الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي
-سكيكدة-

قسم التكنولوجيا

تخصص: هندسة ميكانيكية

مذكرة التخرج لنيل شهادة أستاذ التعليم الثانوي

بعنوان:

دراسة وتصميم ماكنة CNC 2D باستعمال الأردوينو

من اعداد:

- لعلاونة وفاء.

تحت اشراف الاستاذ:

- الدكتور تيفوتي عصام.

لجنة المناقشة:

❖ فنيدس محمد	أستاذ محاضر قسم أ	رئيسا	م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة.
❖ تيفوتي عصام	أستاذ محاضر قسم أ	مشرفا	م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة.
❖ مريان إبراهيم	أستاذ محاضر قسم ب	ممتحنا	م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة.

السنة الجامعية 2025/2024

بسم الله الرحمن الرحيم
Sidi

إهداء

إلى من كانا سببًا في كل خطوة خطوتها،
إلى من حَملاني في قلوبهما قبل أذرعهما، وسهرا على راحتي، وتحمّلا تعبي وشقائي،
إلى **والدي حسان الغالي ووالدتي ليلى الحنونة،**
شكرًا لا يكفي، وامتنان لا ينضب، لقد كنتم الدافع الأكبر لمواصلتي وثباتي، والدعامة التي استندت إليها في كل لحظة ضعف.
شكرًا لتمويلكم، لصبركم، لتشجيعكم، ولكونكم دائمًا بجانبي حتى اللحظة الأخيرة. هذه المذكرة ليست مجرد عمل علمي... بل هي **هديتي المتواضعة لكما**، فأنتم من يستحق الفخر أولًا.

وإلى **زوجي فؤاد مخناش الحبيب،**
شكرًا لأنك كنت السند حين اشتدّ الحمل،
شكرًا لتحملك تقلباتي، ولتفهمك، ولتخفيفك عني الضغوط النفسية،
وشكرًا أكثر لتوفيرك لي وسائل النقل في أوقات الحرّ، دون تذمّر أو تردّد
كان حضورك بجانبي طوق نجاة حقيقي.

وإلى **أستاذي المشرف الكريم تيفوتي عصام،**
كل الشكر والتقدير لحرصكم الكبير،
لقد كنتم النور الذي أنار لي طريق البحث، والموجّه الذي سهّل عليّ العمل،
فبتوجيهكم الحكيم وإرشادكم الكافي، استطعت أن أتولى كل شيء دون مشقة أو ضياع.

ولكل أساتذتي الكرام جزيل الشكر لما قدمتموه من علم ونصح ودعم طوال سنوات دراستي من التحضيري وحتى التخرج..

وإلى رفقاء الدرب، الذين تقاسمنا معهم القلق والجهد والضحك أحيانًا خاصة

أهدي امتناني إلى **حسام، ابتسام، لمياء، مروة،**
شكرًا لأنكم كنتم النور في أيامي الدراسية.

وأخيرًا، إلى كل من كان له أثر صغير أو كبير في رحلتي،
أهدي هذا العمل عربون وفاء ومحبة.

الفهرس

الفهرس..... I

فهرس الأشكال..... II

فهرس الجداول..... III

مقدمة عامة..... 1

الفصل الأول: عموميات حول ماكينات التحكم الرقمي

1.I مقدمة..... 2

2.I نبذة تاريخية عن آلات التحكم الرقمي..... 2

3.I مفهوم التحكم الرقمي..... 3

4.I تعريف آلة الليزر CNC..... 3

5.I مجالات الاستعمال..... 4

6.I أنواع ماكنة CNC..... 4

1.6.I جهاز التوجيه..... 4

2.6.I البلازما..... 5

3.6.I الليزر..... 5

4.6.I طابعة ثلاثية الأبعاد 3D 5

5.6.I آلات CNC Pick and Place..... 6

7.I بنية ماكينة CNC..... 6

8.I مبدأ العمل..... 7

9.I تصنيف آلات CNC..... 8

1.9.I تصنيف آلات CNC حسب طريقة العمل..... 8

2.9.I تصنيف آلات CNC حسب طريقة التشغيل..... 10

10.I آلة التحكم الرقمي ذات المحاور الثلاثة..... 12

11.I مميزات آلات CNC الليزرية..... 13

12.I خاتمة..... 13

مراجع الفصل الأول..... 14

الفصل الثاني: الأردوينو

1.II مقدمة..... 15
2.II نبذة تاريخية..... 15
3.II نظرة عامة عن الأردوينو..... 16
4.II أنواع الأردوينو..... 17
1.4.II أردوينو أونو 17
2.4.II لوحات أردوينو ميغا: Arduino MEGA ADK - Arduino MEGA -Arduino MEGA2560C..... 18
3.4.II لوحة أردوينو ليوناردو Arduino Leonardo..... 19
4.4.II لوحة أردوينو نانو Arduino Nano..... 20
5.4.II لوحة أردوينو ليلي باد Arduino Lilypad..... 20
5.II مكونات الأردوينو أونو..... 23
1.5.II الميكرومراقب AVR Atmega328 الرئيسي..... 24
2.5.II الميكرومراقب AVR Atmega16U2 الثانوي..... 25
3.5.II منظم الجهد 5V، ومنظم الجهد 3.3 V..... 25
4.5.II الثنائيات الضوئية..... 26
5.5.II منفذ USB..... 26
6.5.II منفذ الطاقة..... 27
7.5.II زر إعادة التشغيل..... 27
8.5.II دارة مندمجة LM358..... 28
9.5.II منفذ برمجة تسلسلي In-Circuit Serial Programming (ICSP)..... 28
10.5.II منافذ الاستطاعة..... 29
11.5.II منافذ مدخل تشابهية..... 30
12.5.II منافذ المدخل والمخرج الرقمية..... 30
6.II أمثلة عن استعمالات الأردوينو..... 31

7.II برمجة الأردوينو..... 31
1.7.II خطوات تحميل Arduino IDE..... 32
2.7.II بيئة التطوير المتكاملة للأردوينو Arduino IDE..... 32
1.2.7.II شريط أدوات القوائم..... 32
1.1.2.7.II القائمة File..... 32
2.1.2.7.II القائمة Edit..... 33
3.1.2.7.II القائمة Sketch..... 33
4.1.2.7.II القائمة Tools..... 34
2.2.7.II أدوات شريط الوظائف العامة..... 35
3.2.7.II محرر النص Text Editor..... 35
4.2.7.II منطقة الرسالة message area..... 36
5.2.7.II لوحة مراقبة النص text console..... 36
3.7.II طرق برمجة الأردوينو..... 37
8.II خاتمة 38
مراجع الفصل الثاني..... 39

الفصل الثالث: العناصر المستعملة

1.III مقدمة..... 40
2.III برنامج CNCSimulator Pro..... 40
1.2.III تعريف..... 40
2.2.III مبدأ العمل..... 40
3.III عملية النقش باستعمال الليزر..... 46
1.3.III تعريف النقش..... 46
2.3.III مبدأ العمل 46
3.3.III تصنيف أجهزة النقش بالليزر..... 46
1.3.3.III جهاز النقش بالليزر CO_2..... 47
1.1.3.3.III خصائص الليزر CO_2..... 47

2.3.3.III آلة النقش بالليزر بالألياف الضوئية..... 47
1.2.3.3.III خصائص الليزر بالألياف الضوئية..... 48
3.3.3.III آلة النقش بالثنائيات النبضية..... 48
4.3.3.III آلة النقش بالليزر YAG..... 48
4.3.III بنية آلة النقش بالليزر..... 49
4.III الليزر..... 50
1.4.III تعريف..... 50
2.4.III الصمام الثنائي الليزري(Diode Laser) 51
3.4.III مكونات الصمام الثنائي الليزري..... 51
4.4.III مبدأ العمل..... 51
5.III محرك خطوة خطوة..... 53
1.5.III عموميات..... 53
2.5.III أنواع محركات خطوة خطوة..... 54
1.2.5.III محركات ذات مقاومة مغناطيسية متغيرة..... 55
2.2.5.III محركات ذات المغناطيسات الدائمة..... 56
1.2.2.5.III أنواع المحركات ذات المغناطيسات الدائمة..... 56
6.III الدارة DRV8825..... 58
1.6.III التحكم في محرك تيار مستمر..... 58
1.1.6.III تضمين عرض النبضة (PWM) لتنظيم السرعة..... 58
2.1.6.III دارة الجسر H للتحكم في اتجاه الدوران..... 59
2.6.III التحكم في محرك باستعمال شريحة DRV8825..... 60
3.6.III الخصائص التقنية لدارة DRV8825..... 60
4.6.III مخطط أقطاب وحدة التحكم DRV8825 61
5.6.III تغذية منطق التحكم فيDRV8825 63
7.III خاتمة..... 63
مراجع الفصل الثالث..... 64

الفصل الرابع: المحاكاة والعمل التطبيقي

1.IV مقدمة..... 65

2.IV بطاقة أردوينو UNO..... 65

3.IV برنامج Arduino IDE..... 65

1.3.IV تعريف برنامج Arduino IDE..... 65

2.3. IV مميزات برنامج Arduino IDE..... 66

4.IV خطوات انشاء مشروع جديد..... 66

1.4.IV المحاكاة باستعمال برنامج ARDUINO IDE..... 66

1.1.4.IV المكونات اللازمة..... 67

2.1.4.IV توصيلات المكونات (التكوين القياسيGRBL)..... 67

3.1.4.IV إرسال أوامر G-Code 67

2.4.IV المحاكاة باستعمال برنامج Proteus لمحرك خطوة خطوة..... 70

5.IV كيفية التحكم بلآلة من خلال برنامج LaserGRBL..... 70

1.5.IV واجهة المستخدم في LaserGRBL..... 71

2.5.IV خطوات استخدام الآلة من خلال برنامج LaserGRBL..... 72

3.5.IV الاعدادات..... 75

4.5.IV أدوات التحويل (Conversion tools)..... 76

6.IV خاتمة..... 80

مراجع الفصل الثالث..... 81

خاتمة عامة..... 82

فهرس الأشكال

الفصل الأول: عموميات حول ماكينات التحكم الرقمي.

