



الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المنارة
كلية الهندسة – قسم الميكاترونكس –
طلاب الدفعة الأولى
مشروع التخرج _ 2 _



Vending Machine

آلة البيع الذاتي

إعداد :

محمد أمير داؤود

جعفر محمد جليط

إشراف :

الدكتور المهندس

فادي متوج

المهندس علي جنيدي

المهندس جبران خليل

العام الدراسي 2020-2021

الإهداء

إلى من وقفوا إلى جانبي وساندوني وشجعوني في أصعب اللحظات وأشدّها
وكانوا العون - كلّ العون - لي في طريق النّجاح...

إلى من فرحهم من فرحي وحزنهم من حزني...
أبي و أمّي....

أطال الله غي عمرهما

إلى السّند الذي عليه اتكئ والعمق الذي إليه أنتمي وبه أفخر وعنه أود...
أخوتي....

المهندس سليم - عبادة

إلى من كان بجانبني وله كل الشكر في بلوغي هذا النجاح وكان معي في كافة محطات الحياة
بجلوها ومرها بدأنا الطريق معا وسنكمله معا..
حبيبتي....

الدكتورة لين

إلى كلّ تلك التفاصيل والصّور المتلاحقة التي كونت أيّامنا بجلوها ومرّها أبناء الدّفعة الأولى
أصدقائي و أخص بالشكر...
علي...حسن...اسماعيل...

إلى كلّ من قدّم لنا الفائدة العلميّة والعملية...
حضرة الدكاترة والأساتذة الأعزّاء

إلى من يسهر اللّيل ويتحدّى الصّعاب ليحمينا ويضحي بأعلى ما لديه في سبيل أمننا وسلامنا
إلى أنبل بني البشر
أبطال جيشنا الباسل...

إلى نور العيون وطبيبها قائدا المفدى الدكتور...
بشار حافظ الأسد...

إلى من عانت وضحت وقدمت الكثير لتنشئة جيل سلاحه العلم و المعرفة أمنا الغالية

سورية...

المهندس جعفر.....

الاهداء :

نسير في دروب الحياة، ويبقى من يُسيطر على أذهاننا في كل مسلك نسلكه
صاحب الوجه الطيب، والأفعال الحسنة فلم يبخل عليّ طيلة حياته

الى من علمني الصبر والكفاح **والدي العزيز..**

الى من أفصلها على نفسي، ولم لا؛ فلقد ضحّت من أجلي

ولم تتّخر جهدًا في سبيل إسعادي على الدوام.... **أمي الحبيبة..**

الى من كان له بالغ الأثر في كثير من العقبات والصعاب ممن لم يتوانى في مد يد العون لي

أخي الغالي..

إلى أصدقائي، وجميع من وقفوا بجواري وساعدوني بكل ما يملكون، وفي أصعدة كثيرة
أقدّم لكم هذا البحث، وأتمنّى أن يحوز على رضاكم.

اسماعيل .. علي .. حسن..

الى الذي رافقني في كافة محطات حياتي الى سر نجاحي الى من زرع حب العلم والعمل الى
من شجعني على المواصلة رغم التعب والمسؤولية

الدكتورة كنانة..

المهندس محمد..

_ الفهرس _

1	الغلاف
2	الإهداء
3	الفهرس
4	فهرس الاشكال
5	الشكر
6	المقدمة
7	الفصل الأول: (1) التصميم الميكانيكي
7	1.1 تصميم الهيكل
7	1.1.1 تصميم الهيكل و الرفوف
7	2.1.1 السطح الخارجي والمادة
8	3.1.1 دراسة البراغي و تحديد القطر
9	(2) تصميم الية الالتقاط
9	1.2.1 الدراسة الرياضية للروبوت
11	2.2.1 الدراسة الميكانيكية للروبوت
15	(3) تصميم آلية انزال المنتج وعملية التعشيق
15	1.3.1 الدراسة الرياضية للروبوت
17	2.3.1 الدراسة الميكانيكية للروبوت
17	3.3.1 الحلزون
18	الفصل الثاني: (1) المحركات و دارة القيادة:
18	1.2 المحرك الكهربائي
18	1.1.2 محركات التيار المستمر DC
19	2.1.2 اختيار المحركات اللازمة لعمل الآلة
20	3.1.2 محرك تحرير المنتج
20	4.1.2 النموذج الرياضي لمحرك DC المستمر
20	5.1.2 نموذج النظام
21	1.5.1.2 المعادلات الكهربائية للنظام
21	2.5.1.2 المعادلات الميكانيكية للنظام
22	3.5.1.2 تابع النقل
22	6.1.2 المرمز "Encoder"
24	(2) دارات القيادة:
24	2.2 دارة القيادة
25	1.2.2 الترانزستور
26	2.2.2 الديود
27	الفصل الثالث: التحكم
27	(1.3) المقدمة
27	1.1.3 نظرية التحكم
28	PID 2.1.3
28	3.1.3 تصنيف حلقة التحكم
29	4.1.3 نظرية تحكم PID
30	2.3 المتحكم PI
30	1.2.3 تابع نقل الخطأ
31	2.2.3 الضبط
32	(2) اعتماد المتحكم PI
32	3.2.3 لاكرايج
33	4.2.3 العزوم
35	5.2.3 بناء النظام التحكمي
36	الفصل الرابع: نتائج المحاكاة والتحكم
36	اجراء الاختبار على البراغي
39	اجراء الاختبار على الهيكل
41	اجراء الاختبار على المحاور
43	الملحق 1
42	الملحق 2
45	الفصل الخامس: الجانب العملي
45	تفصيل الهيكل الخارجي

46 و 45	تفصيل القطع ثلاثية الأبعاد و تعشيق المحاور و الرولمانات
47 و 46	توصيل لوحة الكيابة و شاشة ال LCD مع الأردوينو
48	اختيار محركات الحجرات و الكود البرمجي
65	المرجع
66	لجنة التحكيم

_ فهرس الأشكال _

الشكل 1	الشكل المتطور الذي وصلت له آلة البيع الذاتي	الشكل 2	الهيكلية الأساسية
الشكل 3	توزع الحجرات	الشكل 4	الهيكل الخارجي
الشكل 5	تثبيت الرفوف بواسطة البراغي على الهيكل	الشكل 6	السكة التي يتحرك بها الكارتيزين روبات
الشكل 7	الروبوت الديكارتي 2D	الشكل 8	مجال الحركة
الشكل 9	شكل اللولب مع صامولة	الشكل 10	آلية عمل الرولمان
الشكل 11	البنية الداخلية للرولمان	الشكل 12	كيفية تموضع المحاور وقطرها ونوع المادة
الشكل 13	مخطط المنطقة الخطرة	الشكل 14	منحني العزم
الشكل 15	طول المحور	الشكل 16	قطر المحور
الشكل 17	تصميم آلية إنزال المنتج	الشكل 18	فضاء العمل
الشكل 19	آلية التعشيق	الشكل 20	طول النابض
الشكل 21	تموضع النابض ضمن الآلة	الشكل 22	بنية المحرك الكهربائي
الشكل 23	البنية الداخلية للمحرك	الشكل 24	مميزة السرعة مع العزم
الشكل 24	مواصفات المحرك	الشكل 25	الرسم الهندسي للمحرك
الشكل 26	مواصفات المحرك	الشكل 27	الشكل العام لقيادة المحرك
الشكل 28	كيفية عمل المرمز	الشكل 29	آلية عمل المرمز
الشكل 30	بنية المرمز	الشكل 31	بنية المبدلة
الشكل 32	البنية الخارجية لدارة القيادة	الشكل 33	البنية الداخلية لدارة القيادة
الشكل 35	آلية العمل	شكل 36 و 37	كيفية عمل دارة القيادة
الشكل 34	بنية الترانزستور	الشكل 39	الرمز الكهربائي للترانزستور
الشكل 40	آلية عمل للترانزستور	الشكل 41	أنواع الديودات
الشكل 42	مفهوم التحكم	الشكل 43	كيفية بناء نظام التحكم
الشكل 44	عروة البطاء	الشكل 45	نموذج التحكم PID
الشكل 46	نموذج التحكم PI	الشكل 47	تابع النقل
الشكل 48	مقارنة بين المتحكمات	الشكل 49	بناء نظام التحكم
الشكل 51 و 50	الهيكل الخارجي	الشكل 52 و 53	تموضع الكارتيزين روبات
الشكل 54	تثبيت الروبوت	الشكل 55	حساس نهاية الشوط
الشكل 56	لوحة الكيابة	الشكل 57	شاشة ال LCD
الشكل 58	توصيل الأردوينو	الشكل 58	محركات ال DC المستخدمة

_ فهرس الجداول _

الجدول 1	متغيرات دينايفيت هارتن بيرغ في الروبوت الديكارتى 2D
الجدول 2	متغيرات دينايفيت هارتن بيرغ في الروبوت الديكارتى D3
الجدول 3	جدول الحقيقة لعمل دائرة القيادة
الجدول 4	طريقة زيغلر نيكولاس الأولى لتحديد ثوابت الPID
الجدول 5	طريقة زيغلر نيكولاس الثانية لتحديد ثوابت الPID

كل الشكر لحضرة الأساتذة الأعزاء ولكل من قدم لنا الفائدة العلمية والعملية:

م. علي جنيدي	م. جبران خليل	م. نزار سليمان	م. ماريان رسلان
--------------	---------------	----------------	-----------------

ونخص بالشكر حضرة الدكتورة الأفاضل:

التمثلي قبيلي	إياد حاتم	علاء الدين حسام الدين	رامز قدسية
محمد خير محمد	حسن الأحمد	بسام عطية	محمود سعيد
سلامة أبو الشملات	فادي متوج	نانل داوود	نسمة أبو طيق
نور غضبان	ريزان منصور	لبنة شعبان	محمود طيوب
أيمن يوسف	محمد الأسعد	بسام غزولين	سامي أنجرو

المقدمة

آلة البيع الذاتي هي آلة تعمل بقطع النقود المعدنية و الأوراق النقدية لبيع البضائع.

توفر آلة البيع منتجات متنوعة مثل الوجبات الخفيفة و المشروبات و المياه والتذاكر وغيرها من المنتجات .

تمتلك آلة البيع الذاتي العديد من الميزات:

أولاً: تتميز آلة البيع الذاتي بعدم استخدام أي عمالة بشرية عليها فهي تعمل ذاتيا و أوتوماتيكيا بشكل كامل

ثانياً: تتميز آلة البيع الذاتي بالمرونة في الوقت حيث يمكنها أن تعمل طوال 24 ساعة في اليوم سبعة أيام في الأسبوع. كما يمكن تشغيل آلة البيع في أي وقت بغض النظر إن كان عطلة أو نهاية أسبوع .

ثالثاً: تتميز آلة البيع الذاتي بالسرعة في تجهيز طلبات الزبائن حيث أن تحضير الطلب لا يتعدى الدقيقة الواحدة مما يوفر وقت الزبائن. لا يحتاج الموظف إلى إضاعة الوقت لتناول طعام الغداء، فمع وجود آلة بيع في الكافتيريا، كل ما عليك فعله هو وضع بعض العملات المعدنية أو الورقية وضغط بعض الأزرار للحصول على مشروب أو وجبة خفيفة.

إن آلة البيع الذاتي هي عبارة عن اختراع قام به عالم إغريقي يدعى هيروداس الإسكندري وكان الغرض من هذا الاختراع هو توزيع الماء المقدس في المعابد الفرعونية و ذلك في عام 215 قبل الميلاد وبعد ذلك تطورت آلة البيع على مر الزمان لتصل إلى شكلها

الحالي وقدرتها على احتواء المنتجات المختلفة وبيعها بالإضافة إلى

التكنولوجية المتقدمة التي تم تصميمها عليها حديثا و

الشكل (1) يبين التطور الذي وصلت له آلة البيع الذاتي.

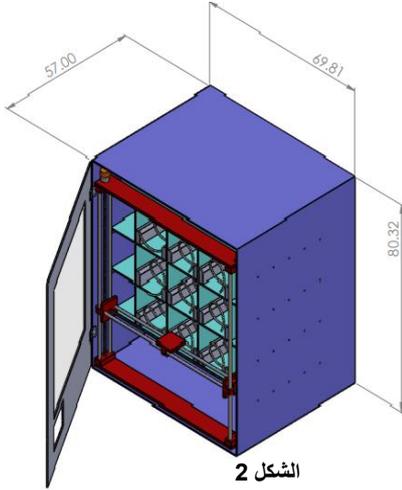


الشكل 1

الشكل المتطور الذي وصلت له آلة البيع الذاتي

الفصل الأول: التصميم الميكانيكي

مقدمة: إن تصميم الهيكل لأي جسم يتطلب دراسة له وبناء على ذلك تم اختيار الشكل الخارجي لهيكل المشروع بحيث يتناسب مع جميع المناطق التي من الممكن أن تتموضع الآلة بها.



الشكل 2

الهيكلية الأساسية

يبين الشكل (2) الهيكلية الأساسية للمشروع والذي هو عبارة عن آلة بيع ذكية تكون قادرة على التعامل مع المستهلك بطريقة بسيطة (غير معقدة) والتي تتكون من تصميم الهيكل وتصميم آلية الالتقاط وتصميم آلية إنزال المنتج وعملية التعشيق والحزون التي تتوضع داخله المنتجات

1.1 تصميم الهيكل:

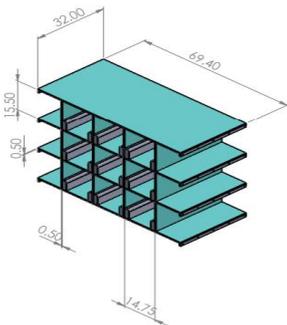
1.1.1 تصميم الهيكل و الرفوف

تم تصميم الهيكل على شكل مكعب أبعاده $80.32 \times 69.81 \times 57.00$ cm

مقسم الى ثلاثة رفوف وكل رف أبعاده $0.50 \times 32.00 \times 69.40$ cm

يحتوي على ثلاث حجرات أي أنه يمكننا وضع تسع منتجات في

الآلة كل حجرة أبعاده $32.00 \times 14.75 \times 15.50$ cm كما يظهر الشكل (3)



الشكل 3

توزع الحجرات

2.1.1 السطح الخارجي والمادة

تم اعتماد مادة الألكابوند لتشكل السطح الخارجي لهيكل الآلة كما يظهر

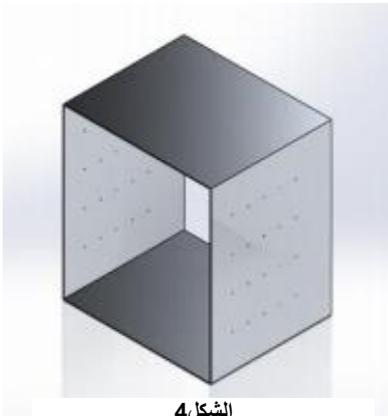
الشكل (4) لما لها من مميزات عن غيرها من المواد مثل

البلاستيك أو الخشب ومن أهمها:

● مقاومة للتغيرات المناخية من حرارة و برودة.

● مقاومة للصدأ.

● سهولة في التركيب



الشكل 4

الهيكل الخارجي

3.1.1 دراسة البراغي

تم اعتماد أن الرّف الذي سيقوم بحمل المنتجات مثبت على الهيكل الخارجي بواسطة خمس براغي لضمان عدم حصول إنحناء أو تقوس في الرّف الذي سيقوم بحمل المنتجات كما يوضح الشكل (5) لتحديد قطر البرغي تمت الدراسة الرّياضية وفق الشكل العام لنظرية القوة والانحناء يعطى الشكل العام لمعادلة قطر البرغي بالعلاقة التّالية:

$$d^2 = \frac{4 \vartheta * P_t}{\sigma t \pi}$$

بحيث أن:

$$z = 5 \text{ عدد البراغي}$$

$$m = 4.5 \text{ [kg] وزن المنتجات على الرف الواحد}$$

$$g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{] ثابت الجاذبية الارضية}$$

$$w = mg = 4.5 * 9.81 = 44.145 \text{ [N]} \text{ فيكون الثقل:}$$

$$l = [0.25 \text{ cm} \text{ نصف سماكة الصفيحة}]$$

$$l_i = [1 \text{ mm} \text{ بعد البرغي عن مركز الدوران}]$$

$$n = [1 \text{ عدد البراغي في الصف الواحد}]$$

$$\sigma t = (100) \text{ [MPa] اجهاد الشد للبرغي}$$

$$\vartheta = 3 \text{ معامل الأمان}$$

$$P = \text{القوة الكلية المؤثرة}$$

$$P_t = P + P_1 \text{ مجموع القوى}$$

$$P_t = P + P_1$$

$$P = w / z = 44.145 / 5 = 8.829 \text{ [N]}$$



الشكل 5

تثبيت الرفوف بواسطة البراغي على الهيكل

البرغي $P_1 = (w.l.l_i) / n. \sum_{i=1}^n l_i$ بحيث أن P_1 هي القوة المنتظمة المؤثرة على

$$P_1 = \frac{(44.145 * 0.25 * 1)}{(1 * 5)} = 2.207 [N]$$

$$P_t = P + P_1 = 8.829 + 2.20725 = 11.036[N]$$

$$\sigma_t / 9 = P_t / A \rightarrow A = (9 * P_t) / \sigma_t \rightarrow (\pi d^2) / 4 = (9 * P_t) / \sigma_t$$

$$d^2 = \frac{4 \vartheta * P_t}{\sigma_t \pi} = \frac{4 * 11.03625 * 3}{100\pi} = 0.421 mm^2$$

$$\rightarrow d = 0.649 mm$$

وهو القطر المطلوب للبرغي وباعتماد على الجداول التصميمية تم اختيار القطر
d = 3mm.

2.1 تصميم آلية الالتقاط

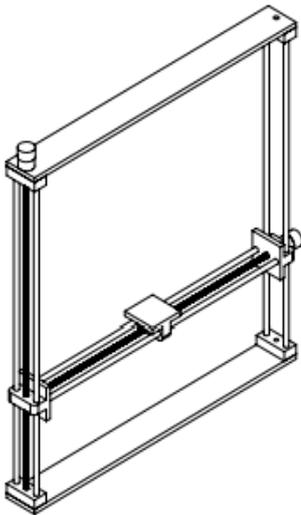
نحتاج لروبوت ديكارتي يملك درجتي حرية قادر على التحرك في
المستويين (X, Y) لكي يقوم بالتقاط المنتج بعد تحريره من مكان
وجوده كما يوضح الشكل (6)

1.2.1 الدراسة الرياضية

يبين الجدول (1) قيم دينا فيتهارتن بيرغ المستخدمة لإيجاد معادلات الحركة

الديكارتية للروبوت 2D وتحديد سرعة المشغلات والمتغيرات المفصلية ومن أجل

حساب فضاء الحالة وفضاء العمل.



