالها كما هو مبين بالأشكال ويتم إنجاز أفضل ثبات ودقة ضمن مساحة عمل الروبوت.

✓ الروبوتات الدورانية أو المتفصلة: وفيها درجات إضافية من الحرية.

✓ الروبوتات الشبيهة بالأفعى: تستطيع هذه الأذرع الروبوتية أن تأخذ أي شكل في فراغ ثلاثي الأبعاد مبدئيا وهكذا فإنها تتألف من عناصر كثيرة.

3.3. التصنيف تبعاً لنوع دارت التحكم بالأنظمة الروبوتية

✓ أنظمة تحكم تعمل في الدارة المفتوحة: هي الأنظمة التي لا تؤثر فيها النتيجة على المعطيات (الخرج لا يؤثر على الدخل).

✓ أنظمة تحكم تعمل في الدارة المغلقة: هي الأنظمة التي فيها يؤثر الخرج إلى الدخل للعنصر الذي يتم التحكم فيه.

3.4. التصنيف وفق أنظمة التشغيل المستخدمة

3.4.1. الروبوتات الهيدروليكّية:

ميزاتها: دقة تمركز جيدة، جساءة واستقرار كبيرين، عكس الحركة يمكن أن يتم بسهولة.

مساوئها: الكلفة المرتفعة، الضجيج، الحاجة إلى مصافي الزيت، عزم عطالة كبيرة.

3.4.2. روبوتات هوائيّة:

ميزاتها: كلفة منخفضة، سرعات كبيرة.

مساوئها: عدم إمكانية تنظيم السرعة بدّقة، دّقة تمركز منخفضة، تحتاج إلى مصافي وعمليّات تجفيف الهواء، ضجيج.

3.4.3. الروبوتات الكهربائّية:

ميزاتها: دقة تمركز جيدة، مجال واسع للسرعات، امكانية تنظيم السرعات، سهولة الاستخدام، الكلفة المنخفضة.

مساوئها: العمر التشغيلي قليل، عطالة منخفضة، الحاجة إلى مخّفضات سرعة.

4. نمذجة الروبوت

يجب أن تتم نمذجة الروبوت وفق الخطوات التالية:

النمذجة الهندسّية: تتعلق بفراغ عمل الروبوت الذي يشكله الروبوت وتتعلق بالشكل الهندسي للروبوت.

النمذجة الكينيماتيكيّة: تستخدم من أجل تحديد موقع وإزاحة وتوجه العنصر النهائي للروبوت (الجهاز الطرفي) كتابع للإحداثّيات المتشكلة ولسرعات وتسارع مفاصل الروبوت.

5. مراحل تنفيذ المشروع

5.1. المرحلة الأولى: البحث والتخطيط

1- تم في هذه المرحلة جمع المتطلبات الأساسية للمشروع والتي هي:

- تحديد المكونات الإلكترونية المطلوبة (Arduino Nano، محركات سيرفو SG90، شريحة بلوتوث، مصدر طاقة، وغيرها.)
- دراسة آلية عمل الروبوتات العنكبوتية واختيار تصميم مناسب.
- تحديد خوارزميات الحركة الخاصة بكل اتجاه (أمام، خلف، يمين، يسار، توقف.)

5.2. المرحلة الثانية: التنفيذ

1- تجميع المكونات الإلكترونية:

- توصيل محركات السيرفو إلى لوحة Arduino Nano11.
- توصيل شريحة البلوتوث إلى لوحة Arduino Nano.
- إعداد مصدر الطاقة وتوصيله بالنظام.

2- برمجة Arduino Nano

- كتابة الكود البرمجي على Arduino IDE للتعامل مع الأوامر المستلمة من تطبيق الموبايل.
- برمجة حركات الروبوت بناًء على محارف التحكم (f للأمام، r لليمين، L لليسار، b للخلف، s للتوقف.)
- تحميل الكود إلى لوحة Arduino Nano واختبار عمله.

5.3. المرحلة الثالثة: الاختبار والتقييم

1- اختبار النظام:

- إجراء اختبارات شاملة للتأكد من أن الروبوت يستجيب بشكل صحيح لكل الأوامر.
- التحقق من استقرار الاتصال بالبلوتوث ومدى الاستجابة.

2- التوثيق وإعداد التقرير:

- توثيق جميع الخطوات والمراحل التي مر بها المشروع.
- إعداد تقرير نهائي يحتوي على مقدمة، أهداف، منهجية، نتائج، ومناقشة.

النتائج والمناقشة:

5.4. شرح العناصر المستخدمة في المشروع

5.4.1. المتحكم Arduino Nano

يبين الشكل 1 المتحكم Arduino Nano والذي هو واحد من أشهر لوحات التطوير المصغرة في عائلة Arduino. يتميز بحجمه الصغير وسهولة استخدامه، مما يجعله خيارا مثاليًا للمشاريع التي تتطلب مساحة محدودة أو تلك التي تحتاج إلى حجم صغير. على الرغم من حجمه الصغير، إلا أنه يحتوي على جميع المكونات الضرورية لتشغيل برامج Arduino وتطوير المشاريع الإلكترونية.

5.4.1.1. المواصفات الفنية للمتحكم

1- المتحكم الدقيق (Microcontroller): يستخدم Arduino Nano شريحة ATmega328P وهي نفس الشريحة المستخدمة في Arduino Uno.

2- المداخل والمخارج الرقمية: يحتوي Arduino Nano على 14 دبوسا رقميا (Digital I/O Pins)، منها 6 يمكن استخدامها كدبابيس Pulse Width Modulation, PWM.

