جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التقنية الوسطى

المعهد التقني/كوت

قسم تقنيات الكهرباء والقوى

موضوع البحث

تصميم سيارة روبورت

عداد الطلاب

منتظر جاسم محمد شمخي

مرتضى جاسم عكلة خلف

مصطفى حسين خضير

مسلم كريم ثابت ثاجب

محمود خالد كريم

بأشراف

م. م. سمهر سعيد شكر

1445/هـ

2024 / م

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

يرفع الله الذين امنو منكم والذين أتوا العلم درجات

صدق الله العلي العظيم

سورة المجادلة: آية [11]

الاهداء

الى سيد الاصياء والمرسلين ... نبينا محمد (صلى الله عليه واله وسلم)

الى من اوصلني الى بر الامان .....ابي{ أطال الله في عمرة}

الى نبع المحبة .....والدتي حبيبة عمري{ حفظها الله}

الى سندي وعزوتي .....إخوني واخواتي الاعزاء

الى النفوس الطيبة .....زملاء الدراسة

الى من كان له الفضل الاكبر

لاستاذتي م.م. سمهر سعيد شكر

الشكر والامتنان

الحمد الله رب العالمين الصلاة والسلام على اشرف الخلق والمرسلين محمد المصطفى وعلى اله الطيبين الطاهرين اللهم عجل لوليك الفرج والعافية للناس

واجعلنا من أنصاره وأعوانه والمستشهدين بين يديه .

نتقدم جزيل الشكر والامتان إلى كل من آزرني وشد من عضدي لاسيما الصرح العلمي الذي امدني بالعلم والمعرفة الا وهو معهد التقني ممثلة بالسيد عميد المعهد

والسادة المعاونين والسادة التدريسين وخصوصا رئاسة وقسم التقنيات الكهربائية وجميع كوادر المعهد

فلهم ولعمادتها اتقدم خالص الشكر والتقدير والاحترام وإلى (م.م.سمهر سعيد شكر)

الذي اشرفة على هذا البحث واشهد بأنهم كانوا خير سند ومعين لي بعد الله سبحانه وتعالى لما أعطاه لي من مادة علمية

وأخيرا" احمد الله كثيراً وله الشكر والفضل في الأول والآخر على ما أعطاني من صبر وتحمل وادعو من الله (عز وجل) ان

أكون قد وفيت حق دراستي وان اكون قد استفدت وافدات شعبي ووطني واسال الله ان يجملني بالحكمة والتواضع .

الفصل الاول

الجزء لنضري

1-1 المقدمة

1- الأردوينو :هو منصة مفتوحة المصدر للهواة والمحترفين على حد سواء، تستخدم لتطوير وبرمجة الأجهزة الإلكترونية التفاعلية. يتكون من لوحة إلكترونية وبيئة تطوير متكاملة تستند إلى لغة برمجة سهلة الاستخدام.

يمكن استخدام الأردوينو في مجموعة متنوعة من التطبيقات، بما في ذلك:

1- الروبوتات: بناء الروبوتات القابلة للتحكم عن بُعد أو الذكية.

2- أجهزة الاستشعار: تطوير أنظمة مراقبة تعتمد على الاستشعار للمراقبة البيئية، مثل الحرارة والرطوبة والضوء.

3- الأتمتة المنزلية: تحكم في الأجهزة المنزلية مثل الإضاءة والتدفئة باستخدام أجهزة أردوينو.

4- الفنون التفاعلية: إنشاء تثبيتات فنية تعتمد على استجابة الجمهور.

5- التعليم: استخدامه في بيئات التعلم لتعليم مفاهيم البرمجة والهندسة الإلكترونية بشكل مبتكر وتطبيقي.

لأردوينو له عدة ميزات، من بينها:

1- متاح وبأسعار معقولة: يتوفر الأردوينو بأسعار معقولة مما يجعله متاحاً لشرائح واسعة من المستخدمين.

2- سهولة الاستخدام: تتيح لغة البرمجة البسيطة والبيئة المتكاملة للتطوير برمجة سهلة للمبتدئين والمحترفين على حد سواء.

3- مجتمع كبير ونشط: يتمتع الأردوينو بمجتمع كبير من المستخدمين والمطورين الذين يقدمون الدعم والموارد والمشاريع المفتوحة المصدر.

4- قابلية التوسع: يمكن توصيل الأردوينو بمجموعة متنوعة من الأجهزة والمكونات الإلكترونية لإنشاء تطبيقات مختلفة.

5- متعدد الاستخدامات: يمكن استخدام الأردوينو في مجموعة واسعة من التطبيقات بما في ذلك الروبوتات، وأجهزة الاستشعار، والأتمتة المنزلية، والفنون التفاعلية، والتعليم، وغيرها الكثير.

2- يشير مصطلح "الدرايفر": في سياق الحواسيب والتكنولوجيا إلى برنامج أو برمجيات تعمل كوسيط بين نظام التشغيل وجهاز أو قطعة أجهزة معينة. يقوم الدرايفر بتحويل الأوامر التي يصدرها النظام إلى إشارات مفهومة للجهاز، وكذلك يقوم بتحويل البيانات التي تأتي من الجهاز إلى شكل يمكن للنظام فهمه ومعالجته.

الدرايفرات تستخدم

لتمكين التواصل بين البرامج (مثل نظام التشغيل) والأجهزة الفعلية (مثل الطابعات، وبطاقات الصوت، وبطاقات الشبكة، وما إلى ذلك). تحتاج البرامج إلى الدرايفرات للتفاعل مع هذه الأجهزة، حيث تسمح الدرايفرات بتحكم البرنامج في عمل الأجهزة .

ميزات الدرايفرات تشمل:

1-توافق الأجهزة: تضمن الدرايفرات توافق الأجهزة مع النظام، مما يسمح للأجهزة المختلفة بالتفاعل بشكل صحيح مع البرنامج.

2- داء محسن: يهدف الدرايفر إلى تحسين أداء الجهاز عن طريق تحسين استخدام الموارد وتحسين سرعة واستجابة الجهاز.