الشكل 6

السكة التي يتحرك بها الكارتيزين
روبوت

جدول (1)

$link_i$	a_i	α_i	θ_i	d_i
1	0	$-\frac{\pi}{2}$	d_1	$-\frac{\pi}{2}$
2	0	0	d_2	0

تعطى المصفوفة العامة لدينافيت هارتن بيرغ كما هو موضح بالشكل:

$$T_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

بعد تعويض القيم الموضحة في الجدول (1) في مصفوفة دينايفيت تبين ما يلي:

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_1^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_0^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & d_2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

حساب مصفوفة الجاكوبية للكارترين روبات 2D:

$$J_0^2 = [J_0^1 J_1^2] = \begin{bmatrix} Z_{i-1}^i & Z_{i-1}^i \\ 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0^0 & Z_0^1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[z_0^0] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \& \quad [z_0^1] = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

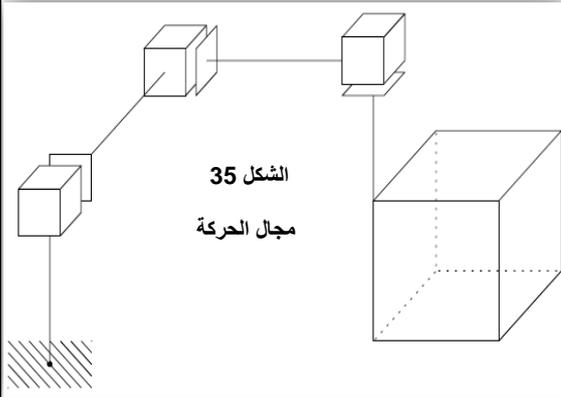
$$[J] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

دراسة فضاء عمل الروبوت

لتحديد فضاء العمل الذي يعمل به الروبوت يتم حساب محدد مصفوفة الجاكوبيان $[J]$:

$$[J] = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \rightarrow |\det J| = -1$$

لا يوجد حالة عدم تعيين للكارتيزين روبوت (x, y) ولن يدخل الروبوت في حالة *singularity* كما يوضح الشكل (7 و8) بالتالي يمكنه العمل بكامل مجال العمل *work space*.



حساب سرعة وتسارع المحركات

تعطى المعادلة العامة لحساب سرعة وتسارع المحركات

$$[\varepsilon] = [J \quad D \cdot]$$

حساب البرمترات المفصلية وسرعة وتسارع المحركات:

$$\begin{bmatrix} v_{ox} \\ v_{oz} \\ w_{ox} \\ w_{oz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \dot{d}_1 \\ \dot{d}_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} v_{ox} \\ v_{oz} \\ w_{ox} \\ w_{oz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{d}_1 \\ \dot{d}_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

الشكل 8

الروبوت الديكارتي

2D



2.2.1 الدراسة الميكانيكية للروبوت

تم اختيار المعدن للمحور من نوع ستانلس ستيل لما له من مميزات فهو مقاوم للصدأ ويتمتع بمعامل احتكاك صغير جدا مقداره 0.020 إضافة إلى جمالية الشكل الخارجي الذي يعطيه

تصميم اللوالب:

مقدمة: يتم تحويل الحركة الدائرية للمحركات إلى حركة خطية عن طريق استخدام لوالب نقل القدرة وتم التصميم وفق الاتي.

دراسة لولب القدرة

في تصميم اللوالب يتم الاعتماد بشكل اساسي على معدن الستانلس ستيل لما يتمتع به من خواص ميكانيكية (مقاوم للعوامل الجوية و معامل احتكاك منخفض) والصامولة من البرونز. يتم دراسة

اللولب على اساس عزم الرفع و عزم الخفض و يتم تصميم اللولب بالاعتماد على عزم الرفع لأنه يمثل العزم الاساسي في اللولب. يوضح الشكل (9) بنية اللولب مع الصامولة.

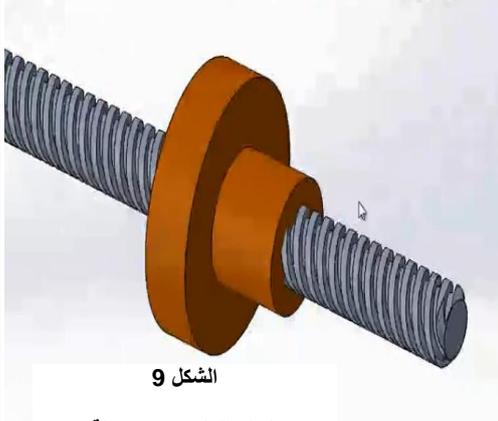
ويعطى الشكل العام لمعادلة عزم الرفع وفق الاتي:

$$T_r = \frac{F * d_m}{2} \left(\frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta} \right)$$

معامل احتكاك اللولب مع صامولة هو : $\mu = 0.020$

القطر الوسطي للولب $d_m = 8 \text{ cm}$ & & $F = 20 \text{ [N]}$ القوة المطبقة

الخطوة $p = 4$ & & عدد الأبواب $n = 2$ & $l = n * p$ & $\tan \alpha = \frac{l}{\pi * d_m}$



الشكل 9

شكل اللولب مع صامولة

$$\tan \beta = \mu$$

α زاوية التقدم في اللولب

$$l = 8 \quad \&\& \quad F = 20 \text{ [N]}$$

$$\tan \alpha = \frac{8}{\pi * d_m} = 0.3183$$

$$\tan \beta = 0.020$$

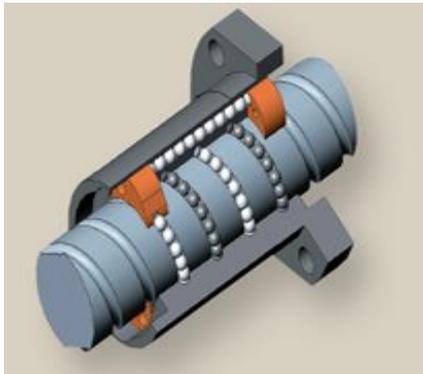
$$T_r = \frac{20 * 0.8(0.3183 + 0.020)}{2(1 - (0.3183 * 0.020))} = 2.72 \text{ [N.m]}$$

وهو العزم اللازم لتحريك اللولب

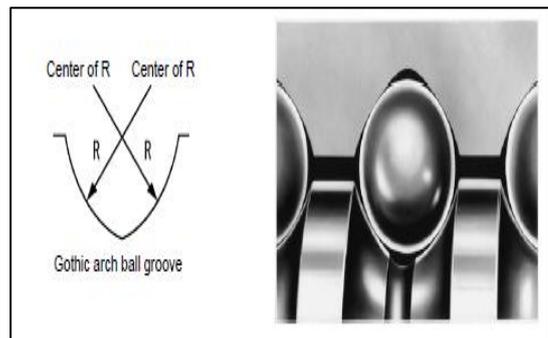
رولمان خطي:

أما في حال استخدام رولمان خطي نتخلص من معامل الاحتكاك كما هو موضح في

الشكلين (10) و (11).



الشكل 11 البنية الداخلية للرولمان

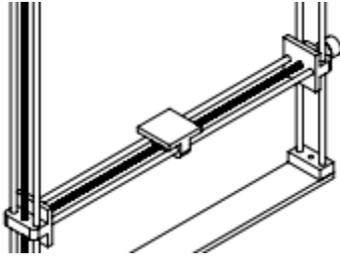


الشكل 10 آلية عمل الرولمان

تصميم المحاور:

مقدمة: لتحديد المحاور المطلوبة في المشروع تم إنشاء الدراسة الرياضية لها

و حسابها وتحديد نوع مادتها من الستانلس ستيل كما يوضح الشكل (12) .



الشكل 12

كيفية تموضع المحاور وقطرها ونوع المادة

يخضع المحور للانحناء فيصمم وفق الإجهاد الناظمي :

تعطى معادلة الإجهاد الناظمي بالشكل العام وفق النموذج الرياضي التالي:

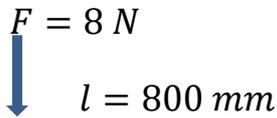
$$\left[\sigma_y = \frac{M_b}{I/C} \leq \frac{\sigma_{all}}{\vartheta} \right]$$

طول المحور: $[l = 800 \text{ mm}]$

والقوى المؤثرة عليه نتيجة وزن المنتج و وزن السلة الحاملة للمنتج المتوضعة على المحور بالإضافة الى وزن المحرك هي: $[F = 8 \text{ N}]$.

نحدد أولا المقطع الخطر من خلال عزم الانحناء المؤثر على الجائز الذي يتطلب حساب ردود الأفعال كما هو موضح بالكل(13).

يتم حساب ردود الأفعال بالاعتماد على معادلات التوازن : مجموع القوى على المحورين x, y يساوي الصفر



ومجموع العزوم حول نقطة اختيارية تساوي الصفر أيضا.

الشكل 13

مخطط المنطقة الخطرة

$$\sum F_x = 0$$

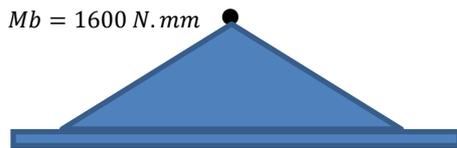
$$\sum F_y = 0$$

$$\sum [M] = 0$$

فتكون ردود الأفعال: $[R_a = R_b = 4 \text{ N}]$

$$M_b = 4x$$

عندما $x = 0$ تكون $M_b = 0 \text{ N} \cdot \text{mm}$



الشكل 14 منحنى العزم

عندما $x = 400$ تكون $M_b = 1600 \text{ N} \cdot \text{mm}$ وهو نصف الجائز (المنطقة الخطرة) كما موضح بالشكل(14)

لحساب اجهاد الانحناء: $\sigma_y = 0.66F_y$

حيث F_y هو حد الخضوع للمعدن المستخدم وتساوي 206.807 N/mm^2

وبالتالي فإن اجهاد الانحناء يساوي :

$$\sigma_y = 0.66 * 206.807 = 136.495 \text{ N/mm}^2$$

حيث I هو عزم العطالة لمقطع الجائز وهو دائري : $I = \frac{\pi d^2}{64}$

c هي نصف قطر الجائز: $c = \frac{d}{2}$

$$\frac{I}{c} = \frac{\pi d^2 / 64}{d/2} = \frac{\pi d^3}{32}$$

معامل الأمان $\vartheta = 2$

$$\left[\sigma_y = \frac{M_b}{I/C} \leq \frac{\sigma_{all}}{\vartheta} \right]$$

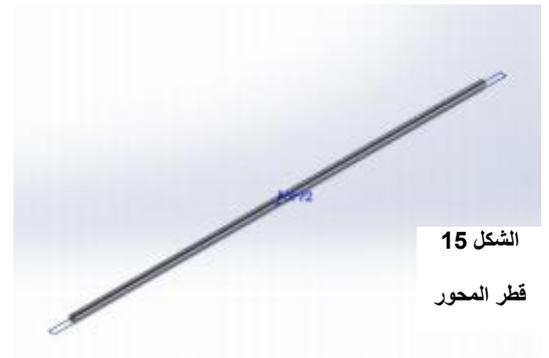
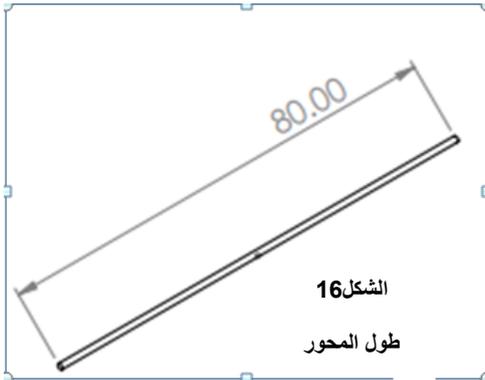
$$\frac{1600 * 32 * 2}{\pi d^3} \leq 136.495$$

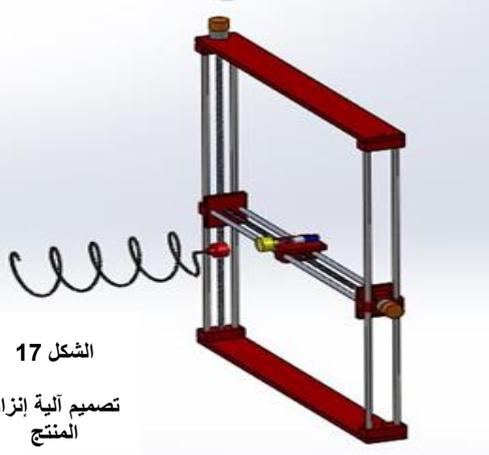
$$d \geq \sqrt[3]{1600 * 64 / \pi * \sigma_y}$$

$$d \geq \sqrt[3]{102400 / 428.795}$$

$$d = 6.204 \approx 6.5 \text{ mm}$$

وهو القطر المطلوب لتحمل الحمولة أو الوزن من أجل عدم حصول انحناء للمحور لا يتوفر بالسوق محاور ذات قطر 6.5 mm لذلك سيتم استخدام محاور ذات قطر 8 mm بالاعتماد على الجداول التصميمية كما يوضح الشكلين (15) و (16)





الشكل 17
تصميم آلية إنزال
المنتج

تصميم آلية إنزال المنتج و عملية التعشيق:

المقدمة: نحتاج لروبوت ديكارتي مكون من ثلاث

درجات حرية قادر على التحرك في المستويات (X,Y,Z)

لكي يقوم بتحرير المنتج من مكان وجوده بعد أن يتم

اخياره من قبل المستهلك كما يوضح الشكل(17)

1.3.1) الدراسة الرياضية : تم الاعتماد على جدول دينايفيت هارتن بيرغ الموضح في الجدول (2) لاستخلاص الدراسة الروبوتية للكارترزين روبوت 3D وتحديد سرعة البرمترات والمتغيرات المفصلية ومن أجل حساب فضاء الحالة وفضاء العمل كما يوضح الشكل(18).



الشكل 18 فضاء العمل

الجدول(2)

$link_i$	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	$-\frac{\pi}{2}$	d_1	$\frac{\pi}{2}$
2	0	$\frac{\pi}{2}$	d_2	$-\frac{\pi}{2}$
3	0	0	d_3	0

تعطى المصفوفة العامة لدينايفيت هارتن بيرغ كما هو موضح بالشكل:

$$T_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

بعد تعويض القيم الموضحة في الجدول أعلاه في مصفوفة دينايفيت تبين ما يلي:

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_1^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_0^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_0^3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

حساب مصفوفة الجاكوبية للكارتزيرين لروبوت 3D:

$$J_0^3 = [J_0^1 J_1^2 J_2^3] = \begin{bmatrix} z_{i-1}^i & z_{i-1}^i & z_{i-1}^i \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_0^0 & z_0^1 & z_1^2 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[z_0^0] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \& \quad [z_0^1] = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \& \quad [z_1^2] = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[J] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

دراسة فضاء عمل الروبوت

لحساب حالة فضاء العمل التي يمكن أن يعمل بها الروبوت:

$$[J] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow [\det J] = [1]$$

لا يوجد حالة عدم تعيين للكارتزيرين لروبوت (x, y, z) ولن يدخل الروبوت في حالة *singularity* بالتالي يمكنه العمل بكامل مجال العمل *work space*.

حساب سرعة وتسارع المحركات

تعطى المعادلة العامة لحساب سرعة وتسارع المحركات بالشكل العام:

$$[\varepsilon] = [J \quad D \cdot]$$

حساب البرمترات المفصلية وسرعة وتسارع المحركات:

$$\begin{bmatrix} v_{ox} \\ v_{oy} \\ v_{oz} \\ w_{ox} \\ w_{oy} \\ w_{oz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \dot{d}_1 \\ \dot{d}_2 \\ \dot{d}_3 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} v_{ox} \\ v_{oy} \\ v_{oz} \\ w_{ox} \\ w_{oy} \\ w_{oz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{d}_2 \\ \dot{d}_3 \\ \dot{d}_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2.3.1 الدراسة الميكانيكية للروبوت

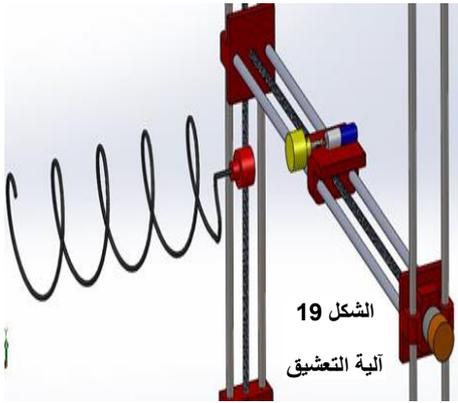
تم اختيار المعدن للمحور من نوع ستانلس ستيل لما له من مميزات فهو مقاوم للصدأ ويتمتع بمعامل احتكاك صغير جدا مقداره 0.020

آلية التعشيق

تم اختيار طريقة التعشيق باستخدام معامل احتكاك عالي مثل

بلاستيك او كاوتشوك فعندما يصل الكارتيزين روبوت (x , y)

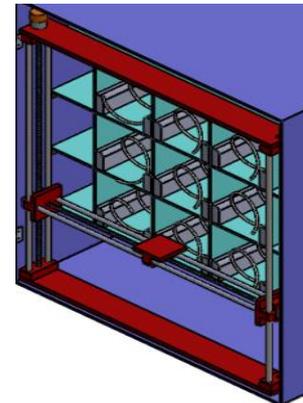
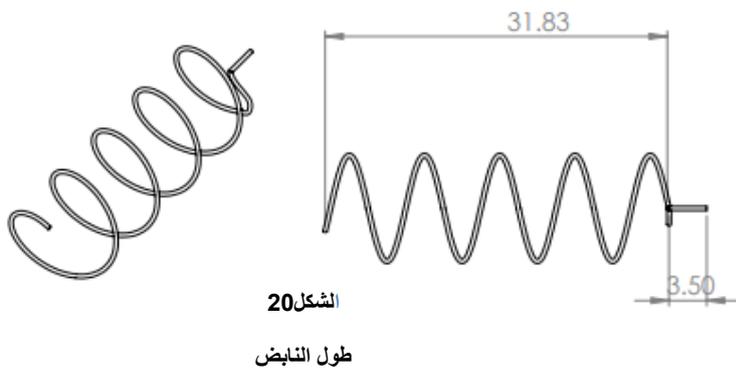
الى المنتج الذي تم اختياره يعمل المحرك الثالث لمسح



المستوي z والتعشيق مع الحلزون وفق معامل الاحتكاك عالي كما يوضح الشكل (19) ويبدأ الدوران فتتم عملية تحرير المنتج وانزاله. في اثناء عملية التعشيق يكون قد وصل الكارتيزين روبوت 2D الى المنتج الذي يتم تحريره ويلتقطه لإيصاله الى حجرة الاستلام والتسليم .