الشكل(1.I): جهاز التوجيه CNC بثلاث محاور..... 4

الشكل(2.I): آلات القطع بالبلازما CNC من ماركة سامسون..... 5

الشكل(3.I): آلة النقش CNC 3018 مع ليزر 5500 ميجاوات..... 5

الشكل(4.I): طابعة 3D Zortrax M200 6

الشكل(5.I): ماكينة CNC Pick and Place..... 6

الشكل(6.I): مخطط آلة تحكم رقمي 7

الشكل(7.I): نظام ميكانيكي..... 8

الشكل(8.I): التشغيل بنظام مفتوح الحلقة..... 9

الشكل(9.I): التشغيل بنظام حلقة مغلقة..... 9

الشكل(10.I): التشغيل بنظام التحكم التكيفي..... 10

الشكل(11.I): تحكم رقمي نقطي..... 11

الشكل(12.I): تحكم رقمي محوري..... 11

الشكل(13.I): تحكم رقمي بالمحاذاة..... 12

الشكل(14.I): آلة التحكم الرقمي ذات المحاور الثلاثة..... 12

الفصل الثاني: الأردوينو.

الشكل(1.II): أول اصدار للأردوينو..... 15

الشكل(2.II): شعار الأردوينو..... 16

الشكل(3.II): بطاقة أردوينو..... 16

الشكل(4.II): أمثلة عن أنواع لوحات الأردوينو..... 17

الشكل(5.II): بطاقة أردوينو أونو..... 17

الشكل(6.II): لوحة أردوينو ميغا Arduino MEGA2560C..... 18

الشكل(7.II): لوحة أردوينو ليوناردو..... 19

الشكل (II.8): لوحة الأردوينو نانو..... 19
الشكل (II.9): Lilypad main :A، Lilypad USB:B ، Lilypad simple :C..... 21
الشكل (II.10): الميكروم‌اقب الصغري Atmega328 الرئيسي في لوحة الأردوينو..... 24
الشكل (II.11): الميكروم‌اقب الصغري ATmega16U2..... 25
الشكل (II.12): منظم الجهد 111ST50T3G محاط بمربع أحمر ومنظم الجهد LP2985-33BVR محاط بمربع أصفر..... 26
الشكل (II.13): الثنائي الضوئي ON محاط بمربع أخضر، الثنائي الضوئي L محاط بمربع أحمر، الثنائي الضوئي TX،RX محاطان بمربع أصفر..... 26
الشكل (II.14): منفذ USB..... 27
الشكل (II.15): منفذ طاقة..... 27
الشكل (II.16): منفذ USB محاط بمربع أحمر، وبجانبه منصهرة الحماية محاطة بمربع أسود، منفذ الطاقة الخارجية محاط بمربع أصفر، وزر إعادة التشغيل محاط بمربع اخضر..... 28
الشكل (II.17): الدارة المندمجة LM358 في لوحة الأردوينو أونو..... 28
الشكل (II.18): منفذ برمجة ICSP للمتحكم ATmega328 محاط بالأحمر، ومنفذ برمجة ICSP لمتحكم ATmega16U2 محاط باللون الأصفر..... 29
الشكل (II.19): منافذ الاستطاعة من اليمين الى اليسارVIN، GND، GND، 5V، 3.3 V، RESET، IOREF ومنفذ غير مستخدم..... 30
الشكل (II.20): المداخل التماثلية الستة في لوحة الأردوينو أونو..... 30
الشكل (II.21): منافذ المدخل والمخرج الرقمية..... 31
الشكل (II.22): Arduino IDE..... 32
الشكل (II.23): القائمة File..... 33
الشكل (II.24): القائمة Sketch 34
الشكل (II.25): القائمة Tools 34
الشكل (II.26): قائمة أدوات شريط الوظائف الشائعة..... 35
الشكل (II.27): محرر النص لكتابة الشيفرة البرمجية..... 36
الشكل (II.28): منطقة الرسالة..... 36

الشكل (II.29): لوحة مراقبة النص..... 36
الشكل (II.30): إظهار اسم اللوحة والمنفذ التسلسلي..... 36
الشكل (II.31): قائمة المجموعة الأولى..... 37
الشكل (II.32): قائمة المجموعة الثانية..... 38

الفصل الثالث: العناصر المستعملة

الشكل (III.1): أبعاد القطعة المراد إنجازها ببرنامج CNCSimulator Pro ورسم ثلاثي الأبعاد لها..... 40
الشكل (III.2): نافذة اختيار الآلة لبرنامج CNCSimulator Pro..... 41
الشكل (III.3): نافذة توضح رقم القطعة في الفهرس..... 42
الشكل (III.4): النقطة الصفرية للآلة..... 43
الشكل (III.5): القطعة على طاولة الماكينة..... 43
الشكل (III.6): انتقال النقطة الصفرية الى زاوية مناسبة للقطعة..... 44
الشكل (III.7): نافذة اختيار الأداة..... 45
الشكل (III.8): برنامج انجاز القطعة بCNCSimulator Pro..... 46
الشكل (III.9): مبدأ عمل الليزر CO2..... 47
الشكل (III.10): مبدأ عمل آلة النقش بالألياف الضوئية..... 48
الشكل (III.11): مبدأ عمل آلة النقش بالليزر YAG..... 49
الشكل (III.12): المكونات الأساسية لآلة النقش بالليزر..... 50
الشكل (III.13): أطوال موجات الضوء المنبعث من الليزر..... 50
الشكل (III.14): أجزاء للصمام الثنائي الليزري..... 51
الشكل (III.15): مبدأ عمل الصمام الثنائي الليزري..... 52
الشكل (III.16): المخطط الكتلي لمبدأ التحكم في محرك خطوة خطوة..... 53
الشكل (III.17): المحركات ذات المقاومة المغناطيسية المتغيرة..... 55
الشكل (III.18): المحرك أحادي القطب..... 56
الشكل (III.19): المحرك ثنائي القطب..... 57
الشكل (III.20): المحرك الهجين 58
الشكل (III.21): عمل دارة الجسر H 59
الشكل (III.22): شريحة DRV8825 60

الشكل (III.23): مخطط الأقطاب لوحدة التحكمDRV8825 61

الفصل الرابع: المحاكاة والعمل التطبيقي

الشكل (IV.1): محاكاة المحركات خطوة-خطوة باستعمال برنامج Proteus..... 70
الشكل (IV.2): واجهة المستخدم في LaserGRBL..... 71
الشكل (IV.3): الاتصال بآلة النقش الليزري..... 73
الشكل (IV.4): استيراد التصميم..... 74
الشكل (IV.5): الاعدادات..... 75
الشكل (IV.6): ضبط اعدادات الليزر..... 77
الشكل (IV.7): عملية النقش. 78
الشكل (IV.8): مثال لعملية نقش لشكلين مختلفين على المرآة وعلى الريزين باستعمال الآلة..... 79

فهرس الجداول

الفصل الأول: عموميات حول ماكينات التحكم الرقمي

الجدول(I.1): التواريخ الرئيسية في تطوير آلات التحكم الرقمي..... 3

الفصل الثاني: الأردوينو

الجدول(II.1): مقارنة ما بين مزايا لوحات الأردوينو MEGA، MEGA2560C و MEGA ADK..... 18
الجدول(II.2): مقارنة بين لوحات Lilypad..... 21
الجدول(II.3): مقارنة خصائص كل نوع من أنواع الأردوينو..... 22
الجدول(II.4): أهم خواص الميكروم‌راقب AVR Atmega328..... 24

الفصل الرابع: المحاكاة والعمل التطبيقي

جدول(IV.1): توصيلات المكونات (التكوين القياسي GRBL). 67

مقدمة
عامة

مقدمة عامة

شهد العالم في العقود الأخيرة تطورًا هائلًا في مجال التكنولوجيا الرقمية، والذي انعكس بشكل مباشر على أنظمة التصنيع والإنتاج الحديثة. ومن أبرز هذه التطورات اعتماد تقنيات التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) التي أحدثت ثورة حقيقية في طرق التصميم والتصنيع، لما توفره من دقة عالية، وتكرار متقن، وسرعة في الإنجاز، مقارنة بالوسائل التقليدية.