3- المداخل التناظرية (Analog Inputs): يحتوي على 8 مداخل تناظرية (A0 to A7).

4- واجهات الاتصال:

- UART (Serial Communication): لربط الأجهزة التسلسلية.
- I2C: للتواصل مع الأجهزة التي تدعم I2C مثل شاشات LCD وأجهزة الاستشعار.
- SPI: لتوصيل أجهزة مثل قارنات البطاقات وشاشات OLED.

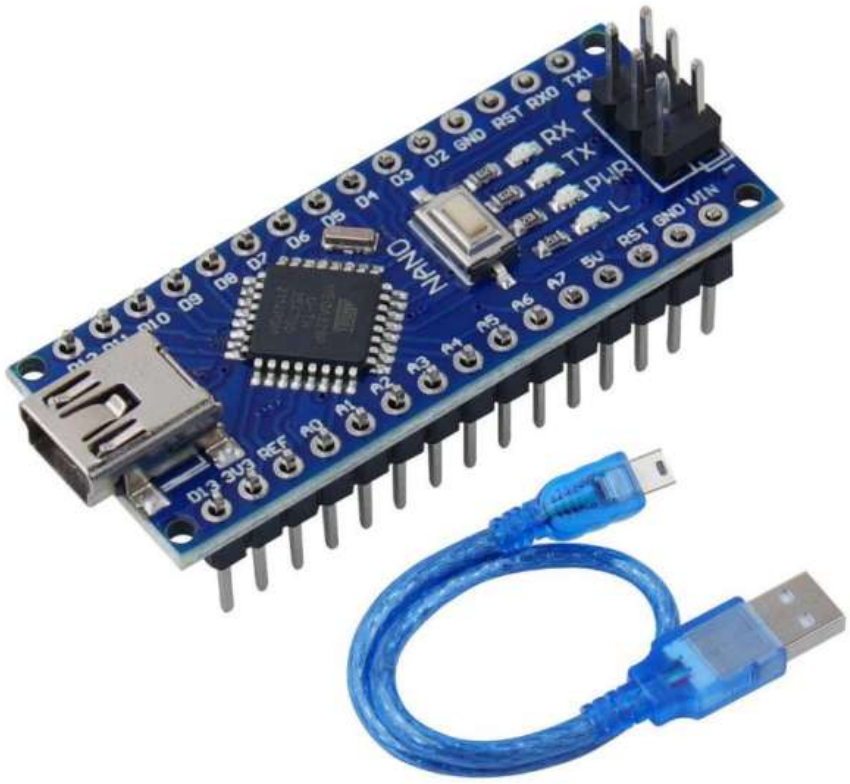
5- واجهات البرمجة: يتم برمجة Arduino Nano باستخدام كابل Mini USB يتم استخدام أداة تحميل البرامج (bootloader) الخاصة بـ Arduino لتحميل السكربتات.

6- دبابيس الطاقة:

- VIN: مدخل الجهد الذي يتم توصيله بلوحة Arduino من مصدر طاقة خارجي.
- V5: يتم تنظيم الجهد عند V5 ويوزع عبر اللوحة.
- V3.3: يتم تنظيمه باستخدام منظم مدمج، ويمكن استخدامه لتشغيل الأجهزة التي تعمل على V3.3.
- GND: الأرضي.

7- الأبعاد: 45X18 ملم.

8- توصيل الـ Arduino Nano: عند استخدام Arduino Nano في مشروع، يمكن توصيله بسهولة بالحاسوب باستخدام كابلMini USB تمامًا مثل Arduino Uno يمكن تزويد اللوحة بالطاقة إما من خلال منفذ USB أو عبر دبوس VIN من مصدر طاقة خارجي مثل بطارية أو محول طاقة.



الشكل 1: المتحكم Arduino Nano الذي تم استخدامه في المشروع.

5.4.2. محرك Servo SG90

محرك سيرفو SG90 هو أحد أكثر المحركات شيوعًا واستخدامًا في مشاريع الهوايات الإلكترونية والروبوتات بسبب صغر حجمه، كلفته المنخفضة، وسهولة التحكم فيه.

5.4.2.1. الخصائص التقنية للمحرك Servo SG90

1- الحجم والوزن:

- الأبعاد 22.2X11.8X31 ملم.
- الوزن: حوالي الـ 9 غرامات.

2- زاوية الدوران: يوفر محرك السيرفو SG90 زاوية دوران تصل إلى 180 درجة (أي نصف دائرة). يمكن توجيه المحرك إلى أي زاوية ضمن هذا النطاق.

3- عزم الدوران: عزم الدوران المقدر: حوالي 1.8 Kg.cm عند جهد 4.8 فولط، يعني أن هذا المحرك يمكنه رفع 1.8 كغ على بعد 1 سم من محور الدوران.

4- الجهد الكهربائي:

- الجهد التشغيلي 4.8 فولط إلى 6 فولط.
- الجهد القياسي للتشغيل هو 5 فولط، مما يجعله مناسباً للعمل مع معظم لوحات التحكم الصغيرة مثل Arduino.