3- ثبات النظام: تساهم الدرايفرات الجيدة في استقرار النظام، حيث تتيح تشغيل الأجهزة بشكل صحيح دون حدوث تعارضات أو أخطاء.

4- تحديثات ودعم مستمر: يتم تحديث الدرايفرات بشكل منتظم لتوفير دعم مستمر للأجهزة الجديدة وتحسين أداء الأجهزة الحالية .

5- تكامل مع النظام الأساسي: تصمم الدرايفرات لتتكامل بسلاسة مع نظام التشغيل وتستفيد من ميزاته وخصائصه بشكل متناسق.

3- البطاريات: هي جهاز يخزن الطاقة الكهربائية في شكل كيميائي ويقوم بتحويلها إلى طاقة كهربائية عند الحاجة. تُستخدم في مجموعة متنوعة من الأجهزة الإلكترونية والكهربائية كمصدر للطاقة المحمولة.

تستخدم البطاريات في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك:

1- الأجهزة المحمولة: مثل الهواتف الذكية، والأجهزة اللوحية، وأجهزة اللابتوب، وساعات اليد، وسماعات البلوتوث، وغيرها، حيث تعمل البطاريات كمصدر للطاقة لتشغيل هذه الأجهزة.

2- المركبات الكهربائية: تُستخدم بطاريات قوية لتشغيل المركبات الكهربائية مثل السيارات الكهربائية والدراجات الكهربائية.

3- أجهزة الطاقة الاحتياطية: تستخدم البطاريات في أجهزة الطوارئ مثل مصابيح الطوارئ وأجهزة الإنذار وأجهزة الراديو اليدوية لتوفير طاقة احتياطية في حالات الطوارئ.

4- الأجهزة الصناعية: يتم استخدام البطاريات في الأجهزة والمعدات الصناعية كمصدر للطاقة المتنقلة أو الاحتياطية.

5- الطاقة المتجددة: تُستخدم البطاريات في تخزين الطاقة المولدة من مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح للاستخدام في وقت لاحق.

هذه فقط بعض الاستخدامات الشائعة، وهناك العديد من التطبيقات الأخرى التي تستفيد من استخدام البطاريات.بطاريات الليثيوم أيون تقدم عدة ميزات تجعلها خيارًا شائعًا في العديد من التطبيقات، بما في ذلك:

1- كثافة طاقة عالية: بطاريات الليثيوم أيون تتميز بكثافة طاقة عالية مما يجعلها مثالية للاستخدام في الأجهزة التي تتطلب طاقة كبيرة لفترة طويلة، مثل الهواتف المحمولة واللابتوبات.
2- عمر شحن طويل: تتمتع بطاريات الليثيوم أيون بعمر شحن طويل نسبيًا، مع القدرة على تحمل عدد كبير من دورات الشحن والتفريغ قبل أن تبدأ سعتها في التناقص بشكل ملحوظ.
3- عدم وجود تأثير الذاكرة: على عكس بعض أنواع البطاريات الأخرى، بطاريات الليثيوم أيون لا تعاني من مشكلة تأثير الذاكرة، وهو ما يعني أنه لا حاجة لتفريغها بالكامل قبل إعادة شحنها للحفاظ على سعتها.
4- معدل تفريغ ذاتي منخفض: تتميز بمعدل تفريغ ذاتي أقل مقارنة بأنواع البطاريات الأخرى، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في تطبيقات حيث يكون الاستهلاك المنخفض للطاقة مهمًا.
5- مرونة التصميم: يمكن تصنيع بطاريات الليثيوم أيون في مجموعة واسعة من الأشكال والأحجام لتناسب تصاميم الأجهزة المختلفة بشكل أفضل.
6- وزن خفيف: بالمقارنة مع بطاريات الرصاص الحمضية أو بعض أنواع البطاريات الأخرى، بطاريات الليثيوم أيون أخف وزنًا، مما يجعلها مثالية للاستخدام في التطبيقات المحمولة.

4- الترانزستورات: هي عناصر إلكترونية صغيرة تستخدم للتحكم في تدفق التيار الكهربائي في دوائر الكترونية. تتكون والترانزستورات (BJT) الترانزستورات من طبقات من المواد شبه الموصلة، وتأتي بعدة أنواع مثل الترانزستورات الثنائية وغيرها. تُستخدم الترانزستورات في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك الدوائر الإلكترونية، (FET) الميدانية المؤثرة والمنطق الرقمي، والمكبرات الصوتية، وأجهزة الكمبيوتر، وأجهزة الاتصالات، وغيرها

الترانزستورات تستخدم في العديد من التطبيقات، بما في ذلك:

1 - الدوائر الإلكترونية الرقمية والتناظرية: تستخدم الترانزستورات في بناء الدوائر الرقمية مثل البوابات المنطقية والذاكرة والمعالجات المركزية، بالإضافة إلى الدوائر التناظرية مثل المكبرات الصوتية ومضخمات الإشارة.

2- المنطق المتقدم: تُستخدم الترانزستورات في بناء العديد من الدوائر المتقدمة مثل المنطق الحسابي والمنطق الذكي وأجهزة التحكم المنطقية المعقدة

3- أجهزة الكمبيوتر: تستخدم الترانزستورات في بناء مكونات الحواسيب مثل المعالجات المركزية وذواكر الوصول العشوائي ووحدات المعالجة المركزية وغيرها.

4- أجهزة الاتصالات: يتم استخدام الترانزستورات في بناء مكونات أجهزة الاتصالات مثل الهواتف الذكية وأجهزة الراديو والأقمار الصناعية وأجهزة الشبكات.

5- أجهزة التحكم والروبوتات: تستخدم الترانزستورات في تحكم الروبوتات والأتمتة الصناعية وأجهزة التحكم الصناعية في عمليات التحكم والمراقبة.

ميزات الترانزستورات تشمل:

1- صغر الحجم: تتميز الترانزستورات بحجمها الصغير، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في الأجهزة الإلكترونية الصغيرة والمتنقلة.