3.3.1 الحلزون

في آلية تحرير المنتجات تم اعتماد نابض ملفوف على شكل حلزون بحيث يكون طول الحلزون 31.83cm مقسم الى 5 مناطق (أي بإمكاننا وضع 5 منتجات في الحجرة الواحدة) تتوضع داخلها المنتجات بقطر 14 cm من أجل ضمان عدم تحرك الحلزون بحريته داخل الآلة لأنه مثبت من طرف واحد وهو مكان تعشيقه مع المحرك بينما نهايته الأخرى فهي حرة الحركة لانزال المنتجات كما يوضح الشكل (20) و كيفية تموضعه ضمن الآلة في الشكل (21)



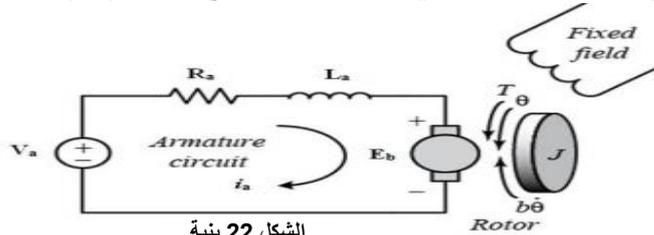
الفصل الثاني: المحركات و دارة القيادة

مقدمة: يوضح هذا الفصل آلية عمل المحرك ومواصفات المحركات وكيفية اختيارها مع دارات القيادة الموافقة لها.

1.2 المحرك الكهربائي : آلة تحوّل الطّاقة الكهربيّة الى قدرة ميكانيكية لإنجاز عمل المحركات الكهربيّة وهي من أكثر المشغلات شهرة وتوجد تطبيقاتها في جميع الأنظمة

الكهروميكانيكية وفي مجال العمل Micro Controller هناك ثلاث أنواع يمكن الاستفادة منها: وهي محركات التيار المستمر DC Motors والمحركات الخطوية Stepper Motors ومحركات السيرفو Servo Motors

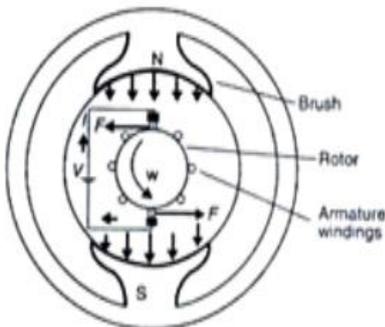
تعد محركات التيار المستمر من أكثر المحركات استخداما للتحكم بالسرعة وتطبيقات التحكم الموضوعي، لما تمتاز فيه من تكلفة منخفضة وسهولة التحكم بها، ويتركب محرك التيار المستمر في أبسط صورة من قطبين مغناطيسيين (قطب شمالي وقطب جنوبي) يسمى الجزء الثابت، ومن أسطوانة مصممة عليه ملف موصل ببطارية تمدّه بتيار مستمر ويشكل الجزء الدائر، وبذلك سيتولد مجال مغناطيسي دائم نتيجة مرور خطوط الفيض المغناطيسي من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي علما أن عزم الدوران يتناسب طردياً مع عدد هذه الخطوط المغناطيسية المارة في كما يتناسب طردياً مع شدة التيار المار في الملف كما يوضح الشكل (22).



الشكل 22 بنية
المحرك الكهربائي

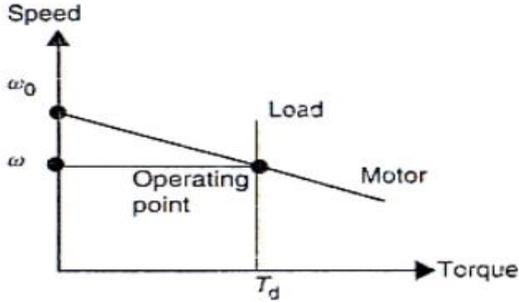
1.1.2 محركات التيار المستمر DC:

المكونات الرئيسية للآلة المستمرة : دارة الحقل ودارة المتحرض و المبدل و المسفرت تغذى ملفات الحقل الكهربائي بواسطة منبع DC دارة المتحرض تتألف من الملفات و المبدل و المسفرت حيث أن المبدل والملفات تثبت على محور الدوار أما المسفرت فتثبت على الثابت وتكون مستقرة وعلى تلامس مع قطع مبدل الدوار. تتألف ملفات الدوار من عدة ملفات كل قطبين يتم وصلهما مع قطع المبدل وتعزل قطع المبدل بشكل كهربائي وتكون هذه القطع مكشوفة وتسمح المسفرت بوصل قطع المبدل الى منبع خارجي DC .



الشكل 23 البنية
الداخلية للمحرك

الشكل (23) تنتج هذه القوة عزمًا يجعل الدوار يدور بعكس عقارب الساعة ويمر التيار عبر الملف من المسفرتين وينتهي إلى المنبع الخارجي و مع تحريك الملف تحت المسفرتين ومرور التيار عبره سوف تنتج قوة متسمة F و دورانا مستمر. وظيفة المبدل والمسفرتين تغيير الجهد المغذي للجزء المتحرك إما من متناوب إلى مستمر عند العمل في مبدأ التوليد أو من مستمر إلى متناوب وذلك وفق مبدأ التحريك و الشكل الآتي يبين ميزتي السرعة مع العزم والسرعة في حالة ثبات حقل وجهد الدوار كما يوضح الشكل (24)



الشكل 24 ممیز السرعة - العزم

2.1.2 اختيار المحركات اللازمة لعمل الآلة:

تم اختيار المحركات المستخدمة في المشروع بالاعتماد على دراسة عزم لولب القدرة و أظهرت النتائج أن العزم اللازم تطبيقه على اللولب لرفع الحمولة يجب أن يكون أكبر تماما من عزم الرفع للولب:

$$T_m \gg T_r$$

$$T_r = \frac{F * d_m}{2} \left(\frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta} \right)$$

$$T_r = \frac{20 * 0.8(0.3183 + 0.020)}{2(1 - (0.3183 * 0.020))} = 2.72 [N.m]$$

وبناء عليه تم اختيار المحرك المبين بالشكل (25) و (26) الذي يتغذى من منبع جهد مستمر $V = 12v$ والسرعة من دون حمولة هي $n = 183 \text{ rpm}$ ويعطي عزم مقداره $T = 1.962 \text{ N.m}$ ويملك انكودر ب 780 ثقب في الدورة الواحدة ويستجر تيار مقداره $i = 0.36 \text{ A}$ و يستجر طاقة مقدارها $p = 4.32 \text{ W}$ و وزنه حوالي $m = 0.15 \text{ kg}$ هذا المحرك سيتم استخدامه في الكارتيزين روبوت 2D و 3D وسيتم تركيبه على المحاور التي تسمح المستويين (X, Y)

Dual Phase Encoder Gear Motor 12V

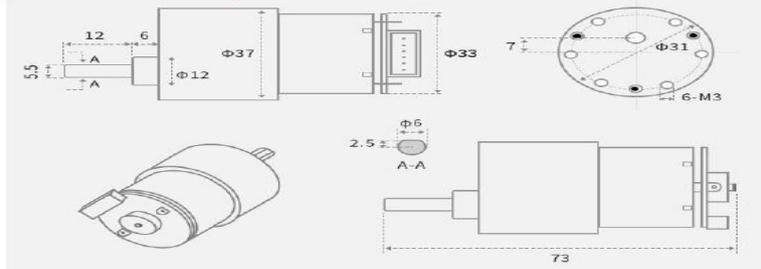


Specifications:

- Rated voltage: 12V
- No-load speed: 183g
- Rated torque: 2kg.cm
- Encoder accuracy: 780
- Rated current: 360mA
- Original speed: 11000rpm
- Power: 4.32W
- Weight: About 150g

الشكل 25 مواصفات المحرك

Dimensions Diagram:



الشكل 26 الرسم الهندسي للمحرك

GEAR MOTOR 12 V 60 RPM BIG

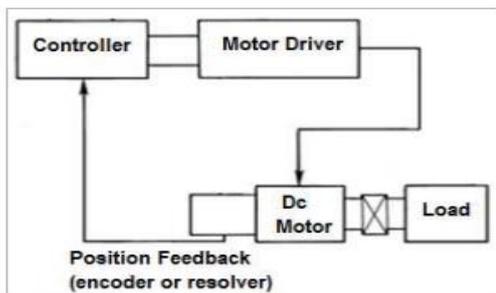


Specifications:

- Torque: 30 N*cm
- 12V DC
- 60RPM
- Diameter: 37mm
- Length [excluding shaft]: 47mm
- Shaft length: 21mm
- Total length: 68mm
- Shaft diameter: 6mm
- Weight: 138g

الشكل 27 مواصفات المحرك

$V = 12v$ وسرعته تساوي $n = 60 \text{ rpm}$ و وزنه حوالي $m = 0.138 \text{ kg}$



4.1.2 النموذج الرياضي لمحرك DC المستمر:

من معادلة عزم الدوران العامة لمحرك التيار المستمر:

$$T = K_a \Phi I_a$$

$$E_a = K_a \Phi \omega$$

الشكل 28
الشكل العام لقيادة
المحرك

نجد أن عزم الدوران يتناسب مع الفيض المغناطيسي Φ والتيار الثابت I_a ولكن في التحكم بالدائر لمحرك DC يتم تهيج الثابت عن طريق منبع تيار مستمر ثابت، وبالتالي I_a ثابت هنا وبالتالي ($\Phi \sim T$) عزم دوران المحرك يمكن أن يتحكم به عن طريق إشارة خطأ مضخمة كما هو موضح بالشكل (28) فإذا كان تيار المحرك كبير بما يكفي يكون كل تغير صغير في تيار الدائر يسبب تغير مقابل في عزم المحرك يمكن تغيير اتجاه الدوران بتغيير قطبية الحقل حيث أنه في محرك التيار المستمر ملفات الدائر ممكن أن تدور باتجاه عقارب الساعة و ممكن أن تدور عكس اتجاه عقارب الساعة، تتم تغذية نقطة التقاطع عن طريق إشارة الخطأ المضخمة.

الحقلان المغناطيسيان للقسمين يعاكسان بعضهما، وقوة الحقل المغناطيسي تعتمد على قيمة إشارة الخطأ المضخمة بين هاتين القيمتين ونتيجة لهذا يدور محرك DC باتجاه معين وفقاً لتضخيم إشارة خطأ الجهد

السيئة الرئيسية في التحكم بالدائر لمحركات DC هو أن الاستجابة الديناميكية للخطأ بطيئة بسبب الثابت الزمني الطويل لدارة ملف التهيج حيث أن الدائر هو مغناطيس كهربائي لذلك هو في الأساس دارة عالية الحثية، نتيجة للتغير المفاجئ في إشارة خطأ الجهد يصل التيار العابر في الدائر إلى قيمة الحالة المستقر بعد فترة معينة تعتمد على الثابت الزمني لدارة الدائر.

5.1.2 نموذج النظام: إن العناصر المفيدة في العديد من أنظمة التحكم الحقيقية هي محركات DC المستمرة ذات المغناط الدائمة فإن إشارة الدخل في المحرك هي توتر الثابت $V_a(t)$ ، وإشارة الخرج هي الموقع الزاوي $\theta(t)$ إن القيم R_a و L_a هي المقاومة و الحثية لملفات الثابت في المحرك إن الجهد $V_b(t)$ هو القوة المحركة الكهربائية المولدة داخليا في المحرك عن طريق الدوران الزاوي.

1.5.1.2 المعادلات الكهربية للنظام هي:

تعطى المعادلة العامة لهبوط الجهد الكلي للمحرك بالعلاقة التالية:

$$V_{a(t)} = R_a * i_{a(t)} + L_a \frac{d i_{a(t)}}{dt} + E_{b(t)}$$

$$E_{b(t)} = K \omega = K \frac{d\theta}{dt}$$

حيث $E_{b(t)}$ هي القوى المحركة الكهربية.

حيث "K" ثابت القوة المحركة الكهربية للمحرك و" ω " هي السرعة الزاوية للمحرك و
الموضع هو " θ " بتعويض ما ذكر سابقا في الشكل العام لمعادلة الجهد نحصل على الشكل التالي:

$$V_{a(t)} = R_a * i_{a(t)} + L_a \frac{d i_{a(t)}}{dt} + K \frac{d\theta}{dt}$$

بتطبيق تحويل لابلاس على الشكل العام لمعادلة الجهد نحصل على الشكل التالي:

$$V_{a(t)}(S) = R_a * i_{a(t)}(S) + L_a S i_{a(t)}(S) + K S \theta(S)$$

$$i_{a(t)}(S) = V_{a(t)}(S) - K S \theta(S) / R_a + L_a S$$

2.5.1.2 المعادلات الميكانيكية للنظام:

مجموع العزوم يساوي إلى الصفر:

$$\sum [M] = 0$$

العزوم الموجودة هي: عزم التدوير الخارجي وثابت التخماد الدوراني بالسرعة الزاوية وثابت
المرونة الدوراني بالموضع مساوية لعزم العطالة بالتسارع الزاوي تعطى بالشكل العام:

$$T - B\dot{\theta} - C\theta = I\ddot{\theta}$$

بتطبيق تحويل لابلاس على الشكل العام لمعادلة الجهد نحصل على الشكل التالي:

$$S^2\theta(S) = \frac{1}{I}T(S) - \frac{B}{I}S\theta(S) - \frac{C}{I}\theta(S)$$

$$\frac{1}{I}T(S) = S^2\theta(S) + \frac{B}{I}S\theta(S) + \frac{C}{I}\theta(S)$$

$$\frac{1}{I}T(S) = \theta(S)[S^2 + \frac{B}{I}S + \frac{C}{I}]$$

$$T(S) = \theta(S)[IS^2 + BS + C]$$

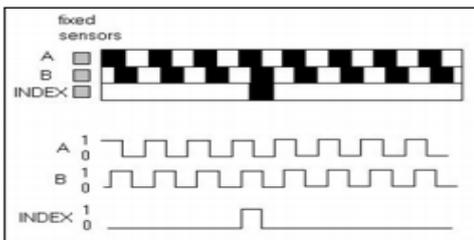
3.5.1.2) فيعطى تابع النقل بالشكل العام: $T_F = \frac{\text{الخرج}}{\text{الدخل}}$

$$T_F = \frac{\theta(S)}{T(S)} = \frac{1}{[IS^2 + BS + C]}$$

6.1.2) المرمز "Encoder" :

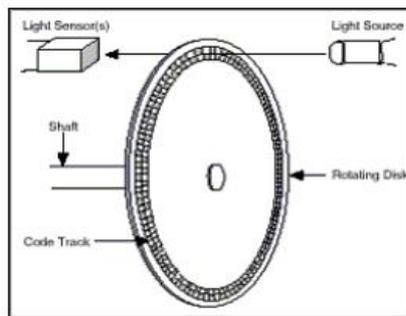
يتم التحكم بتموضع الحمل وسرعته عن طريق حساس سرعة يسمى المرمز (Encoder) حيث يستقبل الضوء من خلال ثقب يسمى البوابة ومن ثم إلى مقياس الذي يكون عليه عالمات محفورة بشكل موحد، وعند مرور الضوء من خلال هذه البوابة يصدم بخلية ضوئية، وأما باقي العلامات لا يمر بها الضوء، وبسبب اصطدام الضوء بالخلية تتولد نبضات تمر إلى مكبر العمليات أو متحكم الحركة هذا الحساس يوصل عن طريق كابل الحساس "Cable Encoder" إلى المعالج التّحكمي "Microcontroller" الذي يعالج الإشارات التّحكمية المأخوذة من المحرك بحيث يقارن القيمة المقاسة مع القيمة المرجعية ومن ثم اتخاذ القرار، يتم التحكم بالقرار عن طريق كابل التّغذية " Motor Cable " ليتم إعادة النظام إلى وضعه الأصلي كما هو موضح

بالأشكال (29) و(30) و(31)



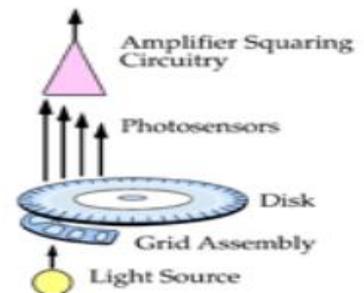
الشكل 30

آلية عمل المرمز



الشكل 29

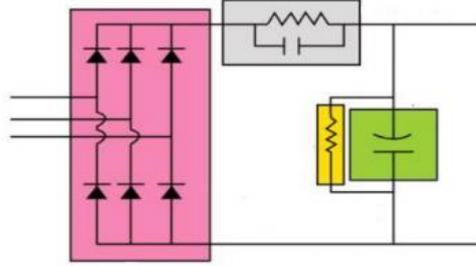
كيفية عمل المرمز



الشكل 31

بنية المرمز

يتم إعادة النظام للسرعة والموضع المطلوب عن طريق تخفيض الجهد بواسطة المبدلة الكهربائية التي تؤمن التغذية الكهربائية المناسبة للمحرك، ويتم عادة استخدام الثايرستورات أو الترانزستورات في هذه المبدلة لأنها تستطيع التحكم بإشارة كبيرة عن طريق إشارة صغيرة، فعند وصول الإشارة يأخذ الثايرستور أو الترانزستور النبضة ويمرر تيار كبير وبهذه الحالة يكون الثايرستور أو الترانزستور قد عمل كقاطع لا تلامسي فقط كما هو موضح بالشكل(32).