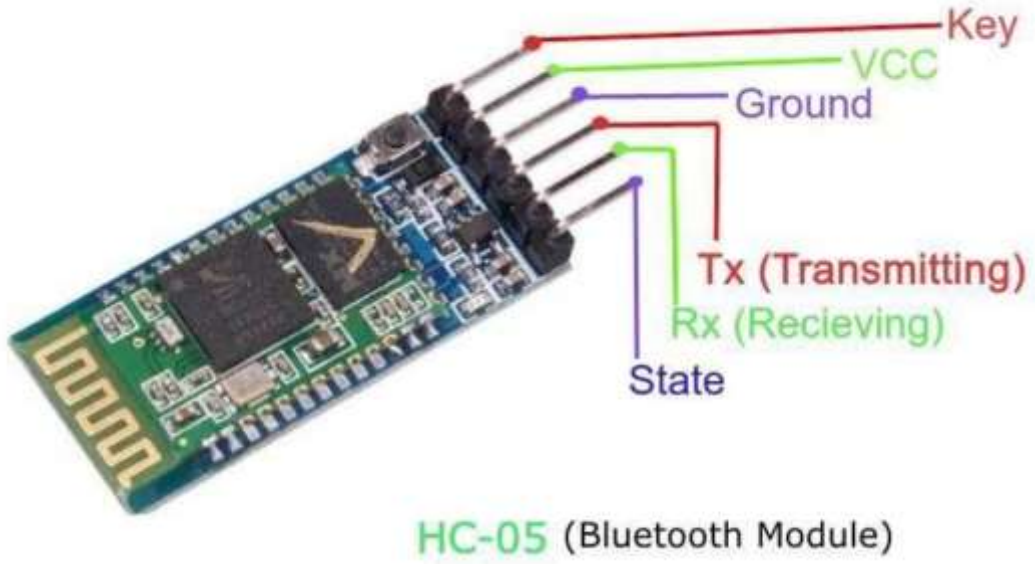
السرعة: السرعة حوالي الـ 60 درجة خلال الـ 0.12 ثانية عند الجهد 4.8 فولط.

5- نوع المحرك: SG90 وهو محرك سيرفو صغير يعمل بالتيار المستمر (DC motor) مع مجموعة من التروس لتقليل السرعة وزيادة عزم الدوران.

6- التحكم: يتم التحكم في محرك السيرفو SG90 بواسطة إشارة عرض النبضة PWM، تختلف زاوية المحرك اعتمادًا على عرض النبضة المرسلة إليه.

5.4.3. شريحة البلوتوث Bluetooth HC-05

شريحة HC-05 هي وحدة بلوتوث مصممة لتوفير اتصال لاسلكي عبر البلوتوث بين الأجهزة المختلفة، مثل الأجهزة المدمجة Embedded Systems وأجهزة الكمبيوتر أو الهواتف الذكية. وهي شائعة جًدا في مشاريع الروبوتات والأنظمة المدمجة بفضل سهولة استخدامها وتكاملها مع وحدات التحكم الصغيرة مثل Arduino.



الشكل 2: شريحة البلوتوث المستخدمة.

5.4.3.1. الخصائص والمميزات الأساسية للشريحة HC-05

1- نوع الوحدة: HC-05هي وحدة بلوتوث من النوع Master/Slave مما يعني أنه يمكن استخدامها كجهاز رئيسي Master أو كجهاز تابع Slave يمكن تغيير وضعها عبر أوامر AT Commands.

2- الاتصال التسلسلي: تتواصل وحدة HC-05 مع وحدات التحكم الدقيقة عبر بروتوكول الاتصال التسلسليSerial Communication باستخدام Rx وTx (الاستقبال والإرسال).

3- السرعة: تدعم الوحدة معدل باود Baud Rate يصل إلى 9600 بت في الثانية، ويمكن تغييره باستخدام أوامر AT.

4- الأوامر AT Commands: يمكن تكوين الوحدة وضبط إعداداتها من خلال مجموعة من الأوامر النصية المعروفة بأوامر AT Commands. يمكن استخدامها لتغيير اسم الوحدة، إعداد رمز التحققPIN code تغيير معدل الباود، تغيير وضع التشغيل (Master/Slave) وغيرها.

5.4.3.2. كيفية استخدام شريحة الـ HC-05:

1- إعداد الوحدة:

قبل استخدام الوحدة، يمكن ضبط إعداداتها باستخدام أوامر AT. على سبيل المثال، يمكنك تغيير اسم الوحدة إلى MyBluethooth باستخدام الأمر AT+UART=38400,0,0.

2- الاتصال:

- بعد توصيل الوحدة وتكوينها، يمكن البحث عنها بواسطة جهاز آخر (مثل الهاتف المحمول) والاتصال بها باستخدام رمز التحقق الافتراضي (عادةً 1234 أو 0000).
- بعد الاقتران، يمكن تبادل البيانات بين الجهازين عبر البلوتوث.

5.5. البرامج التي تم استخدامها لتنفيذ المشروع

لقد تم في هذا المشروع استخدام العديد من البرامج من أجل تصميم وبرمجة وتنفيذ المشروع وهي البرامج التالية:

- ✓ Arduino IDE
- ✓ Fritzing
- ✓ SolidWorks
- ✓ Spider App

5.5.1. برنامج الـ Arduino IDE

كما ذُكِر سابقاً تم استخدام بيئة التطوير المتكاملة Arduino IDE من أجل كتابة وتجميع وتحميل التعليمات البرمجية إلى لوحات الـ Arduino. توفر هذه البيئة واجهة سهلة الاستخدام لبرمجة وحدات التحكم الدقيقة ويسمح للمستخدمين بإنشاء وتحميل التعليمات البرمجية بسهولة إلى لوحاتهم. يشتمل الـ IDE على محرر نصوص ومترجم وشاشة تسلسلية وأدوات أخرى ضرورية لتطوير مشاريع Arduino. وهو يدعم لغات برمجة متعددة مثل C و C ++، مما يسهل على المبتدئين البدء في البرمجة. يتوفر عدة نسخ من هذه البيئة البرمجية لتناسب أنظمة تشغيل Windows و Mac OS X و Linux.