2- انخفاض استهلاك الطاقة: تتميز الترانزستورات بانخفاض استهلاك الطاقة مقارنة بالمكونات الأخرى مثل الصمامات الثنائية.

3- سرعة التبديل: تُمكن الترانزستورات من التبديل بسرعة عالية، مما يجعلها مثالية للاستخدام في الدوائر الرقمية.

4- موثوقية عالية: تتميز الترانزستورات بموثوقية عالية وعمر طويل، وهذا يجعلها مثالية للاستخدام في الأنظمة التي تتطلب استقراراً ودقة.

5- قدرة التكامل: يمكن تكامل الترانزستورات بسهولة في الدوائر الإلكترونية المعقدة، مما يسمح بتصميم أنظمة متطورة بكفاءة وكفاءة.

6- متانة عالية: تتحمل الترانزستورات الظروف البيئية المختلفة بشكل جيد، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في الظروف القاسية

Hc-05: وحدة HC-05 بلوتوث هي وحدة تحكم لاسلكية تعمل بتقنية البلوتوث تستخدم هذه الوحدة لإنشاء اتصال لاسلكي بين الأجهزة، مما يتيح لها تبادل البيانات أو التحكم في بعضها البعض دون الحاجة إلى اتصال سلكي.

وحدة ستخدام HC-05 بلوتوث :

1- لبناء نظام تحكم عن بعد للروبوتات باستخدام تطبيق على الهاتف HC-05 تحكم عن بعد بالروبوتات: يمكن استخدام المحمول لإرسال الإشارات إلى الروبوت.

2- اتصال لاسلكي بين الأجهزة الإلكترونية: يمكن استخدام HC-05 لإقامة اتصال لاسلكي بين ميكروكونترولر مثل Arduinoوأجهزة أخرى لنقل البيانات أو للتحكم فيها.

3- نقل البيانات بين الهواتف الذكية والأجهزة الإلكترونية: يمكن استخدام HC-05 لإنشاء اتصال بلوتوث بين الهواتف الذكية والأجهزة الإلكترونية الأخرى مثل Arduino أو Raspberry Pi لنقل البيانات.

4- التحكم في أجهزة المنزل الذكية: يمكن استخدام HC-05 للتحكم في أجهزة المنزل الذكية مثل الإضاءة أو الستائر أو التكييف عن بعد باستخدام تطبيق على الهاتف المحمول.

.5أنظمة الإنذار اللاسلكية: يمكن استخدام HC-05 لبناء أنظمة إنذار لاسلكية ترسل إشعارات إلى الهواتف الذكية عندما يحدث شيء معين، مثل كشف الحركة أو التسرب.

6– التحكم في الروبوتات الصناعية: يمكن استخدام HC-05 للتحكم في الروبوتات الصناعية في الخطوط الإنتاجية، مما يوفر تحسينًا في الإنتاجية والتحكم الدقيق.

7- أنظمة التتبع اللاسلكية: يمكن استخدام HC-05 لبناء أنظمة تتبع لاسلكية لتتبع المواقع أو المركبات أو الأصول الأخرى، مع إرسال البيانات إلى السحابة للمراقبة عن بعد.

8- الألعاب التفاعلية: يمكن استخدام HC-05 لتطوير الألعاب التفاعلية التي تستخدم التكنولوجيا اللاسلكية للتواصل بين اللاعبين أو بين اللاعبين والأجهزة.

لمميزات الرئيسية لوحدة HC-05 بلوتوث:

1- سهولة الاستخدام: يتميز HC-05 بتوافقه مع العديد من الأنظمة والمنصات مثلArduino ، مما يجعله سهل الاستخدام في مجموعة متنوعة من المشاريع الإلكترونية.

2- نطاق التغطية الجيد: يمكن لوحدة HC-05 توفير اتصال لاسلكي قوي في نطاق يصل إلى عدة أمتار، مما يسمح بالتحكم في الأجهزة عن بعد بكفاءة.

3-استهلاك طاقة منخفض: تعمل HC-05 بكفاءة في استهلاك الطاقة، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في التطبيقات التي تتطلب توفير الطاقة، مثل الأجهزة المحمولة.

4- دعم للتشفير الأمني: توفر بعض وحدات HC-05 خيارات للتشفير الأمني، مما يحمي البيانات من التسلل غير المصرح به.

5- تكلفة منخفضة: بالمقارنة مع البدائل الأخرى، تعتبر وحدة HC-05 بلوتوث منخفضة التكلفة، مما يجعلها خيارًا جذابًا لمشاريع DIY والتطبيقات التجارية على حد سواء.

6- دعم لمختلف الأنماط والبروتوكولات: تدعم وحدة HC-05 مجموعة متنوعة من الأنماط والبروتوكولات مثل UART و USB وSPI ، مما يتيح التوافق مع مجموعة واسعة من الأجهزة والمنصات.

7- قابلية التوسع: يمكن توسيع قدرات وحدة HC-05 بإضافة وحدات تمديد مثل وحدات GPS لإضافة خاصية التحديد الجغرافي، أو وحدات استشعار لإضافة وظائف الاستشعار.

8- دعم للتفاعل مع الهواتف الذكية: بفضل دعمها لبروتوكول بلوتوث، يمكن لوحدة HC-05 التفاعل مع الهواتف الذكية بسهولة، مما يتيح إمكانية التحكم في الأجهزة عن بعد باستخدام التطبيقات المناسبة.

9- مرونة الاستخدام: تتيح وحدة HC-05 إمكانية تحديد وضع العمل(master/slave) ، مما يسمح بتكوين توجيه البيانات بين الأجهزة بشكل مرن وفقًا لاحتياجات التطبيق.

10- توافق مع معايير الصناعة: تتوافق وحدة HC-05 مع معايير الصناعة اللازمة، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في التطبيقات الصناعية والتجارية حيث يتطلب الأمر موثوقية عالية.