الشكل 31 بنية المبدلة

تتميز هذه المحركات بـ:

- الاستجابة السريعة: "Fast Response" وهي أن يصل المحرك إلى سرعته الاسمية فور توصيله بمنبع التغذية، وأن تصل سرعته إلى الصفر فور فصل التغذية عنه.
- يقبل المحرك تغير سرعته بعلاقة خطية مع الجهد، أي إذا تغير الجهد بنسبة معينة فإن السرعة سوف تتغير بنفس النسبة وكذلك الأمر عند تغير التردد مع السرعة.
- يبقى المحرك مستقرا في الأداء مهما تغير عزم الحمل
- يقبل المحرك تكرار عمليات الفصل والتوصيل مهما تكررت.
- دقة عالية في التحكم.
- إمكانية العمل لفترات طويلة دون ارتفاع الحرارة.
- استجرار ضعيف للتيار نسبياً مقارنة مع المحركات الخطوية.
- تتوفر محركات DC بأبعاد مختلفة لتلائم جميع التطبيقات.
- تمتاز نظم محركات DC بصغر دائرة القيادة وسهولتها مقارنة مع غيرها من المحركات.

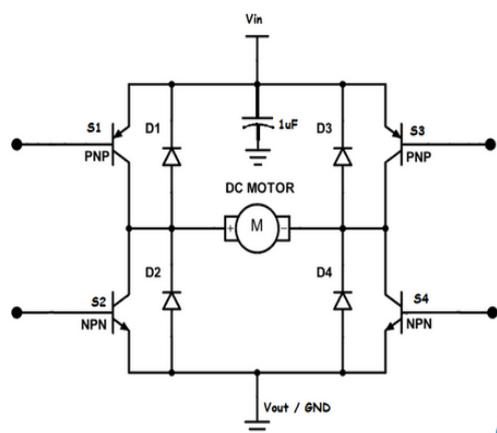
يقابل المزايا السابقة بعض السلبيات لمحركات ونظم DC، تتمثل بالتالي:

- تتطلب الضبط الدقيق (لتحقيق توازن التغذية العكسية).
- يوجد عمر محدد للمسفرات والتي تحتاج إلى صيانة دورية
- يمكن أن يتلف المحرك بسبب الحمل الزائد، وتبريد المحرك سيء.

يستخدم هذا النوع من المحركات لعمليات التحكم الكثرية جداً بدءاً من أجهزة الطباعة والروبوتات وهوائيات استقبال الأقمار الصناعية و الأذرع الآلية وصولاً إلى أجنحة الطائرات وأجهزة الرادار.

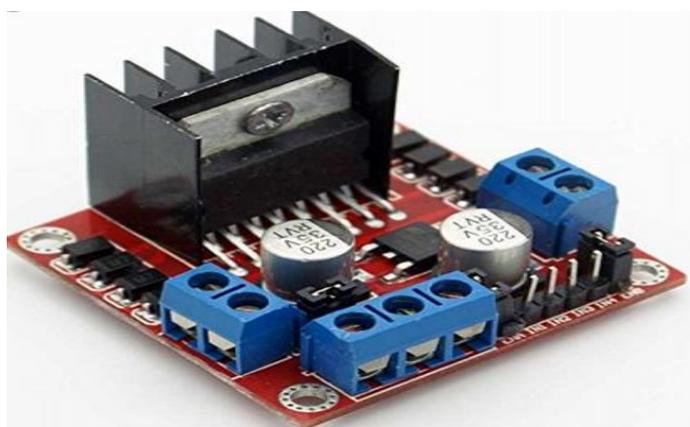
2.2 دائرة القيادة : سوف تتم قيادة جميع المحركات الموجودة ضمن الآلة بواسطة L298

والتي يمكن التحكم بها عن طريق نبضات من المتحكم كما موضحة بالشكل (33) وهي بدورها تتحكم بالمشغلات (المحركات) و أنها قادرة على تحمل تيار أعظمي مقداره $I_{max} = 2 A$ و التي تتكون من جسرين H_BRIDGE كل جسر خاص بقيادة محرك بحيث أن الجسر الواحد يحتوي على أربع ديويدات مع أربع ترانزستورات موصولة مع بعضها على التفرع كما هو موضح بالشكل (34)



الشكل 34

البنية الداخلية لدائرة القيادة



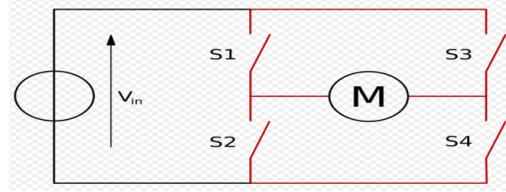
الشكل 33

البنية الخارجية لدائرة القيادة

بالإضافة إلى ما ذكر فهي تتميز بقدرتها على العمل بنظام المقطعات تشغيل المحرك و الفرملة اما كبح بالجهد أو بالتيار وعكس جهة دوران المحرك.

في المشروع سيتم العمل على نظام الأربع أرباع E ليتم شمل المقطع من النوع A وهو تشغيل المحرك ودورانه و من ثم الانتقال إلى المقطع من النوع B وهو فرملة المحرك بعكس الجهد ليتم بعدها تشغيل المحرك في المقطع C وهو تشغيل المحرك وعكس جهة دورانه و أخيراً أما اطفاء المحرك أو إعادة العمل فيجب الانتقال إلى المقطع D لفرملة المحرك بكبح التيار مصطلح جسر H مشتق من التمثيل الرسمي النموذجي لمثل هذه الدائرة. تم بناء جسر H بأربعة مفاتيح (الحالة الصلبة أو الميكانيكية). عندما يتم إغلاق المفاتيح S1 و S4 (وفقاً للشكل الأول) (ويكون S2 و S3 مفتوحين) ، سيتم تطبيق جهد موجب عبر المحرك. من خلال فتح مفاتيح S1 و S4 وإغلاق محولات S2 و S3 ، يتم عكس هذا الجهد ، مما يسمح بالتشغيل العكسي للمحرك ، لا ينبغي أبداً إغلاق المفاتيح S1 و S2 في نفس الوقت ، لأن ذلك قد يتسبب في حدوث ماس كهربائي على مصدر جهد الدخّل. الأمر نفسه ينطبق على المفاتيح S3 و S4. تُعرف هذه الحالة باسم إطلاق النار عادةً ما يتم إنشاء جسر H ذو الحالة الصلبة باستخدام أجهزة ذات قطبية معاكسة ، مثل ترانزستورات الوصلة ثنائية القطب (BJT) PNP أو MOSFETs ذات القناة P-channel المتصلة بحافلة الجهد العالي و NPN BJT أو MOSFETs ذات القناة N-channel المتصلة

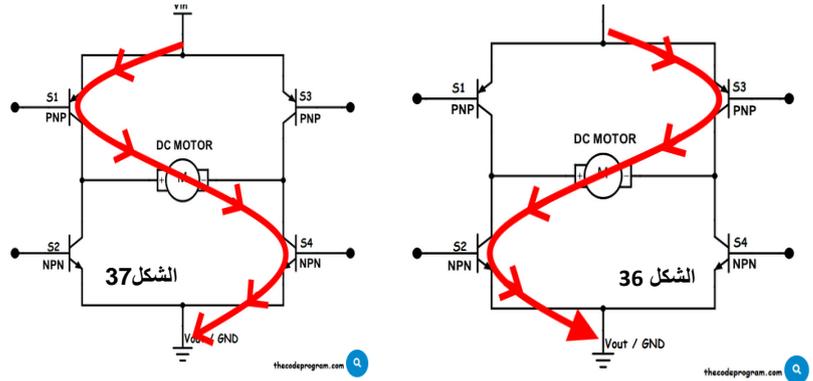
بحافلة الجهد المنخفض كما موضحة بالأشكال (35) و(36) و(37) والجدول (3) كيفية عمل دائرة القيادة



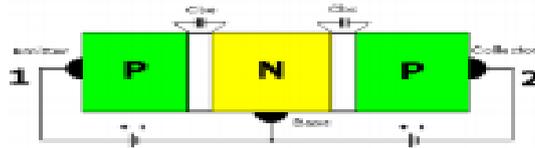
الشكل 35 آلية العمل

الجدول (3)

S1	S2	S3	S4	Result
1	0	0	1	Motor moves right
0	1	1	0	Motor moves left
0	0	0	0	Motor coasts
1	0	0	0	
0	1	0	0	
0	0	1	0	
0	0	0	1	Motor brakes
0	1	0	1	
x	x	1	1	Short circuit
1	1	x	x	

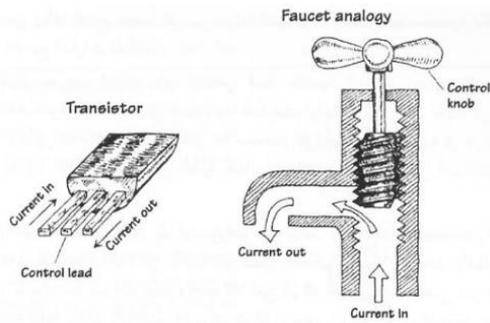


1.2.2 الترانزستور: هو عنصر إلكتروني فعال له ثلاث أقطاب وهو يتألف من ثلاث مناطق من المواد النصف ناقلة P و N كما هو موضح بالشكل (38) يمكن أن يكون الترانزستور من نوع NPN أو PNP كما موضح بالشكل (39) وهو يستخدم كمفتاح إلكتروني متحكم به كهربائياً أو كمضخم ويمكن التحكم بالتيار المار عبر الترانزستور بواسطة جهد أو تيار تحكم صغير يطبق عليه بطريقة مشابهة لطريقة التحكم بالماء عبر الصنبور من خلال لولب الصنبور كما هو موضح بالشكل (40)



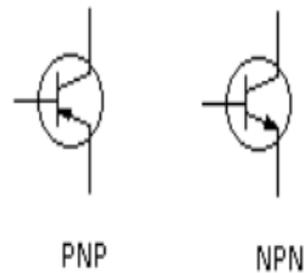
الشكل 38

بنية للترانزستور



الشكل 40

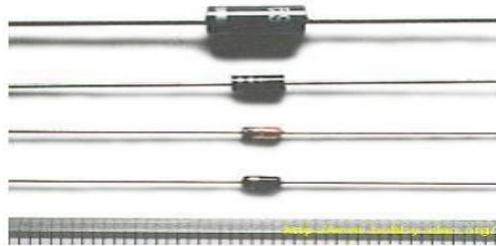
آلية عمل للترانزستور



الشكل 39

الرمز الكهربائي للترانزستور

2.2.2) الدِّيود: ثنائي قطب كهربائي غير فعال يتألف من اتصال مادتين نصف ناقلتين مشوبتين من نوع N و نوع P ويسمى القطب المتصل بالمادة N بالمهبط والقطب المتصل بالمادة P بالمصعد ويمرر هذا العنصر التيار باتجاه واحد وهو من المصعد الى المهبط ويظهر الشكل الآتي أشكال مختلفة من الدِّيودات المتوفرة بالأسواق كما هو موضح بالشكل (41) ونقول عن الدِّيود أنه في حالة انحياز أمامي اذا كان في وضع تمرير للتيار و انحياز عكسي عندما لا يمرر تيار (لا يمكن للدِّيود أن يكون في وضع ON (انحياز أمامي) الا اذا كان الجهد المطبق على مصعده أكبر من مهبطه في حال كان الدِّيود في وضع OFF (انحياز عكسي) وتم زيادة الجهد المطبق على مهبطه يحاول عدم تمرير التيار الى أن يصل الى عتبة الانهيار



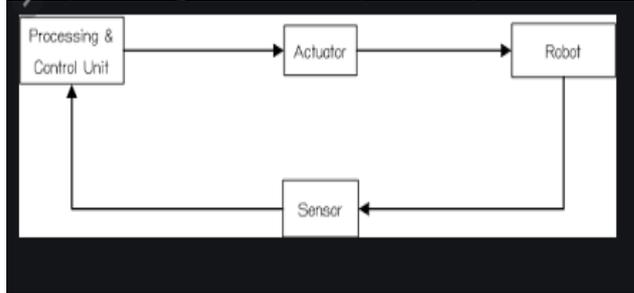
الشكل 41

أنواع الدِّيودات

الفصل الثالث: التحكم

1.3 مقدمة:

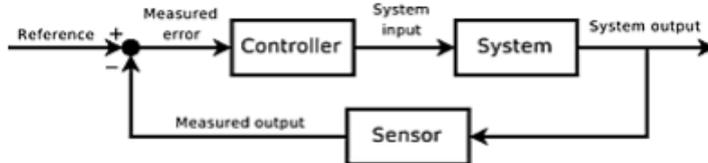
نشأ التَّحْكَمُ الآلي منذ عدة قرون، وبدأ التَّحْكَمُ البسيط وصولاً إلى النُّظُميات ونظم التَّحْكَمِ الحديثة، التي تطورت خلال المئة عام المنصرمة، ساهم التطور في مجال أنصاف النواقل والدارات التكاملية في ظهور نظم التَّحْكَمِ الصِّناعية المبرمجة والأشرفية نظم (SCADA) (واستخدام المتحكمات الصغرية والتقليدية و PLC و PID وغيرها. تتمثل مهمة المتحكم في تنسيق وضبط المحركات والتجهيزات وعناصر النظام الأخرى، ويتمثل دخل المتحكم بمجموعة الأوامر والتغذية العكسية من الحمل والمحرك أو أجزاء النُّظُم الأخرى ومن البيئة المحيطة، ومن الحساسات التي تراقب تنفيذ الأوامر عموماً تجسد المتحكمات قوانين القيادة والتَّحْكَمِ لكل من خصائص الحمولة والمحركات والتأثير المتبادل بينها وتأثير البيئة المحيطة لضمان تنفيذ برنامج العمل وفق العملية الإنتاجية التَّحْكَمِية (المطلوبة) كما هو موضح بالشكل (42).



الشكل 42 مفهوم التحكم

1.1.3 نظرية التَّحْكَمِ: هي فرع متعدد المجالات من الهندسة والرياضيات التي تتعامل مع سلوك الأنظمة الديناميكية. الخرج المطلوب المفاضل للنظام يدعى المرجع reference. عندما تكون هناك حاجة لواحد أو أكثر من متغيرات الخرج للنظام أن يتبع مرجعاً معيناً مع الزمن ، يقوم متحكم بمعالجة قيم الدخّل للنظام للحصول على التأثير المطلوب على خرج النُّظُم

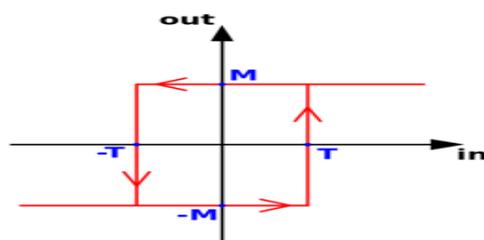
مفهوم التغذية العكسية للتَّحْكَمِ في السلوك الديناميكي في نظام : هذه هي تغذية عكسية سالبة، القيمة المقاسة يتم طرحها من القيمة المرغوبة لخلق إشارة الخطأ التي يعالجها المتحكم كما هو موضح بالشكل (43).



الشكل 43 كيفية بناء نظام التحكم

في مشروعنا اعتمدنا على فكرة المتحكم التَّشْبِيعِي Hysteresis controller: ويعتمد على عرض الحزمة التَّشْبِيعِيَّة (T, T-) و سميت بذلك كون المتحكم يعمل على تأخير الوصل و تأخير الفُصْل بعرض محدد ، و مبدأ عمله هو وجود ذاكرة تعمل على الدخل الحالي و الدخل السَّابِق للمتحكم (قلاب) ومن هنا أتت الفكرة ببنائه برمجياً عناصر التَّفْعِيل و هي محركات ذات مغناطيس دائم و يسعى دائماً المتحكم لجعل قيمة إشارة الخطأ تساوي إلى الصفر ، أي عندما

يتجاوز الخطأ الحد الأعظمي لعرض الحزمة تكون إشارة التفعيل لعنصر الهدف مفعلة وتبقى كذلك حيث يصبح الخطأ أصغر من الحد الأدنى لعرض الحزمة وعندها تصبح إشارة التفعيل لعنصر الهدف غير مفعلة و هكذا معتمدا على التحكم بعروة البطء كما موضح بالشكل(44)

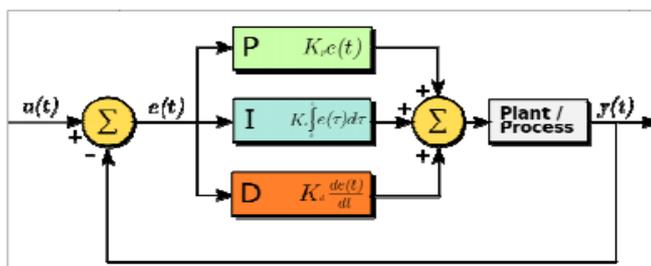


الشكل 44 عروة البطء

2.1.3 المتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي PID :

ويقوم بمهمة معالجة الخطأ الناتج بين القيمة الفعلية (المقاسة) و القيمة المرجعية، حيث أن حاكمة ال PID هو نظام تحكم شامل يتضمن تغذية عكسية التي تتحقق بإعادة جزء من إشارة الخرج ومقارنتها مع إشارة الدّخل أو الإشارة المرجعية هذه الحاكمة أو النظام شائع الاستخدام في نظم التّحكم الصناعيّة، وتعتبر PID عنصر أساسي في أنظمة التحكم حيث يشكل 80% هذه الأنظمة أي أن أي نظام صناعي يعتمد على التّحكم الآلي لا بد من وجود PID حيث يعمل على تقليل نسبة الخطأ وتحديد سرعة الاستجابة لهذه الأنظمة بحيث يرفع كفاءته "أي تقليل نسبة الخطأ وتحديد الاستجابة" وهذا يعتمد على PID و تتمثل الخوارزمي الحاسبي PID بثلاثة معاملات مفصلة

(P تناسبي)، (I تكاملي)، (D تفاضلي) القيمة التّناسبية تبين رد الفعل مع الخطأ الحالي، القيمة التكاملية تتناسب مع استمرارية وجود الخطأ، في الحقيقة ترتيب الأحرف لا يعكس أسبقية العملية بالضرورة، أما القيمة التفاضلية تتناسب مع معدل التغير في الخطأ كما هو موضح بالشكل(45):



الشكل 45

نموذج التحكم PID

3.1.3 تصنف حلقة التّحكم من حيث الوظائف الأساسية :

• وظيفة القياس: تتم هذه الوظيفة بواسطة أجهزة تحسس "حساسات" أو مجسات وتدعى أحيانا بالمرسلات، من هذه الحساسات: حساس الحرارة، حساس الضّغط، حساس النّيار، حساس التّردد... وما إلى ذلك، ويتم اختيار نوع المرسل حسب العملية المراد التّحكم فيها.