ومن بين التطبيقات العملية الشائعة لتقنية CNC نجد ماكينات النقش بالليزر، والتي أصبحت تُستخدم في مجالات متعددة، منها الصناعات التحويلية، وصناعة الهدايا، والزخرفة، بل وحتى في مجالات التعليم والبحث العلمي. يعتمد مبدأ هذه التقنية على توجيه شعاع ليزري مركز لحفر أو حرق أشكال محددة على أسطح مختلفة، مثل الخشب، البلاستيك، أو المعادن الرقيقة. وانطلاقًا من أهمية هذه التقنية وسعيًا لاكتساب المهارات التطبيقية في تصميم وتنفيذ الأنظمة المدمجة، جاء موضوع مشروع التخرج هذا تحت عنوان: "تصميم وتنفيذ طابعة ثنائية الأبعاد للنقش بالليزر باستعمال الأردوينو"، حيث تم الدمج بين المعرفة النظرية والتطبيق العملي، باستخدام لوحة Arduino UNO للتحكم، وبرمجتها عبر بيئة التطوير Arduino IDE، مع استعمال مكونات إلكترونية وميكانيكية أخرى كالمحركات خطوة خطوة، ودارات التحكم، والصمام الليزري الثنائي. ينقسم هذا العمل إلى أربع فصول رئيسية:

- يتناول الفصل الأول الأساسيات النظرية لماكينات التحكم الرقميCNC ، من حيث تاريخها، أنواعها، بنيتها الداخلية، وآلية عملها.
- أما الفصل الثاني، فيركز على لوحة الأردوينو، باعتبارها محورًا أساسيا للتحكم في النظام، مع تقديم نظرة شاملة حول بنيتها، أنواعها، طرق برمجتها، وأهم تطبيقاتها.
- ويُعنى الفصل الثالث بتفصيل المكونات المستعملة في تنفيذ المشروع، كبرنامج المحاكاة CNCSimulator Pro، وأنظمة الليزر المختلفة، ومحركات خطوة-خطوة، إضافة إلى شرح مفصل لدارة التحكم DRV8825 التي استُعملت لضبط حركة المحركات.
- وفي الفصل الرابع تم تناول الجانب التطبيقي في انجاز المشروع، حيث قمنا بدراسة تطبيقية له لكافة المراحل انطلاقا من محاكاة التركيب مرورا بالبرمجة وصولا للعمل التطبيقي.

يهدف هذا المشروع إلى تقديم نموذج أولي بسيط وفعال لطابعة ليزرية ثنائية الأبعاد، يكون بمثابة أرضية لفهم أعمق لكيفية عمل الأنظمة المدمجة والتطبيقات الصناعية الذكية، كما يسعى إلى تحفيز التوجه نحو التصنيع الذاتي والابتكار في مشاريع التخرج الهندسية.

الفصل
الأول:عموميات
حول ماكينات
CNC

1.I مقدمة

يتناول هذا الفصل الأساسيات المتعلقة بالتحكم الرقمي وآلات التشغيل ذات التحكم الرقمي من مفاهيم، تصنيفات، أنواع، بنية وطريقة عمل كل نوع.

2.I نبذة تاريخية عن آلات التحكم الرقمي

إدخال تقنيات التحكم الرقمي NC في أوروبا لم يبدأ إلا في خمسينيات القرن العشرين. في ذلك الوقت، لم يكن أحد يتوقع الثورة التي ستحدثها هذه التقنية في مجال تصنيع آلات التشغيل وفي عمليات الإنتاج. لقد كان ذلك بداية ثورة تقنية ضخمة. ومع ذلك فقد كانت البدايات صعبة للغاية بسبب للعوامل التالية:

- أوامر وبرمجة الآلات معقدة.
- الحاجة إلى استثمارات كبيرة (شراء الآلات، تدريب الموظفين، التطوير، التشغيل والصيانة).
- مستقبل غير مؤكد فيما يتعلق بتطور التقنيات.

وجاءت الخطوة الحاسمة في التطوير عام 1972، حيث تم الانتقال من تقنيات NC إلى تقنيات CNC. كانت قدرة المعالجات الجديدة تصل إلى 32 كيلو بايت، مع تردد ساعة يبلغ 16 كيلوهرتز. ومع ذلك، كان ضعف أداء هذه الحواسيب، إلى جانب أعطالها المتكررة، يمثل المشكلة الرئيسية. فساهمت التطورات المتتالية فيما بعد في تحسين:

- ذاكرات الوصول العشوائي RAM.
- الشاشات الملونة.
- أنظمة قياس المسار.
- أنظمة الإنتاج المرنة والمحركات الخطية.
- أنظمة البرمجة وأنظمة التصنيع بمساعدة الحاسوب FAO.
- ربط البيانات عبر الشبكات.
- تطوير الحواسيب.

في الوقت الحاضر، تتيح آلات CNC إنتاجًا اقتصاديًا ومربحًا ولكن لا يزال التحكم في التكاليف يشكل شيئا مهما لأن انخفاض كميات الإنتاج وتقليل دورة حياة المنتجات النهائية يؤدي إلى الحاجة لعمليات إنتاج أكثر باستمرار[1].

جدول(1.I): التواريخ الرئيسية في تطوير آلات التحكم الرقمي.

التاريخ	الحدث
1954	أول آلة NC يتم إنتاجها صناعياً.
1958	تطوير أول لغة برمجة رمزية.
1965	أول تغيير أوتوماتيكي للأدوات.
1969	أول تركيب لنظام التحكم الرقمي الموزع DNC.
1972	أول آلة CNC مع معالج دقيق مدمج.
1984	أول آلة CNC مزودة بدعم للبرمجة الرسومية.
1994	الربط بين سلسلة العمليات: التصميم بمساعدة الحاسوب(CAO) ، والتصنيع بمساعدة الحاسوب(FAO) ، والتحكم الرقمي(CNC) .
2000	واجهات الإنترنت تتيح تبادل البيانات عالمياً وتشخيص أعطال ذكي.

3.I مفهوم التحكم الرقمي

يعني اختصار CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL) أن الآلة تحتوي على كمبيوتر وماكينة وجهاز تحويل بينهما يترجم لغة الكمبيوتر للماكينة، ويتم تشغيل الآلة بشكل آلي، حيث يحدد برنامج التشغيل المعد مسبقًا حركة ووظيفة الأداة. وقد فرضت تقنية التحكم الرقمي CNC وجودها في مجال التشغيل. صممت هذه التقنية للتحكم في تشغيل الآلة وفقًا لتعليمات البرنامج دون الحاجة إلى تدخل مباشر من المشغل أثناء التنفيذ. في البداية مكّنت هذه التقنية آلات التشغيل التقليدية مثل آلات التفريز، آلات الثقب، آلات التجويف وغيرها من ضمان جودة وكميات إنتاج لم تكن ممكنة في السابق. اليوم أصبحت تطورات آلات CNC مرتبطة بتقدم الإلكترونيات الدقيقة والمعلوماتية. ونتيجة لذلك، تستمر قدرات أنظمة CNC في التحسن بينما يستمر انخفاض الأسعار والحجم. وقد أدى انخفاض الأسعار إلى تمكين تقنيات التحكم الرقمي من دخول الشركات الصغيرة وأصبحت متاحة للجميع. حاليًا، تستطيع أنظمة CNC الحديثة تنفيذ حركات معقدة من خلال الجمع المتزامن بين مواضع متعددة على محاور مختلفة[2].

4.I تعريف آلة الليزر CNC

آلة الليزر CNC هي جهاز يتحكم فيه الحاسوب من خلال برنامج التشغيل ويستخدم تقنية الليزر لأداء مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل القطع، والنقش، ووضع العلامات على مجموعة متنوعة من المواد.

يشير مكون الليزر إلى شعاع ضوء مركز يُستخدم كأداة للقطع أو النقش. يتيح هذا الشعاع العالي الكثافة قطع المواد بدقة وكفاءة، سرعات معالجة عالية، وتقليل النفايات إلى أدنى حد[3] .

5.I مجالات الاستعمال

تستخدم آلات التشغيل ذات التحكم الرقمي في إنتاج سلسلة متجددة من القطع. فهي تتيح تصنيع قطع معقدة تتطلب العديد من عمليات التشغيل دون الحاجة إلى فك وتركيب. هذا النوع من الآلات يقع بين الآلات التقليدية السهلة الاستخدام التي تُستخدم في الأعمال الفردية (النماذج الأولية، الصيانة) والآلات ذات الإنتاجية العالية، المخصصة للإنتاج بكميات كبيرة.

تُستخدم آلات التشغيل ذات التحكم الرقمي في مجالات متعددة، منها:

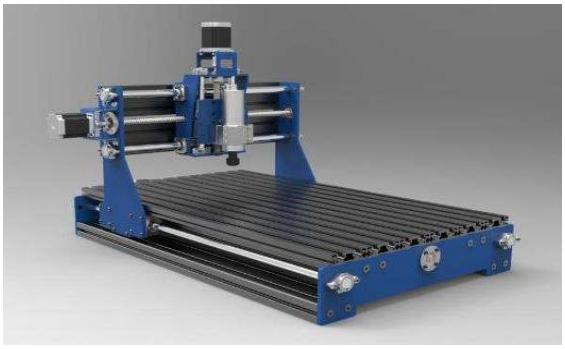
- تصميم نماذج طائرات أو سفن.
- إنشاء نماذج مبانٍ ومنازل للدمى.
- تصنيع الأثاث.
- إنتاج قوالب حقن البلاستيك للطائرات أو السفن بالحجم الكامل.
- إنتاج لوحات إلكترونية.