الفصل الثاني

الجزء العملي

الادوات المستخدمة:

1- الاردوينو

2- الدرايفر

3- البطاريات

4- HC-05

5- الترانزستورات

6- الاطارات

7- السلك توصيل

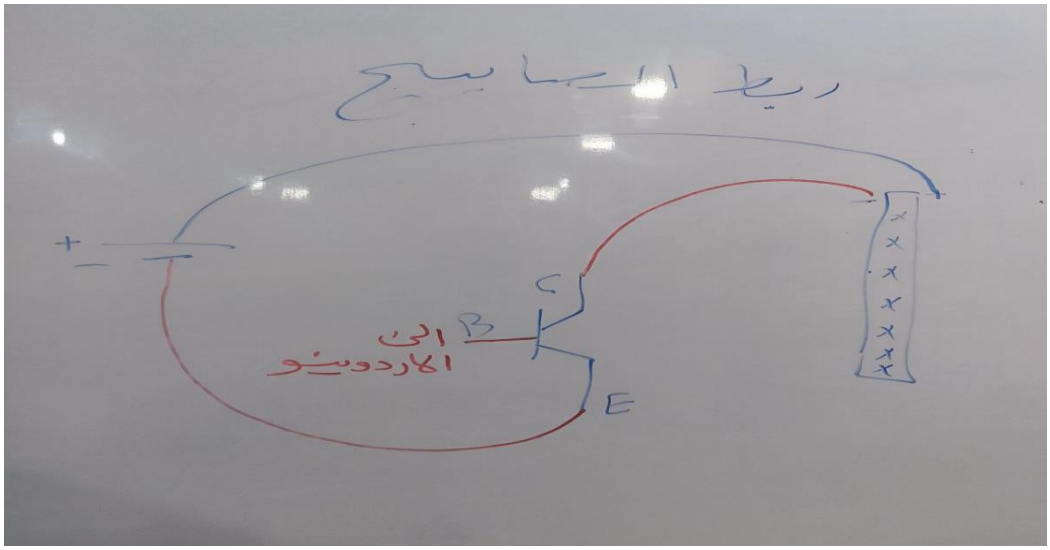
8-البورد

9- مصابيح