• وظيفة المقارن: يقارن القيمة المقاسة عبر المرسل والقيمة المضبوطة مسبقا والتي يراد الوصول إليها وتسمى القيمة المقاسة " PV " بينما القيمة المضبوطة " SP " نتيجة المقارنة تنشأ

عنها قيمة تدعى الخطأ " Error " وتمر بدوره إلى أحد أو مجموعة عناصر التحكم السابقة ونتيجة المعالجة والحساب ترسل قيمة التحكم النهائي إلى المعالج لاتخاذ القرار المناسب.

• وظيفة التحكم التلقائي: تختلف أنواع عناصر التحكم النهائي باختلاف العملية المراد التحكم فيها مثال الصمامات لقفل وفتح الأنابيب، المحركات للتحكم في سرعة و الاتجاه، السخانات للتحكم في درجة الحرارة وهكذا.

4.1.3 نظرية التحكم نوع PID هي:

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من نمط التحكم PID هي:

❖ النوع المتسلسل: " Series PID " وفيه تكون عناصر أو حدود D & I مرتكزة تماما على الحد p بمعنى أنها لا تعمل بدونه .

❖ النوع المتفرع: " Parallel PID " تؤدي العناصر D, I, P وظائفها بشكل مستقل عن بعضها ثم تجمع معا إلى الخرج

❖ النوع المختلط: " PID Mixed " هذا النوع هو مزيج بين المتسلسل والمتوازي.

هذه الأنواع الثلاثة عندما يتم الأخذ بعين الاعتبار القيمة المقاسة تسمى الحلقة مغلقة أما إذا تم عزلها فتسمى ب حلقة مفتوحة.

توجد منهجيات تصميم مختلفة لتصميم جهاز التحكم وذلك لتحقيق مستوى الأداء المطلوب ولكن الأكثر شيوعا هي وحدة التحكم من النوع PID : يمكن التعبير عن خرج وحدة التحكم PID بـ $u(t)$ والدخل بـ $e(t)$ كما يلي:

$$u(t) = k_p[e(t) + Td \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t) dt]$$

تعطى معادلة النقل للمتحكمات بالعلاقة:

$$C(s) = k_p(1 + \frac{1}{Ti_s} + Td_s)$$

حيث:

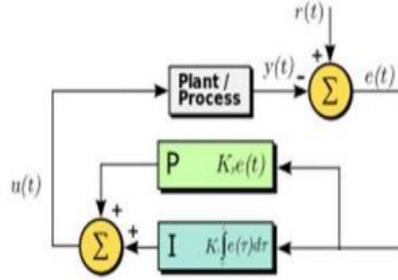
◀ ثابت التناسبي Kp

◀ زمن التفاضلي Td

◀ زمن التكامل Ti

2.3 المتحكم التناسبي _ التكاملي "Proportional-Integra Control":

مقدمة: تعتبر طريقة التَّحْكَم التَّنَاسَبِي التَّكَامِلِي المتحكم PI من أكثر الطَّرُق الشَّائِعَة فِي أَنْظِمَة التَّحْكَم الحديثة كونها لها مزايا متعددة من أهمها أنها توفر استجابة سريعة بسبب (P- action) وخطأ الحالة المستقرة التي تساوي الصفر في (I- action) كما هو موضح بالشكل (46)

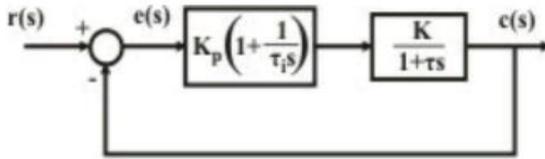


الشكل 46

نموذج التحكم PI

1.2.3 ويمكن التعبير عن تابع النقل للخطأ على النحو الآتي:

$$\frac{e_s}{r_s} = \frac{1}{1 + \frac{kk_p(1+T_i s)}{T_i s(1+Ts)}} = \frac{T_i s(1+Ts)}{s^2 T T_i + (1+kk_p)T_i s + kk_p}$$



الشكل 47 تابع النقل

كما هو موضح بالشكل (47)

بالطريقة نفسها كما في التَّحْكَم التَّكَامِلِي يمكننا أن نستنتج خطأ الحالة المستقرة سيكون صفر لإجراء (I-P) بالإضافة لذلك معادلة خصائص الحلقة المغلقة للـ PI هي:

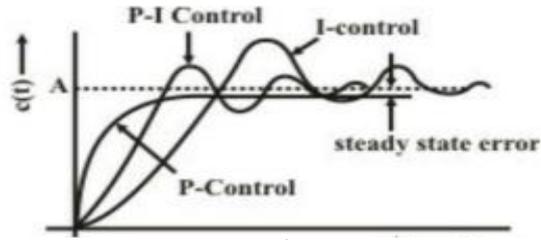
$$s^2 T T_i + (1 + k k_p) T_i s + k k_p = 0$$

$$\zeta = \left(\frac{1 + k k_p}{2} \right) \sqrt{\frac{T_i}{k k_p T}} \quad \text{ويكون ثابت التخماد على النحو التالي:}$$

$$\zeta = \left(\frac{1}{2} \right) \sqrt{\frac{T_i}{k T}} \quad \text{بينما للتحكم التكاملي البسيط يكون ثابت التخماد:}$$

عند المقارنة يمكن ملاحظة وبسهولة أنه من خلال تغيير K_p يمكن زيادة ثابت التخماد، لذلك يمكننا أن نستنتج أنه باستخدام (I-P) يمكن خفض الخطأ للحالة المستقرة إلى الصفر وفي نفس الوقت تحسين الاستجابة المؤقتة.

من خلال الشكل يمكن المقارنة بين استجابات الخرج الناتجة عن (P), (I), (I-P), الموضحة بالشكل (48)



الشكل 48 مقارنة بين المتحكمات

2.2.3 الضبط "TUNING" التوليف:

تعد عملية ضبط الحلقة Tuning Loop من أعقد وأخطر عمليات التحكم لا سيما الضبط المباشر أثناء العملية والسبب هو عدم وجود قانون ثابت يتحكم في العملية.

تقنيات الضبط

❖ التقنية اليدوية: عندما يكون من الضروري بقاء النظام عاملاً أولاً ضبط K_i, K_d إلى قيم صفرية ثم زيادة K_p تدريجياً حتى يبدأ خرج الحلقة بالتذبذب حيث يجب إنقاص قيمة K_p إلى النصف تقريباً ثم تزداد قيمته حتى يتم التصحيح أي انزياح خلال زمن كافي للعملية ومع ذلك فإن زيادة كبيرة جداً في K_i ستسبب عدم استقرارية وأخيراً يتم زيادة K_d إذا كان مطلوباً حتى تصبح الحلقة سريعة بشكل مقبول.

• المزايا : لا تحتاج لحسابات زمنية

تتم مباشرة أثناء سير العملية.

• العيوب : تتطلب خبرة عالية في هذه العملية.

❖ طريقة زيغلرونيوكالس : وضع كل من زيغلرونيوكالس قواعد لإيجاد الثوابت K_i, K_p, K_d استناداً على خواص الاستجابة المرحلية المعنية بعملية الضبط بإتباع هذه القواعد يمكن ضبط الثوابت لإجراء الاختبارات للنظام المعني نفسه، اتبع كل من زيغلرونيوكالس طريقتان لهذه الغرض معتمد على العالقات والحسابات ووضع جدول حل لكال هاتين الطريقتين كما التالي:

• طريقة زيغلرونيوكالس الأولى :

نوع المتحكم	K_p	K_i	K_d
P	T/L	0	0
PI	0.9T/L	L/0.3	0
PID	1.2T/L	2L	0.5L

• طريقة زيغلر نيكولاس الثانية:

نوع المتحكم	Kp	Ki	Kd
P	0.5Kcr	∞	0
PI	0.45Kcr	(1/1.2) pcr	0
PID	0.6Kcr	0.5pcr	0.12pcr

❖ طريقة البرمجة : تعد هذه الطريقة الأكثر استخداما وشيوعا في إيجاد قيم الثوابت، وتكتب بلغات الحاسب الآلي مثل لغة البيسيك واللغات الأخرى أو باستخدام بنية المحاكاة الماتالب " " Simulink – MATLAB

★ في هذا المشروع تم اعتماد آلية التحكم على أنه تناسبي - تكاملي (P – I) : لأن يعطي نتائج أدق من المتحكم PID بسبب وجود المتحكم D الذي يعطي حالات مستقبلية و تنبويه وفي أغلب الأحيان يكون غير دقيق.

فدراسة الشكل التحكمي للنموذج يجب دراسة الطاقة الحركية والطاقة الكامنة الثقالية من علاقة لاكرانج:

تعطى علاقة لاكرانج على النحو الآتي : $L = K_T - P_T$

حساب الطاقة الحركية: وتساوي نصف الكتلة بمربع السرعة الخطية زائد نصف عزم العطالة بمربع التسارع الزاوي.

$$K_T = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

و باعتبار أن الكارتيزين روبات لا يحتوي على تسارعات زاوية هذا يعني أن : $(\frac{1}{2}I\omega^2 = 0)$ فتصبح معادلة الطاقة الحركية على الشكل التالي :

$$K_T = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v^2 = (\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2)$$

$$v^2 = [\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 + 2\dot{x}\dot{y} \cos \theta + 2\dot{y}\dot{z} \cos \theta + 2\dot{z}\dot{x} \cos \theta]$$

$$\cos \theta = \cos \frac{\pi}{2} = \cos 90 = 0$$

$$v^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2$$

بالعودة الى المصفوفة الجاكوبية نجد أن:

$$\dot{x} = v_{ox} = \dot{d}_2 \quad \dot{y} = v_{oy} = \dot{d}_3 \quad \dot{z} = v_{oz} = \dot{d}_1$$

$$v^2 = \dot{d}_2^2 + \dot{d}_3^2 + \dot{d}_1^2$$

$$K_T = \frac{1}{2} m (\dot{d}_2^2 + \dot{d}_3^2 + \dot{d}_1^2)$$

حساب الطاقة الكامنة الثقالية : $P = mgd_1$; $h = z_1 = d_1$; $P = mgh$

تعطى علاقة لاغرانج على النحو الاتي : $l = K_T - P_T$

$$l = \frac{1}{2} m (\dot{d}_2^2 + \dot{d}_3^2 + \dot{d}_1^2) - mgd_1$$

$$\frac{dl}{d\dot{d}_1} = m\dot{d}_1 \quad ; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{dl}{d\dot{d}_1} \right) = m\ddot{d}_1 \quad ; \quad \frac{dl}{dd_1} = -mg$$

$$\frac{dl}{d\dot{d}_2} = m\dot{d}_2 \quad ; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{dl}{d\dot{d}_2} \right) = m\ddot{d}_2 \quad ; \quad \frac{dl}{dd_2} = 0$$

$$\frac{dl}{d\dot{d}_3} = m\dot{d}_3 \quad ; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{dl}{d\dot{d}_3} \right) = m\ddot{d}_3 \quad ; \quad \frac{dl}{dd_3} = 0$$

فتكون معادلة العزوم من الشكل :

$$\tau_i = \frac{d}{dt} \left(\frac{dl}{d\dot{d}_i} \right) - \frac{dl}{dd_i}$$

$$\tau_1 = m\ddot{d}_1 + mg$$

$$\tau_2 = m\ddot{d}_2$$

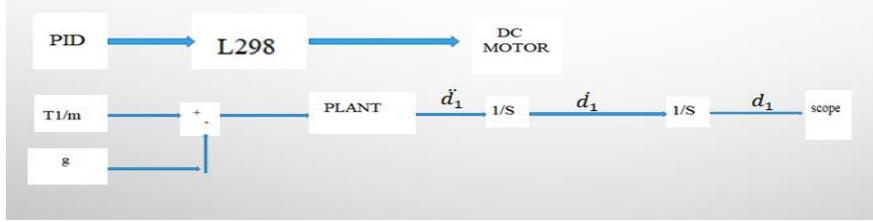
$$\tau_3 = m\ddot{d}_3$$

$$\begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & m \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \ddot{d}_1 \\ \ddot{d}_2 \\ \ddot{d}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} * [g]$$

$$d_1'' = \frac{\tau_1}{m} - g$$

$$d_2'' = \frac{\tau_2}{m}$$

$$d_3'' = \frac{\tau_3}{m}$$



وبالاستفادة من المعادلات الكهربائية والميكانيكية للنظام المراد التحكم به نوجد تابع النقل ويساوي الخرج على الدخل:

$$\frac{\theta(S)}{T(S)} = \frac{1}{[IS^2 + BS + C]}$$

$$T(S) = \theta(S)[IS^2 + BS + C]$$

$$i_{a(t)}(S) = V_{a(t)}(S) - K S \theta(S) / R_a + L_a S$$

$$T(S) = K i_{a(t)}(S)$$

$$T(S) = K [V_{a(t)}(S) - K S \theta(S) / R_a + L_a S]$$

$$\theta(S)[IS^2 + BS + C] = K [V_{a(t)}(S) - K S \theta(S) / R_a + L_a S]$$

$$\theta(S)[IS^2 + BS + C] = \frac{K V_{a(t)}(S)}{R_a + L_a S} - \frac{K^2 S \theta(S)}{R_a + L_a S}$$

$$\theta(S)[IS^2(R_a + L_a S) + BS(R_a + L_a S) + C(R_a + L_a S) + K^2 S] = K V_{a(t)}(S)$$

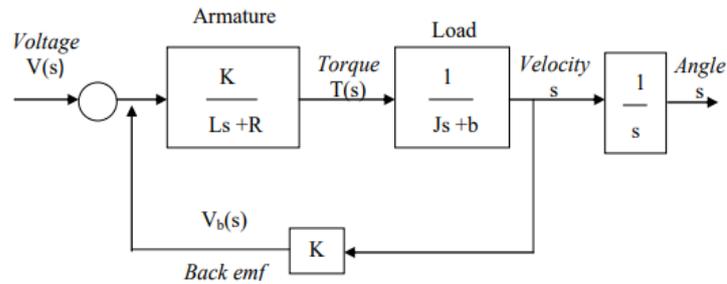
يعطى تابع النقل بالعلاقة:

$$TF\left(\frac{\theta(S)}{Va_{(t)}(S)}\right) = \frac{K}{[IS^2(R_a + L_a S) + BS(R_a + L_a S) + C(R_a + L_a S) + K^2 S]}$$

$$\frac{\theta(S)}{Va_{(t)}(S)} = \frac{1}{[IS^2 + (B + K^2)S + C]} * \frac{K}{(R_a + L_a S)}$$



" $z=I$ " هي العطالة للمحرك و الحمل "مجموعهما" و " $B=b$ " هو ثابت التخماد الدوراني في المحرك والحمل تنسب إلى هيكل الثابت و " C " هو ثابت المرونة الدوراني و K هو عامل الربح كما هو موضح بالشكل (49).



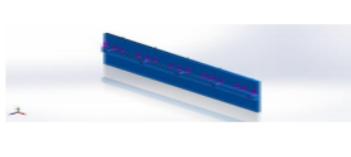
الشكل 49 بناء نظام التحكم

الفصل الرابع: نتائج المحاكاة و التحكم

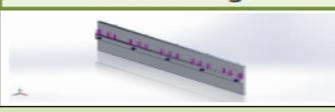
مقدمة: أن عملية النمذجة والمحاكاة من أهم العمليات التي نجريها قبل البدء بالمشروع و تعطي نتائج و اختبارات الدراسة السابقة و امكانية تعديل الدراسة في حال كان النتائج خطرة سيتم في الفصل القادم اجراء محاكاة للمحركات و برمجتها و التحكم بها إمّا عن طريق أردوينو أو عن طريق راسبيري باي

- تم اختبار الدراسة السابقة فأظهرت النتائج التالية :
- بالنسبة للمحور فأن اجهاد الانحناء= $3.184 * 10^{-7} mm$
- والازاحة هي= $8.572 * 10^{-1} mm$
- و أن الالتواء= $1.127 * 10^{-4} mm$
- بالنسبة للهيكل الخارجي (الكيبن) فأن اجهاد الانحناء= $6.560 * 10^{-5} mm$
- والازاحة هي= $1.649 * 10^{-1} mm$
- و أن الالتواء= $7.371 * 10^{-6} mm$
- بالنسبة للبراغي و الرفوف فأن اجهاد الانحناء= $4.537 * 10^{-7} mm$
- والازاحة هي= $3.990 * 10^{-3} mm$
- و أن الالتواء= $5.526 * 10^{-4} mm$

Material Properties

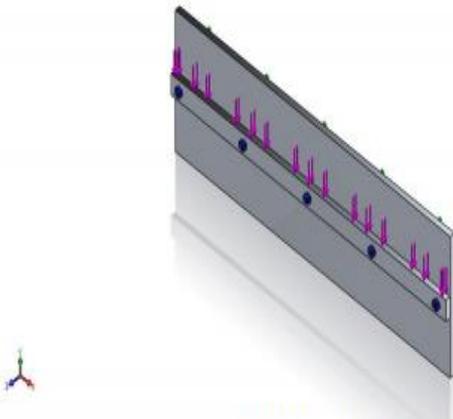
Model Reference	Properties	Components
	Name: 1060 Alloy Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.75742e+07 N/m ² Tensile strength: 6.89356e+07 N/m ² Elastic modulus: 6.9e+10 N/m ² Poisson's ratio: 0.33 Mass density: 2700 kg/m ³ Shear modulus: 2.7e+10 N/m ² Thermal expansion coefficient: 2.4e-05 /Kelvin	SolidBody 1(Boss-Extrude1)(Part1-1), SolidBody 1(Boss-Extrude1)(stand-1)
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

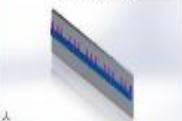
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 1 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	4.1455e-05	15	0.00261879	15
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 15 N

Model Information

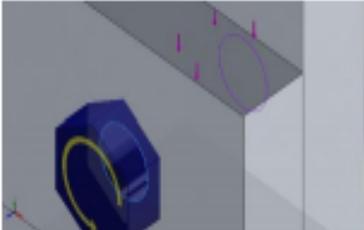
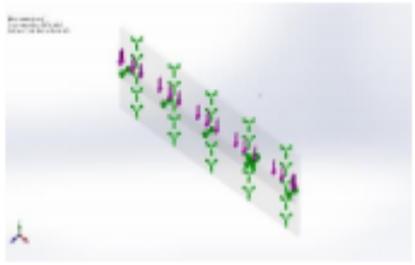


