



الجمهورية العربية السورية

جامعة المنارة

كلية الهندسة

قسم هندسة الميكاترونكس

## منظومة تتبع أشعة الشمس

((يغطي هذا البحث جزءاً من متطلبات نيل شهادة الإجازة في هندسة الميكاترونكس))

(مشروع تخرج 2)

إعداد الطلاب:

رين رمزي نصره علي مازن الخيّر

عبد الحميد أحمد محمد

إشراف:

الدكتور نائل داؤد

العام الدراسي 2021-2022

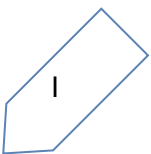
<p>تصادق لجنة الحكم بعد قراءتها ومناقشتها لمشروع التخرج على أنه ملائم من حيث النوعية والأهمية ليكون بحثاً لمشروع التخرج.</p> <p>أسماء لجنة الحكم:</p>	<p>We, the Exam committee, certify that we have read this project and that in our opinion it is fully adequate, in scope and quality, as a thesis for final project.</p> <p>Exam committee:</p>
---	---

## الملخص

في ظل التقدم التكنولوجي الذي حصل في القرن الماضي، كان لا بد من البحث عن مصادر طاقة بديلة عن المشتقات النفطية. والشمس هي مورد طبيعي دائم، نظيف، متوافر بشكل مجاني، لذا اتجهت أنظار العالم أجمع إلى تسخير هذا المورد للحصول على مصدر طاقة لا متناهي يمكن توظيفه في كل أشكال الحياة.

تختلف فعالية اللوح الشمسي الذي يستقبل أشعة الشمس ويحولها إلى طاقة حسب زاوية ورود الأشعة عليه، من هنا وجد نظام التتبع الذي يقوم بتحريك اللوح ليبقى متعامداً مع أشعة الشمس وبالتالي إنتاج أكثر فعالية. يهدف مشروعنا هذا إلى التأكد من إمكانية تصميم نظام تتبع شمسي غير مكلف يتابع حركة الشمس للحصول على أكبر مردود من الطاقة.

يستخدم النموذج مقاومات ضوئية LDR، تعتمد على الضوء لاستشعار موضع الشمس، مثبتة على الوجه الأمامي وأعلى اللوح الشمسي لاستقبال ضوء الشمس، موصولة إلى متحكم Arduino Uno الذي يتحكم بعد ذلك بمحركين من نوع DC لإعادة توجيه اللوح من أجل البقاء عمودياً على أشعة الشمس، حيث أن كل محرك يقوم بتحريك اللوح الشمسي وفق أحد المحاورين X,Y.



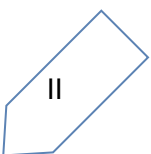
## ABSTRACT

In the recent technological progress that occurred in the last century, it was necessary to look for alternative energy sources than oil derivatives. The sun is a permanent, clean, and freely available natural resource, so the whole world has turned to harnessing this resource to obtain an endless source of energy that can be employed in all forms of life.

The effectiveness of the solar panel, which receives sunlight and converts it into energy, varies according to the angle of receipt of the rays on it. Hence, the tracking system was found that moves the panel to remain perpendicular to the sun's rays, thus producing more efficient.

Our project aims to design and implement an inexpensive active solar tracking system that tracks the movement of the sun to obtain maximum efficiency from solar panels as they track the sun.

The model uses light-dependent LDR photoresistors to sense the position of the sun, mounted on the front face and top of the solar panel to receive sunlight, connected to an Arduino Uno microcontroller which then controls two DC motors to reorient the panel in order to stay perpendicular to the sunlight, as the each motor moves the solar panel according to one of the X, Y axes.



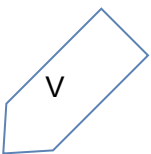
# الفهرس

I	الملخص
II	ABSTRACT
III	الفهرس
V	قائمة الأشكال
VI	قائمة الجداول
1	الفصل الأول المقدمة
1-1-1	تمهيد
1-2-1	أهمية وهدف البحث
1-3-1	فهرس المشروع
2	الفصل الثاني الطاقة الشمسية
1-2-1	تعريف
2-2-2	الخلية الشمسية
3-2-2	تعقب الطاقة الشمسية
4-2-2	الدراسة المرجعية
13	الفصل الثالث الأساسيات المادية للمشروع
1-3-3	لوح شمسي
2-2-3	المحركات
3-3-3	المتحكم
4-3-3	دارة قيادة المحركات
5-3-3	الحساسات الضوئية
18	الفصل الرابع

18.....	الدراسات الرياضية والديناميكية و النتائج
18.....	1-4- التصميم
20.....	2-4- النموذج الرياضي
28.....	3-4- التحكم
33.....	4-4- مبدأ العمل والحركة
34.....	الفصل الخامس
34.....	الخاتمة والأفاق المستقبلية
36.....	الفصل السادس المراجع

## قائمة الأشكال

- الشكل 1. خلية شمسية مصنوعة من بلورة أحادية من السليكون. .... 3
- الشكل 2. زاوية أشعة الشمس عند الظهيرة وعلى سطح أفقي في الشتاء والصيف ..... 4
- الشكل 3. نتائج محاكاة الجهد والتيار والاستطاعة المولدة من النظام الكهروضوئي [4]. ..... 5
- الشكل 4. المخطط الصندوقي للنظام المقترح. .... 6
- الشكل 5. المخطط الصندوقي لمنظومة اللوح باستخدام تقنية MPPT. .... 7
- الشكل 7. لوح شمسي 3 واط. .... 9
- الشكل 9. مكونات لوحة الاردوينو اونو. .... 10
- الشكل 10. دائرة قيادة L298 module. .... 11
- الشكل 11. بلوتوث Hc-05. .... 11
- الشكل 12. مخطط الدارة باستخدام برنامج بروتوس. .... 12
- الشكل 13. المقاومة الضوئية. .... 13
- الشكل 14. بعض اشكال حساسات نهاية الشوط. .... 13
- الشكل 15. الأجزاء المستخدمة في التصميم. .... 8
- الشكل 16. تثبيت القطع الخاصة بالتصميم وتركيب محركات التيار المستمر. .... 9
- الشكل 17. توصيل المقاومات الضوئية إلى الدارة. .... 9
- الشكل 18. الشكل النهائي لنموذج جهاز تعقب الطاقة الشمسية. .... 10
- الشكل 19. واجهة وأدوات تطبيق REMOTEXY. .... 10
- الشكل 20. تطبيق الأندرويد الخاص بنظام التعقب. .... 11
- الشكل 21. طريقة SUN PATH TRACKING. .... 21
- الشكل 22. شريحة RTC. .... 34
- الشكل 23 وحدة SOC. .... 35



## قائمة الجداول

- الجدول 1. زوايا ميلان ألواح الطاقة الشمسية في سوريا (المنطقة الساحلية)..... 20
- الجدول 2. البارامترات الخاصة بمنظومة تتبع أشعة الشمس..... 28
- الجدول 3. قيم المتحكم pid..... 29



# الفصل الأول

## المقدمة

### 1-1- تمهيد

تعتبر الشمس مصدر وفير للطاقة، يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية بنجاح باستخدام الخلايا الشمسية الكهروضوئية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.

### 1-2- أهمية وهدف البحث

تتبع أهمية فكرة المشروع من الاعتماد على طاقة بديلة، نظيفة، دائمة، أقل كلفة على المدى الطويل وبنفس الوقت تكون هذه الطاقة ذات كفاءة إنتاجية مثلى.

يعتمد النموذج على استشعار ضوء الشمس باستخدام مقاومات ضوئية مثبتة (من الامام) على لوح شمسي، تستخدم قراءات هذه الحساسات لتحريك محركين بهدف توجيه اللوح لتبقى أشعة الشمس عمودية على سطحه، و بالتالي الحصول على أكبر طاقة كهربائية.

### 1-3- فهرس المشروع

يضم هذا المشروع الفصول التالية:

الفصل الأول: مقدمة عامة عن المشروع، أهميته وأهدافه، محتوى الأطروحة.

الفصل الثاني: نستعرض لمحة مختصرة عن الطاقة الشمسية، تعريفها، أنواعها، فوائدها، تطبيقاتها، وأنظمة التتبع الخاصة بها.

الفصل الثالث: نتحدث عن المفاهيم النظرية المتعلقة بمكونات الدارة المستخدمة لتنفيذ النموذج.

الفصل الرابع: كيفية اختيار وتصميم القطع المستخدمة وألية التجميع.

في النهاية كانت الخاتمة التي تختصر ما قمنا به والأفاق المستقبلية التي يمكن أن تضيف تطويراً وتحسيناً للنموذج المطبق، تلتها قائمة بالمراجع التي استندنا إليها في عملنا.

## الفصل الثاني

### الطاقة الشمسية

#### 1-2- تعريف

الطاقة الشمسية هي الضوء والحرارة المنبعثان من الشمس اللذان قام الإنسان باستغلالهما منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيا التي تتطور باستمرار.

ولتقنية استخدام هذه الطاقة أهمية كبيرة في الكرة الأرضية، وتفوق هذه الطاقة الناتجة بكثير متطلبات الطاقة الحالية في العالم بشكل عام، وإذا تم تسخيرها واستغلالها بشكل مناسب فقد تلبي جميع احتياجات الطاقة المستقبلية. حيث تعتبر الطاقة الشمسية هي المسؤولة عما يسمى بمجموعة مصادر الطاقة المتجددة.

زادت أهمية الطاقة الشمسية كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة لأنها لا تتناقص، وذات طابع غير ملوث، في الوقت الذي أصبح فيه تناقص ملحوظ في مستويات الوقود والنفط والفحم، بالإضافة للغاز.

ومن أمثلة التطبيقات الحديثة لاستغلال الطاقة الشمسية توليد الطاقة من حرارة وضوء الشمس، حيث تحول الخلية الشمسية أشعة الشمس إلى كهرباء مباشرة، وتعتبر كمية الكهرباء المولدة بالخلية الواحدة قليلة نسبياً لذلك من الضروري جمع عدد كبير من الخلايا معاً، كتلك الموجودة في اللوح الشمسي المستخدم في مشروعنا.

من المميزات الإيجابية الناتجة عن الطاقة الشمسية والكهرباء المولدة بالاعتماد عليها:

1. كلفة إنتاج وتوليد منخفضة.
2. مصدر طاقة متجدد دائم،
3. صديقة للبيئة.

#### 2-2- الخلية الشمسية

الخلية الشمسية أو الضوئية أو الكهروضوئية، وكان يطلق عليها في الأيام الأولى لصناعتها بطارية شمسية، هي جهاز يحول الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية مستغلاً التأثير الضوئي الجهدي.

تتكون الخلية الشمسية من طبقة سيليكون يضاف لها بعض الشوائب لتعطيها بعض الخواص الكهربائية، فالطبقة العليا المقابلة للشمس يضاف إليها عنصر الفسفور، لتعطيها خاصية ضخ إلكترونات عند ارتطام الفوتونات بها وتسمى هذه الطبقة بالطبقة N بينما يضاف عنصر البورون للطبقة السفلى ويعطيها خاصية امتصاص الإلكترونات وتسمى هذه الطبقة P، فعند ارتطام فوتونات الشعاع الشمسي بالطبقة العلوية تمنح الإلكترونات طاقة تعتمد على شدة الإشعاع الشمسي، وعند وجود موصل كهربائي بين الطبقتين تنتقل الإلكترونات من الطبقة العليا إلى الطبقة السفلى وهكذا يتكون تيار وجهد كهربائيان.

وتعتبر الخلايا الشمسية مصدر هام لتزويد المركبات الفضائية والأقمار الصناعية بما تحتاجه من طاقة كهربائية، وتعتبر من البدائل المساعدة لمصادر الطاقة التقليدية من البترول والفحم والغاز ومشتقاته المحدودة في الطبيعة والقابلة للاختفاء بسبب الاستنزاف الهائل لها، فالخلايا الشمسية تحول طاقة الأشعة الشمسية مباشرة إلى كهرباء وتتميز بإنتاج كهرباء دون أن تؤدي لتلوث البيئة.



الشكل 1. خلية شمسية مصنوعة من بلورة أحادية من السليكون.

الفولتية الضوئية (PV) التي تعرف بالخلايا الشمسية أو الخلايا الفولتضوئية photovoltaic cells. من خلالها يتم تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء، عن طريق استخدام أشباه الموصلات مثل السليكون الذي يستخرج من الرمل النقي. وبصفة عامة مواد هذه الخلايا إما مادة بلورية سميكة كالسيليكون البلوري Crystalline Silicon أو مادة لابلورية رقيقة كمادة السيلكون اللابلوري أو مواد مترسبة كطبقات فوق شرائح من شبه الموصلات تتكون من أرسنيد(زرنبيخيد) الجاليوم (Gallium Arsenide GaAs).

وتعتبر طاقاتها شكلاً من الطاقة المتجددة والنظيفة، لأنه لايسفر عن تشغيلها نفايات ملوثة ولا ضوضاء ولا إشعاعات ولا حتى تحتاج لوقود. لكن كلفتها الابتدائية مرتفعة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى. والخلايا الشمسية تولّد كهرباء مستمرة ومباشرة (كما هو في البطاريات السائلة والجافة العادية).

تعتمد شدة تيارها على وقت سطوع الشمس وشدة أشعة الشمس، وكذلك على كفاءة الخلية الضوئية نفسها في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية. يمكن لهذه الخلايا الشمسية إعطاء مئات الفولتات من التيار الكهربائي المستمر DC لو وصلّت هذه الخلايا على التوالي. كما يمكن تخزين الطاقة الناتجة في بطاريات.