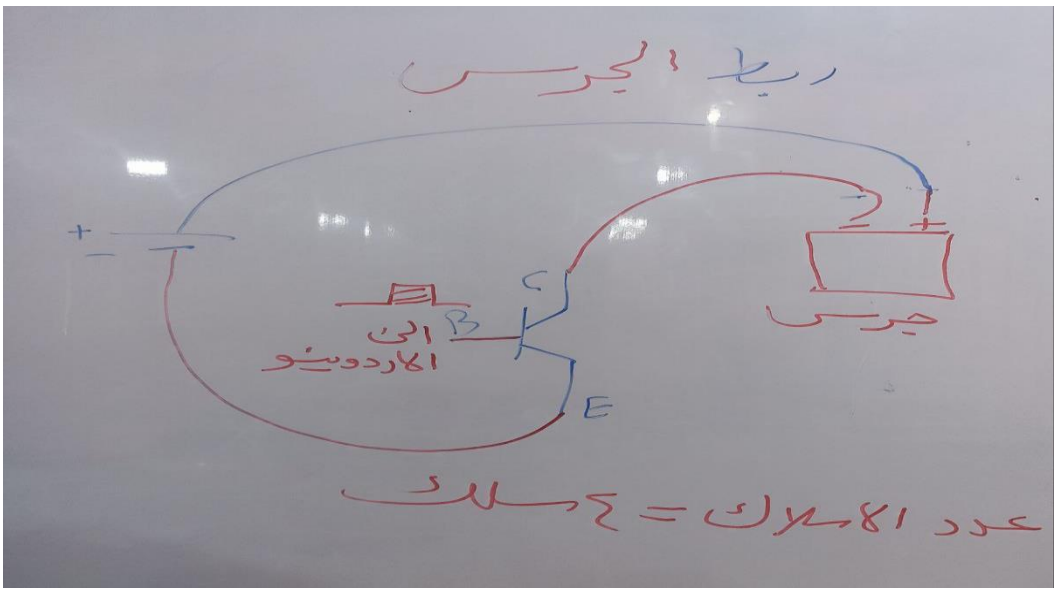
10- ماطورات

11- جرس

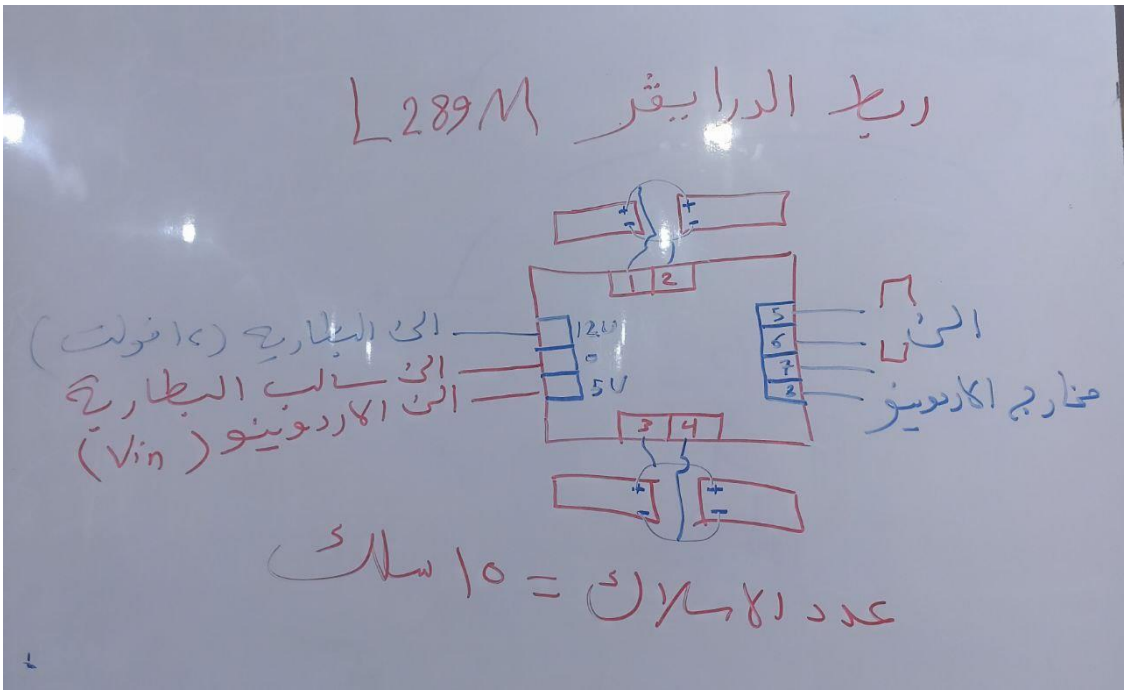
طريقة ربط



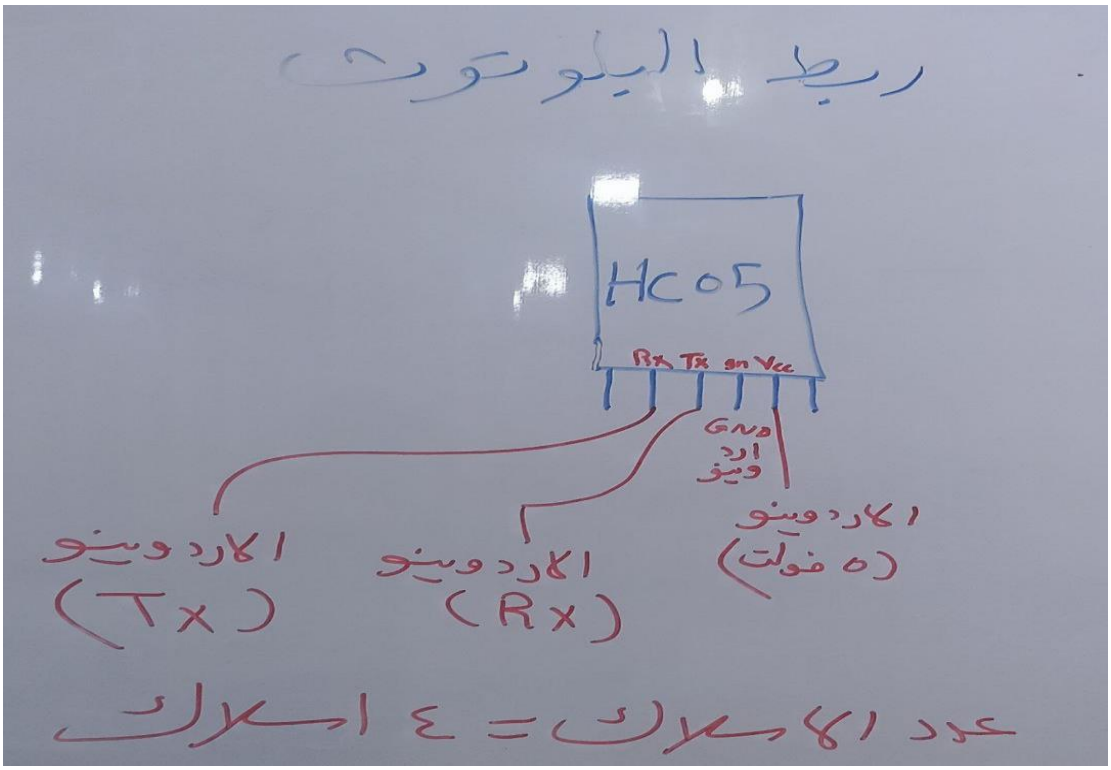
شكل(1-1)



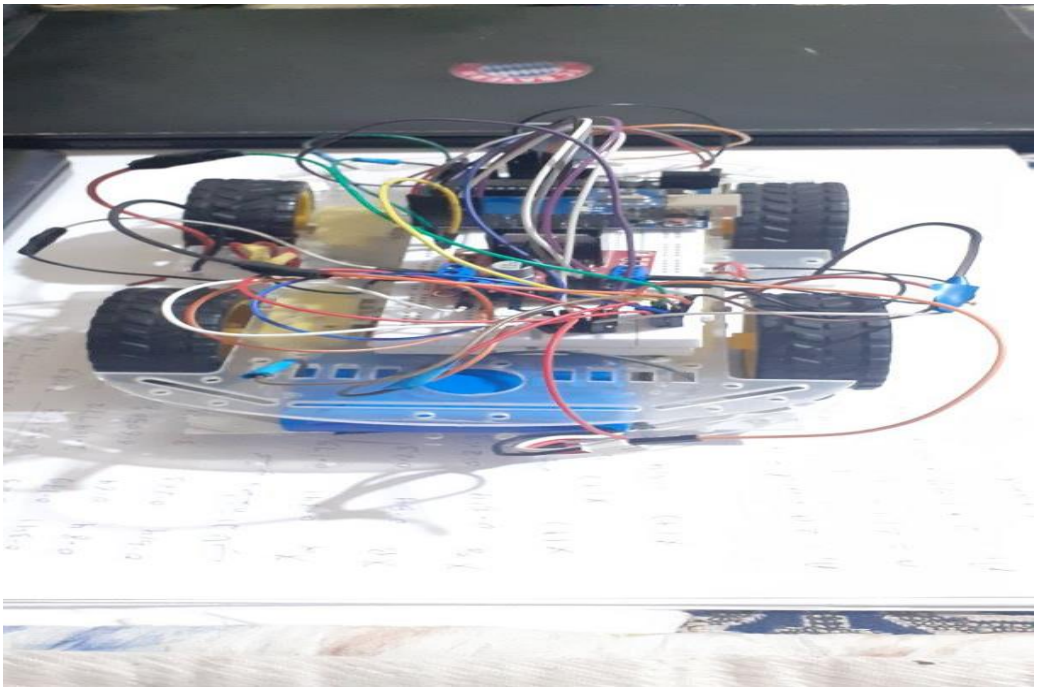
شكل (1-2)