Model name: Assem1
Current Configuration: Default

Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
 Boss-Extrude1	Solid Body	Mass:0.431152 kg Volume:0.000159686 m ³ Density:2700 kg/m ³ Weight:4.22529 N	C:\Users\Windows.10\Desktop\axis_cnc\simulation_bolt\Part1.SLDPRT Jan 4 15:47:27 2021
 Boss-Extrude1	Solid Body	Mass:0.0639518 kg Volume:2.36858e-05 m ³ Density:2700 kg/m ³ Weight:0.626727 N	C:\Users\Windows.10\Desktop\axis_cnc\simulation_bolt\stand.SLDPRT Jan 4 15:47:27 2021

Connector Definitions

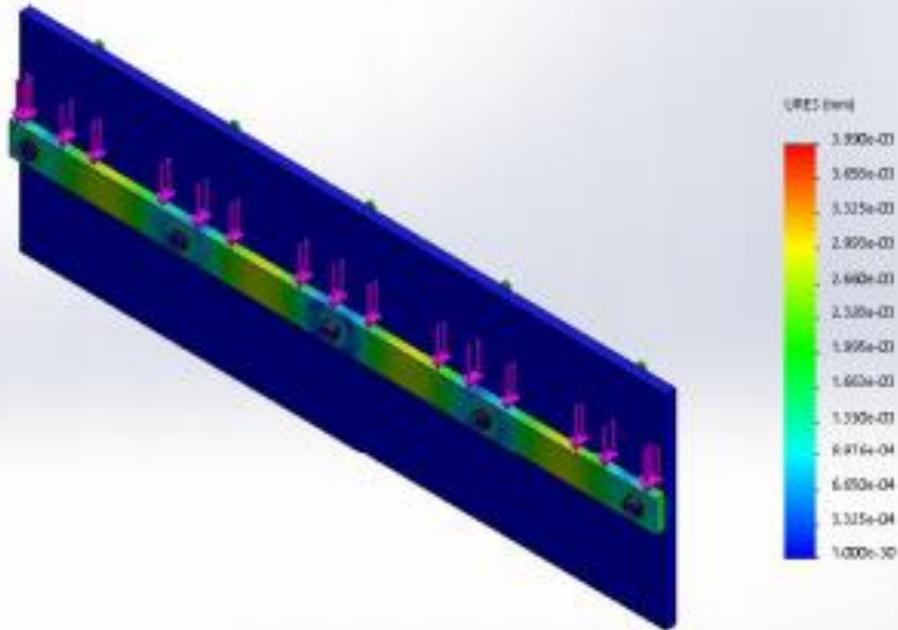
Pin/Bolt/Bearing Connector

Model Reference	Connector Details	Strength Details						
 Counterbore with Nut-1	Entities: 2 edge(s) Type: Bolt(Head/Nut diameter)(Counterbore) Head diameter: 6 mm Nut diameter: 6 mm Nominal shank diameter: 4 Preload (Torque): 1.5 Young's modulus: 2.1e+11 Poisson's ratio: 0.28 Preload units: N.m	<table border="1"> <tr> <td>Bolt Check:</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Calculated FOS:</td> <td>3.72734</td> </tr> <tr> <td>Desired FOS:</td> <td>1.5</td> </tr> </table> 	Bolt Check:	OK	Calculated FOS:	3.72734	Desired FOS:	1.5
Bolt Check:	OK							
Calculated FOS:	3.72734							
Desired FOS:	1.5							

Connector Forces

Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	0	0	1875	1875
Shear Force (N)	17.256	-2.0191	0	17.373
Bending moment (N.m)	-0.010317	-0.07157	0	0.07231

Model name: Assem1
 Study name: (Static 1) Default
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation state: 1

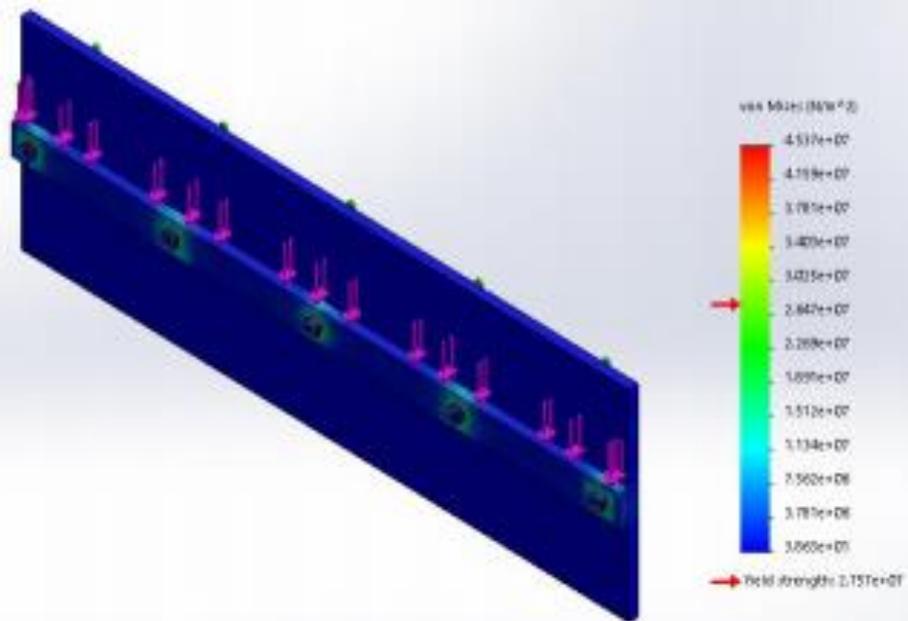


Assem1-Static 1-Displacement-Displacement1

Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	3.863e+01 N/m ² Node: 1552	4.537e+07 N/m ² Node: 7034

Model name: Assem1
 Study name: (Static 1) Default
 Plot type: Static model stress Stress1
 Deformation state: 1

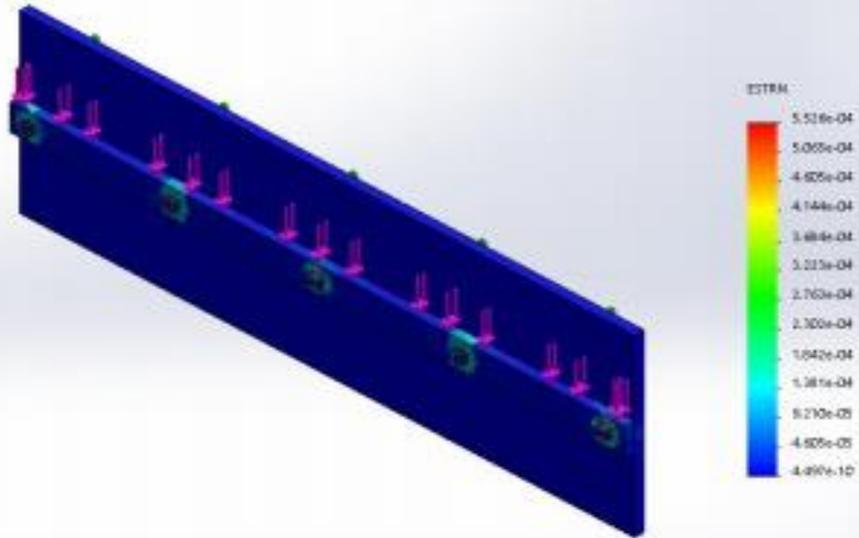


Assem1-Static 1-Stress-Stress1

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+00 mm Node: 1	3.990e-03 mm Node: 5459

Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	4.497e-10 Element: 1444	5.526e-04 Element: 2625

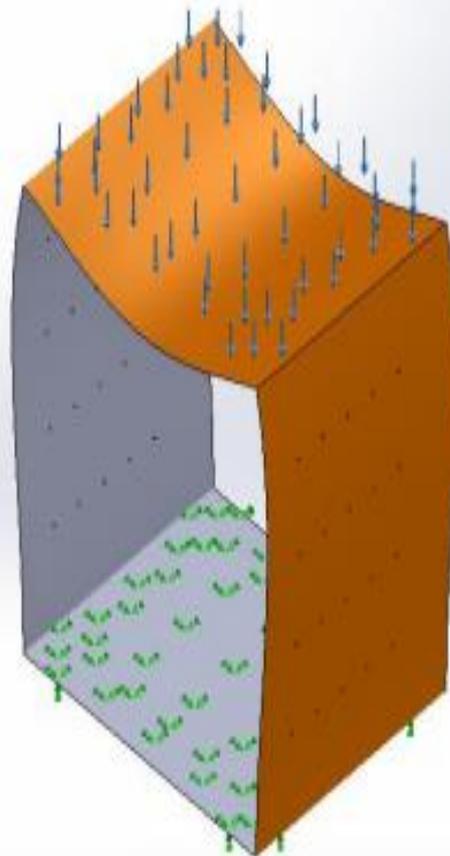
Model name: Assem1
 Study name: (Static 1)-Default
 Plot type: Static strain: Strain1
 Deformation scale: 1



Assem1-Static 1-Strain-Strain1

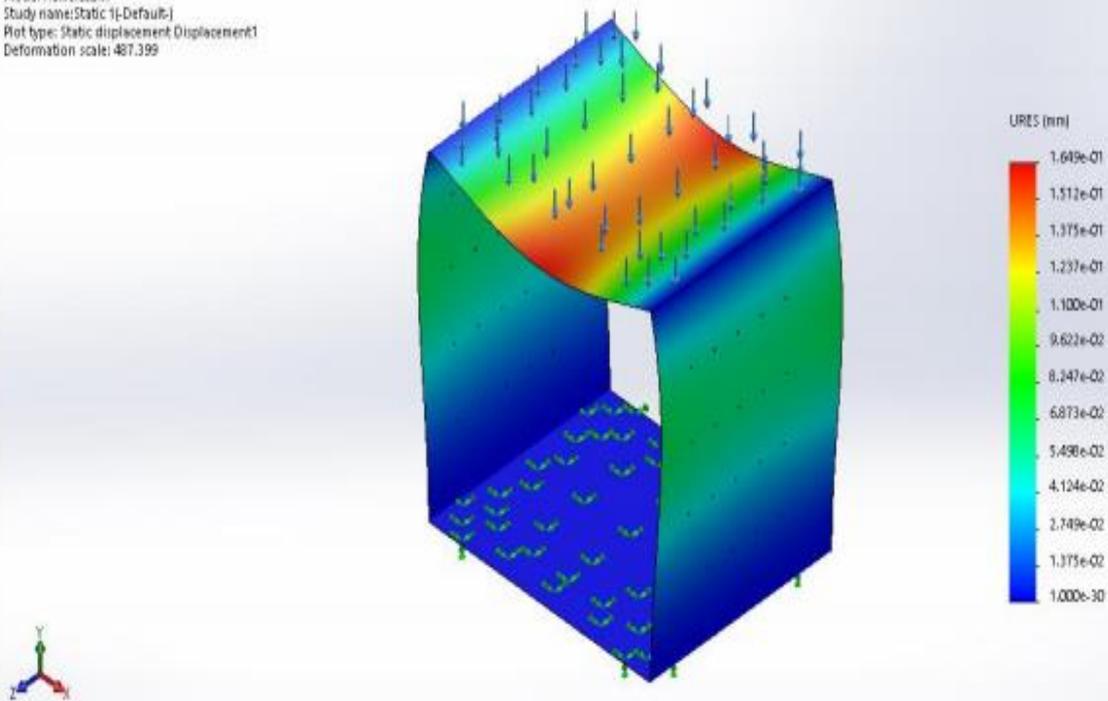
Name	Type
Displacement1{1}	Deformed shape

Model name: cabin
 Study name: (Static 1)-Default
 Plot type: Deformed shape: Displacement1{1}
 Deformation scale: 487.399



cabin-Static 1-Displacement-Displacement1{1}

Model name: cabin
 Study name: Static 1(-Default)
 Plot type: Static displacement (Displacement1)
 Deformation scale: 487.399

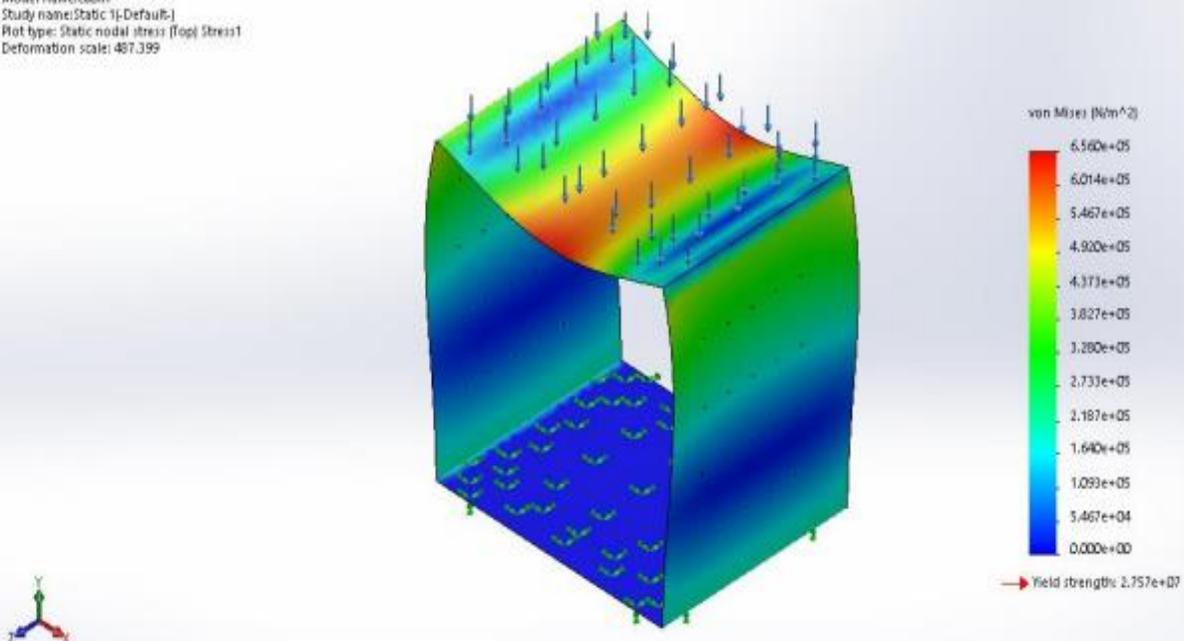


cabin-Static 1-Displacement-Displacement1

Study Results

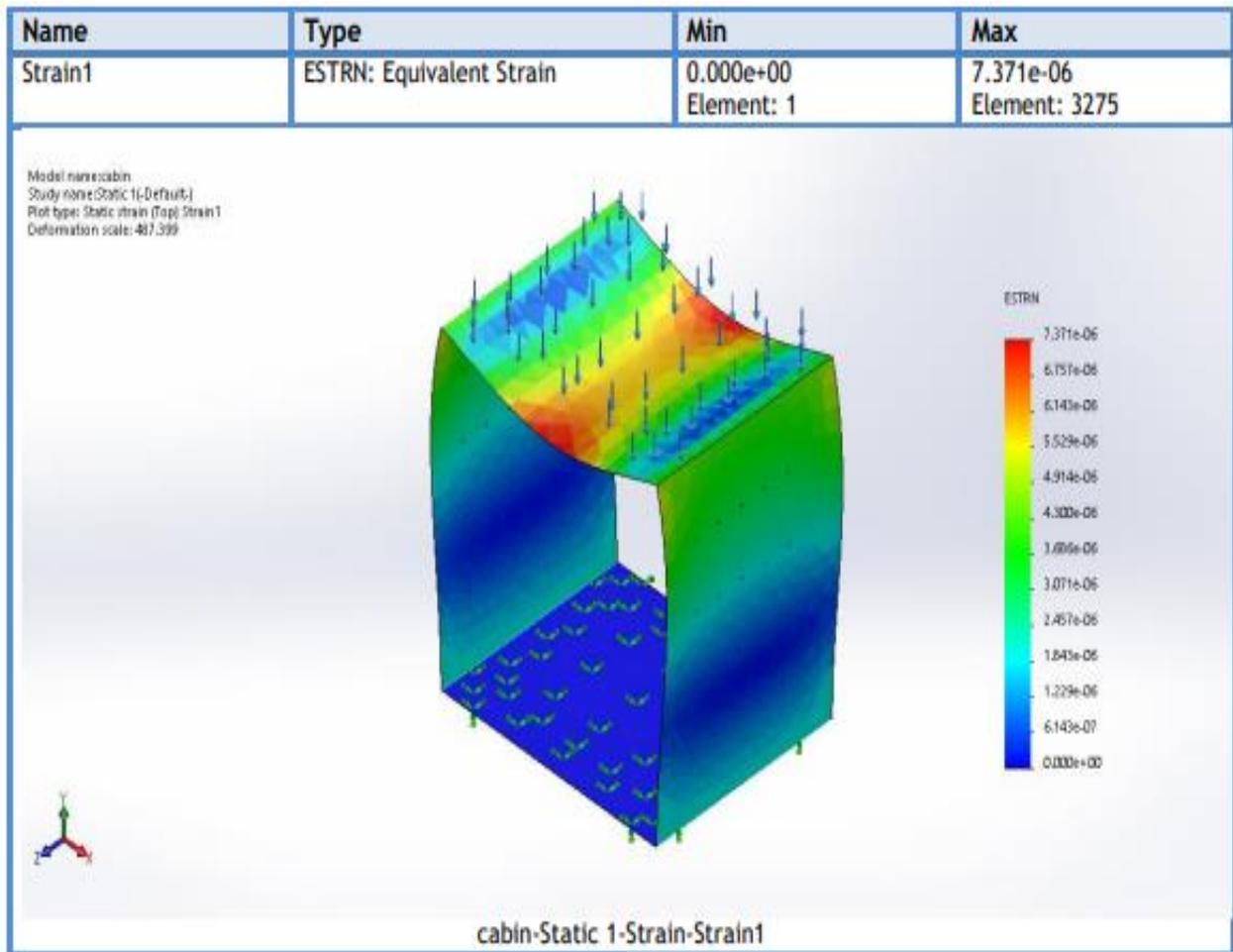
Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.000e+00 N/m ² Node: 15	6.560e+05 N/m ² Node: 492

Model name: cabin
 Study name: Static 1(-Default)
 Plot type: Static nodal stress (Fop) Stress1
 Deformation scale: 487.399



cabin-Static 1-Stress-Stress1

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+00 mm Node: 1	1.649e-01 mm Node: 445