من ميزاتها أنها ليس بها أجزاء متحركة تتعرض للعطل. لهذا تعمل فوق الأقمار الصناعية بكفاءة عالية، ولاسيما وأنها لا تحتاج لصيانة أو إصلاحات أو وقود، حيث تعمل في صمت، إلا أن اتساخ الخلايا الضوئية نتيجة التلوث أو الغبار يؤدي إلى خفض في كفاءتها مما يستدعي تنظيفها على فترات.

هناك طريقة أخرى لتحويل الطاقة الشمسية إلى الطاقة الكهربائية وذلك عن طريق استغلال الحرارة المباشرة لأشعة الشمس أو ما يسمى بتقنية الكهرباء الحرارية الشمسية solar thermal electricity [2].

## 3-2- تعقب الطاقة الشمسية

المتعقب الشمسي Solar tracker هو جهاز يوجه الحمل نحو أشعة الشمس المباشرة، وعادة ما يكون الحمل ألواح شمسية كما هو الحال في مشروعنا.

تستخدم المتعقبات لتقليل زاوية السقوط بين ضوء الشمس الوارد واللوح.

✓ يأتي كل موسم بالتناوب مع تغير في دورات النهار والليل والاختلافات في درجات الحرارة حول العالم.

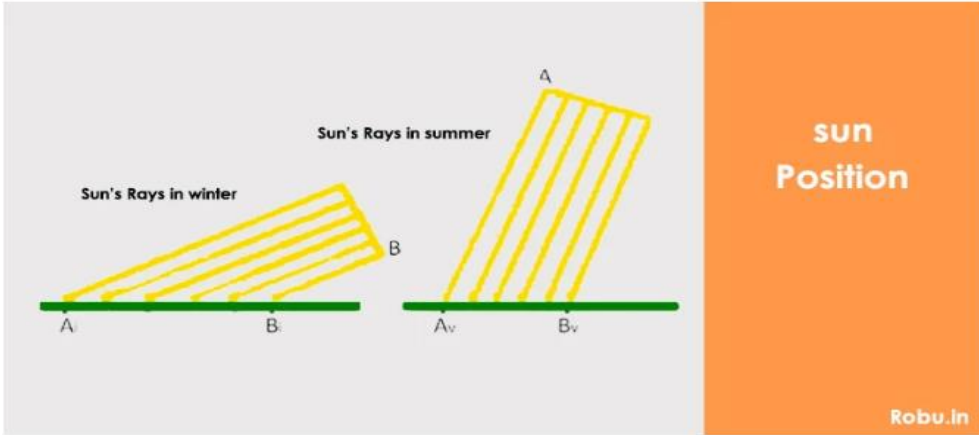
✓ موقع الشمس في الصيف والشتاء. يوضح الشكل (2) زاوية سقوط أشعة الشمس عند الظهيرة على

سطح أفقي في الشتاء والصيف. وبالتالي، تختلف التوجهات الشمسية اليومية حسب خط العرض

وتؤثر بشكل مباشر على زاوية سقوط أشعة الشمس. زاوية السقوط هذه هي نقطة أساسية في إنتاج

الطاقة الشمسية.

لذلك، يعد نظام التتبع الشمسي ضرورياً لمعرفة الاتجاه الدقيق ل اللوح الشمسي وميله [3].



الشكل 2. زاوية أشعة الشمس عند الظهيرة وعلى سطح أفقي في الشتاء والصيف

## 4-2- الدراسة المرجعية

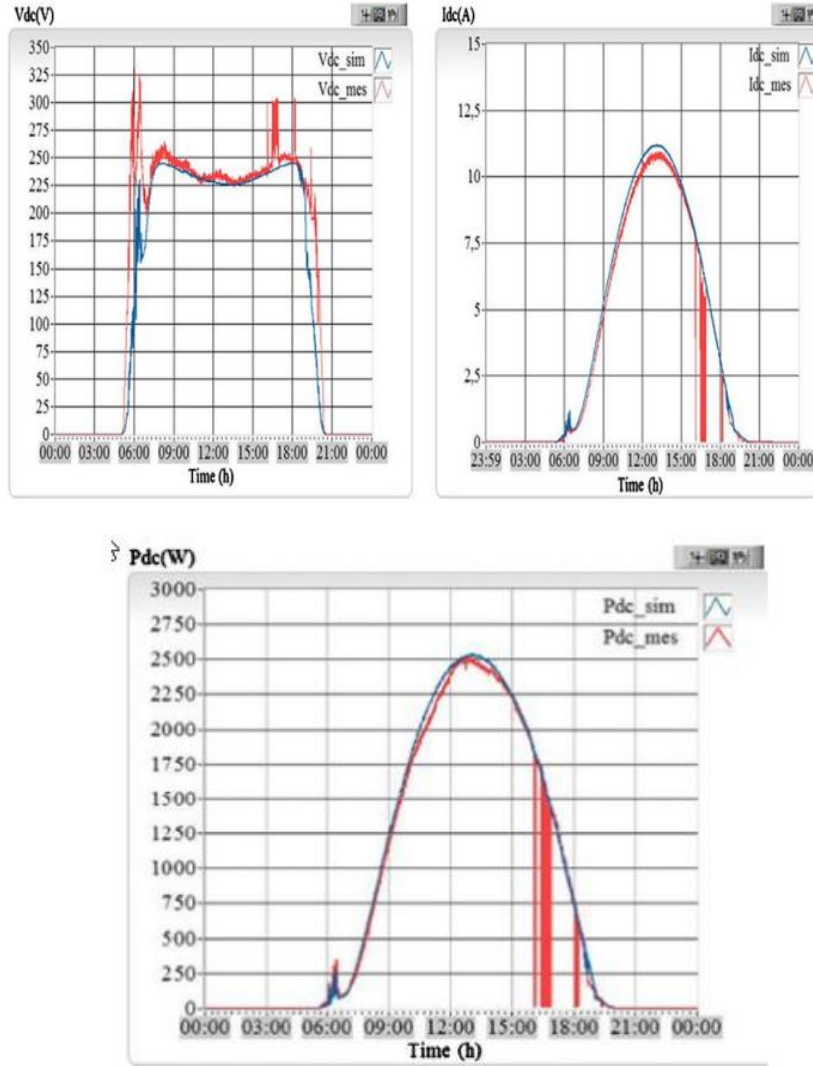
توجد الكثير من الدراسات التي اهتمت بالطاقة الشمسية وكيفية استغلالها بالشكل الأمثل.

### الدراسة المرجعية 1:

في دراسة (Aissa Chouder) وزملاؤه 2012 يقدم الباحثون بيئة متكاملة لمراقبة ونمذجة وتصميم شبكة متصلة من الألواح الكهروضوئية، حيث درست الخصائص المفصلة للاداء والسلوك الديناميكي لها باستخدام نظام Labview. يلعب التحليل والمراقبة الشاملة للأنظمة الكهروضوئية دوراً هاماً، حيث أن البرنامج المقترح هو حل

ذو كلفة منخفضة ليقدم نظاماً آمناً وقابلاً للتطبيق من خلال قاعدة معطيات للنظام جاهزة لتحليل أداء المنظومة الكهروضوئية.

تظهر النتائج أن هناك تطابقاً فعالاً بين قيم نتائج المحاكاة وقيم النتائج الفعلية، حيث أن المنهجية المقترحة للمراقبة في الزمن الفعلي يمكن الاستفادة منها في تشخيص الأخطاء في الأنظمة الكهروضوئية. ويوضح الشكل (3) النتائج العملية لهذا البحث [4].



الشكل 3. نتائج محاكاة الجهد والتيار والاستطاعة المولدة من النظام الكهروضوئي [4].

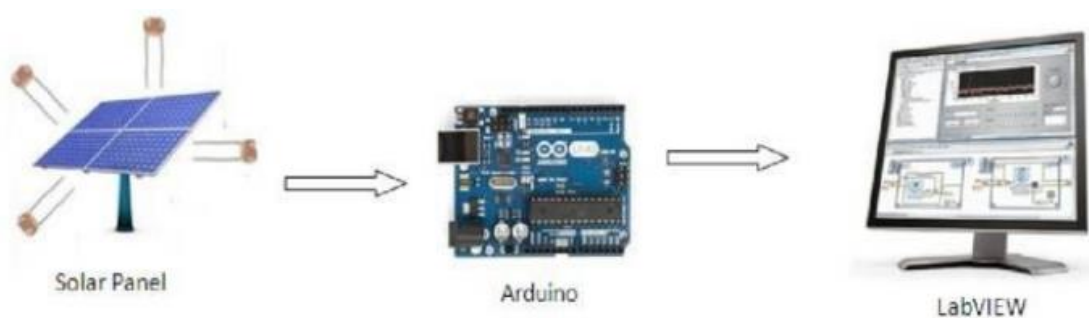
تم دراسة منظومة مراقبة وتعقب للألواح الشمسية باستخدام Arduino و Labview للمراقبة بالزمن الحقيقي من قبل Ansar Jamal وزملائه [5]

في هذه الدراسة تم استخدام ملاحقة الإشعاع الشمسي ذات محورين، حيث تتبع منهجية خاصة وتصميم محدد للبنية الصلبة التي تتكون من حساس المقاومة الضوئية LDR، محرك DC، لوح شمسي بالإضافة لبنية برمجية

خاصة. يتلقى المتحكم دخلاً تشابهيًا من مقاومة الحساس LDR ويحولها إلى إشارة رقمية عن طريق التحويل التشابهي الرقمي.

كانت خطوات خوارزمية تحريك اللوح في بيئة Labview وفق التالي:

1. قراءة جميع الجهود التشابهيية من قنوات تشابهيية.
2. في حال كون جميع الجهود متساوية عندها سيصبح المحرك في وضعية التوقف.
3. إذا كان  $LDR1 > LDR2$ ، عندها المحرك العلوي سيدور مع عقارب الساعة.
4. إذا كان  $LDR1 < LDR2$ ، عندها المحرك العلوي سيدور عكس عقارب الساعة.
5. إذا كان  $LDR3 > LDR4$ ، عندها المحرك السفلي سيدور مع عقارب الساعة.
6. إذا كان  $LDR3 < LDR4$ ، عندها المحرك السفلي سيدور عكس عقارب الساعة.



الشكل 4. المخطط الصندوقي للنظام المقترح.

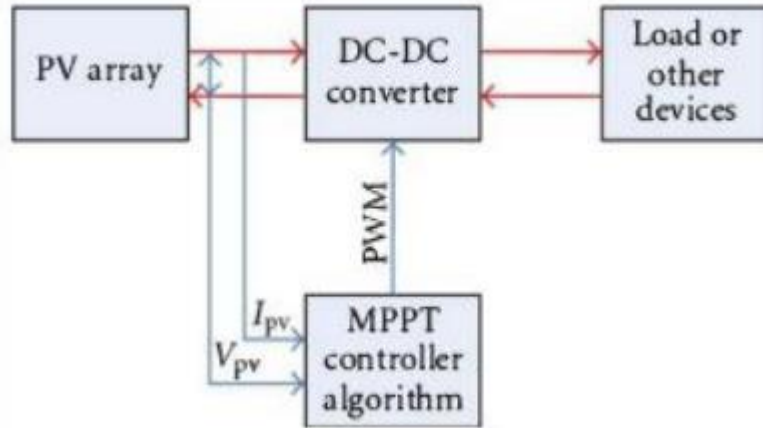
أشارت النتائج لهذا البحث إلى أن البيانات المستحصلة من Labview سيتم تحليلها لتمثيل مميزات النظام الشمسي الفعال [5].

من الدراسات المقترحة لمنظومة الملاحقة الكهروضوئية ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى Maximum Power Perturbation and Observation (MPPT) باستخدام نظرية المراقبة والتشويش (P&O) للنظام.

يقدم البحث المعادلة الرياضية لنموذج الألواح الكهروضوئية PV مع رسم مميزات (P-V) و (I-V). بعد ذلك تم تطوير أنظمة ألواح كهروضوئية باستخدام محولات رافعة DC/DC باستخدام خوارزمية الاضطراب والتشويش كما هو موضح في المخطط التدفقي المبين بالشكل (5) بالاعتماد على تقنية ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى عند درجات حرارة مختلفة ودرجات إشعاع شمسي مختلفة.

تظهر النتائج أن ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى باستخدام برنامج MATLAB/Simulink هي نتيجة حقيقية للاستطاعة العظمى من نموذج ألواح كهروضوئية مع تغيير في درجات الحرارة ودرجات الإشعاع الشمسي [6].

يوضح الشكل (5) المخطط العام لمنظومة العمل.



الشكل 5. المخطط الصندوقي لمنظومة اللوح باستخدام تقنية MPPT.

في البحث الذي قدمه Ru Fai وزملاؤه (2020) تم تصميم وبناء نظام تعقب شمسي ذكي قائم على Arduino باستخدام مقاومات ضوئية ومحرك سيرفو لتتبع حركة الشمس للحصول على أقصى قدر من الطاقة من الألواح الشمسية أثناء تتبعها للشمس , يستخدم مقاومات تعتمد على الضوء لاستشعار موضع الشمس. يتم توصيل المقاومات إلى متحكم Ardion Uno الذي يأمر بعد ذلك مجموعة من محركين مؤازرين لإعادة توجيه اللوح من أجل البقاء عمودياً على أشعة الشمس.

ولقد استعنا بهذا النموذج في الأفكار الأساسية والخطوة الأولى في مشروع التخرج 1 مع استخدام محركات DC بدلاً من السيرفو.