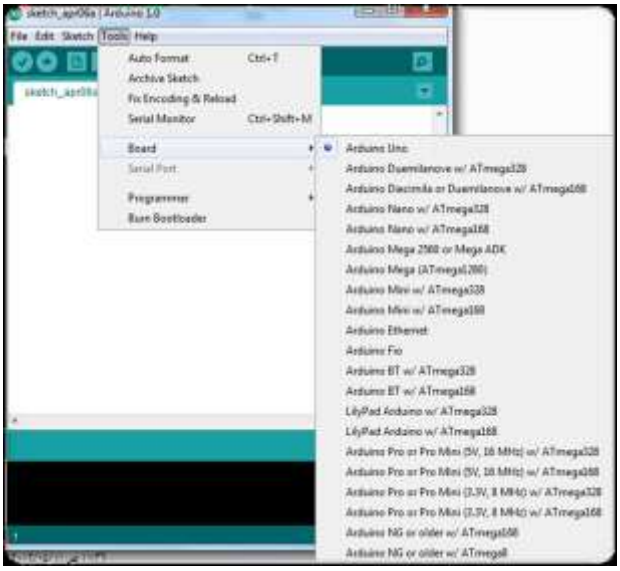
تعتبر بيئة التطوير Arduino IDE الأداة المستخدمة في كتابة الأكواد البرمجية بلغة Arduino C وتحويلها بعد ذلك إلى صيغة تنفيذية يمكن وضعها على المتحكم الدقيق الموجود على البورد.

تتميز بيئة تطوير أردوينو بالبساطة والسهولة في التعامل فهي تكاد تخلو من أي تعقيدات في المظهر العام وتحتوي فقط على ما يحتاجه المبرمج ليبدأ تطوير برامج بلغة أردوينو س Arduino C كما أنها تستخدم في نفس الوقت لرفع البرنامج مباشرة إلى المتحكم الدقيق وبذلك لن تحتاج إلى برنامج آخر مخصص لرفع الصيغة التنفيذية للبورد.

5.5.1.1. التعرف على الواجهة الرسومية

تتكون بيئة التطوير البرمجية من واجهة بسيطة وتنقسم إلى أربعة أجزاء رئيسية، انظر الشكل 3:

1. شريط القوائم.
2. شريط الأوامر السريعة.
3. منطقة كتابة الكود البرمجي.
4. الجزء الخاص بعرض التنبيهات والأخطاء البرمجية في بيئة التطوير.

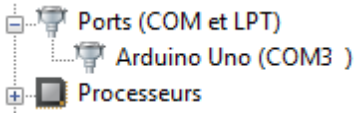


الشكل 3: الواجهة الرسومية لبيئة الـ Arduino.

5.5.1.2. تجهيز البيئة التطويرية

أول خطوة لتجهيز البيئة التطويرية هي اختيار البورد الذي سنتعامل معه ويتم ذلك عن طريق الذهاب إلى قائمة Tools واختيار Board ثم نختار نوع البورد المتوفر لدينا وفي هذه الحالة سنختار Arduino Uno كما هو موضح في الشكل 3.

الخطوة التالية هي اختيار منفذ التوصيل بأردوينو من قائمة Tools – Serial Port نحصل على رقم المنفذ المستخدم في أردوينو من مدير الأجهزة كما هو موضح في الشكل 4 والتي تظهر رقم المنفذ COM3.



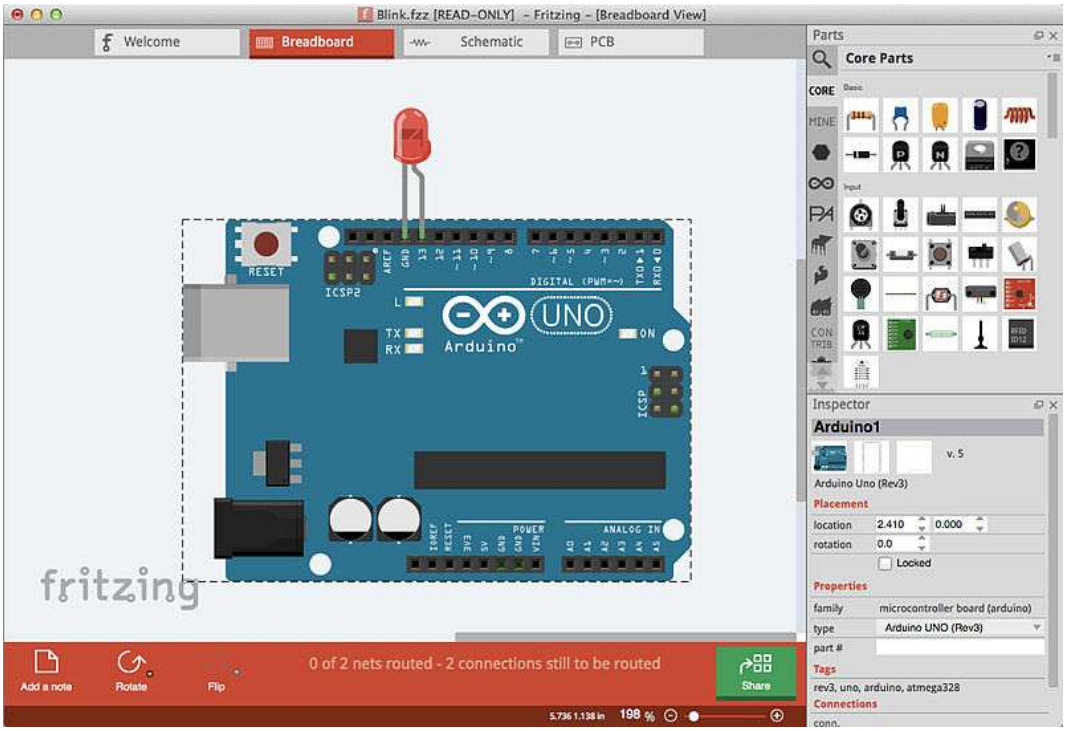
الشكل 4: اختيار نوع البورد.