Model Information

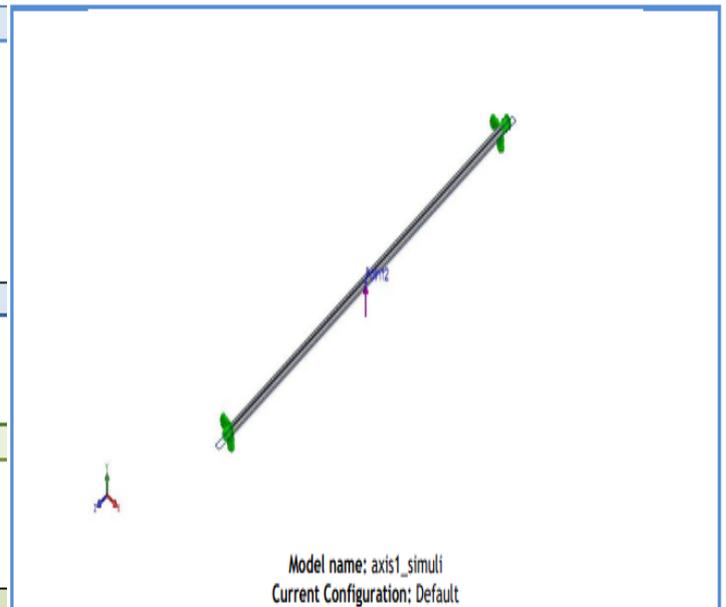
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: AISI 304 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 2.06807e+08 N/m ² Tensile strength: 5.17017e+08 N/m ² Elastic modulus: 1.9e+11 N/m ² Poisson's ratio: 0.29 Mass density: 8000 kg/m ³ Shear modulus: 7.5e+10 N/m ² Thermal expansion coefficient: 1.8e-05 /Kelvin	SolidBody 1 (Boss-Extrude1) (Part2)
Curve Data: N/A		

Loads and Fixtures

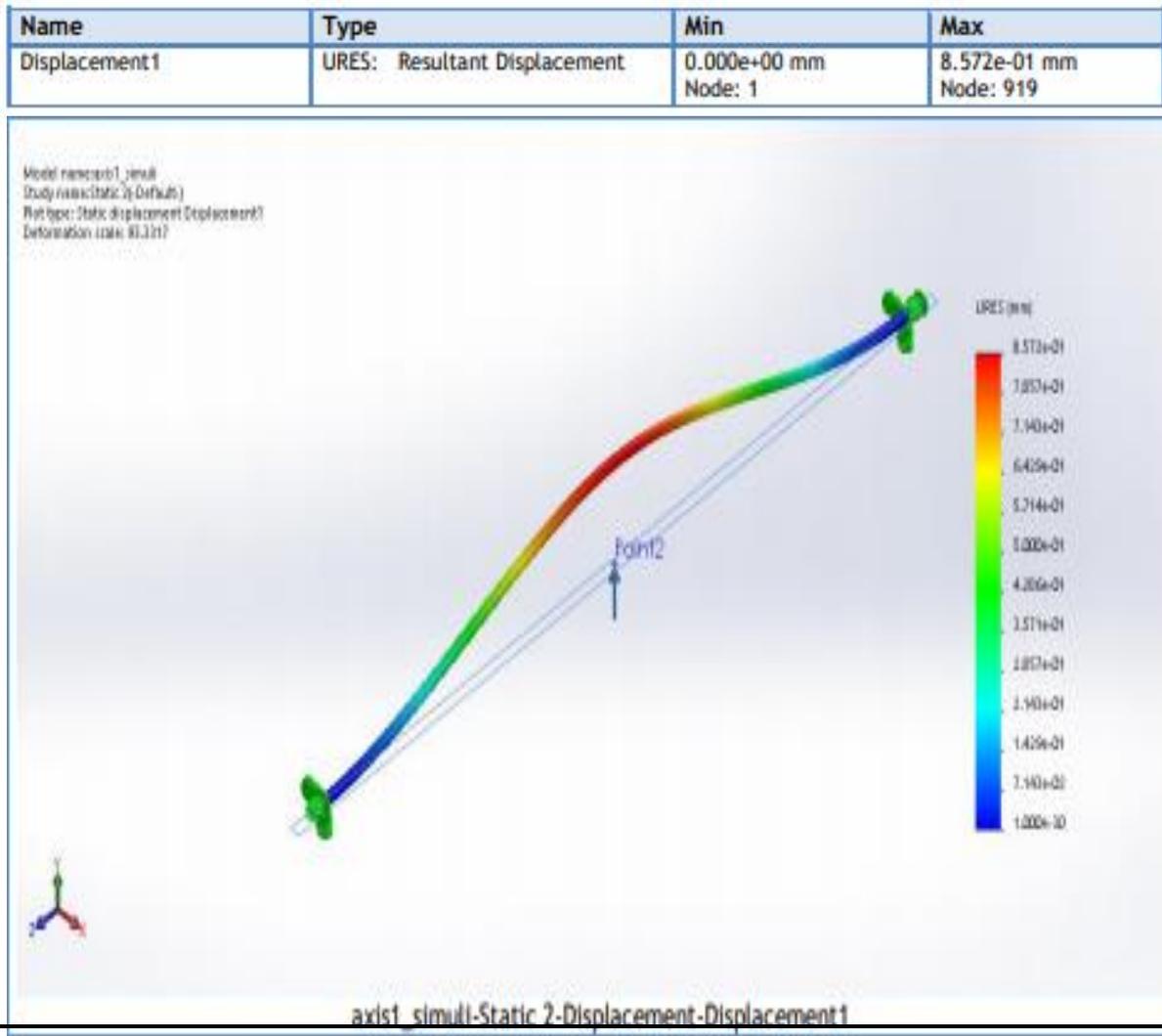
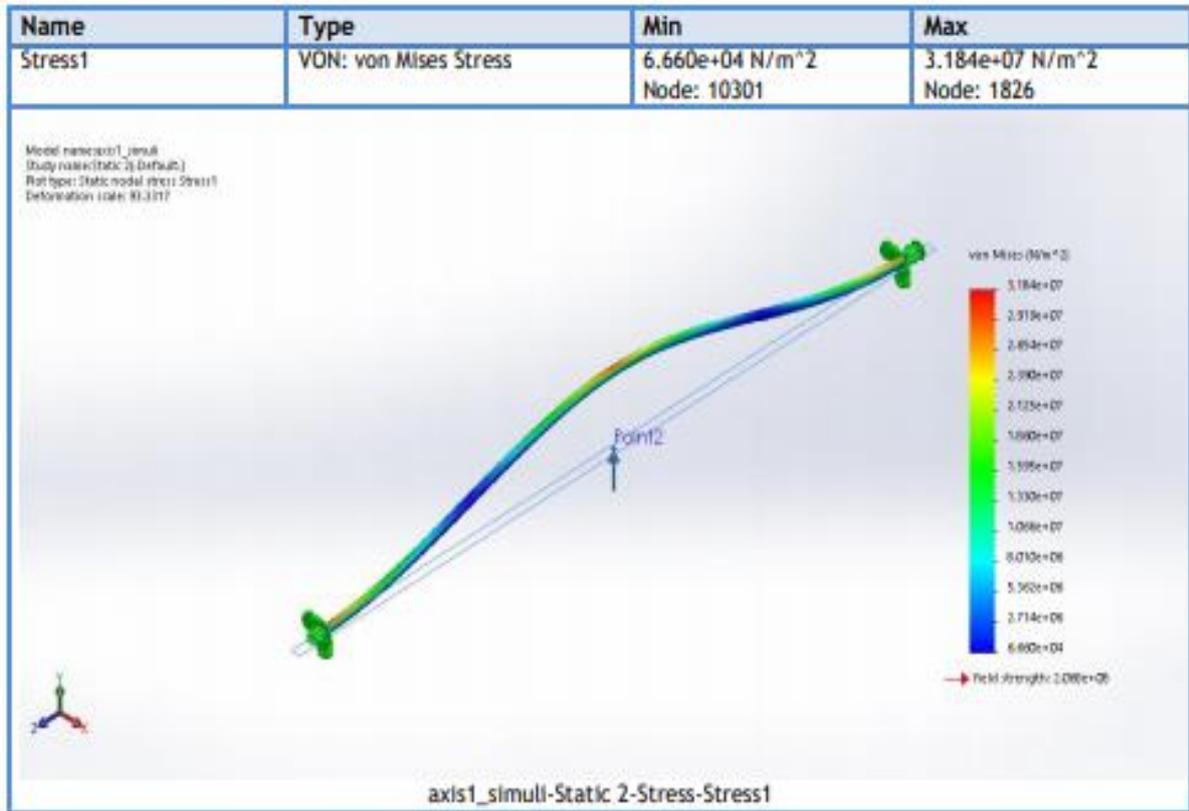
Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0.00806427	-30.0113	0.0138969	30.0113
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 plane(s) Reference: Right Plane Type: Apply force Values: ---, 30, --- N



Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Boss-Extrude1	Solid Body	Mass: 0.502655 kg Volume: 6.28319e-05 m ³ Density: 8000 kg/m ³ Weight: 4.92602 N	C:\Users\Windows.10\Desktop\axis1_simuli.SLDPRTE Jan 1 19:57:37 2021

Study Results



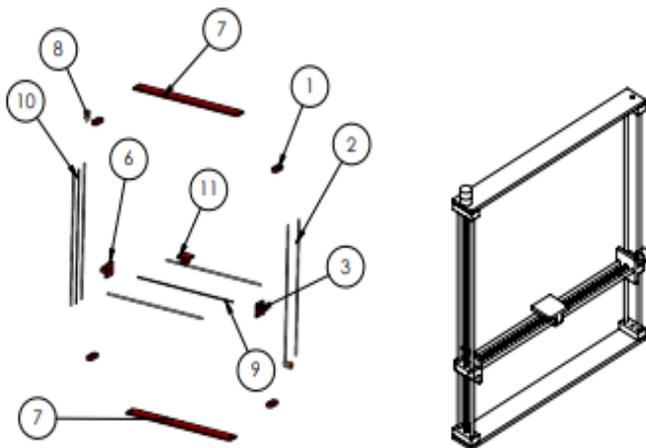
Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	7.111e-07 Element: 6013	1.127e-04 Element: 5367

Model: nasecar1_simul
Study: nasecar1_Static 2g_Default.1
Plot type: Strain (min: Strain1)
Deformation state: 99.3317

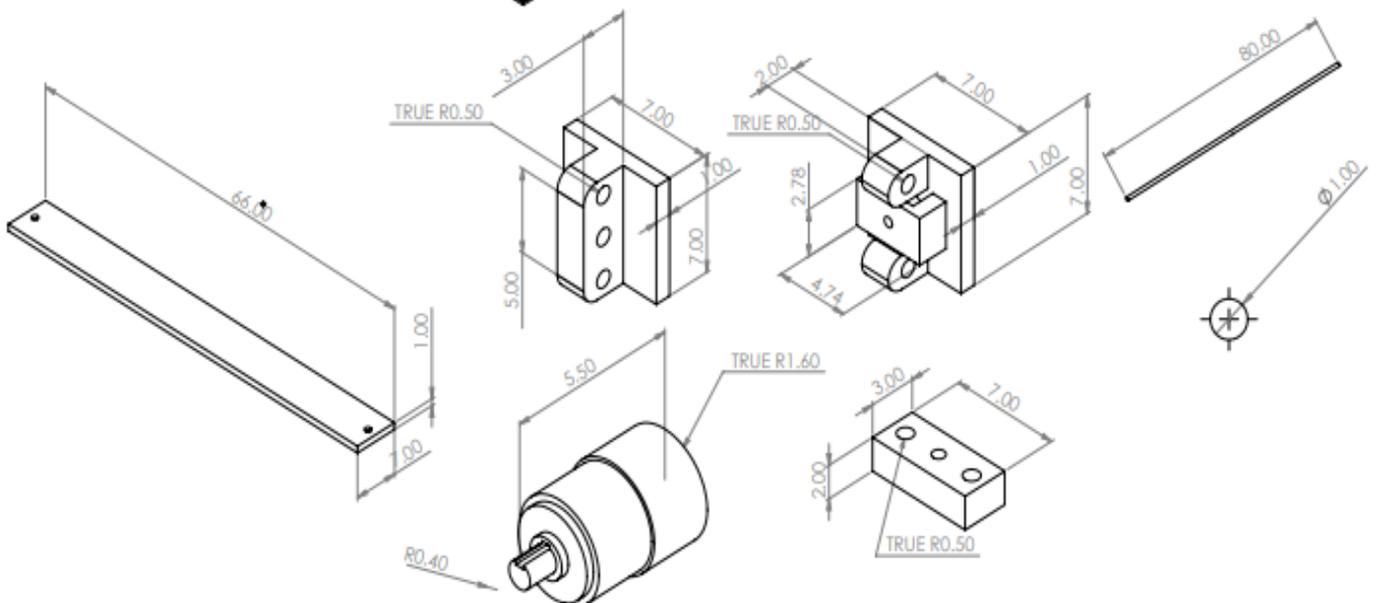


الملاحق

الملحق (1): الأجزاء المكون منها الكارتزين ريبوت 2D, 3D:



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	cartisen		4
2	cartisen_axis		4
3	cartisen 3		1
4	Assem4/Assem2		1
5	cartisen axis2		1
6	cartisen 5		1
7	cartisen xixed		2
8	DC Mega torque motor T2 V		2
9	power screw 2		1
10	power screw		1
11	cartisen 4		1



الفصل الخامس: الجانب العملي

المقدمة: ان عملية التطبيق العملي أتت بعد الدراسة النظرية التي تمت في المشروع السابق فقد تم اختيار الهيكل من الخشب بدلا من الألكابوند نظرا لارتفاع التكلفة والشكل 50 و 51 يوضح شكل الهيكل ومكان حجرة التسليم .



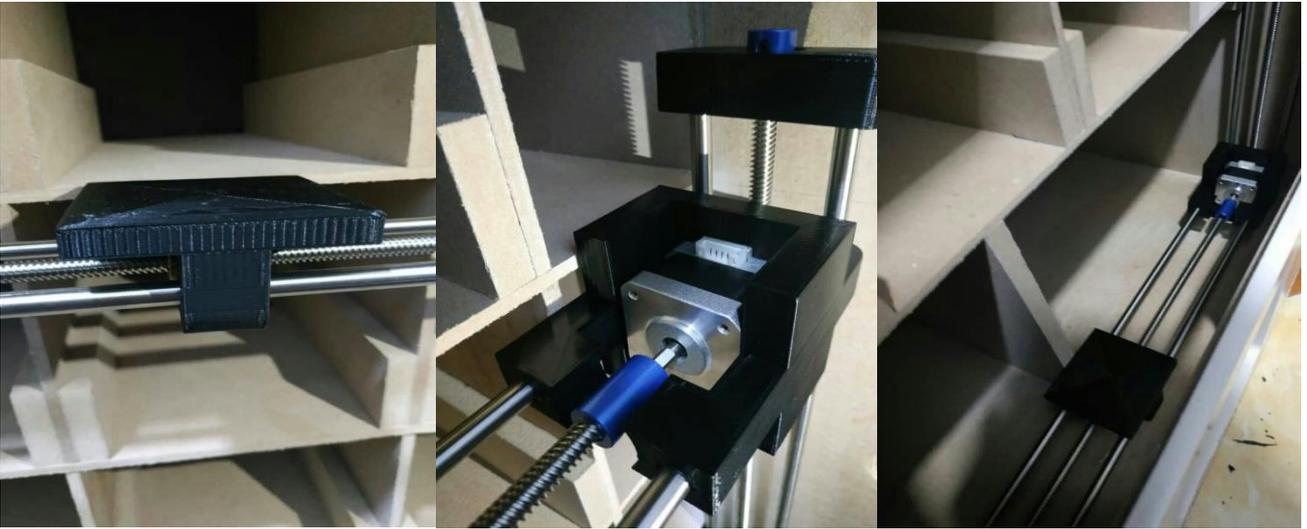
الشكل 51

الشكل 50

بعد الانتهاء من تجهيز الهيكل الخارجي تمت طباعة القطع 3D ضمن مخابر وكليات الجامعة اللازمة للمشروع والتي صممت في الفصل الماضي على برنامج SOLID WORK وتجهيزها للبدء بالعمل في تركيب الروبوت الديكارتية المكون من درجتين حرية والذي يستطيع مسح المستوي (X, Y) (الكارتيزين ريبوت 2D) و وضع المحاور الملساء التي تمكن من تثبيت الكارتيزين وجعله يعمل بالشكل المثالي ومحاور الشرر التي وصلت مع المحركات بواسطة ال CABLING و تثبيت الرولمانات ضمن القطع المطبوعة و الأشكال الأتية توضح كيفية تموضع القطع 3D مع المحاور و الرولمانات وال CABLING داخل الهيكل .

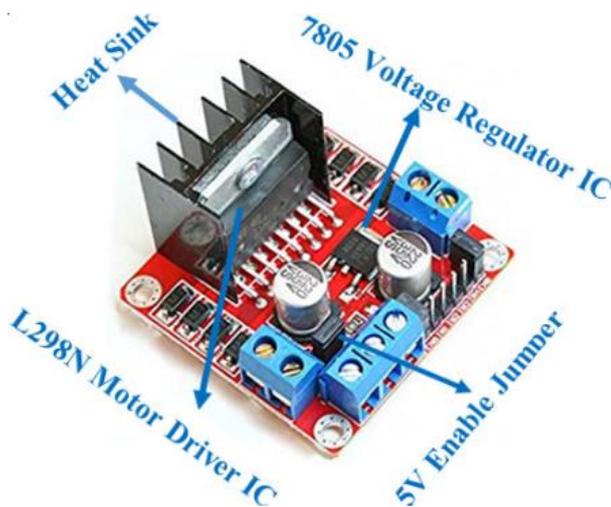


الشكل 52



الشكل 53

و من ثم التدرّب على قيادة المحركات وتجريبها عملياً واختيار المحركات الأفضل و الأنسب للمشروع من خلال مقارنة نتائج الاختبارات فكانت محركات ال DC أفضل من قريبتها من محركات SERVO,STEPPER من خلال العزم والسرعة واستقرارها للتيار والكلفة فوضعت على محور (Y) للتخلص من الجاذبية الأرضية في أثناء صعود الكارتيزين روبات الى الحجرة المطلوبة مع دارة القيادة الخاصة به L298 أما بالنسبة للدقة المطلوبة فتم وضع محرك STEPPER على محور (X) من أجل ضمان وصول الكارتيزين الى الحجرة المطلوبة بدقة عالية لأن محركات STEPPER لها دقة عالية أكثر من محركات DC وتم استخدام دارة القيادة الخاصة بهم وهي A4988 وتم تنحيسها على دارة PCP لضمان عملها بشكل جيد كونها أفضل من التيست بورد بالاستعانة ببرنامج PIC و الأشكال التالية توضح كيفية التوصل لاتخاذ قرار في كيفية بدء تركيب الروبوت الديكارتى المكون من درجتين حرية في الهيكل وتثبيته بالشكل الصحيح لحل المشاكل الميكانيكية التي واجهتنا خلال فترة الاختبار و التدريب .