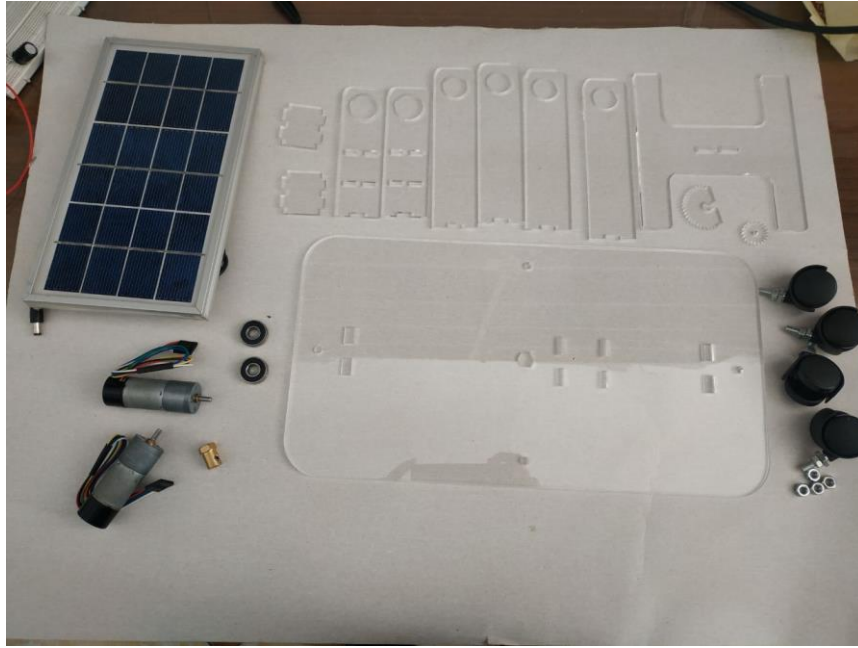
تتضمن المنهجية المستخدمة في هذا العمل تنفيذ نظام تتبع شمسي يستخدم المقاومات الضوئية لاستشعار شدة ضوء الشمس، وبالتالي يتم تعديل موضع الألواح الشمسية. يستخدم المتحكم الدقيق للتحكم في محرك سيرفو. أظهرت نتيجة العمل بوضوح أن ألواح تعقب الأشعة الشمسية المتحركة تنتج طاقة أكبر مقارنة مع الألواح الثابتة [7].

## الدراسة المرجعية 2:

قمنا في مشروع التخرج 1 بتصميم وتنفيذ نموذج منظومة تتبع أشعة الشمس للتأكد من امكانية التحكم بحركة المنظومة عن طريق الحساسات الضوئية LDR, استخدمنا في مشروع التخرج 1 متحكم من نوع Arduino uno, ودارة قيادة محركات من نوع L298N للتحكم بسرعة واتجاه المحركين, واربع مقاومات ضوئية مثبتة على اطراف اللوح الشمسي من اجل تحريك المحركات بناء على قراءاتها, ومحركين من نوع DC لتأمين الحركة على المحورين الأفقي والشاقولي, ومودويل بلوتوث hc-05 لتأمين التخاطب بين المنظومة وأي جهاز مثبت عليه تطبيق الاندرويد

من أجل الحصول على معلومات المنظومة، والتي هي جهد خرج اللوح، وزاوية ميلان اللوح، وحركة المحركين الأفقي والشاقولي، ان كانت الى الاعلى او الاسفل، او يمين او يسار.

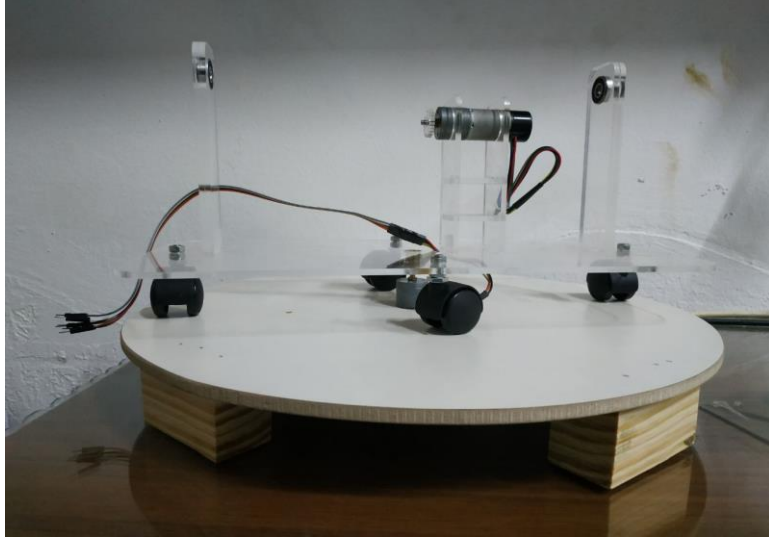
يوضح الشكل (6) جميع المكونات التي قمنا باستخدامها في تنفيذ المشروع، حيث توجد قطع من البليكسي التي شكلت هيكل التصميم والعجلات التي تحمل التصميم ككل وغيرها. اخترنا نوعية البليكسي في تحضير القطع لأنه مناسب لحمل كتلة المشروع ويمكن قصه بشكل دقيق واحترافي، مما ساعدنا على الحصول على قطع ذات أبعاد مطابقة تماماً للأبعاد التي قمنا باختيارها أثناء التصميم على برنامج Solidworks.



الشكل 6. الأجزاء المستخدمة في التصميم.

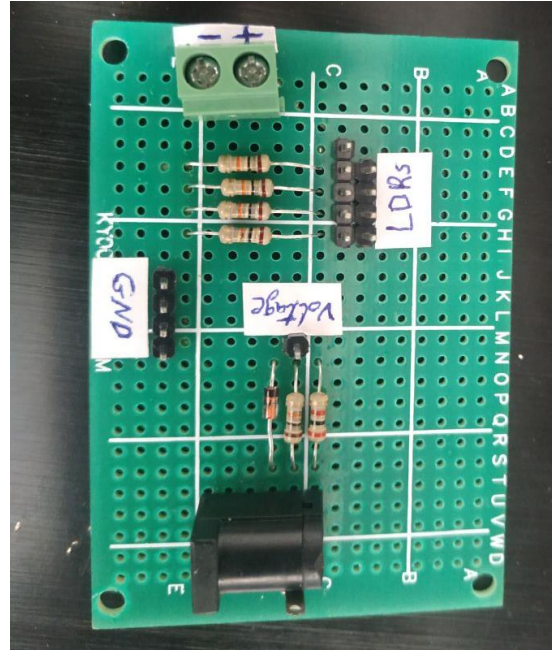
في البداية تم وضع قاعدة ثابتة للنموذج كي يتم تثبيت الأجزاء عليها، ثم تم تركيب قطع البليكسي فوق عجلات مع مراعاة العمودين الذي سيسندان اللوح الشمسي من جانبيه بمساعدة رولمان لكل جهة. تم تثبيت محرك DC مزود ب Encoder في أسفل اللوح وآخر إلى الجانب لتأمين حركة اللوح الشمسي عبر المحورين X,Y.





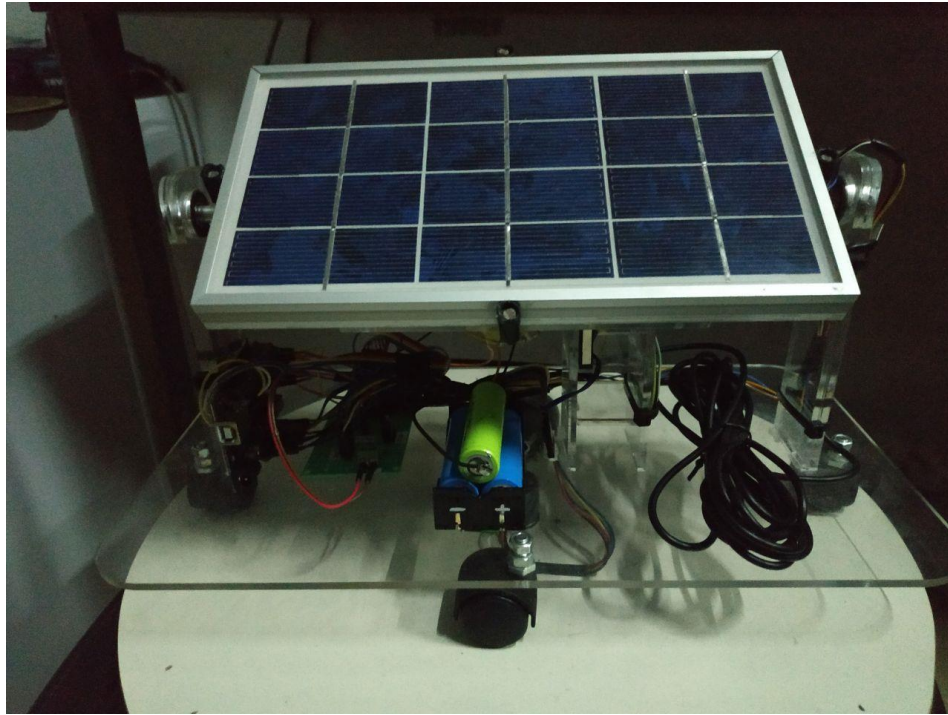
الشكل 7. تثبيت القطع الخاصة بالتصميم وتركيب محركات التيار المستمر.

وبين الشكل (8) طريقة توصيل المقاومات في المشروع.



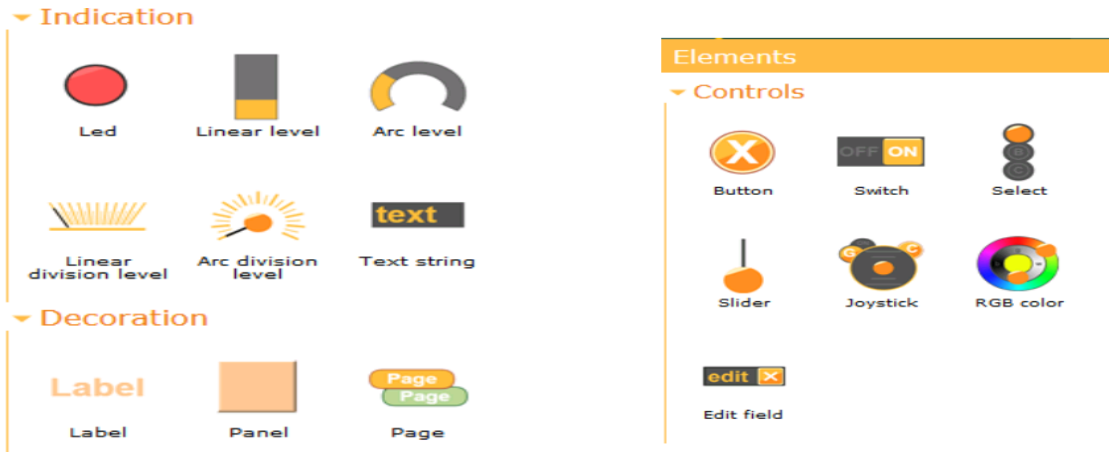
الشكل 8. توصيل المقاومات الضوئية إلى الدارة.

بعد التأكد من سلامة تثبيت اللوح ودقة التوصيلات كافة، كان الشكل النهائي للنموذج كما هو موضح في الشكل (9).



الشكل 9. الشكل النهائي لنموذج جهاز تعقب الطاقة الشمسية.

تم تصميم تطبيق الأندرويد على موقع (<http://remotexy.com>), والذي يتيح إمكانية تصميم تطبيقات الويب من خلال أدوات جاهزة للاستخدام موضحة في الشكل (10). وهذا الموقع مجهز بأمثلة جاهزة وبوسائل مساعدة تقدم الدعم للمستخدم، كما يتيح حيز من الذاكرة لحفظ المشاريع الخاصة بنا بشرط إنشاء حساب في الموقع.



الشكل 10. واجهة وأدوات تطبيق remotexy.

يوضح الشكل (11) واجهة تطبيق الأندرويد الذي تم تصميمه، حيث يقدم معلومات شاملة عن منظومة تعقب اللوح الشمسي للشمس من حيث الجهد الناتج عن اللوح الشمسي (بالفولت) و زاوية تموضع اللوح الشمسي (والتي هي فعلياً بين 25 و335 درجة)، وطبيعة الحركة التي يتخذها كلا المحركين في المستويين الأفقي والعمودي، هل هي يسار يمين أو أعلى أسفل، وفي حال ثبات اللوح سيعرض القيمة Stable.

## >> Solar Tracker <<

Voltage: **1.72** V

Angle : **25.00** °

Movement (H) : **LEFT**

Movement (V) : **STABLE**

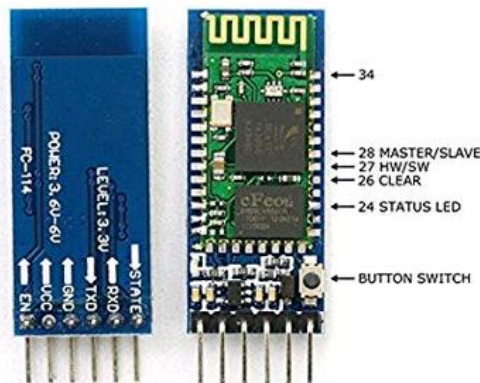
الشكل 11. تطبيق الأندرويد الخاص بنظام التعقب.

نظرا للتطور الكبير الذي في عالم انترنت الاشياء، تم تزويد النموذج بموديول للتواصل اللاسلكي لتبادل البيانات والتي تفيد في اعطاء التفاصيل الخاصة بوضعية اللوح والطاقة المكتسبة بشكل لحظي.

موديول البلوتوث HC-05 هي وحدة بلوتوث للاستخدام مع أي متحكم يستخدم بروتوكول UART لتسهيل ارسال واستقبال البيانات لاسلكياً، هذا يعني أنه يمكنه الاتصال بمعظم الهواتف وأجهزة الكمبيوتر المزودة بتقنية بلوتوث.