6.I أنواع ماكنة CNC

أنواع ماكينات CNC عديدة نذكر منها[4] :

1.6.I جهاز التوجيه

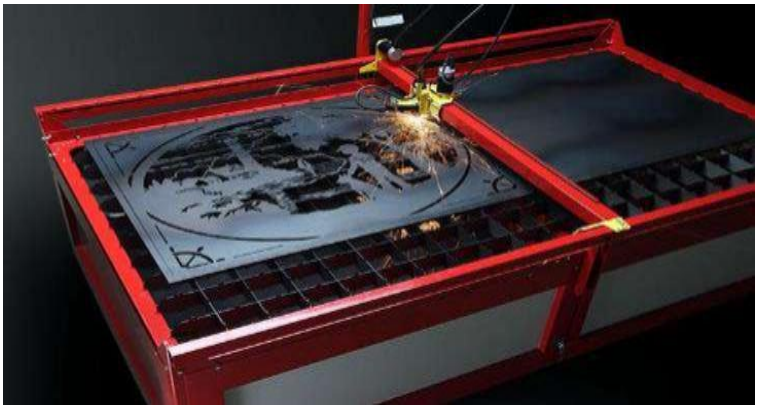
جهاز التوجيه ذو التحكم الرقمي يمكنه نقش الخشب أو المعدن أو البلاستيك. وهو نوع من الآلات ذات التحكم الرقمي الشائع جدًا. لا يتعامل المستخدم مع جهاز التوجيه مباشرة، بل يقوم فقط بإدخال المعلومات في الحاسوب.



الشكل(1.I): جهاز التوجيه CNC بثلاث محاور.

2.6.I البلازما

تُستخدم آلات القطع بالبلازما CNC لقص المعدن والخشب (في بعدين) ولا تتطلب نفس القوة التي يتطلبها جهاز التوجيه .تستخدم هذه الآلات شعلة بلازما لاختراق الخشب أو الصفيحة المعدنية.



الشكل(2.I): آلات القطع بالبلازما CNC من ماركة سامسون.

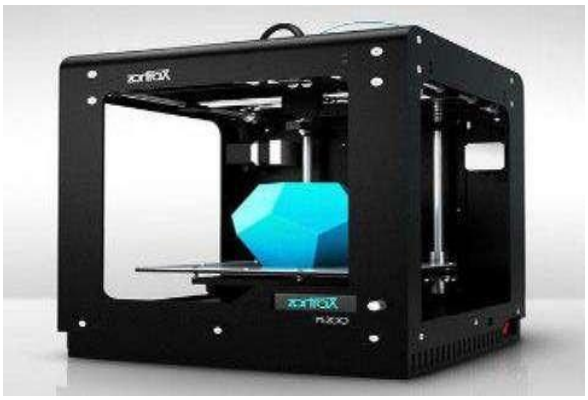
3.6.I الليزر

يعمل آلات القطع بالليزر CNC بشكل مشابه لآلات القطع بالبلازما CNC ، لكن يتم استخدام الليزر بدلاً من البلازما لقص الخشب أو المعدن. يمكن أيضًا استخدام الليزر لقص البلاستيك.

الشكل(3.I): آلة النقش CNC 3018 مع ليزر 5500 ميجاوات.

4.6.I طابعة ثلاثية الأبعاد 3D

تستخدم الطابعات ثلاثية الأبعاد تقنية CNC وتستخدم تكنولوجيا مشابهة لتقنيات الليزر ذات التحكم الرقمي، ولكنها تستخدم رأسًا ساخنًا (آلة البثق) لدفع البلاستيك ببطء في حركة متناسقة حتى يتم اكتمال المنتج المطلوب.



الشكل(4.I): طابعة 3D Zortrax M200 .

5.6.I آلات CNC Pick and Place

تتكون آلات **CNC Pick and Place** من عدة فوهات تلتقط المكونات الكهربائية للأجهزة الإلكترونية وتضعها في المواقع المطلوبة بدقة. تُستخدم هذه الآلات بشكل واسع في صناعة الهواتف المحمولة، وأجهزة الكمبيوتر، والأجهزة اللوحية، وغيرها من الأجهزة الإلكترونية.

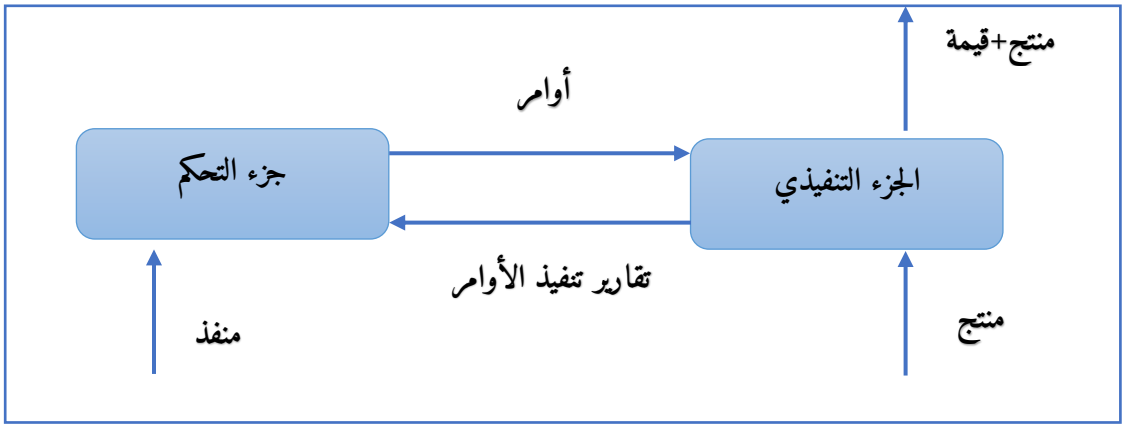
الشكل(5.I): ماكينة CNC Pick and Place.

7.I بنية ماكينة CNC

تكون آلات التحكم الرقمي من جزأين متكاملين: الجزء التنفيذي وجزء التحكم.

- جزء **التحكم** :يتكون من وحدة حاسوبية أو جهاز كمبيوتر وعناصر إلكترونية قادرة على قيادة المحركات. هذا الجزء يتيح التحكم في الجزء التنفيذي.

- **الجزء التنفيذي:** يتكون من محاور الحركة، رأس الأداة، والمحركات. يتم إرسال الأوامر إلى وحدة التحكم عبر برنامج آلة أو من خلال تدخل يدوي من المشغل. تقوم وحدة التحكم بمعالجة هذه المعلومات وتوليد تعليمات للحصول على الحركات المطلوبة بواسطة محركات المحاور. ويتم التحكم في السرعة والموقع بشكل مستمر بواسطة الآلة [5].



الشكل (6.I): مخطط آلة تحكم رقمي[5] .

8.I مبدأ العمل

تعمل آلات التشغيل CNC وفقًا للبرامج الخاصة ببرنامج محدد مسبقًا، والذي يقدم تعليمات لتنفيذ الحركات في محور واحد أو أكثر بسرعة دقيقة مع إمكانية تغيير الأداة لتصنيع منتجات ثنائية أو ثلاثية الأبعاد. وبالتالي يمكن لآلات CNC تصنيع عدة قطع بنفس الطريقة وباستخدام الأدوات نفسها، مما يزيد من الإنتاجية ويحافظ على الجودة. يمكن تقسيم أنظمة تشغيل آلات CNC إلى ثلاثة أجزاء:

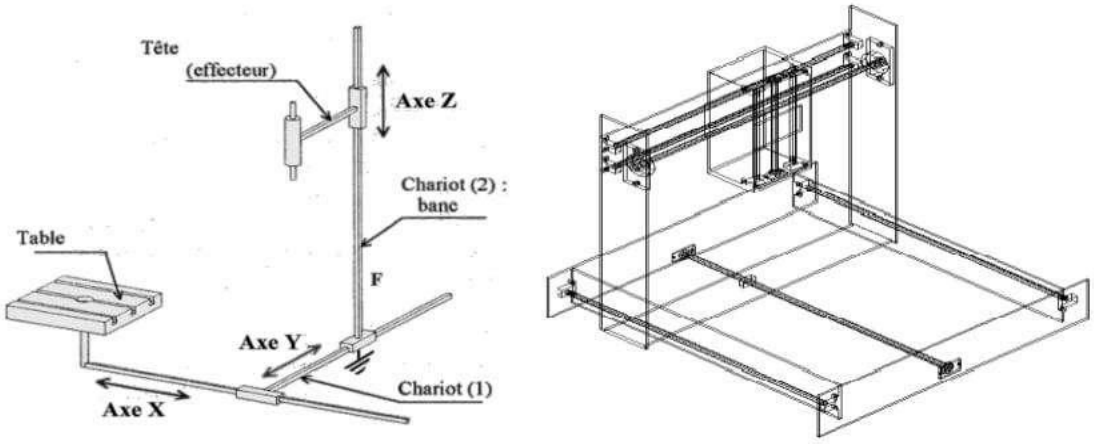
1. **النظام الإلكتروني:**

يُصدر إشارات التحكم إلى المحرك المسؤول عن توجيه حركة الأداة. ويتكون النظام الإلكتروني من:

- مزود الطاقة (التغذية).
- لوحة التحكم.
- مشغلات المحركات خطوة خطوة.