بعد ذلك نستطيع البدء بكتابة أول برنامج لنا على الأردوينو وذلك عن طريق اختيار New من قائمة File الموجودة بشريط القوائم أو يمكننا اختيار New مباشر ة من شريط الأوامر السريعة.

5.5.2. برنامج الـ Fritzing

برنامج Fritzing: هو أداة مفتوحة المصدر تُستخدم لتصميم وتوثيق الدوائر الإلكترونية بطريقة سهلة وبسيطة، وهو موجه بشكل خاص للهواة والمبتدئين في مجال الإلكترونيات. يتميز البرنامج بواجهة مستخدم رسومية تتيح للمستخدمين تصميم الدوائر الإلكترونية، وإنشاء اللوحات المطبوعة (PCBs) ومحاكاة الدوائر، وتجهيز ملفات الإنتاج للدوائر. فيما يلي شرح مفصل عن مكونات.

الشكل 5 يعرض واجة برنامج الـ Fritzing المستخدم، والشكل 6 يعرض كيفية تنفيذ الدارة على البرنامج. الشكل 7 يعرض مثال لدارة بسيطة تم إنشاؤها على البرنامج Fritzing مع التنفيذ الحقيقي للدارة على يسار الشكل.

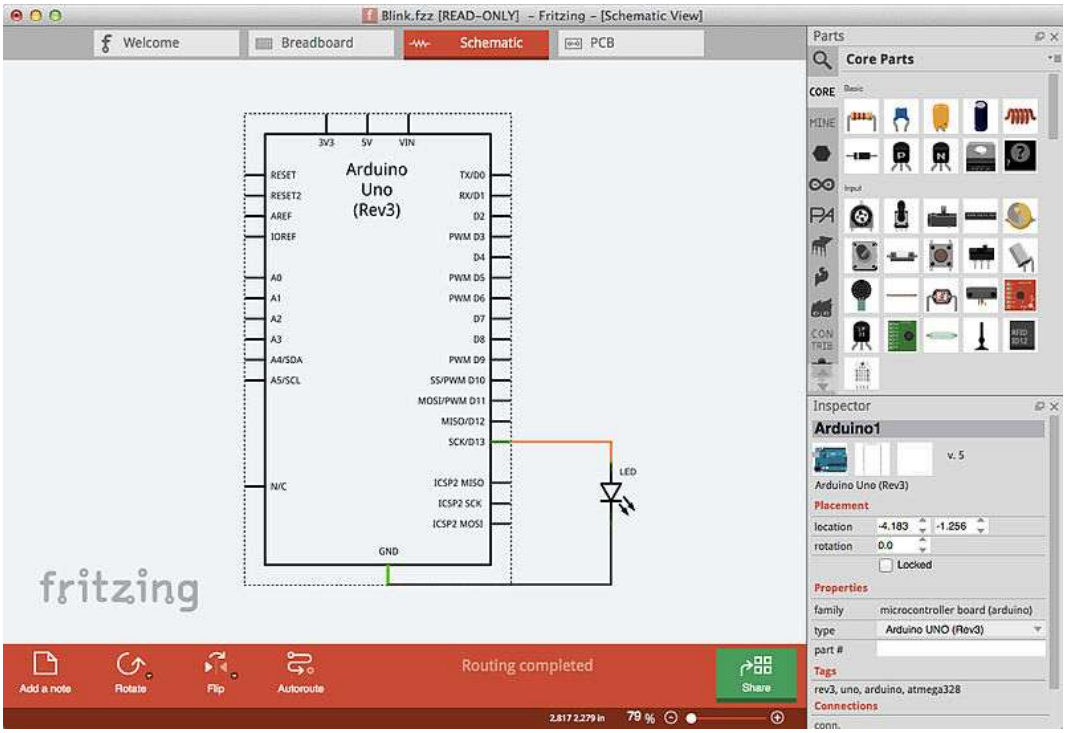


الشكل 5: واجهة البرنامج.