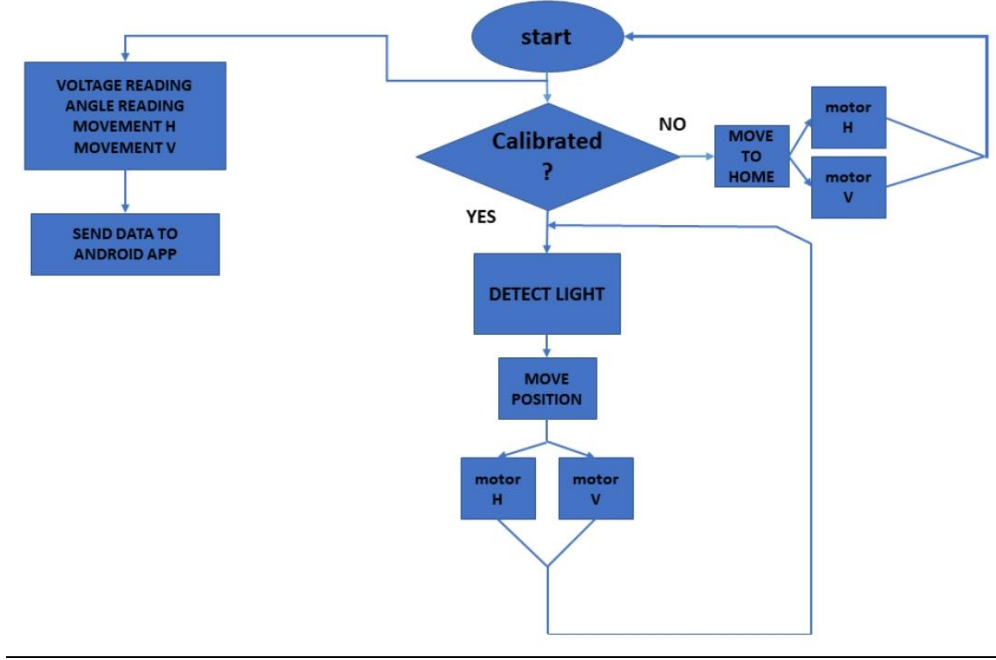
يوضح الشكل (12) موديول البلوتوث المستخدم،

## HC-05 FC-114



الشكل 12: بلوتوث HC-05.

يوضح الشكل 13 شرح الية عمل المنظومة.



الشكل 13 شرح الية عمل المنظومة

شرح الية عمل المنظومة: عند اعطاء التغذية للمنظومة تقوم المحركات بالمعايرة والذهاب الى موضع البداية, ثم تقوم الحساسات الضوئية بتحسس الضوء الساقط عليها و بناء على قراءة الحساسات التي تعتبر دخل لمتحكم الاردوينو يقوم المتحكم بمعالجة هذه القراءات وتحويلها من تشابهي الى رقمي ثم اعطاء الأمر اللازم لدارة القيادة I298n بتحريك المحركات من أجل الحصول على الموضع المناسب للوح الشمسي الذي تكون فيه شدة الاضاءة اكبر ما يمكن, اي اكبر نسبة ربح.

بعد التأكد من امكانية التحكم بالمنظومة عن طريق المقاومات الضوئية LDR و جمع كل الأفكار اللازمة, انتقلنا في مشروع التخرج 2 الى اجراء التصميم والدراسات اللازمة لتنفيذ المنظومة على أرض الواقع, وذلك باستخدام أبعاد وأوزان مستخدمة في منظومات تتبع أشعة الشمس عالميا.

نستعرض فيما يلي الأساسيات المادية والنموذج الرياضي والتحكمي التي قمنا باجرائها من اجل تنفيذ المشروع على أرض الواقع.

## الفصل الثالث

### الأساسيات المادية للمشروع

تم استخدام مجموعة من الأدوات لتصميم النموذج الخاص بمنظومة تتبع أشعة الشمس سنتحدث عنها تالياً، حيث تم الحصول على المعلومات الخاصة بكل عنصر من الـ Data sheet الخاصة به.

#### 1-3 لوح شمسي

استخدم في تنفيذ منظومة تتبع أشعة الشمس لوح شمسي 175 واط موضح في الشكل (14). له إطار من الألومنيوم المؤكسد الصلب والزجاج المقوى يمنعان التلف الناتج عن الصقيع و الثلج و البرد و الرياح العاتية مما يمنحه عمراً تصميمياً يزيد عن 25 عامًا من توليد الطاقة الثابتة و يبلغ وزنه 16kg.



Figure 57: SST 175-72M solar panel <sup>22</sup>

Information about the panel is listed in Table 15.

Table 16: Information about the SST 175-72M panel <sup>22</sup>

Manufacturer	CEEG Shanghai Solar Science and Technology
Model	SST 175-72M
Cell Type	Monocrystalline Cell
Cell Size	125 mm x 125 mm (4.92 in x 4.92 in)
Cells	6 x 12
Dimensions	1580 mm x 808 mm x 50 mm (62.2 in x 31.8 in x 1.9 in)
Weight	16 kg (35.5 lbs)
STC Power Rating	175 W
PTC Power Rating	156.5 W
Open Circuit Voltage	44.5 V
Short Circuit Current	5.34 A
Voltage at Maximum Power	35.3 V
Current at Maximum Power	4.96 A
Panel Efficiency	13.7%

الشكل 14: لوح شمسي 175 واط

### 2-3- المحركات

تختلف المحركات تبعاً لعزومها وسرعاتها، وطرق التحكم بحركتها. وقد اعتمدنا في بناء هذا النموذج على المحركات المتوفرة في السوق المحلية وهي من النوع DC Motor، حيث تستخدم محركات التيار المستمر في العديد من تصميمات الميكاترونك، بسبب خواص العزم-السرعة التي تقدمها، كما أن سعرها مناسب، والتحكم بها سهل، تم استخدام محرك من نوع DC، محرك القاعدة يعمل على جهد 12V و يقدم عزم مقداره 14N.M، ومشغل خطي يقوم بتحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية من أجل تحريك اللوح الشمسي على المحور الأفقي.

يوضح الشكل 15 محرك القاعدة.



Figure 75: AM Equipment 214 Series Gearhead Motor <sup>23</sup>

motor is shown below in Table 17

Information about the AM Equipment 214 Series Gearhead Motor <sup>23</sup>

Manufacturer	AM Equipment
Voltage	12.0 V DC
Torque	14 Nm
Weight	1.6 lb
No load	
Speed (rpm)	75.9 ~ 62.1
Current (A)	3.3 ~ 2.7
Stall load	
Speed (rpm)	19.4 ~ 15.9
Current (A)	31.7 ~ 26
Peak power	
Speed (rpm)	36.5 ~ 30
Current (A)	10.5 ~ 8.6

الشكل 15: محرك القاعدة

يوضح الشكل 16 المشغل الخطي المربوط مع اللوح الشمسي.



Figure 74: ServoCity 6-12V DC 6" stroke linear actuator<sup>20</sup>

about the linear actuator is shown below in Table 16.

Table 17: Information about the ServoCity linear actuator

Manufacturer	ServoCity
Operating Voltage	6.0 ~ 12.0 V DC
Operating Temperature	-20 ~ +65 °C -14.8 ~ +149 °F
Operating Speed @ 12 V	.50"/second (No load) .39"/second (Maximum load)
Dynamic Thrust	115 lbs
Static Load	500 lbs
Current Rating @ 12 V	700mA (No load)
Motor Type	3 Pole Ferrite
Potentiometer	10kΩ
Gear Ratio	20:1
Duty Cycle	25%

الشكل 16: المشغل الخطي المربوط مع اللوح الشمسي

### 3-3- المتحكم

يمكن استخدام أي متحكم للتحكم بالنموذج المقترح، ولذلك تم اختيار المتحكم Arduino Uno

وهو عبارة عن منصة إلكترونية مفتوحة المصدر، تعتمد في الغالب على برامج وأدوات صغيرة وسهلة الاستخدام. يمكن أن يؤثر على الأجهزة، مثل الأضواء والمحركات والمشغلات الأخرى من خلال استقبال المدخلات من جهاز الاستشعار.

كل الإجراءات التي يقوم بها Arduino هي مبرمجة على متحكم عبر لغة برمجة و بيئة تطوير خاصة به. و يمكن أن يتم التواصل مع تطبيقات البرامج الأخرى التي تعمل على جهاز كمبيوتر وأنواع أخرى من الأجهزة.

يوضح الشكل (9) مكونات المتحكم، و الذي يوفر منافذ لتوصيل المكونات الإلكترونية كالمجسات إلى المتحكم مباشرة عن طريق 14 منفذ من النوع الرقمي (digital input/ output).

و 6 منافذ إدخال تشابهية.



الشكل 17 مكونات لوحة الأردوينو أونو.

يتم تزويد الأردوينو أونو بالطاقة إما من خلال منفذ الـ USB فقط، أو عن طريق استخدام مصدر خارجي كمحول كهربائي أو بطارية 9 فولط أو 4 بطاريات 1.5 فولط. ينصح باستخدام جهد يتراوح من 6 إلى 12 فولط.

### 4-3- دائرة قيادة المحركات

يجب على وحدة قيادة المحرك تحمل التيار الذي يتطلبه المحرك لاعطاء العزم المطلوب منه، وبما ان المحركات المختارة للنموذج ذات عزوم ضعيفة نسبيا كون النموذج ذو وزن خفيف قد تم اختيار دائرة القيادة L298N، حيث يمكن بواسطتها قيادة المحركين بالاتجاهين.

يوضح في الشكل (18) البنية العامة لوحدة القيادة (يوضح اهم أجزائها الخارجية ومداخلها ومخارج الجهد منها). تتكون من عدد من العناصر الالكترونية المتكاملة في الأداء، ومنها:



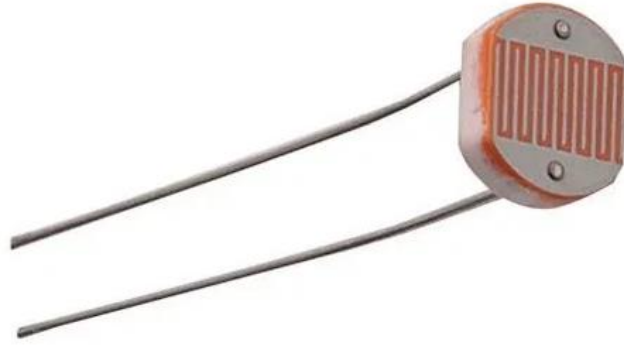
الشكل 18 دائرة قيادة L298 module.

1. الدارة المتكاملة LM298 motor driver IC.
2. منظم جهد 78M05 Voltage Regulator.
3. المكثفات.
4. المقاومات.
5. مبرد الحرارة.
6. مؤشر طاقة Power LED.



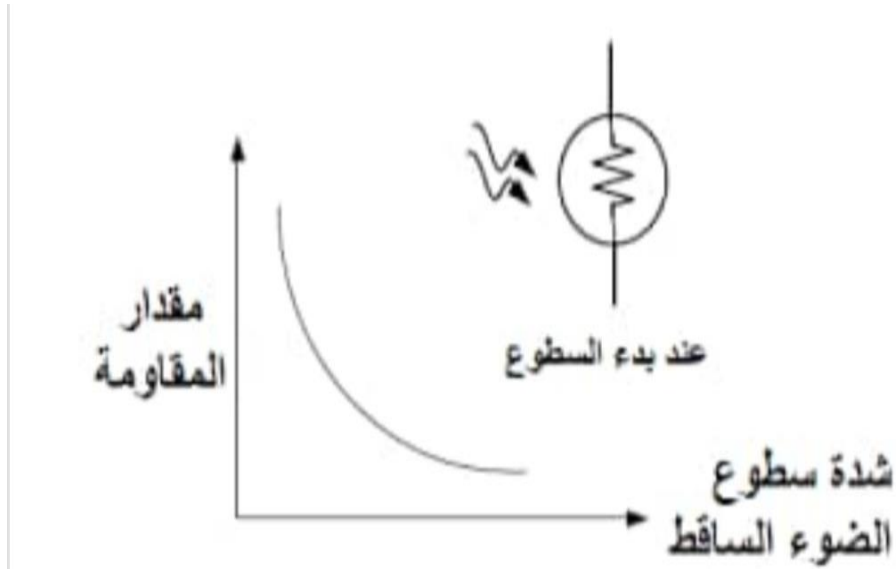
### 5-3- الحساسات الضوئية

يمكن تحسس اشعة الشمس عن طريق قياس الحرارة او الضوء الناتج عنها, وقد اعتمدنا طريقة تحسس الضوء لسهولة التطبيق وتوافر الحساسات. حيث تم استخدام مقاومات كهربائية حساسة للضوء Light diode resistance والتي يرمز لها اختصار LDR وهي مقاومة كهربائية تقل مقاومتها مع اشتداد سطوع الضوء عليها وتزداد عند انخفاضه. وبالتالي يمكن عن طريق الجهد المار عبر المقاومة معرفة مدى سطوع الضوء على سطح اللوح الشمسي.



الشكل 19: المقاومة الضوئية.

يوضح الشكل (20) مبدأ عمل المقاومة الضوئية.