2. النظام الميكانيكي:

لتوفير حركة المحاور الثلاثة، يتكون النظام الميكانيكي من أدلة خطية مركبة مع حوامل خطية. المحركات مثبتة على كل محور وتعمل وفقًا لإشارات التحكم الصادرة عن الدارة الإلكترونية. كل محرك مرتبط بنظام نقل الحركة (مثل برغي بلا نهاية) لتحويل الدوران إلى حركة انتقالية. التحكم في دوران المحركات يشمل التحكم بحركة كل محور وسرعته. لتجنب خروج المحاور عن نطاق العمل المطلوب، تُستخدم ملتقطات لنهاية المشوار لكل محور، كما يمكن استخدام زر الإيقاف للطوارئ.



الشكل(I.7): نظام ميكانيكي.

3. النظام البرمجي:

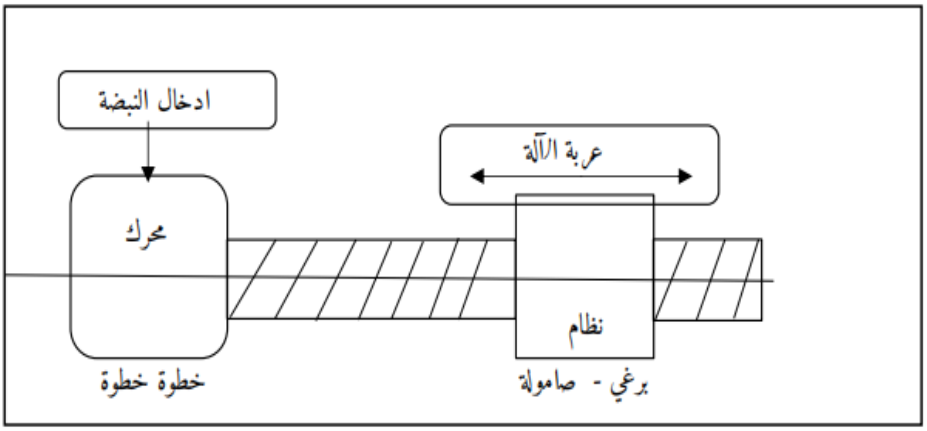
يتم تصميم القطعة المراد تشغيلها باستخدام برنامج للتصميم بمساعدة الحاسوب(CAO) .ثم يتم إدخال هذا التصميم في برنامج للتصنيع بمساعدة الحاسوب (FAO) لتحويل الرسم إلى سطور من التعليمات البرمجية (برنامج حاسوبي). يجب أن تكون هذه الأوامر قابلة للقراءة أو متوافقة مع البرنامج الذي يشغّل الآلة [6].

I.9 تصنيف آلات CNC

I.9.1 تصنيف آلات CNC حسب طريقة العمل[7] :

أ- التشغيل بنظام ذو الحلقة المفتوحة:

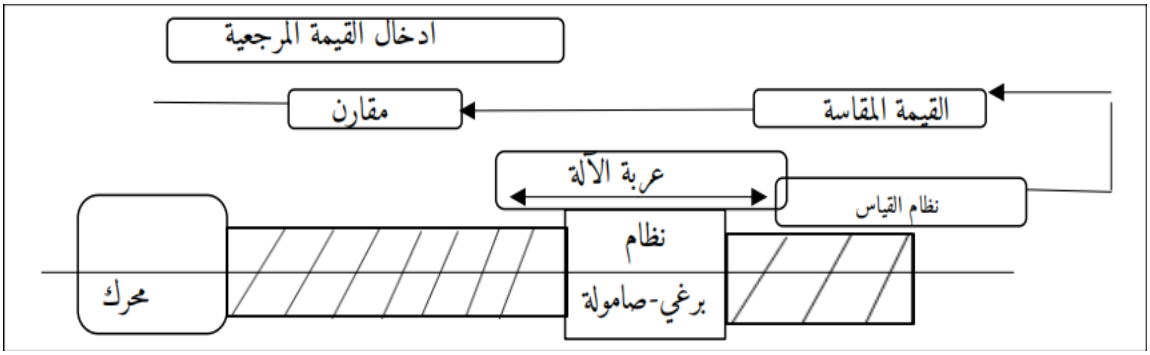
يعمل النظام ذو الحلقة المفتوحة على ضمان حركة العربة (المحور)، ولكنه لا يقوم بمراقبة أو التحكم في هذه الحركة بشكل مستمر.



الشكل (I.8): التشغيل بنظام مفتوح الحلقة.

ب- التشغيل بنظام الحلقة المغلقة:

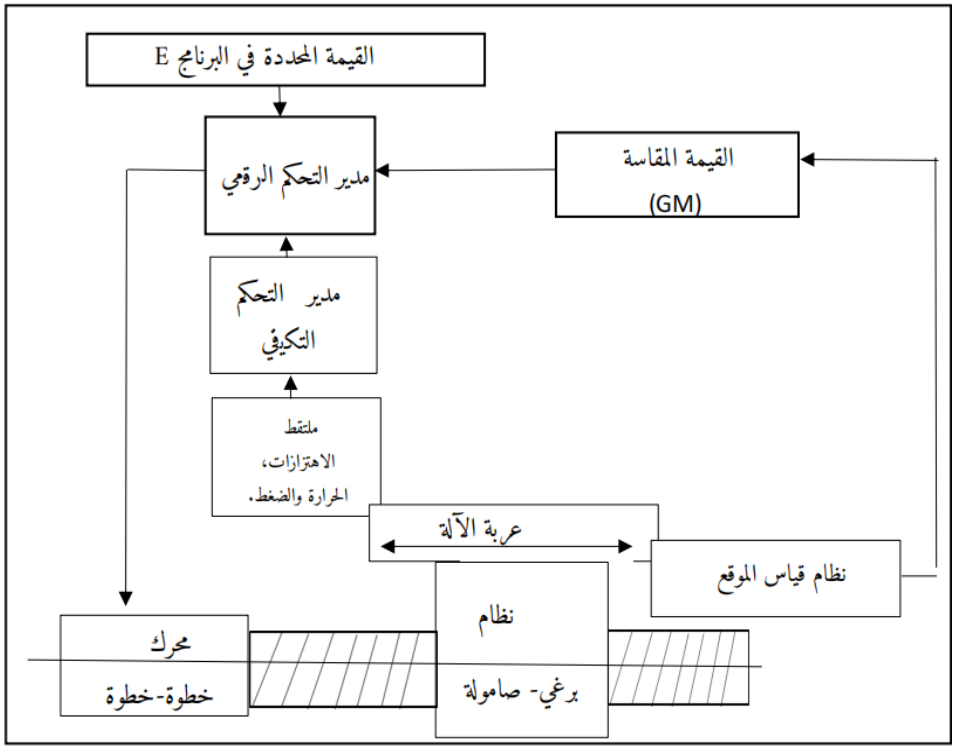
في نظام الحلقة المغلقة، يقوم النظام بمراقبة الحركة أو الموقع باستمرار حتى تصبح القيمة المحددة في البرنامج **(E)** مساوية للكمية المقاسة فعليًا **(GM).**



الشكل (I.9): التشغيل بنظام حلقة مغلقة.

ج- التشغيل بنظام التحكم التكيفي:

يسمح التحكم التكيفي للنظام بالتكيف باستمرار مع ظروف القطع. يتم استخدام مستشعرات للكشف عن قيم مختلفة مثل: عزم دوران المغزل، سعة اهتزاز المغزل، درجة الحرارة عند نقطة القطع. تُرسل هذه المعلومات إلى وحدة خاصة تعالجها وتنقلها إلى نظام إدارة التحكم الرقمي CNC . بناءً على تحليل هذه البيانات، يتخذ النظام قرارات لتحسين جودة العمل، الإنتاجية والسلامة أثناء التشغيل من خلال تحسين دقة القطع والتشطيب النهائي وتقليل فرص حدوث الأعطال أو التآكل بسبب الظروف غير المثلى.



الشكل(I.10): التشغيل بنظام التحكم التكيفي.

I.2.9 تصنيف آلات CNC حسب طريقة التشغيل

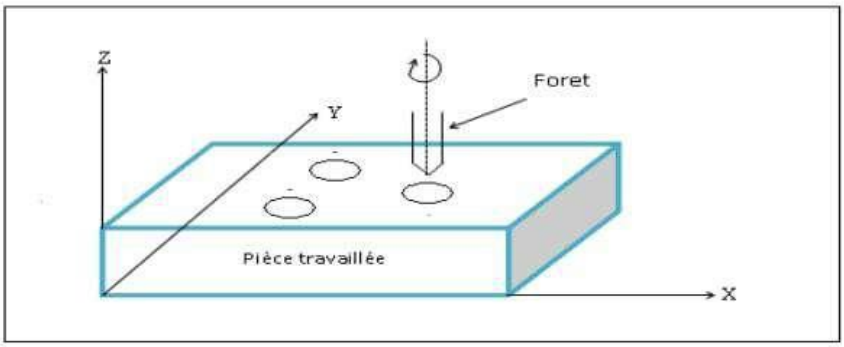
يمكن تصنيف آلات التحكم الرقمي CNC إلى ثلاث فئات: التحكم الرقمي النقطي، التحكم الرقمي بالمحاذاة، التحكم الرقمي المحوري **[6]**.