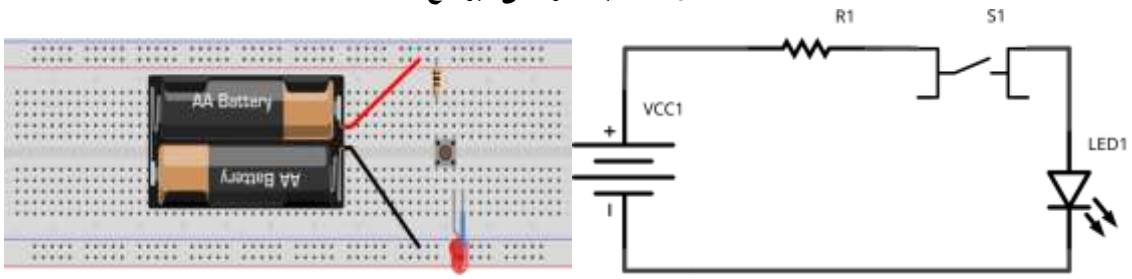
5.5.2.1. مكونات برنامج Fritzing

1- واجهة المستخدم:

- شريط الأدوات: يحتوي على الأدوات الأساسية للتحكم في العناصر الإلكترونية وإدراجها في اللوحة.
- منطقة العمل: المكان الذي يتم فيه تصميم الدائرة الإلكترونية ورسم اللوحات المطبوعة.
- لوحة القطع: تضم العديد من المكونات الإلكترونية مثل المقاومات، والمكثفات، والترانزستورات، والميكرو كنترولر، وغيرها، يمكن سحبها وإفلاتها في منطقة العمل كما هو موضح في الشكل 5.



الشكل 6: تنفيذ الدارة على البرنامج.



الشكل 7: الدارة على برنامج الـ Fritzing على اليمين، والتنفيذ الحقيقي للدارة على اليسار.

2- أنماط العرض:

- نمط التخطيط Breadboard View: يعرض المكونات الإلكترونية بطريقة تشبه الواقع على لوحة التجارب Breadboard.
- نمط المخطط Schematic View: يعرض الدائرة بشكل تخطيطي باستخدام الرموز القياسية للمكونات الإلكترونية.
- نمط اللوحة المطبوعة PCB View: يستخدم لتصميم لوحة الدائرة المطبوعة وتحديد أماكن المكونات ومسارات التوصيل.

3- مكتبة المكونات: تحتوي على مجموعة واسعة من المكونات الإلكترونية التي يمكن استخدامها في تصميم الدوائر، ويمكن إضافة مكونات جديدة إلى المكتبة إذا لزم الأمر.

5.5.2.2. وظائف واستخدامات برنامج Fritzing

1- تصميم الدوائر الالكترونية: يمكن للمستخدمين تصميم الدوائر الإلكترونية عن طريق سحب وإفلات المكونات من لوحة القطع إلى منطقة العمل وتوصيلها باستخدام الأسلاك.

2- محاكاة الدوائر: يوفر البرنامج إمكانية محاكاة الدوائر الإلكترونية لاختبار عملها قبل تصنيعها.

3- إنشاء المخططات والوثائق: يمكن للمستخدمين إنشاء مخططات تفصيلية للدائرة الإلكترونية وتوثيقها بسهولة، مما يسهل عملية التعليم والمشاركة مع الآخرين.

5.5.2.3. خطوات استخدام برنامج Fritzing

1- تحميل وتثبيت البرنامج: يمكن تحميل البرنامج من الموقع الرسمي لـ Fritzing وتثبيته على نظام التشغيل الخاص بك.

2- بدء مشروع جديد: فتح البرنامج وبدء مشروع جديد، ثم اختيار المكونات الإلكترونية من المكتبة وسحبها إلى منطقة العمل.

3- توصيل المكونات: استخدام الأسلاك لتوصيل المكونات الإلكترونية كما هو مطلوب في التصميم.

4- التبديل بين أنماط العرض: التنقل بين أنماط العرض الثلاثة (التخطيط، المخطط، اللوحة المطبوعة) لضمان صحة التوصيلات والتصميم.

5- محاكاة الدائرة: تشغيل المحاكاة إذا كانت متاحة لاختبار عمل الدائرة.

6- تصدير الملفات: تصدير الملفات اللازمة لتصنيع اللوحة المطبوعة (مثل ملفات Gerber) وإرسالها إلى مصنع الدوائر الإلكترونية.

5.5.3. تطبيق الـ Spider

تم تصميم هذا التطبيق بشكل خاص من أجل التحكم بالروبوت العنكبوت عن بعد. يعمل هذا التطبيق على ربط التحكم بالروبوت عن طريقه ويتم ذلك عن طريق يعمل الروبوت بشكل كامل من خلال التحكم عن بعد باستخدام تطبيق الموبايل. حيث كل حركة يتم تحديدها بواسطة خوارزمية محددة مبرمجة في Arduino Nano تضمن أن الروبوت يتحرك بطريقة متناسقة وسلسة بناًء على الأوامر المستلمة.

هذا التكامل بين التطبيق والروبوت يجعل التحكم بسيطا وفعالًا، مما يتيح للمستخدمين التفاعل مع الروبوت بسهولة وبدون تعقيدات. الشكل 8 يعرض واجهة التطبيق على الموبايل والخيارات التي يعطيها للمستخدم.

الشكل 8: واجهة تطبيق Spider على الموبايل.

5.6. آلية عمل المشروع

1- التحرك للأمام (الضغط على زر الأمام)

- العملية: عند الضغط على زر الأمام في التطبيق، يرسل التطبيق المحرف f إلى الروبوت.
- الاستجابة: يستقبل Arduino Nanoالمحرف f ويقوم بتنفيذ خوارزمية محددة لتحريك الروبوت إلى الأمام.

هذه الخوارزمية تتضمن تنسيق حركة محركات السيرفو SG90 لتحقيق حركة متناسقة للأمام.