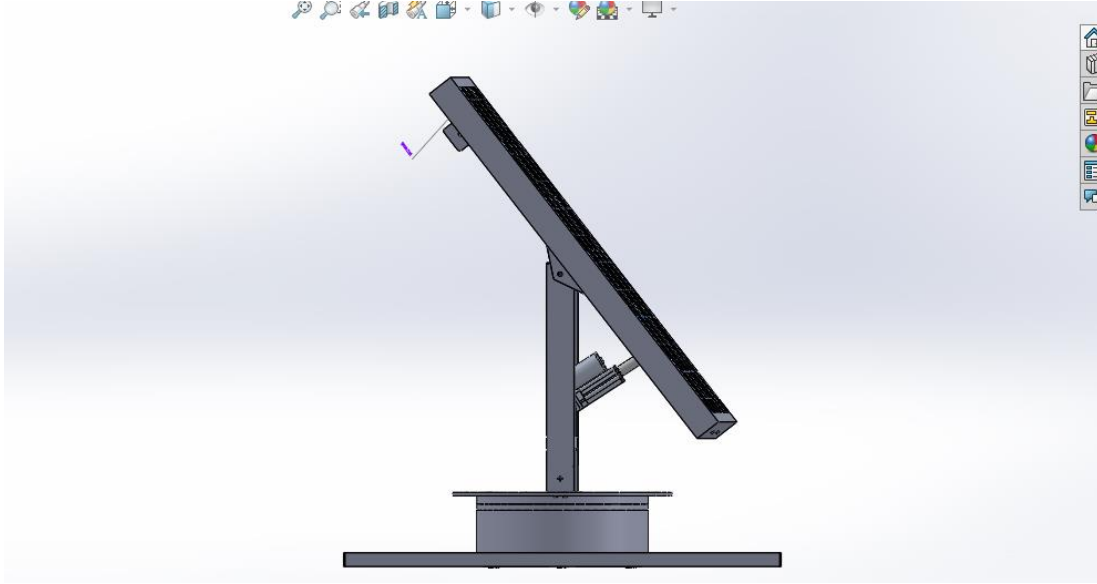
الشكل 20. مبدأ عمل المقاومة الضوئية

## الفصل الرابع

### الدراسات الرياضية والديناميكية و النتائج

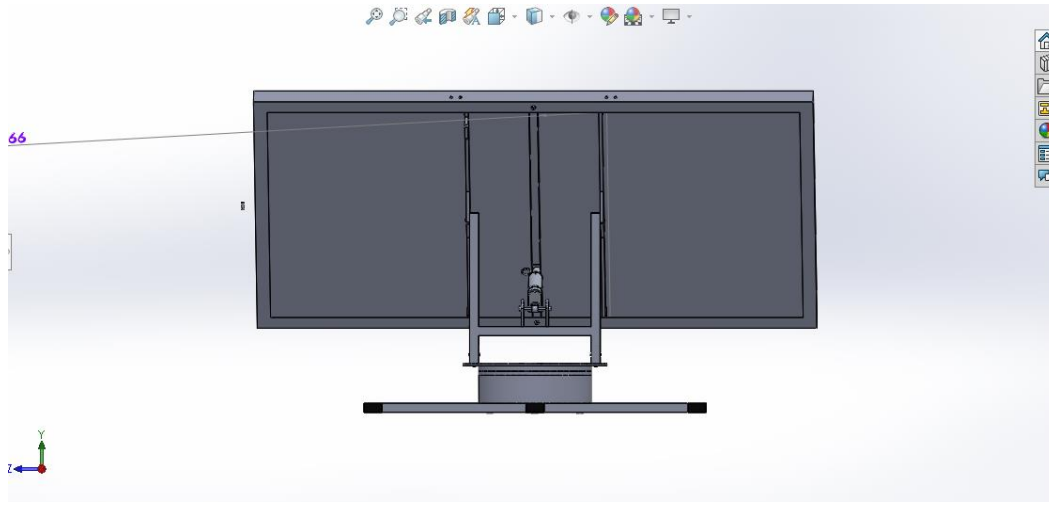
#### 1-4- التصميم

تم تصميم نموذج منظومة تعقب أشعة الشمس باستخدام برنامج **solidworks**, اعتمدنا في التصميم على التصاميم الموجودة على أرض الواقع, مع مراعاة الابعاد و الأوزان الحقيقية, يكون اللوح الشمسي في حالة تعامد مع المشغل الخطي وهو في منتصف امتداده, من أجل أن نحصل على أكبر قوة دفع ممكنة, يوضح الشكل 21 المسقط الجانبي للتصميم المعتمد في مشروعنا.



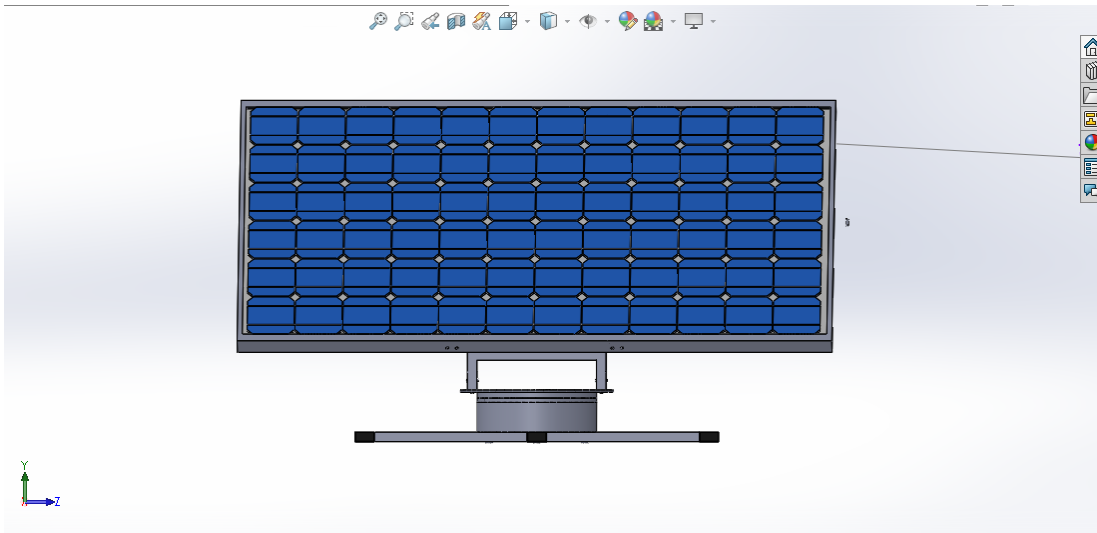
الشكل 21: تصميم النموذج باستخدام برنامج **solidworks**

يوضح الشكل 22 المسقط الخلفي للتصميم.



الشكل 22: مسقط خلفي للتصميم

يوضح الشكل 23 المسقط الأمامي للتصميم.



الشكل 23: مسقط أمامي للتصميم

## 2-4- النموذج الرياضي

يتم دراسة تتبع أشعة الشمس بطريقتين، هما:

1. تعقب مسار الشمس (SUN PATH TRACKING)
2. تتبع قراءة الحساسات (SENSOR FEEDBACK BASED TRACKING)

### 1. تعقب مسار الشمس (SUN PATH TRACKING):

يمتد الوطن العربي على 39 دائرة عرض من الشمال إلى الجنوب، ويسبب هذا الامتداد اختلاف زوايا ميلان الألواح الشمسية، حتى ضمن البلد الواحد. فيما يلي بعض زوايا الميلان الخاصة بالألواح (درجة) كي تحقق عمودية الأشعة في سوريا، والتي تختلف حسب فصول السنة ومن شهر لآخر.

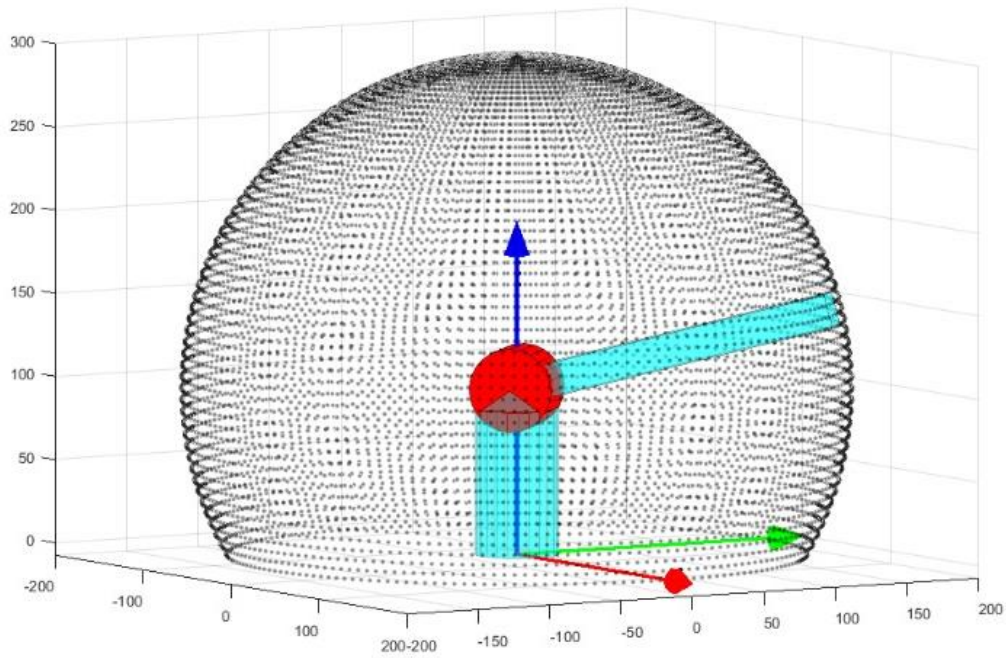
الجدول 1. زوايا ميلان ألواح الطاقة الشمسية في سوريا (المنطقة الساحلية).

ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران
52	44	36	28	20	12
تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
20	28	36	44	52	60

وتبقى الزاوية الأفضل والأكثر مردود للطاقة الشمسية هي الزاوية 23 درجة والسبب:

تميل الكرة الأرضية عن المحور الشاقولي بزاوية 23 درجة تقريباً، والألواح تقوم بالشحن، أي يتم شحنها، بأكبر قدر ممكن عندما تكون شاقولية مع الشمس.

يمكن تمثيل فضاء العمل لآلية التحريك المستخدمة في النموذج على شكل نصف كرة، حيث يمكن تتبع مسقط مسار الشمس على هذا الفضاء، وبمعرفة احداثيات هذه النقطة يمكن حل الموديل الهندسي العكسي وايجاد الزوايا اللازمة لوضع اللوح في المكان والتوجه الصحيح بالنسبة لاشعة الشمس.



الشكل 24. طريقة SUN PATH TRACKING

The DH parameters are in the following table:

LINK	$a_i$	$\alpha_i$	$d_i$	$\theta_i$
1	0	-90	$L_1$	$\theta_1$
2	$L_2$	0	0	$\theta_2$

$$T^i_{i-1} = \begin{bmatrix} C_{\theta_i} & -S_{\theta_i} C_{\alpha_i} & S_{\theta_i} S_{\alpha_i} & a_i C_{\theta_i} \\ S_{\theta_i} & C_{\theta_i} C_{\alpha_i} & -C_{\theta_i} S_{\alpha_i} & a_i S_{\theta_i} \\ 0 & S_{\alpha_i} & C_{\alpha_i} & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{01} = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & C_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{12} = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & L_2 C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & L_2 S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{02} = \begin{bmatrix} C_1 C_2 & -C_1 S_2 & -S_1 & L_2 C_1 C_2 \\ S_1 C_2 & -S_1 S_2 & C_1 & L_2 S_1 C_2 \\ -S_2 & -C_2 & 0 & L_1 - L_2 S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_{02} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 C_1 C_2 \\ L_2 S_1 C_2 \\ L_1 - L_2 S_2 \end{bmatrix}$$

P02 هو شعاع الموضع للنهاية المؤثرة التي تمثل اللوح الشمسي في مشروعنا.

$$X_1 = L_2 C_1 C_2$$

$$Y_1 = L_2 S_1 C_2$$

$$\Rightarrow X_1 S_1 - Y_1 C_1 = 0$$

$$\frac{S_1}{C_1} = \frac{Y_1}{X_1}$$

$$\theta_1 = \text{atan}(y_1, x_1)$$

$$\sin(\theta_2) = \frac{-Z_1 + L_1}{L_2} = \theta$$

$$\theta_2 = \text{atan}(\theta, \pm\sqrt{1 - \theta^2})$$

تؤخذ من الربع الأول

The jacobian:

$$\Sigma = J \cdot \Theta$$

$$J = \begin{bmatrix} Z_0 & \Lambda(o_2 - o_0) & Z_1 & \Lambda(o_2 - o_1) \\ & Z_0 & & Z_1 \end{bmatrix}$$

$$Z_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad o_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Z_1 = \begin{bmatrix} -S_1 \\ C_1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad o_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L_1 \end{bmatrix}$$

$$o_2 = \begin{bmatrix} L_2 C_1 C_2 \\ L_2 S_1 C_2 \\ L_1 - L_2 S_2 \end{bmatrix} \quad Z_2 = \begin{bmatrix} -S_1 \\ C_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Z_0 \Lambda(o_2 - o_0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \Lambda \begin{bmatrix} L_2 C_1 C_2 \\ L_2 S_1 C_2 \\ L_1 - L_2 S_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -L_2 S_1 C_2 \\ L_2 C_1 C_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Z_1 \Lambda(o_2 - o_1) = \begin{bmatrix} -S_1 \\ C_1 \\ 0 \end{bmatrix} \Lambda \begin{bmatrix} L_2 C_1 C_2 \\ L_2 S_1 C_2 \\ -L_2 S_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -L_2 S_2 C_1 \\ -L_2 S_1 S_2 \\ -L_2 C_2 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = J \cdot \Theta = \begin{bmatrix} -L_2 S_1 C_2 & -L_2 S_2 C_1 \\ L_2 C_1 C_2 & -L_2 S_1 S_2 \\ 0 & -L_2 C_2 \\ 0 & -S_1 \\ 0 & C_1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Theta \cdot 1 \\ \Theta \cdot 2 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} -L_2 S_1 C_2 \Theta \cdot 1 & -L_2 S_2 C_1 \Theta \cdot 2 \\ L_2 C_1 C_2 \Theta \cdot 1 & -L_2 S_1 S_2 \Theta \cdot 2 \\ -L_2 C_2 \Theta \cdot 2 \\ -S_1 \Theta \cdot 2 \\ C_1 \Theta \cdot 2 \\ \Theta \cdot 1 \end{bmatrix}$$

## 2. تتبع قراءة الحساسات (SENSOR FEEDBACK BASED TRACKING):

يتم بهذه الطريقة تحريك المحركات بناء على قراءة المقاومات الضوئية والتي تساعد على إعادة توجيه اللوح حتى يكون الأشعاع الشمسي بحده الأقصى.