أ. التحكم الرقمي النقطي:

- **الوظيفة:**

يقوم هذا النوع بتموضع الأدوات أو القطع من خلال حركة غير متزامنة. تتم حركات التشغيل (القطع أو التشغيل الميكانيكي) فقط أثناء حركات التموضع. أي أنه لا يتم القطع أثناء تحرك الأداة بين نقطتين.

- **أمثلة على العمليات:** التجويف، الثقب، التفريز، اللولبة.

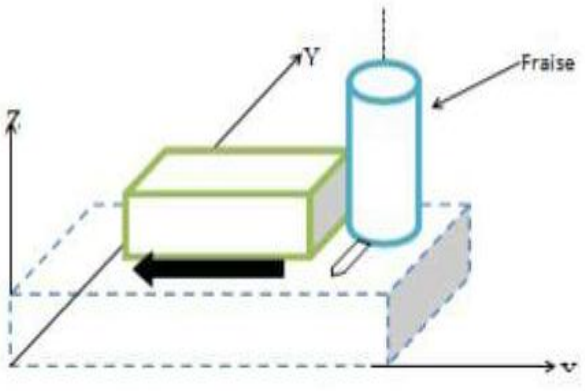


الشكل(11.I): تحكم رقمي نقطي.

ب. التحكم الرقمي المحوري

يتعلق بحركات المحاور الموازية للتقدم المبرمج. يتم تنسيق حركات القطع والتموضع بحيث يتم التشغيل وفق مسار موازٍ لمحور الحركة.

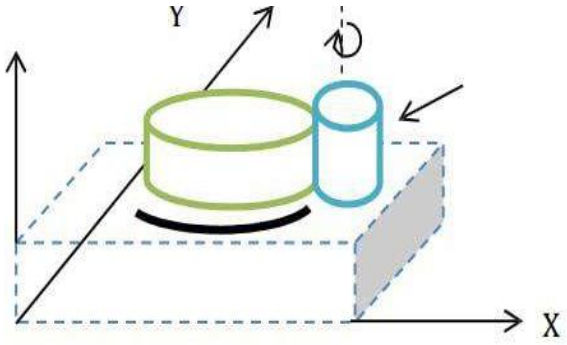
- **أمثلة على عمليات التشغيل:** الخراطة، التفريز، التجويف.



الشكل(12.I): تحكم رقمي محوري.

ج. التحكم الرقمي بالمحاذاة

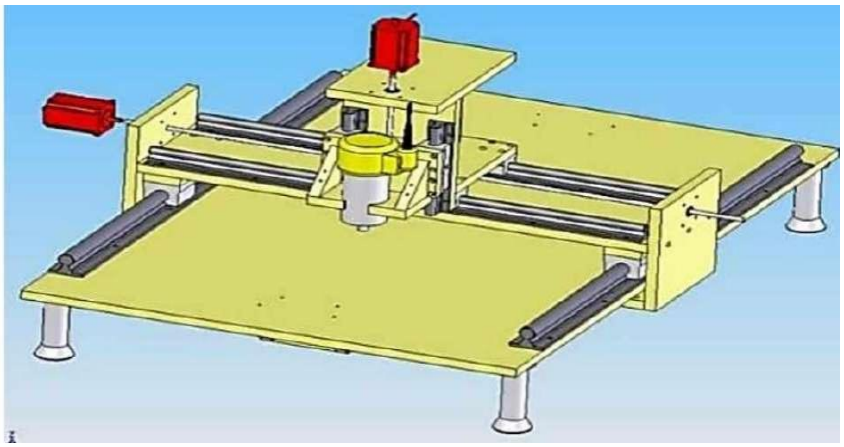
تعمل هذه الحركات على مزامنة المحاور المختلفة مع سرعة التقدم المبرمجة. يتم تقسيم المسارات إلى عناصر مستقيمة أو دائرية في مستوى واحد أو عدة مستويات.



الشكل(13.I): تحكم رقمي بالمحاذاة.

10.I آلة التحكم الرقمي ذات المحاور الثلاثة

التشغيل الآلي باستخدام ثلاثة (3) محاور هو من بين أكثر التقنيات استخدامًا في القطاع الصناعي. على سبيل المثال، آلات التشغيل الكلاسيكية مثل آلات التفريز التي تتيح معالجة المواد على ثلاثة محاور Z,Y,X. تستمر الآلة بعد ذلك في إزالة الرقائق في ثلاث اتجاهات. القاعدة تتوافق مع محور المستوي ومناسبة تمامًا للقطع ذات المساحات المحدودة والعميقة. ومع ذلك، فإن هذه التكنولوجيا تظهر حدودًا كبيرة عند معالجة القطع ذات التجاويف العميقة والضيقة. لهذا الغرض، تم تطوير تقنيات جديدة تشمل المحاور الأربعة وما إلى ذلك[8] .



الشكل(14.I): آلة التحكم الرقمي ذات المحاور الثلاثة [8].

11.I مميزات آلات CNC الليزرية

1-**الدقة:** توفر آلات CNC الليزرية دقة عالية، مما يجعلها مثالية للتصاميم والنماذج المعقدة.

2- **التعددية:** يمكن لهذه الآلات القطع والنقش والتعليم على مجموعة متنوعة من المواد، بما في ذلك المعدن، الخشب، البلاستيك، وغيرها.

3- **الكفاءة:** تسرع آلات CNC الليزرية عملية الإنتاج بشكل كبير وتقلل من وقت التصنيع.

4- **التناسق:** نظرًا لأن هذه الآلات تُدار بواسطة الحاسوب، فإنها تضمن جودة متناسقة عبر دورات إنتاج متعددة.

5- **صيانة منخفضة:** تحتاج آلات CNC الليزرية عادة إلى صيانة أقل، مما يقلل من أوقات التوقف عن العمل [3].

12.I الخاتمة

في هذا الفصل، قمنا بشرح مكونات آلة التحكم الرقمي بطريقة عامة وأوضحنا أهمية كل جزء منها. عرضنا التعريف، التاريخ، المزايا، مبدأ العمل، وتصنيفات آلاتها.

مراجع الفصل الأول

[1] Dahmani L. & Hadj Brahim B. « machines-outils-commande-numerique » chapitre1, ISET SILIANA.
[2] https://dspace.ummto.dz/items/c186542f-5fad-4d9d-8eba-b1a255861ec8
أطلع عليه يوم: 2024/12/10.

[3] https://dekcelcncmachine.com/
أطلع عليه يوم: 2024/12/12.

[4] Madi Fateh, « Réalisation & manipulation d'une machine à commande numérique à base d'un microcontrôleur », université badji mokhtar annaba ,2019.

[5] Abdennadji Youssef, Ahmadi Anouar, « Conception et réalisation d'une commande numérique d'une machine de découpe laser », Ingénieur d'école nationale de Gabés, 2010.

[6] https://www.scribd.com/document/527421301/les-machines-CNC
اطلع عليه يوم: 2024/12/20.
[7] D. Gelin, M. Vincent, « Éléments des fabrications », Edition marketing, paris,1995.
[8] http://www.usimm.ca/quelles-sont-les-differences-entre-lusinage-3-axes-et-5-axes/
اطلع عليه يوم: 2024/12/25.

الفصل الثاني:
الأردوينو

1.II مقدمة

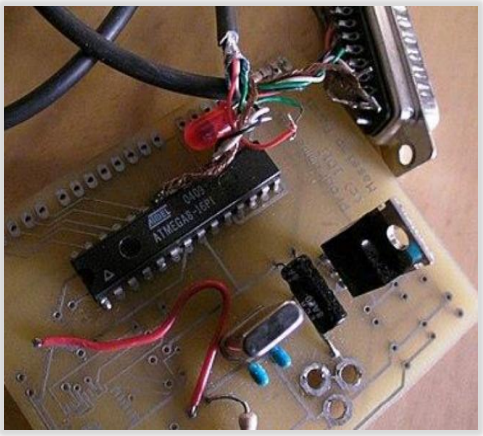
في هذا الفصل سنتطرق لأحد أهم العناصر في هذا المشروع وهو الأردوينو. حيث قمنا بدراسة شاملة انطلاقا من تاريخ نشأته والتعريف بأشهر أنواعه الى كيفية برمجته خاصة الأردوينو أونو.

2.II نبذة تاريخية

في سنة 2005 في مدينة ايفريا الإيطالية قام فريق من مهندسي الالكترونيات ماسيمو بانزي، دايفيد كوارتيليس وجاينلوكا مارتينو بإطلاق مشروع "Arduin of Ivrea"، المسمى باسم ملك إيطاليا والذي كان يهدف أساسا لتطوير برمجية للميكرومراقب بصورة مفتوحة المصدر IDE [1].

نقصد بمفتوح المصدر أن مخططات تصميم العتاد الخاصة بالأردوينو متاحة للجميع لتحميلها ودراستها لفهم مبدأ عملها والتعديل عليها وكذلك إمكانية الاستفادة منها تجاريا، كذلك رموز المصدر الخاصة ببرنامج الأردوينو مفتوح المصدر ومتوفر بترخيص General Public License [1].