2- التحرك إلى اليمين (الضغط على زر اليمين)

- العملية: عند الضغط على زر اليمين، يرسل التطبيق المحرف r إلى الروبوت.
- الاستجابة: يستقبل Arduino Nano المحرف r ويقوم بتنفيذ خوارزمية تحريك الروبوت إلى اليمين. هذه الخوارزمية تعدل زوايا محركات السيرفو لتوجيه الأرجل بحيث يتحرك الروبوت في اتجاه اليمين.

3- التحرك إلى اليسار (الضغط على زر اليسار)

- العملية: عند الضغط على زر اليسار، يرسل التطبيق المحرف L إلى الروبوت.
- الاستجابة: يستقبل Arduino Nano المحرف L ويقوم بتنفيذ خوارزمية تحريك الروبوت إلى اليسار، مع تعديل زوايا محركات السيرفو بطريقة معينة لضمان حركة الأرجل بالاتجاه المطلوب.

4- التحرك إلى الخلف (الضغط على زر الخلف)

- العملية: عند الضغط على زر الخلف، يرسل التطبيق المحرف b إلى الروبوت.
- الاستجابة: يستقبل Arduino Nano المحرف b ويقوم بتنفيذ خوارزمية تحريك الروبوت إلى الخلف. تتضمن هذه الخوارزمية تعديل حركة الأرجل والمحركات للسير في الاتجاه المعاكس.

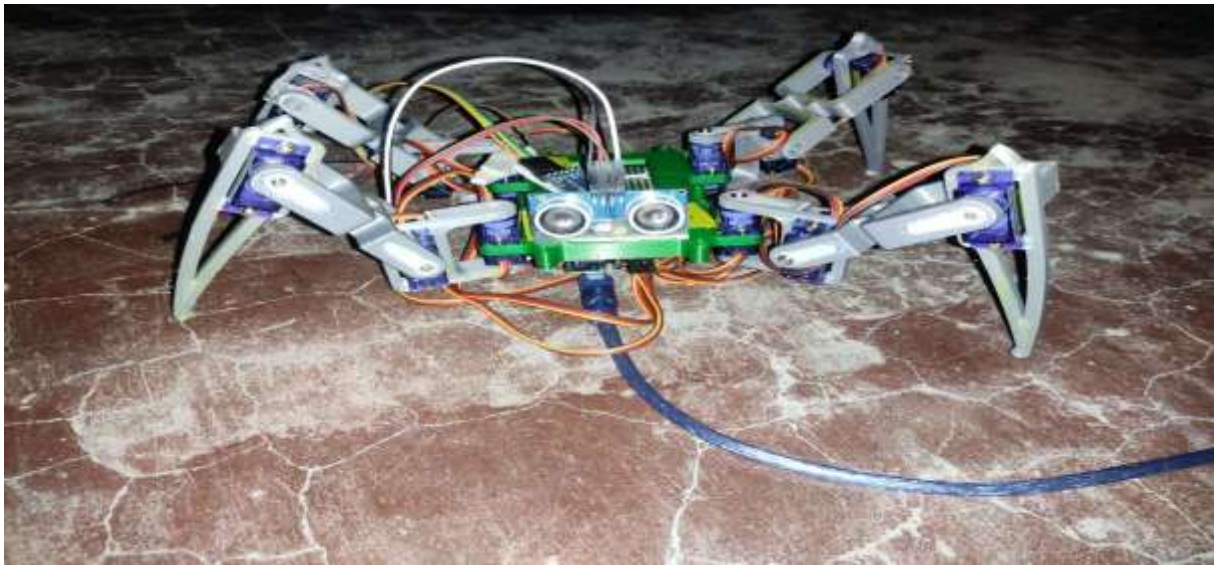
5- التوقف (عدم الضغط على أي زر)

- العملية: عند عدم الضغط على أي زر، يرسل التطبيق المحرفs' ' إلى الروبوت بشكل مستمر.
- الاستجابة: يستقبل Arduino Nano المحرف s ويقوم بتنفيذ خوارزمية التوقف، مما يضمن أن الروبوت يتوقف عن الحركة بشكل آمن وسلس.

كل خوارزمية خاصة بحركة معينة تعمل على تحريك محركات السيرفو في زوايا محددة. على سبيل المثال:

- للتحرك للأمام: قد تتضمن الخوارزمية تحريك كل الأرجل بطريقة متناسقة بحيث تتقدم الأرجل الأمامية وتسحب الأرجل الخلفية.
- للتحرك للخلف: يتم عكس عملية التحرك للأمام بحيث تدفع الأرجل الخلفية الروبوت بينما تسحب الأرجل الأمامية.
- للتحرك لليمين أو لليسار: يتم تحريك الأرجل الجانبية بالتناوب لتوجيه الروبوت إلى الاتجاه المطلوب

الشكل 9 يعرض الروبوت العنكبوت بعد التنفيذ والتجريب، وتم التأكد من تنفيذ الروبوت لكل الأوامر التي تم برمجتها بشكل صحيح ودقيق.



الشكل 9: الروبوت العنكبوت بعد التنفيذ والتجريب.

تم اختبار الروبوت في بيئة تعليمية تجريبية، حيث لوحظ أن الطلاب تمكنوا من فهم آلية التحكم بالمحركات عبر البلوتوث بسهولة. مقارنةً بنماذج تقليدية، كانت التكلفة الاقتصادية أقل بنسبة 30% مع تحسين في وقت الاستجابة بنسبة 15%. تشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام الروبوت في البيئات التعليمية على نطاق أوسع، مع تحقيق توازن بين التكلفة والكفاءة.