يتطلب الأمر تجميع القراءات من الحساسات المختلفة وربطها مع بعضها وفق خوارزمية بسيطة لتحديد اتجاه ومقدار الدوران لكل محرك وفي كل اتجاه للحصول على التوجه الأفضل بالنسبة للشمس.

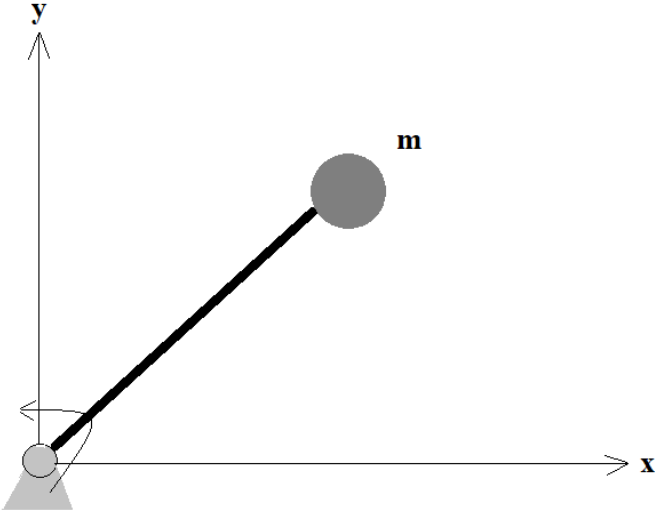
إن تحريك المحركات بالانسيابية والسرعة المطلوبة يقتضي دراسة حركة الآلية وأخذ الكتل وعزوم العطالة بعين الاعتبار.

### معادلات الحركة للنموذج:

بما أن اللوح متجانس يكون مركز الثقل في المنتصف ولتبسيط دراسة معادلات الحركة الديناميكية وفق لاغرانج نستعيض عن اللوح بكتلة في المركز.

من مصفوفة الانتقال p02:

$$p_0^2 = \begin{bmatrix} l_2 c_1 c_2 \\ l_2 s_1 c_2 \\ l_1 - l_2 s_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$



الشكل 25. تمثيل حركة اللوح.

$$\Sigma = j \cdot \theta' = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ w_x \\ w_y \\ w_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_2(s_1 c_2 \theta'1 + c_1 s_2 \theta'2) \\ l_2(c_1 c_2 \theta'1 - s_1 s_2 \theta'2) \\ -l_2 c_2 \theta'2 \\ -s_1 \theta'2 \\ c_1 \theta'2 \\ \theta'1 \end{bmatrix}$$



$$R_0^1 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & 0 & -\sin \theta_1 \\ \sin \theta_1 & 0 & \cos \theta_1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$r_1 = [0; 0; l_1/2];$$

$$X_1 = 0;$$

$$Y_1 = 0;$$

$$Z_1 = l_1;$$

$$v_1 = [0; 0; 0];$$

$$w_1 = [0; 0; \theta'_1];$$

$$K_1 = (I_{z1} * \theta'^2_1) / 2$$

$$P_1 = 0$$

$$r_2 = [0; 0; l_2/2];$$

$$X_2 = l_2 * \cos \theta_1 * \cos \theta_2;$$

$$Y_2 = l_2 * \sin \theta_1 * \cos \theta_2;$$

$$Z_2 = l_1 - l_2 * \sin \theta_2;$$

$$v_2 = [\text{diff}(X_2); \text{diff}(Y_2); \text{diff}(Z_2)];$$

$$w_2 = [-\sin \theta_1 * \theta'_2; \cos \theta_1 * \theta'_2; 0];$$

$$R_0^2 = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 * \cos \theta_2 & -\cos(\theta_1 * \sin \theta_2) & -\sin \theta_1 \\ \sin \theta_1 * \cos \theta_2 & -\sin \theta_1 * \sin \theta_2 & \cos \theta_1 \\ -\sin \theta_2 & -\cos \theta_2 & 0 \end{bmatrix};$$

$$K_2 = (I_{x2} * \theta'^2_2) / 2 - (I_{x2} * c_1^2 * \theta'^2_2) / 2 + (I_{y2} * c_1^2 * \theta'^2_2) / 2 - (I_{xy2} * 2 * c_1 * c_2 * \theta'^2_2) / 4 -$$

$$(I_{yx}^2 * c_1 * c_2 * \theta'^2) / 4 + (l^2 * m^2 * \theta'^2) / 2 + (l^2 * m^2 * c_2^2 * \theta'^1) / 2$$

$$P_2 = m^2 * g * l * c_2 * s_1$$

$$L = (K_1 + K_2 - P_1 - P_2)$$

$$\Rightarrow L = (I_x^2 * \theta'^2) / 2 + (I_z^1 * \theta'^1) / 2 - (I_x^2 * c_1^2 * \theta'^2) / 2 + (I_y^2 * c_1^2 * \theta'^2) / 2 - (I_{xy}^2 * c_1 * c_2 * \theta'^2) / 4 - (I_{yx}^2 * c_1 * c_2 * \theta'^2) / 4 + (l^2 * m^2 * \theta'^2) / 2 + (l^2 * m^2 * c_2^2 * \theta'^1) / 2 - g * l * m^2 * c_2 * s_1$$

$$\tau_i = \frac{d}{dt} \left( \frac{dl}{d\theta_i} \right) - \frac{dl}{d\theta_i}$$

$$\tau_1 = I_z^1 * \theta_1'' + (I_{xy}^2 * (2 * c_1^2 - 1) * \theta'^2) / 2 + (I_{yx}^2 * (2 * c_1^2 - 1) * \theta'^2) / 2 - (I_x^2 * c_1^2 * \theta'^2) / 2 + (I_y^2 * c_1 * c_2 * \theta'^2) / 2 + l^2 * m^2 * c_2^2 * \theta_1'' - l^2 * m^2 * \sin(2 * \theta_2) * \theta_1' * \theta_2' + g * l * m^2 * c_1 * c_2$$

$$\tau_2 = I_x^2 * \theta_2'' - I_x^2 * c_1^2 * \theta_2'' + I_y^2 * c_1^2 * \theta_2'' - (I_{xy}^2 * c_1 * c_2 * \theta_2'') / 2 - (I_{yx}^2 * c_1 * c_2 * \theta_2'') / 2 + l^2 * m^2 * \theta_2'' + (l^2 * m^2 * \sin(2 * \theta_2) * \theta_1'^2) / 2 - I_{xy}^2 * \cos(2 * \theta_1) * \theta_1' * \theta_2' - I_{yx}^2 * \cos(2 * \theta_1) * \theta_1' * \theta_2' + I_x^2 * c_1^2 * \theta_1' * \theta_2' - I_y^2 * c_1 * c_2 * \theta_1' * \theta_2' - g * l * m^2 * s_1 * s_2$$

$$\begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \end{bmatrix} = D(\theta) \begin{bmatrix} \theta_1'' \\ \theta_2'' \end{bmatrix} + H(\theta, \theta') + G(\theta)$$

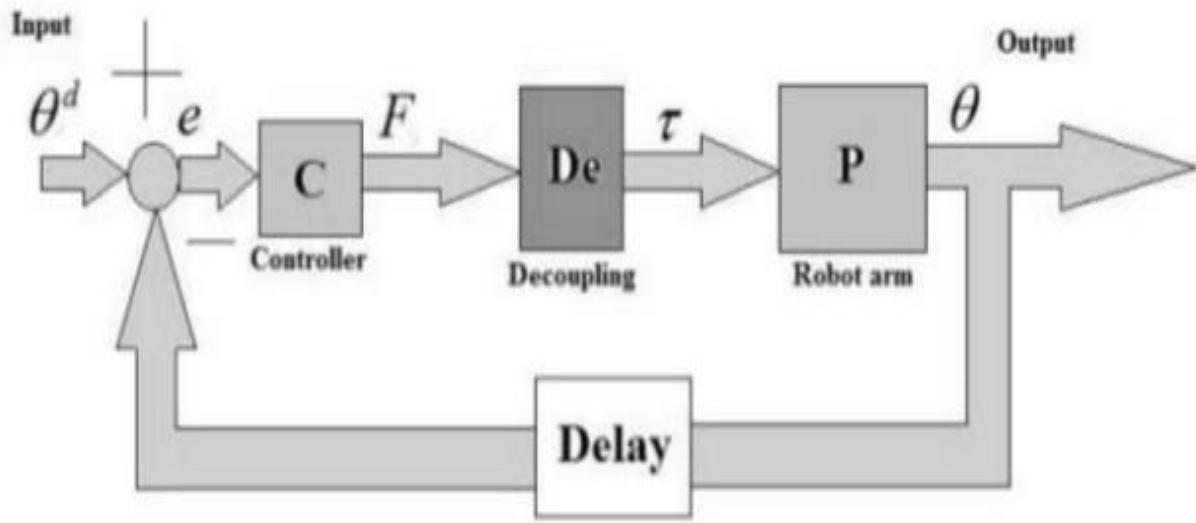
المصطلحات و الرموز المستخدمة.

K	الطاقة الحركية	[ J ]
P	الطاقة الكامنة	[ J ]
L	معادلة لاغرانج	[-]
J	مصفوفة الجاكوبيان	[-]
$\theta_i$	موضع زاوية المفصل	[rad]
$\theta_i'$	السرعة الزاوية	[rad/s]
$\theta_i''$	التسارع الزاوي	[rad/s <sup>-2</sup> ]
$m_i$	الكتلة	[kg]
$l_i$	الطول	[cm]
$\tau_i$	عزم المحرك	[N.M]
G	تسارع الجاذبية الأرضية	[ms <sup>-2</sup> ]
D ( $\theta$ )	مصفوفة العزوم	[-]
H ( $\theta , \theta'$ )	القوى المركزية وقوة كوريوليس	[-]
G ( $\theta$ )	قوة الجاذبية	[-]
$\Sigma$	نموذج السرعة المباشر باستخدام جاكوبيان	
$p_0^2$	شعاع الموضع	
$R_0^2$	مصفوفة الدوران	

### 3-4- التحكم

يتم تنفيذ وحدة المتحكم التكاملي التفاضلي التناسبي (PID) من أجل التحكم الفعال بالمنظومة، نحتاج الى متحكمين من نوع PID من أجل الحركة حول المحور الأفقي، والحركة حول المحور الشاقولي، لأن الحركتين تعتمدان على بعضهما البعض في تحديد الموضع المناسب للوح الشمسي، الهدف الرئيسي هو جعل اللوح الشمسي يتحرك أو يتوقف في الموضع المطلوب تحقيقه.

يوضح الشكل 26 نظام الحلقة المغلقة لمنظومة تتبع أشعة الشمس



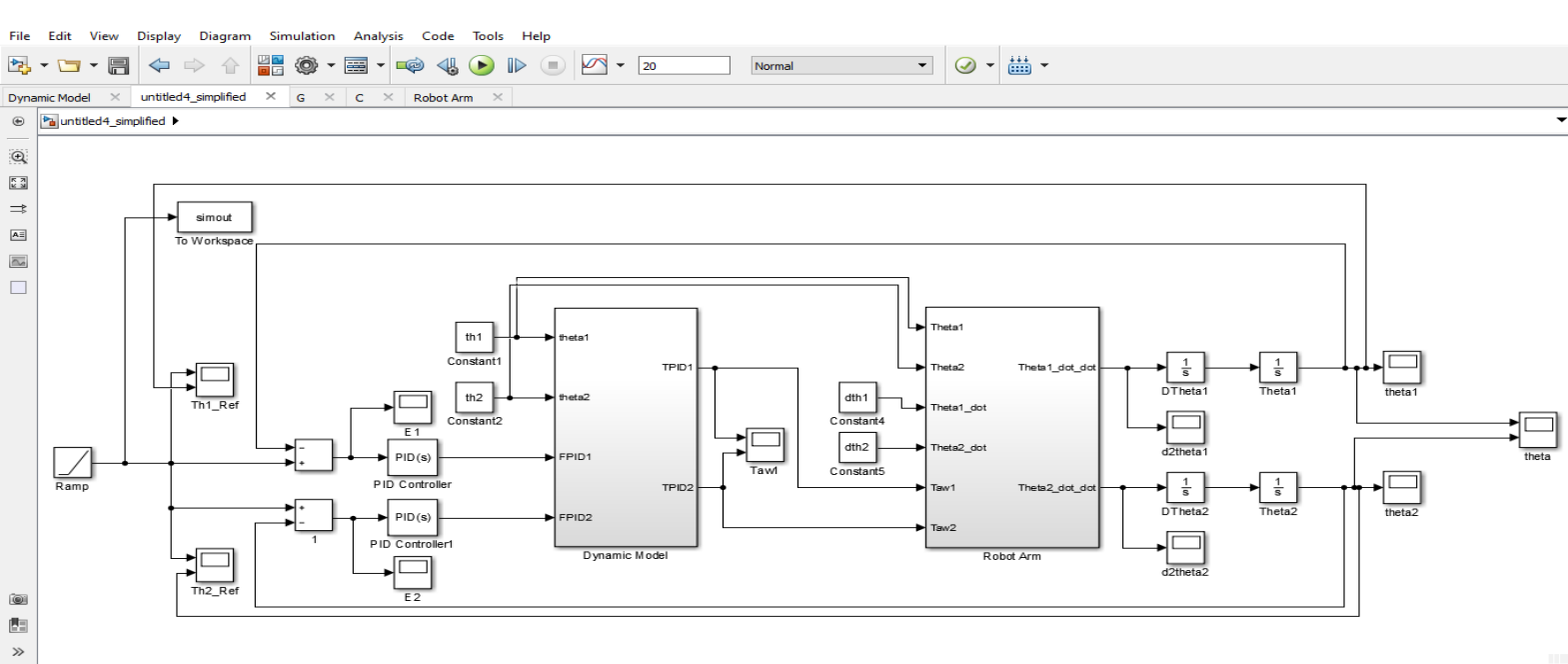
الشكل 26 نظام الحلقة المغلقة لمنظومة تتبع أشعة الشمس

تم اعداد نموذج Simulink لمنظومة تتبع أشعة الشمس بناء على معادلات الحركة الديناميكية باستخدام طريقة لاغرانج، يتم تقسيم هذا النموذج الى عدد من الأنظمة الفرعية لتقليل تعقيد النظام و حجمه، وتكون هذه الأنظمة مجتمعة كنموذج واحد مثل ما هو مبين في الشكل 27.