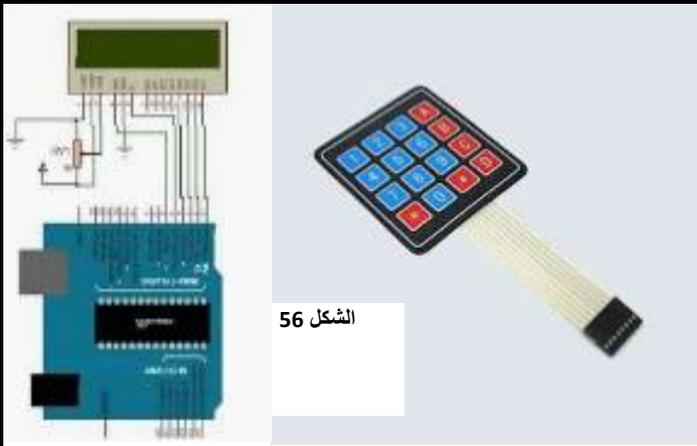


الشكل 54

بعدها تم اضافة حساسات نهاية الشوط (LIMET SWITCH) لتحديد نقطة الصفر للروبوت
ومن أجل عملية المعايرة وتحديد نقطة البداية و نقطة النهاية CALEBRITION



الشكل 55



الشكل 56

ومن ثم تمت اضافة لوحة الكبادة التي يقوم الزبون بالضغط عليها لاختيار المنتج الذي يريده

وربطها مع شاشة ال LCD التي يظهر عليها عند تشغيل الآلة العبارة النصية التالية :

WELCOM TO VENDING MACHINE

وبعدها يظهر عليها العبارة النصية التالية :

WHAT ARE YOU DOING TODAY?



الشكل 57

وربطهم مع المتحكم الصغري أردوينو ميغا والأشكال الاتية توضح كيفية ربط المحركات مع دارات القيادة والمتحكم الصغري ودخل وخرج المنظومة مع العناصر والقطع الإلكترونية.



الشكل 58



وبسبب عدم توفر القطع المطلوبة للمشروع في السوق المحلي ونظرا لارتفاع التكاليف و الانتظار فترة زمنية ريثما تصل القطع وتلافيا للتأخير الزمني الذي كان يحيط بنا تم وضع العديد من الحلول مثل وضع محور مع صامولة لتشكيل الروبوت الديكارتي ذات ثلاث درجات حرية

(X,Y,Z) فكان حل مثالي لكن الصعوبات والعواقب التي واجهتنا من أهمها هي مشكلة انتظار الزبون لمدة تتراوح أكثر من دقيقتين والمشكلة الأبرز والأهم هي عدم القدرة على ضبط المحركات مع بعضها لتعمل المنظومة الروبوتية بشكل متزامن.

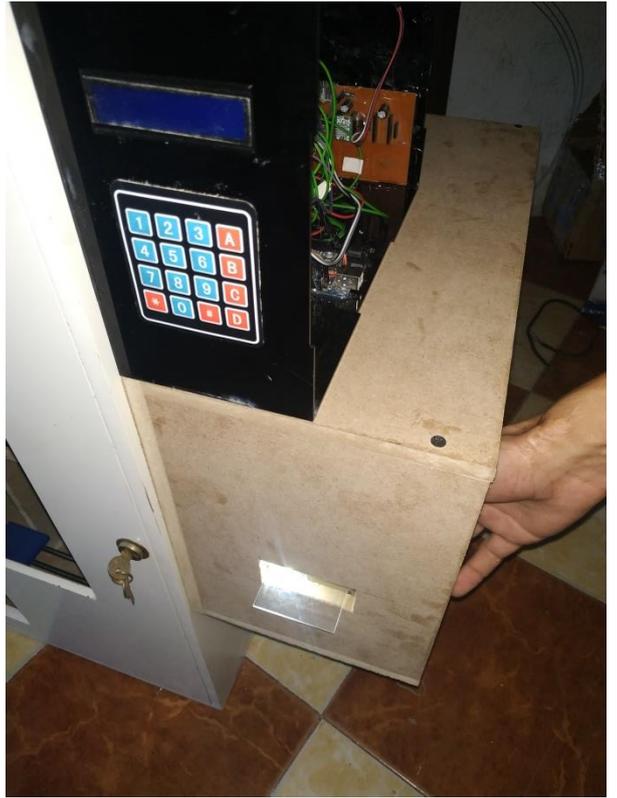
فكان الحل الأفضل والأمثل وضع محركات DC صغيرة في كل حجرة من الحجرات والصور التالية توضح شكل المحركات المستخدمة وكيفية تموضعها داخل الحجرات.



الشكل 59

و أخيرا تم العمل على كيفية سحب العملة النقدية (الورقية) والتعرف عليها خلال من خوارزميات الذكاء الصناعي و اعتماد شبكة عصبونية وتدريبها ضمن نظام ال FUZZY للتعرف على العملة مع وجود كاميرا بمنفذ USB وربطها مع المعالج الصغري و الاستعانة ببرنامج ماتلاب من أجل معالجة الصورة الملتقطة من الكاميرا و الصور التالية توضح كيفية ربط النظام المتكامل مع بعضه





الكود البرمجي الخاص بالمشروع:

```

<include <Wire.h#

<include <LiquidCrystal_I2C.h#

;(LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2

////////////////////////////////

<include <Keypad.h#

const byte ROWS = 4; //four rows

const byte COLS = 4; //three columns

} = [char keys[ROWS][COLS

,{'3','2','1'}

,{'6','5','4'}

,{'9','8','7'}

{'#','0','*'}

;{

byte rowPins[ROWS] = {23, 25, 27, 29}; //connect to the row pinouts of the keypad

byte colPins[COLS] = {31, 33, 35,37}; //connect to the column pinouts of the keypad

;( Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS

;int order=0

////////////////////////////////

////////////////////////////////

define y1_up 22#

define y1_down 24#

define y2_up 26#

define y2_down 28#

define x_en 30#

define x_step 32#

define x_dir 34#

```

```

define y1_limit 36#

define y2_limit 38#

define x_limit 40#

////////

define dc1_ 39#

define dc2_ 41#

define dc3_ 43#

define dc4_ 45#

define dc5_ 47#

define dc6_ 49#

////

;bool dc_on=false

;bool stepper_on=false

}()void setup

;(pinMode(x_en ,OUTPUT); digitalWrite(x_en,1

;(Serial.begin(9600

;()lcd.begin

;()lcd.backlight

////////////////////////////////////

;(pinMode(y1_up,OUTPUT

;(pinMode(y1_down,OUTPUT

;(pinMode(y2_up,OUTPUT

;(pinMode(y2_down,OUTPUT

;(pinMode(x_dir ,OUTPUT

;(pinMode(x_step ,OUTPUT

;(pinMode(y1_limit,INPUT_PULLUP

;(pinMode(y2_limit,INPUT_PULLUP

;(pinMode(x_limit ,INPUT_PULLUP

////////////////////////////////////

;(pinMode(dc1_,OUTPUT

;(pinMode(dc2_,OUTPUT

;(pinMode(dc3_,OUTPUT

;(pinMode(dc4_,OUTPUT

;(pinMode(dc5_,OUTPUT

```

```

;(pinMode(dc6_,OUTPUT
//////////
;(lcd.setCursor(0,0
;(" lcd.print(" Welcome To
;(lcd.setCursor(0,1
;("lcd.print("Vending Machine
;(delay(3000
;()_start
{
}()void loop
;()order=wait_for_order
;(Serial.println(order
;()if(order==1) goto_1
;()else if(order==2) {goto_2
;()else if(order==3) goto_3
;()else if(order==4) goto_4
;()else if(order==5) goto_5
;()else if(order==6) goto_6
;()else if(order==7) goto_7//
;()else if(order==8) goto_8//
;()else if(order==9) goto_9//

{
}()_void start
;(lcd.clear
;(lcd.setCursor(0,0
;("...lcd.print("Going Home
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,1
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,1
;(digitalWrite(x_dir,0
;(digitalWrite(x_en,0
}((while(digitalRead(y1_limit) || digitalRead(y2_limit) || digitalRead(x_limit

```

```

}(!digitalRead(y1_limit
;digitalWrite(y1_up,0
;digitalWrite(y1_down,0
{
}(!digitalRead(y2_limit
;digitalWrite(y2_up,0
;digitalWrite(y2_down,0
{
}(!digitalRead(x_limit
;digitalWrite(x_step,1
;delayMicroseconds(500
;digitalWrite(x_step,0
;delayMicroseconds(500
{
{
;()led.clear
;lcd.setCursor(0,0
;"lcd.print("Enter your order
;lcd.setCursor(0,1
;" lcd.print(" 1-->9
;digitalWrite(x_en,1

{
}()int wait_for_order
:z
;()char key = keypad.getKey
;if(key
;if(key=='1') return 1
;else if(key=='2') return 2
;else if(key=='3') return 3
;else if(key=='4') return 4
;else if(key=='5') return 5
;else if(key=='6') return 6
;else if(key=='7') return 7//

```

```

;else if(key=='8') return 8//
;else if(key=='9') return 9//
;else goto z
{
;else goto z
{
}()void goto_1
;()unsigned long m_dc=millis(),m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}(while(dc_on || stepper_on
}(if(millis()-m_dc<5500
;(digitalWrite(y1_up,1
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,1
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
;dc_on=false
{
}(if(millis()-m_stepper<9000
digitalWrite(x_dir,1); // go away from limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false

```

```

;(digitalWrite(x_en,1
{
{
rotate the chamber ////////////////

;(digitalWrite(dc1_,HIGH
;(delay(5000
;(digitalWrite(dc1_,LOW
//////////////////

;()m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true

;(digitalWrite(x_en,0
}(while(dc_on || stepper_on
;if(!digitalRead(y1_limit) && !digitalRead(y2_limit)) dc_on=false
}((if(!digitalRead(y1_limit
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,1
{
}((if(!digitalRead(y2_limit
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,1
{
}if(millis()-m_stepper<4300
digitalWrite(x_dir,0); // go to limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500

```

```

;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
////////////////////////////////
;(delay(10000
////////////////////////////////
;()_start
{
}()void goto_2
;()unsigned long m_dc=millis(),m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}(while(dc_on || stepper_on
}(if(millis()-m_dc<5500
;(digitalWrite(y1_up,1
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,1
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
;dc_on=false
{
}(if(millis()-m_stepper<4700
digitalWrite(x_dir,1); // go away from limit switch

```

```

;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
rotate the chamber ////////////
;(digitalWrite(dc2_,HIGH
;(delay(5000
;(digitalWrite(dc2_,LOW
//////////
;()m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=false
}(while(dc_on || stepper_on
;if(!digitalRead(y1_limit) && !digitalRead(y2_limit)) dc_on=false

}((if(!digitalRead(y1_limit
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,1
{
}((if(!digitalRead(y2_limit
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else

```

```

;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,1
{
{
////////////////////////////////
;(delay(10000
////////////////////////////////
;()_start
{
}()void goto_3
;()unsigned long m_dc=millis(),m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}(while(dc_on || stepper_on
}(if(millis()-m_dc<5500
;(digitalWrite(y1_up,1
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,1
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
;dc_on=false
{
}(if(millis()-m_stepper<500
digitalWrite(x_dir,1); // go away from limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500

```

```

{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
rotate the chamber ////////////
;(digitalWrite(dc3_,HIGH
;(delay(5000
;(digitalWrite(dc3_,LOW
//////////
;()m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}(while(dc_on || stepper_on
;(!digitalRead(y1_limit) && !digitalRead(y2_limit)) dc_on=false
}(!digitalRead(y1_limit
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,1
{
}(!digitalRead(y2_limit
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,1
{
}(if(millis()-m_stepper<4500

```

```

digitalWrite(x_dir,1); // go away to limit switch

;(digitalWrite(x_step,1

;(delayMicroseconds(500

;(digitalWrite(x_step,0

;(delayMicroseconds(500

{

}else

;stepper_on=false

;(digitalWrite(x_en,1

{

{

////////////////////////////////

;(delay(10000

////////////////////////////////

;()_start

{

////////////////////////////////

}()void goto_4

;()unsigned long m_dc=millis(),m_stepper=millis

;dc_on=true

;stepper_on=true

;(digitalWrite(x_en,0

}(while(dc_on || stepper_on

}(if(millis()-m_dc<3000

;(digitalWrite(y1_up,1

;(digitalWrite(y1_down,0

;(digitalWrite(y2_up,1

;(digitalWrite(y2_down,0

{

}else

;(digitalWrite(y1_up,0

;(digitalWrite(y1_down,0

;(digitalWrite(y2_up,0

;(digitalWrite(y2_down,0

```

```

;dc_on=false
{
}if(millis()-m_stepper<9000
digitalWrite(x_dir,1); // go away from limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
rotate the chamber ////////////
;(digitalWrite(dc4_,HIGH
;(delay(5000
;(digitalWrite(dc4_,LOW
//////////
;()m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}{while(dc_on || stepper_on
;(!digitalRead(y1_limit) && !digitalRead(y2_limit)) dc_on=false
}{(!digitalRead(y1_limit
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,1
{
}{(!digitalRead(y2_limit

```

```

;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,1
{
}(if(millis()-m_stepper<4300
digitalWrite(x_dir,0); // go away from limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
////////////////////////////////////
;(delay(10000
////////////////////////////////////
;()_start
{
}()void goto_5
;()unsigned long m_dc=millis(),m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}(while(dc_on || stepper_on
}(if(millis()-m_dc<3000
;(digitalWrite(y1_up,1
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,1

```

```

;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
;dc_on=false
{
}(if(millis()-m_stepper<4700
digitalWrite(x_dir,1); // go away from limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
rotate the chamber ////////////
;(digitalWrite(dc5_,HIGH
;(delay(5000
;(digitalWrite(dc5_,LOW
//////////
;()m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=false
}(while(dc_on || stepper_on
;if(!digitalRead(y1_limit) && !digitalRead(y2_limit)) dc_on=false
}(!(digitalRead(y1_limit
;(digitalWrite(y1_up,0

```

```

;(digitalWrite(y1_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,1
{
}((!digitalRead(y2_limit
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,1
{
{
////////////////////////////////
;(delay(10000
////////////////////////////////
;()_start
{
}()void goto_6
;(unsigned long m_dc=millis(),m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}(while(dc_on || stepper_on
}(if(millis()-m_dc<3000
;(digitalWrite(y1_up,1
;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,1
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0

```

```

;(digitalWrite(y1_down,0
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
;dc_on=false
{
}if(millis()-m_stepper<500
digitalWrite(x_dir,1); // go away from limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
rotate the chamber ////////////
;(digitalWrite(dc6_,HIGH
;(delay(5000
;(digitalWrite(dc6_,LOW
//////////
;()m_stepper=millis
;dc_on=true
;stepper_on=true
;(digitalWrite(x_en,0
}{while(dc_on || stepper_on
;if(!digitalRead(y1_limit) && !digitalRead(y2_limit)) dc_on=false
}{(if(!digitalRead(y1_limit
;(digitalWrite(y1_up,0
;(digitalWrite(y1_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y1_up,0

```

```

;(digitalWrite(y1_down,1
{
}((if(!digitalRead(y2_limit
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,0
{
}else
;(digitalWrite(y2_up,0
;(digitalWrite(y2_down,1
{
}if(millis()-m_stepper<4500
digitalWrite(x_dir,1); // go away to limit switch
;(digitalWrite(x_step,1
;(delayMicroseconds(500
;(digitalWrite(x_step,0
;(delayMicroseconds(500
{
}else
;stepper_on=false
;(digitalWrite(x_en,1
{
{
////////////////////////////////
;(delay(10000
////////////////////////////////
;()_start
{
//////////
}()void goto_7

{
}()void goto_8

{
}()void goto_9

```

{

_ _ المراجع _ _

- 1- SIMULATION FOR POSITION CONTROL OF DC MOTOR USING FUZZY LOGIC CONTROLLER
- 2- DIGITAL SPEED AND POSITION CONTROL SYSTEM INCORPORATING AN INCREMENTAL ENCODER
- 3- Kinematic Modeling and Simulation of a 2-R Robot Using Solid Works and Verification by MATLAB/Simulink
- 4- Cartesian Control for Robot Manipulators Pablo Sanchez , Fernando Reyes Cortés March 2010
- 5-Development of Reverse Vending Machine using Recycled Materials and Arduino Microcontroller Kai Kit Wong, Nur Atikhah Abu Samah, Mohamad Safwan Sahimi International Journal of Engineering Creativity and Innovation 2019
- 6- Developing barcode scan system of a small-scaled reverse vending machine to sorting waste of beverage containers Calibration of Cartesian Robot Based on Machine Vision Wang Rui ,Qu Huawei ,Sui Yuyang , Lv Jianliang. 2017 IEEE
- 7-Developing barcode scan system of a small-scaled reverse vending machine to sorting-8 waste of beverage containers Erikson Ferry Sinaga , Richard Irawan TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control 2020

لجنة التحكيم

<p>الدكتور المهندس: د. بسام عطية : حكما</p>	<p>الدكتور المهندس: د. حسن الأحمد : حكما</p>
<p>عميد كلية الهندسة : الدكتور المهندس: د. علاء الدين أحمد حسام الدين : حكما</p>	<p>رئيس قسم هندسة الميكاترونكس: الدكتور المهندس : د. رامز قدسية : حكما</p>

<p>رئيس جامعة المنارة: أ. د. صفوان العساف</p>	<p>عميد كلية الهندسة: د. علاء الدين حسام الدين</p>	<p>رئيس قسم الميكاترونكس: د. رامز قدسية</p>
---	--	---