بالإضافة الى ذلك فكان الهدف ان تكون مجانية وتضمن عمل لوحات تطوير صغيرة الحجم ليتمكن الطالب والهواة التقنيين تحمل سعرها، وبهذا تم إطلاق أول لوحه تطويرية لأردوينو اعتمدت على شريحة ATmega168 من العائلة المشهورة AVR والتي تنتجها شركه Atmel للشرائح الإلكترونية، وسميت هذه اللوحة باسم Arduino Serial V.1 [2].



الشكل(1.II): أول اصدار للأردوينو.

ثم توالت التطويرات الهندسية عليها ليتم اصدار العديد من لوحات الأردوينو الجديدة مثل:

Arduino ,Arduino UNO, Arduino Mega, Arduino Lilypad, Arduino Demulive, Arduino Fio Nano, Arduino mini وتعتمد كلها على شرائح ميكرومراقب من عائلة AVR تنتجه شركة Atmel [2].

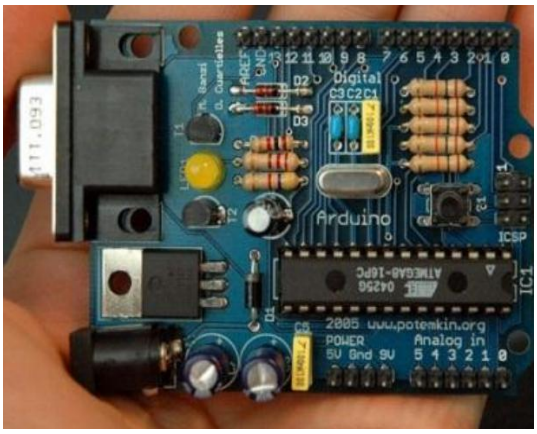
3.II نظرة عامة عن الأردوينو

الأردوينو عبارة عن كمبيوتر صغير الحجم يتفاعل مع الوسط المحيط به ويتحكم فيه. كما انه منصة برمجية مفتوحة المصدر تتكون من ميكرو مراقب يبرمج عن طريق الحاسوب وبيئة تكاملية تطويرية لكتابة البرمجيات IDE.

الشكل (2.II): شعار الأردوينو.

ويتميز بقدرة تواصلية كبيرة مع باقي القطع الالكترونية كالملتقطات والمحولات والقدرة على استعمالها للحصول على مختلف البيانات كالحرارة، الرطوبة او شدة الإضاءة.. بالإضافة الى القدرة على التحكم في المحركات، الثنائيات الباعثة للضوء LED وغيرها [1].

يمكن تشغيل الأردوينو مستقلا، أو موصولا بكمبيوتر وجعله يتعامل مع أحد برامج الجهاز[1]. وهو يعتمد في برمجته على لغة البرمجة مفتوحة المصدر، حيث تتميز الرموز البرمجية الخاصة بلغة الأردوينو C أنها تشبه لغة السي وتعتبر من أسهل لغات البرمجة المستخدمة في كتابة برامج الميكرومراقبات، ناهيك عن قابلية تعديلها وفقا للاحتياج. كما أن لوحاته تتميز عن باقي اللوحات المتوفرة في السوق بأنها سهلة التعامل، حيث يمكنك تحميل ورقة البيانات Datasheet الخاصة بالأردوينو من الموقع الرسمي مجاناً وشراء القطع وتركيبه بنفسك، وأيضا أنها متعددة المنصات فبإمكانها العمل على ويندوز، ماك، ولينكس، عكس البقية التي تقتصر على الويندوز. وهو مصنوع أساساً من الميكرومراقبات ATMEGA328 وATMEGA168 والمخططات منشورة تحت ترخيص Creative Commons [3].



الشكل (3.II): بطاقة أردوينو.

4.II أنواع الأردوينو

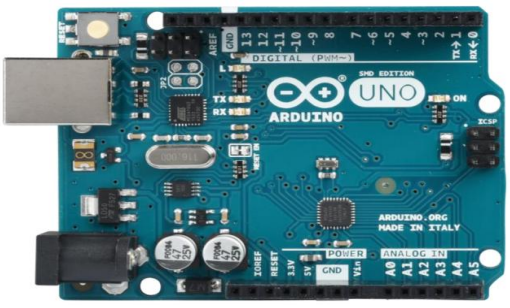
كما تمت الإشارة مسبقا ان لوحات الأردوينو عديدة وتتنوع من مشروع لآخر حسب خصائص كل نوع ومتطلبات الاستعمال (سرعة المعالج، عدد المداخل والمخارج التي تتحكم بدورها في عدد الأجهزة الميكرومراقب بها، الملتقطات، نوع الميكرومراقب..). ولذلك سندرس أنواع الأردوينو ومميزات كل نوع لمعرفة ما نحتاجه لمشروعنا [2].

الشكل (4.II): أمثلة عن أنواع لوحات الأردوينو.

1.4.II أردوينو أونو

أردوينو أونو هو الأكثر شيوعا لسهولة استخدامه. وهو عبارة عن دارة الكترونية صغيرة تستخدم في استقبال الأوامر البرمجية من الحاسب الآلي وكتابتها في ذاكرة الميكرومراقب ATmega328 الموضوع بداخلها. وتوفر هذه الدائرة منافذ لتوصيل المكونات الالكترونية الى الميكرومراقب مباشرة عن طريق 14 (مدخل|مخرج) من النوع الرقمي (digital in\out). من هذه الأربعة عشر يوجد ستة(3،5،6،9،10،11) يمكن استخدامها كمخارج PWM أو مايعرف بتضمين عرض النبضة (Pulse Width modulation) التي تمكن من التحكم في سرعة المحركات، سطوع LED، درجة حرارة السخانات..

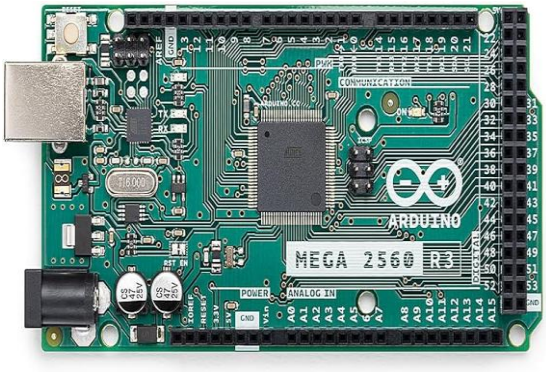
وتحتوي الدائرة على مذبذب هزازة Cristal oscillator بتردد 16 MHz، ومدخل USBللتواصل مع الحاسب، ومدخل طاقة منفصل، بالإضافة الىICSP header كطريقة إضافية لبرمجة الميكرومراقب يمكن اعتبارها لوحة تطوير وبرمجة مصغرة مهيئة للاستخدام المباشر والعمل عليها سواء ب USB أو بمصدر طاقة خارجي كالبطارية [2].



الشكل (5.II): بطاقة أردوينو أونو.

2.4.II لوحات أردوينو ميغا: Arduino MEGA ADK - Arduino MEGA -Arduino MEGA2560C

تعتبر لوحات أردوينو ميغا ذات حجم كبير يعادل 4 أضعاف الأونو تقريبا. وتختلف فيما بينها ببعض الخصائص كنوع الميكرومراقب الصغري ومنفذ USB.. مما يسمح لهذه اللوحة بالاتصال والتفاعل مع أي جهاز له منفذ USB بالإضافة الى الفأرة ولوحة المفاتيح.



الشكل(6.II): لوحة أردوينو ميغا Arduino MEGA2560C .

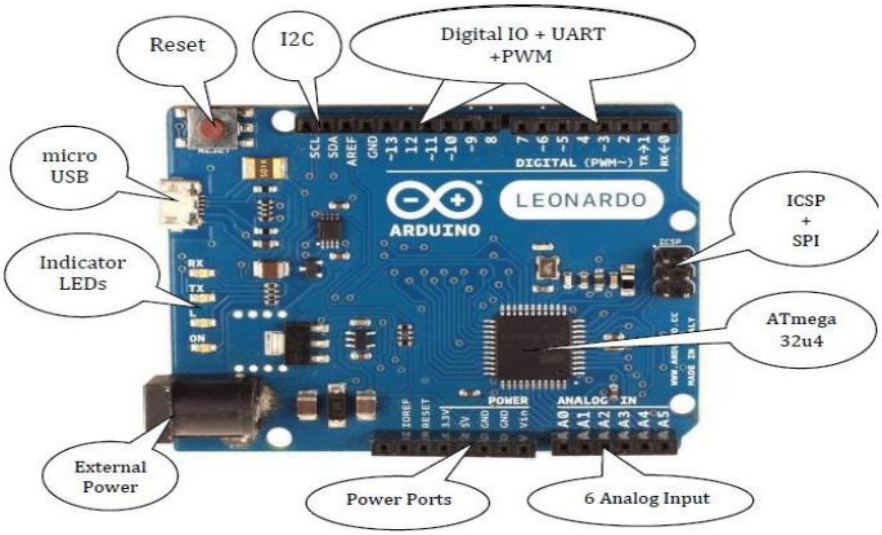
جدول(1.II): مقارنة ما بين مزايا لوحات الأردوينو MEGA، MEGA2560C وMEGA ADK.