يوضح الجدول 2 البارامترات الخاصة بمنظومة تتبع أشعة الشمس

parameter	Link1	Link2	unit
m	23.5	1.6	kg
L	51	8.5	cm
g	9.81	9.81	m.s <sup>-2</sup>

يوضح الشكل 27 نموذج Simulink لمنظومة تتبع أشعة الشمس.



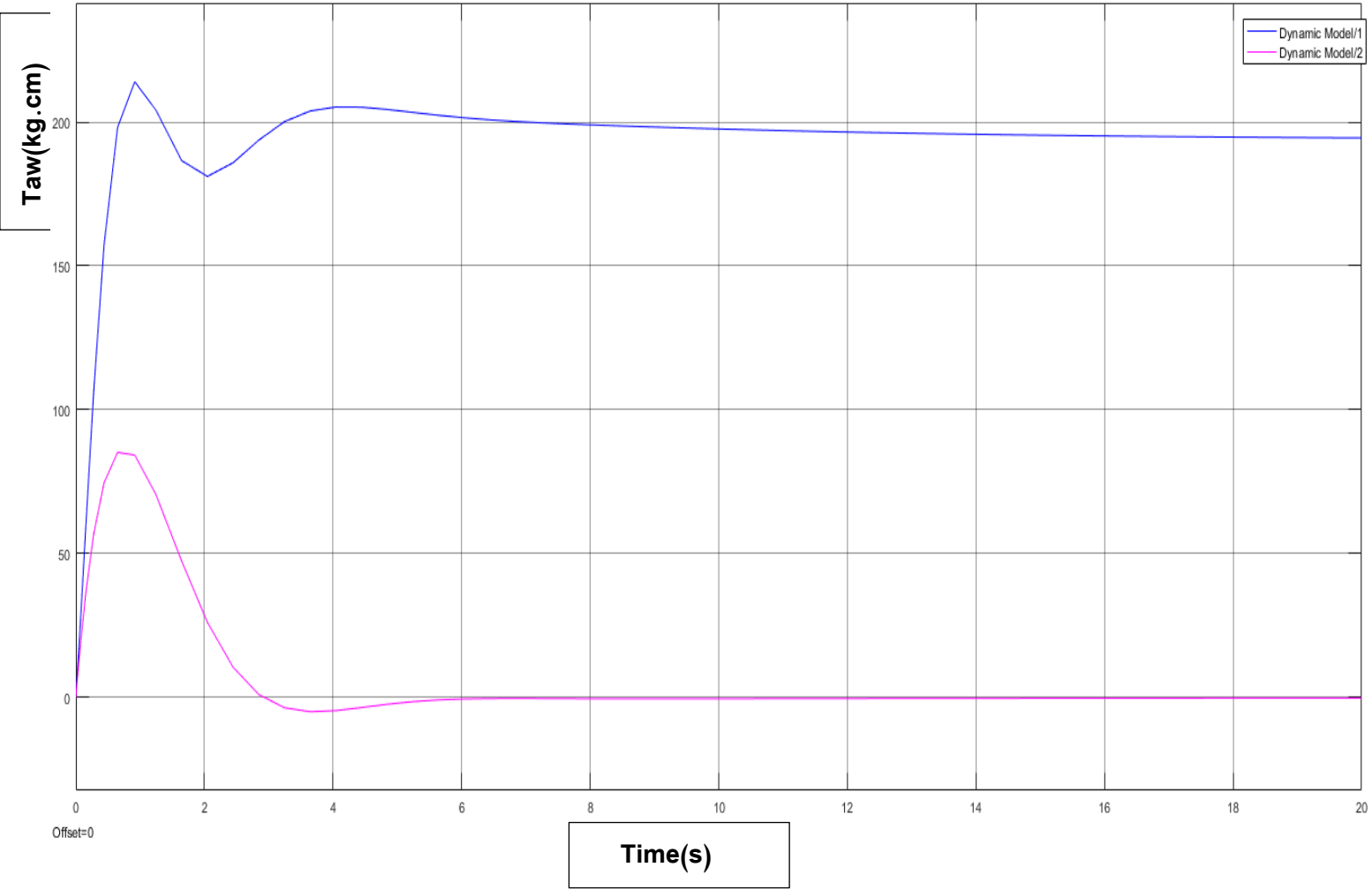
الشكل 27: نموذج Simulink لمنظومة تتبع أشعة الشمس

تمت محاكاة النموذج والتأكد من صحته باستخدام قيم مختلفة من زوايا المفصل .  
تضمن استراتيجية التحكم امكانية الحصول على موضع زاوية المفصل المرغوبة.

يوضح الجدول 3 قيم المتحكم PID

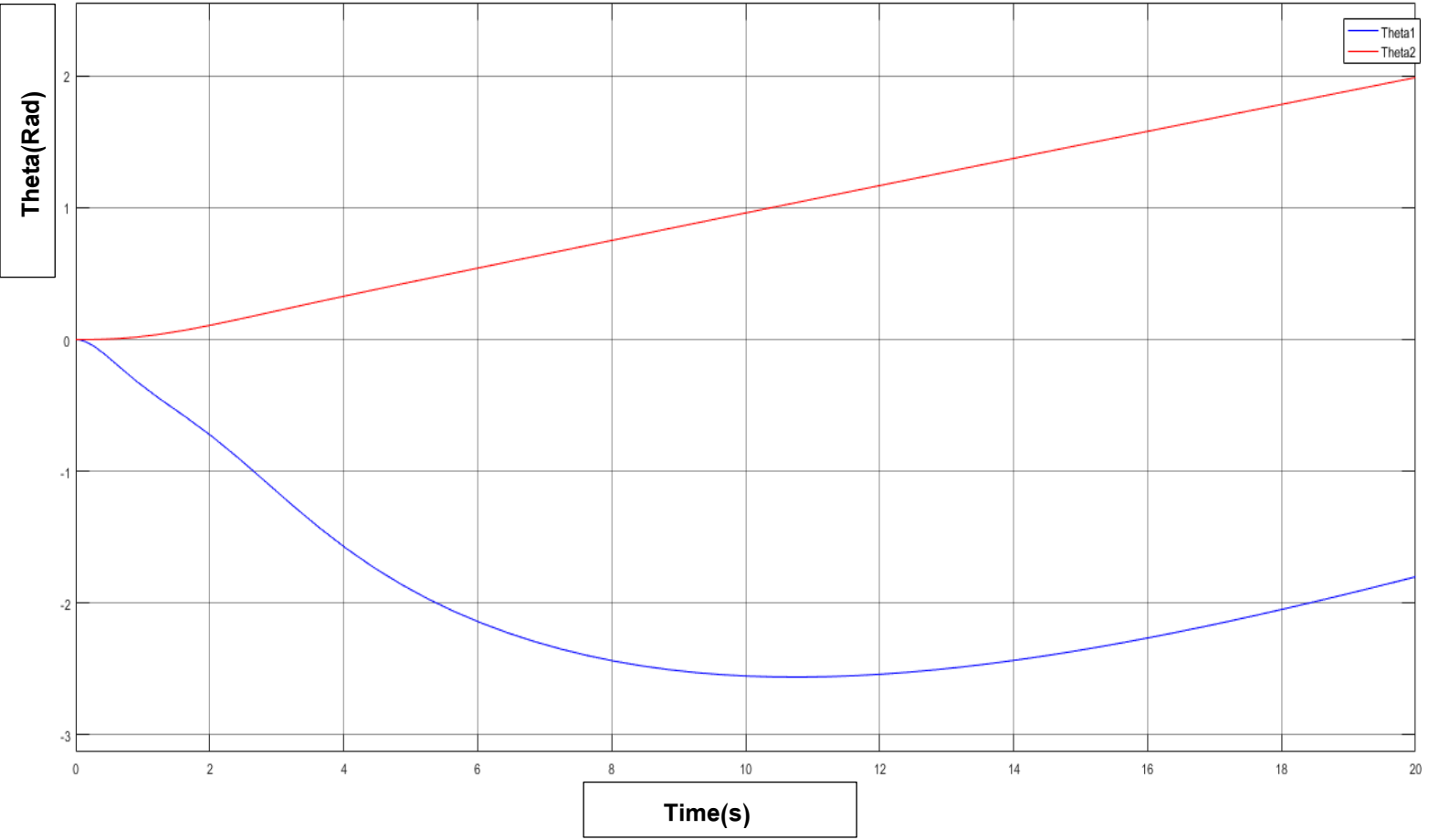
parameter	Link1	parameter	Link2
Kp1	-12504.1	Kp2	-1458.1
Kd1	-65586.1	Kd2	-7648.4
Ki1	-585.3	Ki2	-68.2

يوضح الشكل 28 عزم الدوران المطبق على المحورين في حال اشارة دخل ramp.



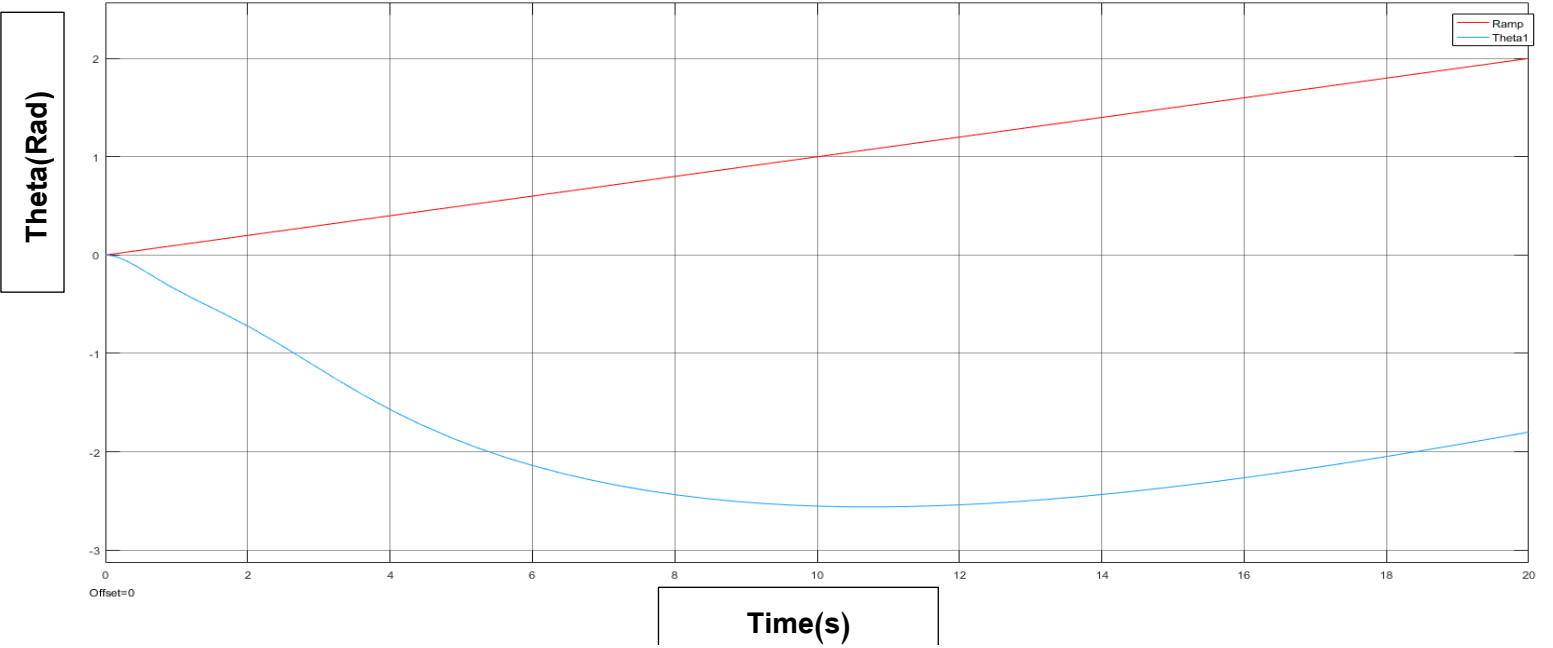
الشكل 28 عزم الدوران المطبق على المحورين في حال اشارة دخل ramp