ربط الدرايفر L289N
الى البطارية (12 فولت)
الى سالب البطارية
الى الاردوينو (Vin)
12V
0
5V
الى
مخارج الاردوينو
عدد الاسلاك = 10 اسلاك

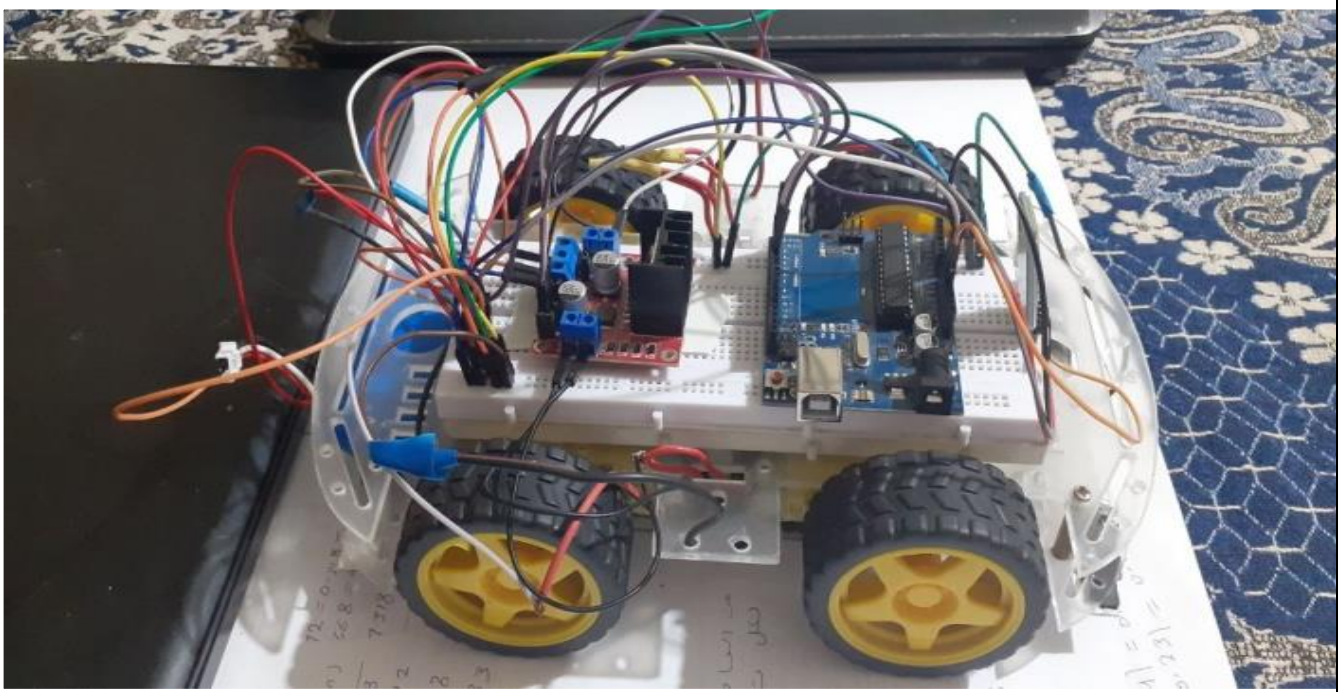
شكل (1-3)


ربط البلوتوث
HC05
Rx Tx gn Vcc
Gnd
ارد
وينو
الاردوينو
(5 فولت)
الاردوينو
(Rx)
الاردوينو
(Tx)
عدد الاسلاك = 4 اسلاك