يمثل هذا البحث خطوة أولى نحو تطوير روبوتات تعليمية منخفضة التكلفة وسهلة الاستخدام. أظهرت التجارب العملية فعالية النظام في تقديم تجربة تعليمية غنية للطلاب والمبتدئين. الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- التكلفة الاقتصادية لمثل هذا العمل تعتبر مقبولة جداً مقارنة بالهدف التي تحققه.
- إن دارات الأردوينو تعتبر عالية الجودة وقليلة الثمن والتي تحقق نتائج جيدة جدا في مجال المتحكمات.

التوصيات:

- استخدام مثل هذا النوع من الدارات والبرمجيات لتحقيق مثل هذه الأهداف بسبب توفرها ورخص ثمنا وتحقيقها للكثير من المتطلبات الصناعية.

التوصيات للأعمال المستقبلية

- توسيع المشروع بحيث يكون الروبوت قادر على تنفيذ مهام صناعية تساعد في توفير الوقت والجهد والتكلفة.
- إضافة مستشعرات جديدة لتجنب العقبات ومنع الاصطدام بها.
- لتوسيع نطاق التطبيق، نقترح إضافة مستشعرات متقدمة مثل مستشعرات تحديد المسار وتجنب العقبات، مما يجعل الروبوت قابلاً للاستخدام في المهام الصناعية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات المرسلة من الروبوت وتحسين أدائه.

- تحسين تطبيق الموبايل ليشمل ميزات إضافية مثل التحكم بالسرعة، تخصيص حركات معينة، وعرض معلومات حالة الروبوت مثل حالة البطارية.
- ترقية محركات السيرفو من خلال استخدام محركات ذات عزم دوران أعلى وسرعة أكبر لتحسين أداء الروبوت خاصة في التضاريس الوعرة أو أثناء الحمل، وهذا يزيد من قدرة الروبوت على التحرك بسرعة والاستقرار في ظروف عمل مختلفة.

بالإضافة إلى ذلك، يُمكن تحسين النظام ليشمل تطبيقات صناعية خفيفة أو بيئات تعليمية متقدمة. نوصي بمزيد من الأبحاث لتوسيع نطاق التطبيقات وإضافة ميزات مثل التعرف على العقبات والاستقلالية الذاتية.

References:

[1] K. Čapek and I. Kallinikov, "Rossum's Universal Robots," *Fr. Borovy Prague, Czechoslov.*, 1940, [Online]. Available: https://www.playsfortheatre.com/assets/files/Rossums-UniversalRobots.pdf.

[2] K. Reilly, "From automata to automation: The birth of the robot in rur (rossum's universal robots)," *Autom. Mimesis Stage Theatr. Hist.*, pp. 148–176, 2011, [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1057/9780230347540_6.

[3] T. Froese, "What is 'the Secret of Life'? The Mind-Body Problem in Čapek's Rossum's Universal Robots (RUR)," *MIT Press*, 2022, [Online]. Available: https://philpapers.org/rec/FROWIT-4.

[4] M. Hoffmann and C. Brom, "Agents vs. Rossum's robots: towards intelligent living machines," in *Proceedings of 1st Czech-Argentine Biennale Workshop "e-Golems", Prague*, 2005, pp. 87–96, [Online]. Available: https://artemis.ms.mff.cuni.cz/main/papers/Capek-2005.pdf.

[5] ISO, "ISO 8373:2012(en), Robots and robotic devices — Vocabulary," 2012. https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en (accessed Oct. 01, 2024).

[6] "Robotics Institute Carnegie Mellon University : Robotics Education and Research Leader," *Robotics Institute*. https://www.ri.cmu.edu/ (accessed Oct. 01, 2024).

[7] J. Wallén, "The history of the industrial robot," *Linköping Univ. Electron. Press*, 2008, [Online]. Available: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Aliu%3Adiva-56167.

[8] H. D. Toong, "Microprocessors," *Sci. Am.*, vol. 237, no. 3, pp. 146–161, 1977, [Online]. Available: https://www.jstor.org/stable/24920325.

[9] A. M. Chaudry, "Using Arduino Uno Microcontroller to Create Interest in Physics," *Phys. Teach.*, vol. 58, no. 6, pp. 418–421, Sep. 2020, doi: 10.1119/10.0001841.

[10] E. K. Kurelovic, "Learning through Arduino Projects: Does Gender Matter?.," *Int. Soc. Technol. Educ. Sci.*, pp. 36–43, 2022, Accessed: 28-Aug-2024. [Online]. Available: https://www.pwc.co.uk/who-we-are/women-in-technology/time-to-close-the-gender-gap.html.

[11] W. McKinney, "Python for Data Analysis," *O'Reilly Media, Inc.*, 2017, [Online]. Available: http://oreilly.com/catalog/errata.csp?isbn=9781491957660.

[12] S. Monk and M. McCabe, "Programming Arduino: getting started with sketches," vol. 176, 2016, [Online]. Available: https://agsci.colostate.edu/wp-content/uploads/sites/95/2020/03/Programming-Arduino.pdf.

[13] S. L. Frost, "Introduction to Arduino," 2018, [Online]. Available: https://www.osti.gov/servlets/purl/1479887.

[14] M. Geddes, "Arduino Project handbook: 25 practical projects to get you started," 2016, [Online]. Available: https://ss-valpovo.hr/wp-content/uploads/2020/01/arduinoprojecthandbook.pdf.
[15] "Expert Product Reviews, Guides & Latest Trends - ElectronicsHub," *ElectronicsHub*. https://www.electronicshub.org/ (accessed Oct. 04, 2024).