يوضح الشكل 29 زاوية الموضع بالنسبة للمحورين في حال اشارة دخل ramp

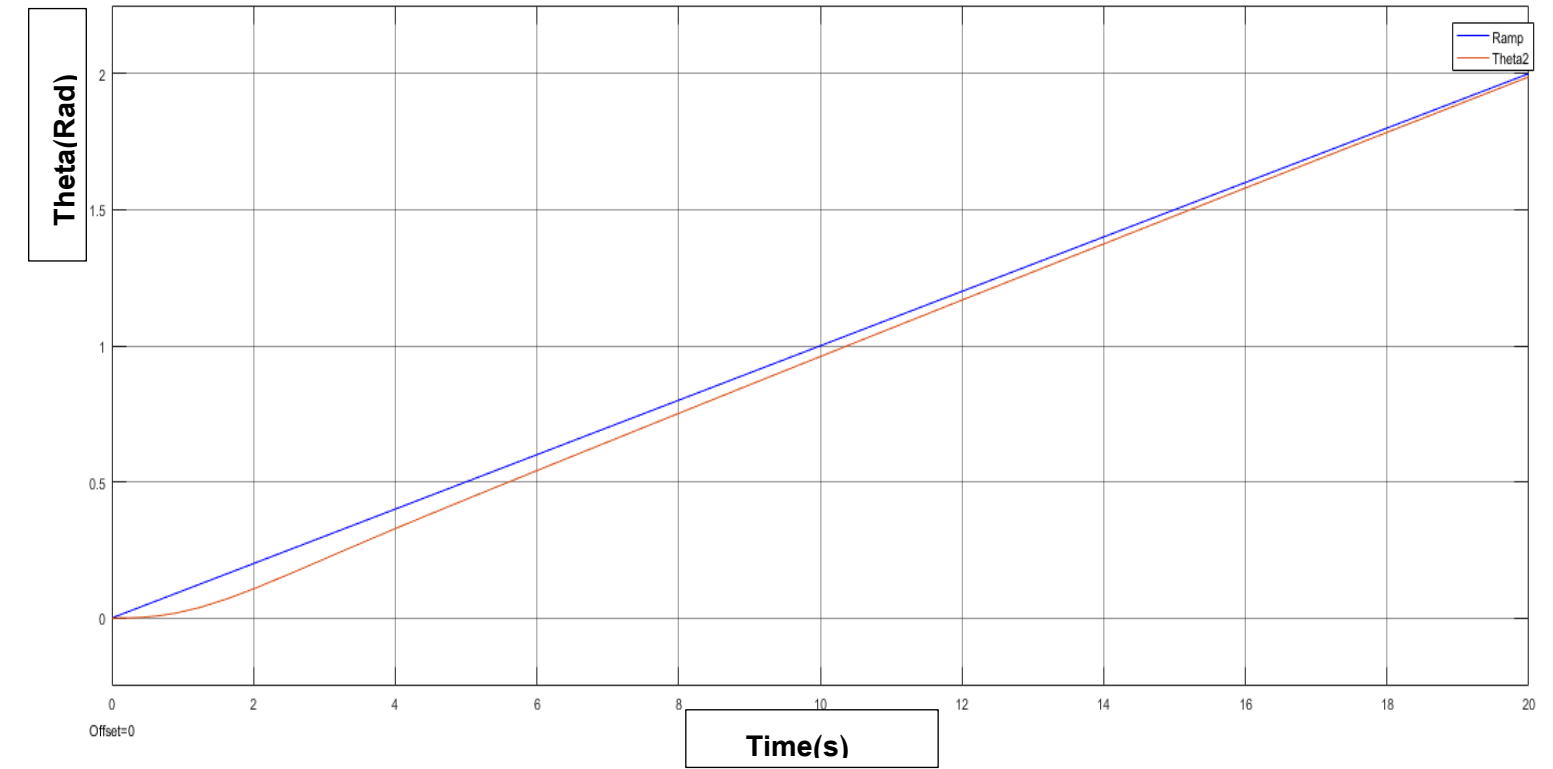


الشكل 29: زاوية الموضع بالنسبة للمحورين في حال اشارة دخل ramp

يوضح الشكل 30 و 31 نسبة الخطأ بين زاوية الموضع وإشارة الدخل ramp



الشكل 30 : نسبة الخطأ بين زاوية الموضع theta 1 وإشارة الدخل ramp



الشكل 31 : نسبة الخطأ بين زاوية الموضع theta 2 وإشارة الدخل ramp



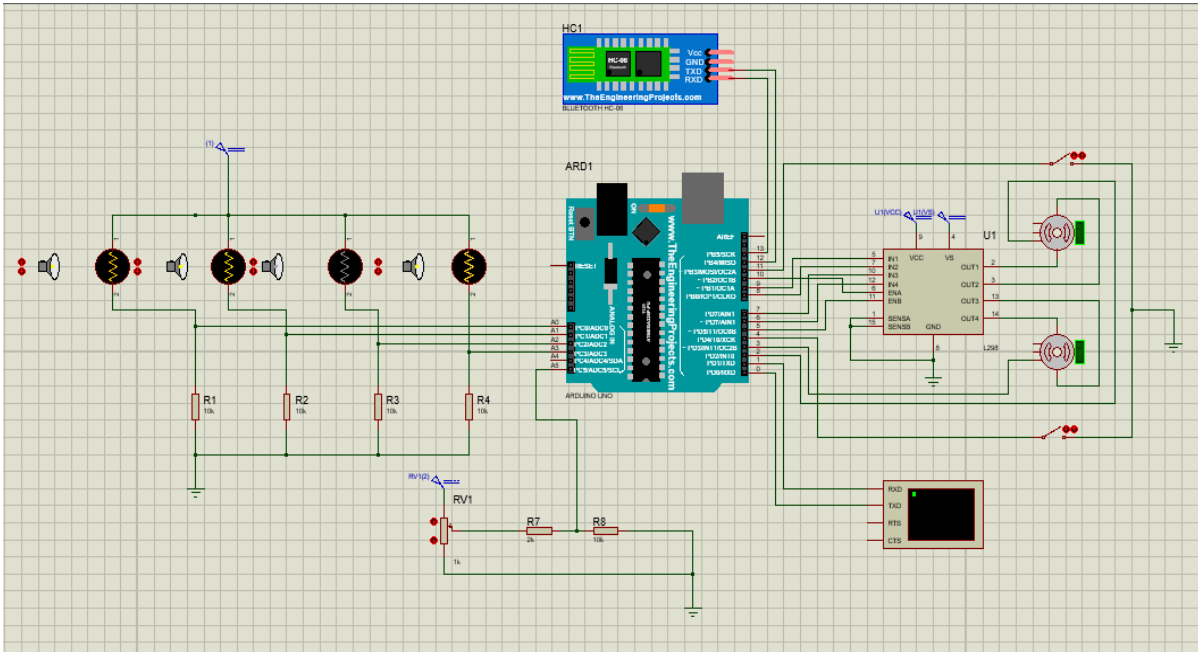
## 4-4- مبدأ العمل والحركة

الهدف المطلوب من نموذج مشروعنا هو تعقب اشعة الشمس للحصول على اكبر مردود من الطاقة، وذلك عبر التحكم بحركة اللوح في محورين X,Y يقوم محركان للمستمز بتحركيهما بناء على قراءة المقاومات الضوئية. يتم تركيب المقاومات الضوئية على كل من المحورين X,Y واحدة على كل طرف. تكون القيمة المثالية للفرق بين المقاومتين والتي تعني أن اللوح الشمسي في تعامد مع أشعة الشمس هي 0.

اللوحة المستخدم في التصميم هو لوح شمسي 175 واط و تقدر قيمة الجهد الصادر عنه بناء على التعقب 45 فولط.

بالنسبة لألية الحركة، يقوم المحور السفلي بتشكيل دورة يمين يسار، و المشغل الخطي سيقوم بتحريك اللوح من الأعلى للأسفل و بالعكس،

يوضح الشكل (32) الدارة ممثلة على برنامج برتوس.



الشكل 32 : مخطط الدارة باستخدام برنامج برتوس.

يوضح الشكل السابق توصيل عناصر الدارة باستخدام برنامج برتوس، توصل المقاومات الضوئية كل مقاومة على حدى مع مقاومات الى ارضي الدارة ، قيمة كل مقاومة منها 10 كيلو اوم من اجل تأمين وصلة مقسم الجهد وذلك للحصول على فروقات في الجهد ليقارن على اساسها المتحكم، و بناء على هذه المقارنة يقوم المتحكم باصدار الامر لدارة القيادة من اجل تحريك المحركين على المحورين الافقي والشاقولي، من اجل الحصول على افضل موضع للوحة الشمسي الذي تكون فيه نسبة الريح اكبر ما يمكن.

## الفصل الخامس

### الخاتمة والأفاق المستقبلية

رغم ما يقدمه هذا النظام من فائدة في زيادة إنتاجية الألواح الشمسية إلا أن العيب يتمثل في حساسيته لبعض الظروف الجوية، وقد لا يكون قادراً على الاستمرار في التعامل مع الشمس في يوم غائم. من جهة أخرى، فإن حركة الألواح على مدار اليوم قد تؤدي في بعض الأوقات إلى تخفيف شدة الإضاءة الواصلة إلى جميع الألواح نتيجة الظل الذي قد يتشكل.

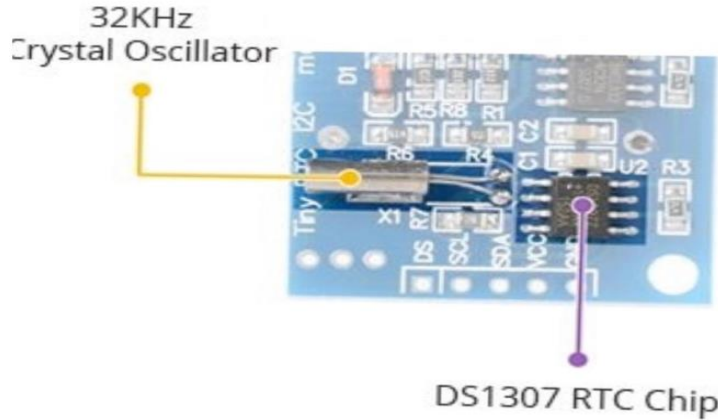
ولا بد من أن نذكر أن أنظمة التتبع النشطة ستضيف كلفة إضافية إلى نظام التركيب مما يجعل ذلك مانعاً للمستهلكين من تركيبها.

من هنا، نوصي بما يلي:

1. تركيب الألواح الشمسية في بيئة مفتوحة حيث ستضرب أشعة الشمس الخلايا الكهروضوئية في جميع الأوقات.
2. النظر في استخدام مستشعرات أكثر حساسية وكفاءة،

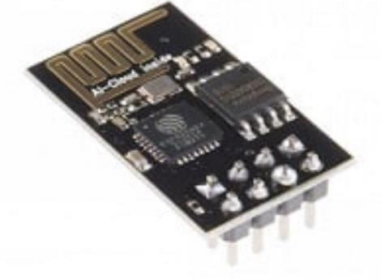
### الأفاق المستقبلية:

- يمكن استخدام المزيد من أجهزة الاستشعار لإعطاء كفاءة ودقة أفضل، أي يمكن إضافة مصفوفة حساسات ضوئية LDR على أطراف اللوح الشمسي لزيادة الحساسية والدقة وبالتالي زيادة الريح.
- وحدات RTC (الشكل 33) هي ببساطة أنظمة تذكّر الوقت والتاريخ التي تحتوي على إعداد بطارية والذي يحافظ على تشغيل الوحدة في حالة عدم وجود طاقة خارجية.



الشكل 33 : شريحة RTC.

➤ وحدة ESP8266 WiFi Module عبارة عن وحدة SOC (system on chip) وهي عبارة عن نظام حاسوبي متكامل ومن اكبر ميزاتها صغر حجمها، تكون محتواة ذاتياً مع مكس برتوكول TCP / IP مدمج يمكن أن يمنح أي متحكم وصولاً إلى شبكة WiFi network الخاصة بنا (الشكل 34)، ويمكن تنفيذ ذلك من أجل الاتصال بالإنترنت أو الشبكة السحابية من أجل تخزين بيانات الألواح الشمسية. يمكن تنفيذ هذا النموذج في المستقبل.



الشكل 34. وحدة SOC.

## الفصل السادس

### المراجع

1. Chen C. Julian. Physics of Solar Energy. John Wiley & Sons. P 352.
2. Solar Energy Perspectives: Executive Summary" (PDF). International Energy Agency. 2011. Archived from the original (PDF) on 13 January 2012.
3. Martín-Chivelet N, Montero-Gómez D. Optimizing photovoltaic self-consumption in office. EnergyBuild. 2017; 150(2): 71–80.
4. Aissa Chouder , Santiago Silvestre, Bilal Taghezouit, Engin Karatepe "Monitoring, modelling and simulation of PV systems using LabVIEW," .(2012)
5. Ansar Jamal, Sebin Francies Bivera, Najma Nazreen, Sanjana George, Saraswathy K, "Automatic Solar Tracking and Monitoring System Using LABVIEW", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (2016) ,
6. D. K. Sharma, G. Purohit, "Advanced Perturbation and Observation (P&O) based Maximum Power Point Tracking (MPPT) of a Solar Photo-Voltaic System Tracker", Bhatewar, Udaipur, India (2012) ,
7. Rufai Hassan, Bashir Abubakar, Intelligent Arduino Based Automatic Solar Tracking System Using Light Dependent Resistors (LDRs) and Servo Motor, Optics. Vol. 9, No. 2, 2020, pp. 13-18. doi: 10.11648/j.optics.20200902.11.
8. Rajeev Agrawal, Koushik Kabiraj, R. S. et al. (2012). Modeling a controller for an articulated robotic arm. Intelligent Control and Automation, 3, 207–210. <https://doi.org/10.4236/ica.2012.33023>
9. Razali, M. H., Ishak, W., Ismail, W., Sulaiman, N., Ismail, N. & Al., E. (2010). Computer simulation technique for two degree of freedom agriculture robot Arm, 1(2), 15–17.
10. David, I & Robles, G. (2012). PID control dynamics of a robotic arm manipulator with two degrees of freedom. Control de Processos Y Robotica, 1–7

MANARA UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MECHATRONICS



## Solar Energy Tracking System

A project submitted to the Department of Mechatronics In partial fulfillment of the requirement of the B. Sc. degree in **Mechatronics**

**Prepared by:**

**Rain Ramzy Nasrah    Ali Mazen Al Khayer**

**Abdel Hameed Ahmad Mohammad**

**Supervised by:**

**Dr. Nael Dawood**

**2022-2021**