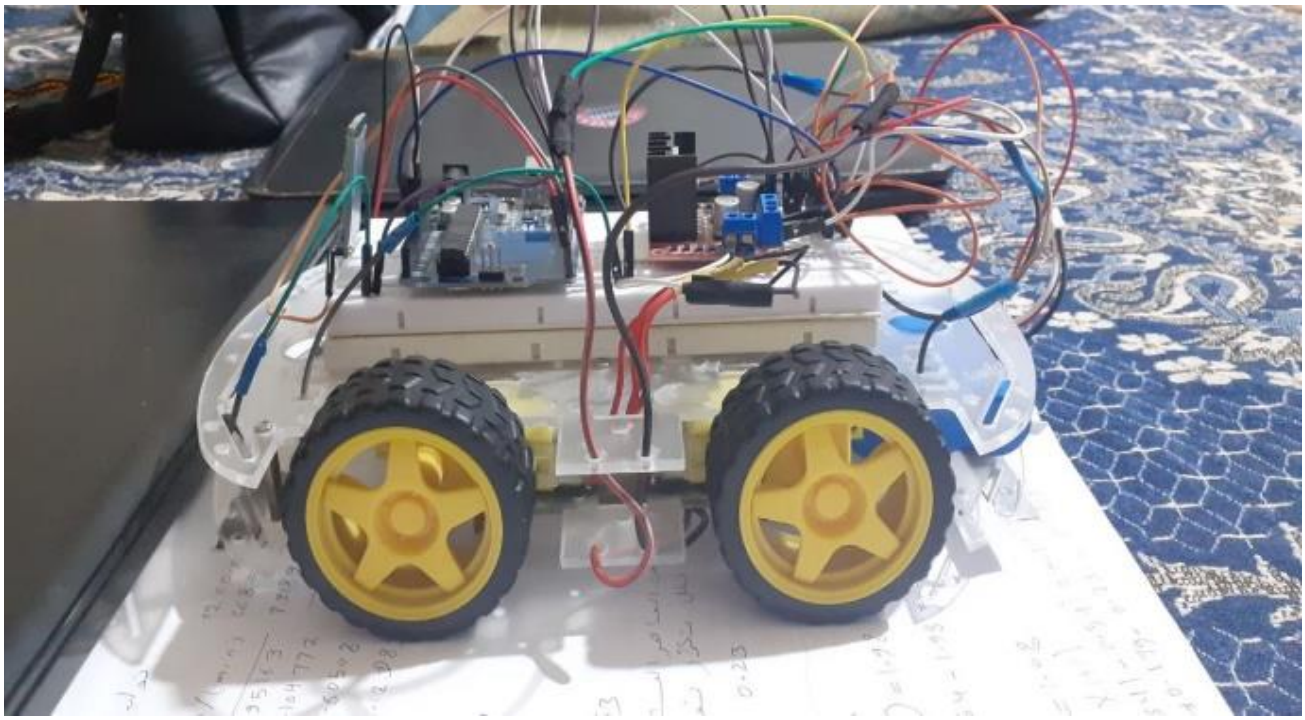
شكل(1-4



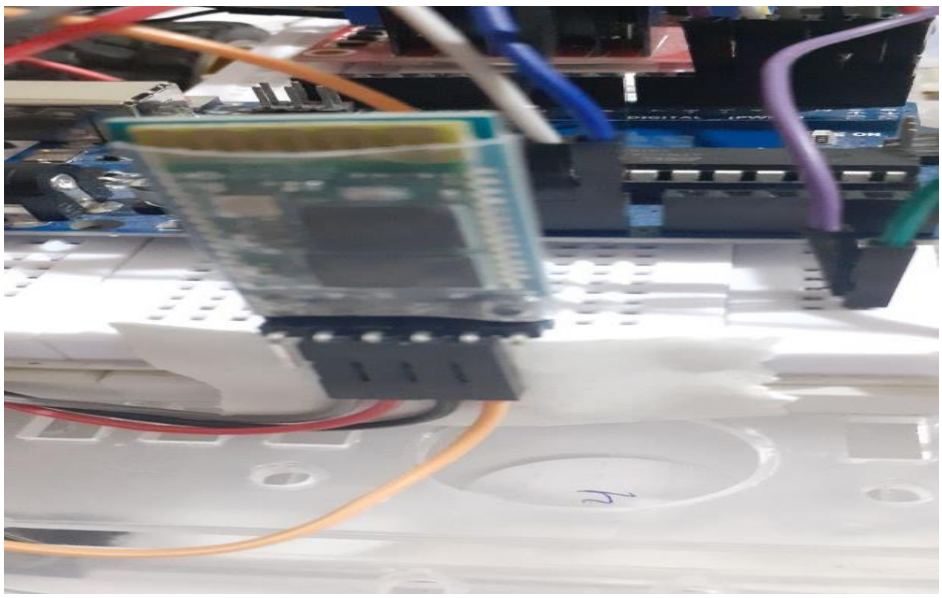
(1)



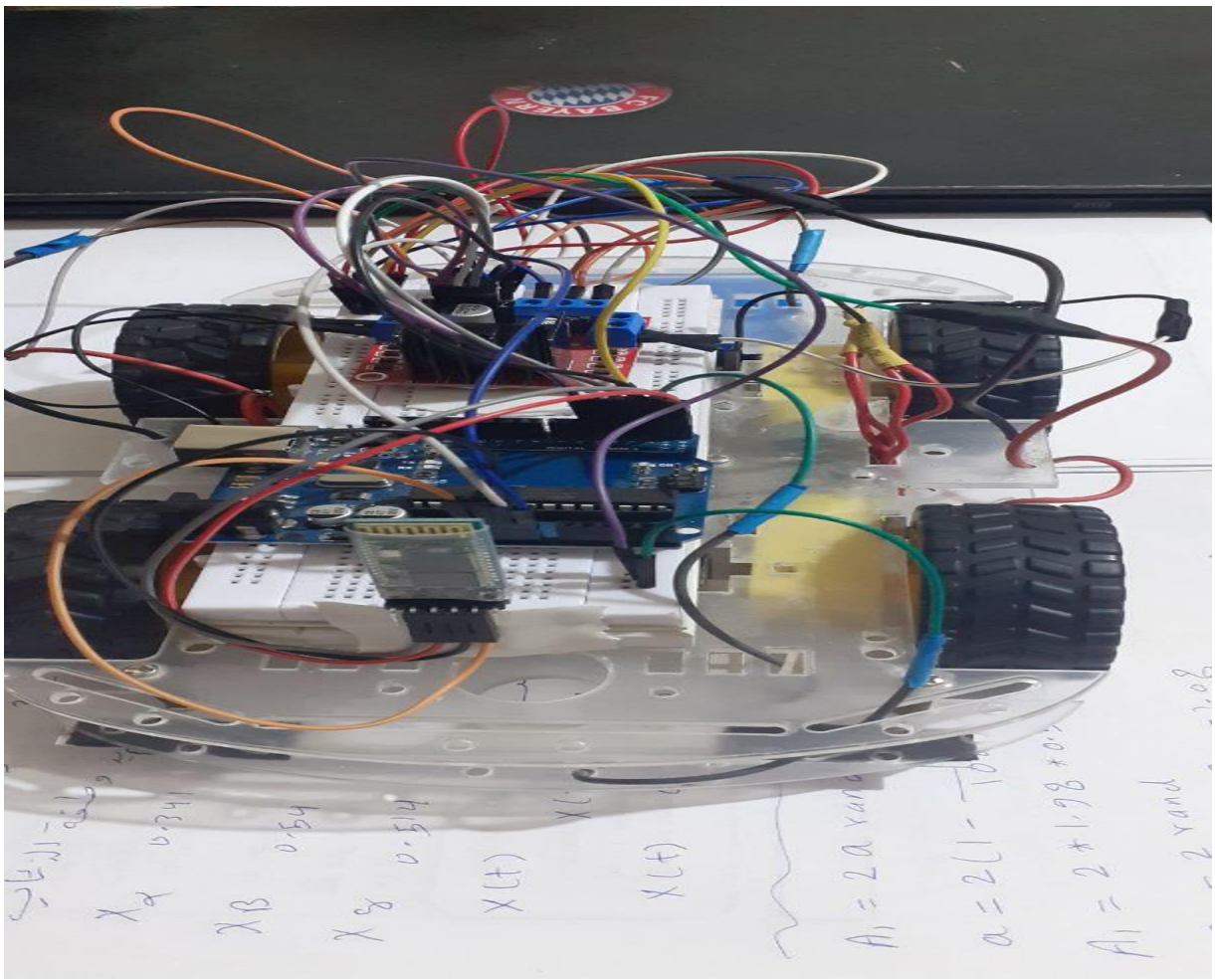
(2)



(3)



(4)



الكودات

```
char c;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
 pinMode(2,OUTPUT);
 pinMode(3,OUTPUT);
  pinMode(4,OUTPUT);
 pinMode(5,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
 pinMode(7,OUTPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
 pinMode(9,OUTPUT);
 pinMode(10,OUTPUT);
 Serial.begin(9600);
}void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  c = Serial.read();
  if(c=='0'){
    digitalWrite(2,LOW);
     digitalWrite(3,LOW);
      digitalWrite(4,LOW);
     digitalWrite(5,LOW);
      digitalWrite(6,LOW);
     digitalWrite(7,LOW);
      digitalWrite(8,LOW);
```

```
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
  }
  else if (c=='1'){
   digitalWrite(2,LOW);
    digitalWrite(3,HIGH);
     digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,HIGH);
    digitalWrite(10,HIGH);
  }
else if (c=='2'){
   digitalWrite(2,HIGH);
    digitalWrite(3,LOW);
     digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,HIGH);
    digitalWrite(7,HIGH);
    digitalWrite(10,HIGH);
   }
else if (c=='3'){
   digitalWrite(2,HIGH);
    digitalWrite(3,LOW);
     digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(8,HIGH);
```

```
    digitalWrite(10,HIGH);
  }
else if (c=='4'){
   digitalWrite(2,LOW);
    digitalWrite(3,HIGH);
     digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,HIGH);
    digitalWrite(9,HIGH);
    digitalWrite(10,HIGH);
    }

}
```

المصادر

[1] M. Abrar , " Design and Implementation of Astable Multivibrator using 555 Timer" , Published 2017, Computer Science , IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering.

[2] Kinget, M. Steyaert and J. Van Der Spiegel, "Full analog CMOS integration of very large time Constants for synaptic transfer in neural networks," Analog Integrated Circuits & Signal Processing, vol. 24, pp. 281-295, Nov 2010.

[3] Sujit K. Biswas, Biswarup Basak and Kaushik Rajashekara, "Gate drive methods for IGBTs in bridge configurations", *Industry Applications Society Annual Meeting 2015. Conference Record of the 2015 IEEE.*

[4] B. S. Jacobson, "High Frequency Resonant Gate Driver with Partial Energy Recovery*", Proceedings of 2013 High Frequency Power Conversion Conference,* pp. 133-141.

[1] F. R. Yu, P. Zhang, W. Xiao and P. Choudhury, "Communication systems for grid integration of renewable energy resources", *IEEE Network,* vol. 25, no. 5, pp. 22-29, September 2011.

[5] J. M. Guerrero, F. Blaabjerg, T. Zhelev, K. Hemmes, E. Monmasson, S. Jemei, et al., "Distributed generation: Toward a new energy paradigm", *IEEE Ind. Electron. Magazine*, vol. 4, no. 1, pp. 52-64, March 2010.

[6] M. Garg, R. K. Singh and R. Mahanty, "Magnetically coupled boost converter with enhanced equivalent series resistance filter capacitor for DC microgrid", *IET Power Electron.*, vol. 9, no. 9, pp. 1943-1951, March 2016.

[7] A. Ajami, H. Ardi and A. Farakhor, "A novel high step-up DC/DC converter based on integrating coupled inductor and switched-capacitor techniques for renewable energy applications*", IEEE Trans. on Power Electron.*, vol. 30, no. 8, pp. 4255-4263, Aug 2015.

[8] S. Du, B. Wu, K. Tian, D. Xu and N. R. Zargari, "A novel medium-voltage modular multilevel DC-DC converter", *IEEE Trans. on Ind. Electron.*, vol. 63, no. 12, pp. 7939-7949, Dec 2016.

[9] Y. Xiang, J. Liu and Y. Liu, "Robust energy management of microgrid with uncertain renewable generation and load", *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 7, no. 2, pp. 1034-1043, March 2016.

[10] H. Wu, T. Xia, X. Zhan, P. Xu and Y. Xing, "Resonant converter with resonant-voltage-multiplier rectifier and constant-frequency phase-shift control for isolated buck-boost power conversion*", IEEE Trans. on Ind. Electron.,* vol. 62, no. 11, pp. 6974-6985, Nov 2015.

[11] M. Uno and A. Kukita, "Single-switch voltage equalizer using multi-stacked buck-boost converters for partially shaded photovoltaic modules*", IEEE Trans. on Power Electron.,* vol. 30, no. 6, pp. 3091-3105, June 2015.

[12] H. Wu, J. Zhang and Y. Xing, "A family of multiport buck-boost converters based on DC-link-inductors (DLIs*)", IEEE Trans. on Power Electron.*, vol. 30, no. 2, pp. 735-746, Feb 2015.

[13] J. C. Balda and A. Mantooth, "Power-semiconductor devices and components for new power converter developments: a key enabler for ultrahigh efficiency power electronics*", IEEE Power Electron. Magazine*, vol. 3, no. 2, pp. 53-56, June 2016.

[14] J. Milln, P. Godignon, X. Perpi, A. Prez-Toms and J. Rebollo, "A survey of wide bandgap power semiconductor devices", *IEEE Trans. on Power Electron.*, vol. 29, no. 5, pp. 2155-2163, May 2014.

[15] J. Milln, P. Godignon, X. Perpi, A. Prez-Toms and J. Rebollo, "A survey of wide bandgap power semiconductor devices*", IEEE Trans. on Power Electron.,* vol. 29, no. 5, pp. 2155-2163, May 2014.

[16] H. Wu, J. Zhang and Y. Xing, "A family of multiport buck-boost converters based on DC-link-inductors (DLIs*)", IEEE Trans. on Power Electron.,* vol. 30, no. 2, pp. 735-746, Feb 2015.