	MEGA	MEGA2560	MEGA ADK
الميكرومراقب	ATmega1280	ATmega2560	ATmega2560
سعة ذاكرة البرنامج	128 Kb (محمل 8 Kb الإقلاع)	256 Kb (محمل 8 Kb الإقلاع)	256 Kb (محمل 8 Kb الإقلاع)
سعة ذاكرة SRAM	8 Kb	8 Kb	8 Kb
سعة ذاكرة EEPROM	4 Kb	4 Kb	4 Kb
سرعة المعالج	16 MHz	16 MHz	16 MHz
جهد عمل اللوحة	+ 5 V	+ 5 V	+ 5 V
جهد المدخل عبر منفذ الطاقة أو مدخل VIN	7-12 V	7-12 V	7-12 V
عدد المنافذ الرقمية	54	54	54

التيار الأعظمي للمنفذ الرقمي (مدخل أو مخرج) الموصى به	20 mA (كحد 40 mA أعظمي)	20 mA (كحد 40 mA أعظمي)	20 mA (كحد 40 mA أعظمي)
عدد أقطاب PWM	15	15	15
عدد أقطاب المدخل التماثلية	16	16	16
عدد أقطاب المخرج التماثلية	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
دقة المحول ADC	10 bit	10 bit	10 bit
الثنائي الضوئي L المدمج	مع المنفذ 13	مع المنفذ 13	مع المنفذ 13
بروتوكول الاتصال التسلسلي	UART: 4 SPI: 1 12C: 1	UART: 4 SPI: 1 12C: 1	UART: 4 SPI: 1 12C: 1 USB Host: 1
طرق البرمجة	عن طريق منفذ USB أو مبرمجة خارجية ICSP	عن طريق منفذ USB أو مبرمجة خارجية ICSP	عن طريق منفذ USB أو مبرمجة خارجية ICSP
الطول	101.52 mm	101.52 mm	101.52 mm
العرض	53.4 mm	53.3 mm	53.3 mm
الوزن	25 gr	37 gr	36 gr

3.4.II لوحة أردوينو ليوناردو Arduino Leonardo

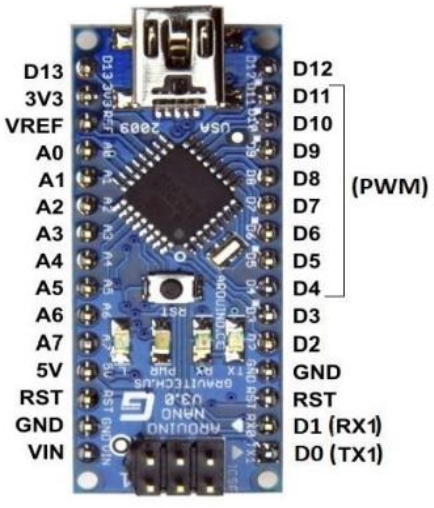
تشبه لوحة أردوينو ليوناردو لوحة الأونو شكلا، وتختلف عنها من حيث نوع الميكرومراقب الصغري الرئيسي ذو منفذ USB المدمج والذي لا يحتاج ميكرومراقبا ثانويا. ويمكن للحاسب الاتصال مع اللوحة كمنفذ COM افتراضي. يتكون هذا الأخير من 20 منفذا رقميا بالإضافة الى مذبذب هزازة 16 MHz.



الشكل (7.II): لوحة أردوينو ليوناردو.

4.4.II لوحة أردوينو نانو Arduino Nano

تعتبر لوحة أردوينو نانو لوحة مصغرة للوحة الأونو مع اختلاف عدد المداخل والمخارج وعدم وجود موصل طاقة تيار مستمر. ويعمل بوصلة USB صغيرة الحجم. كما يمكن استخدامها بسهولة مع لوحات التجارب.

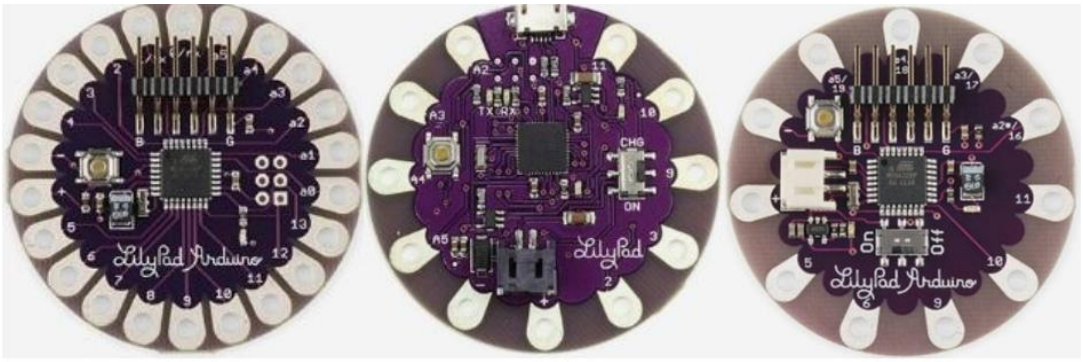


الشكل (8.II): لوحة الأردوينو نانو.

5.4.II لوحة أردوينو ليلي باد Arduino Lilypad

صممت لوحات ليلي باد لتعمل مع المنسوجات الالكترونية، الملتقطات والمشغلات الميكانيكية كالمحركات بجهود منخفضة نسبيا. لها نفس وظائف الأردوينو الأخرى مع مزايا إضافية كخفة الوزن، الشكل الدائري، ومنافذ المخرج

الكبيرة التي تسهل عملية الاتصال والربط بالملابس مما يمكنها من التفاعل مع التفاصيل بشكل أكبر. ولها عدة إصدارات كما هو موضح أدناه.



C B A

الشكل(II.9): A: Lilypad main ،Lilypad USB:B ، C: Lilypad simple.

جدول(II.2): مقارنة بين لوحات Lilypad.

	Lilypad mAin board	Lilypad USB	Lilypad simple
الميكروم راقب	ATmega168 أو ATmega328	ATmega32u4	ATmega328
سعة ذاكرة البرنامج	16 Kb (2 Kb لمحمل الإقلاع)	32 Kb (4 Kb لمحمل الإقلاع)	32 Kb (2 Kb لمحمل الإقلاع)
سعة ذاكرة SRAM	1 Kb	2.5 Kb	2 Kb
سعة ذاكرة EEPROM	512 B	1 KB	1 KB
سرعة المعالج	8 MHz	8 MHz	8 MHz
جهد عمل اللوحة	2.7-5.5 V	3.3 V	2.7-5.5 V
جهد المدخل عبر منفذ الطاقة أو مدخل VIN	2.7-5.5 V	3.8-5 V	2.7-5.5 V
عدد المنافذ الرقمية	14	9	9
التيار الأعظمي للمنفذ الرقمي (مدخل أو مخرج) الموصى به	20 mA	20 mA	20 mA
عدد أقطاب PWM	6	4	5

عدد أقطاب المدخل التماثلية	6	4	4
عدد أقطاب المخرج التماثلية	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
دقة تمييز المحول ADC	10 bit	10 bit	10 bit
طرق البرمجة	عن طريق منفذ USB ولكن تحتاج لمحول USB-Serialأو مبرمجة ICSP خارجية	عن طريق منفذ USB المدمج أو مبرمجة خارجية ICSP	عن طريق منفذ USB ولكن تحتاج لمحول USB-Serialأو مبرمجة ICSP خارجية
القطر	50 mm	50 mm	50 mm

جدول(3.II): مقارنة خصائص كل نوع من أنواع الأردوينو.

أردوينو:	Uno	mega	Leonardo	Nano
الميكرومراقب	ATmega328	ATmega1280	ATmega32u	ATmega328
جهد التشغيل	5(v)	5(v)	5(v)	5(v)
جهد المدخل الموصى به	12-7 (v)	12-7 (v)	12-7 (v)	12-7 (v)
جهد المدخل الأقصى	(v) 20-6	(v) 20-6	(v) 20-6	(v) 20-6
منافذ المدخل التناظرية	6	16	12	8
منافذ الخروج	6	لا يوجد	7	6
منافذ الدخول والخروج الرقمية	14	54	20	22
قيمة التيار المستمر للمداخل والمخارج	(mA) 20	(mA) 40-20	(mA) 40	(mA) 40
سرعة المعالج	(MHZ) 16	(MHZ) 16	(MHZ) 16	(MHZ) 16

ذاكرة الوصول العشوائية الثابتة SRAM	(Kbits) 2	8(Kbits)	(Kbits) 2.5	(Kbits) 2
ذاكرة الفلاش	(Kbits) 32	256(Kbits)	(Kbits)512	(Kbits) 32
قيمة التيار للمنفذ 3.3 فولت	50 MA	50 mA	20 mA	20 mA
ذاكرة القراءة فقط EEPROM	1 Kbits	4 Kbits	\	1 Kbits
دقة تمييز المحول ADC	10 bit	10 bit	10 bit	10 bit
الثنائي الضوئي L	المنفذ 13	المنفذ 13	المنفذ 13	المنفذ 13
بروتوكول الاتصال التسلسلي	SPI, 12C, UART	UART :4 SPI: 1 12C: 1	SPI, 12C, UART	SPI, 12C, UART
طرق البرمجة	منفذ USB أو مبرمجة خارجية ICSP	منفذ USB أو مبرمجة خارجية ICSP	منفذ USB أو مبرمجة خارجية ICSP	منفذ USB أو مبرمجة خارجية ICSP
العرض	53.4 mm	53.4 mm	53.4 mm	45 mm
الطول	68.6 mm	101.52 mm	68.6 mm	18 mm
الوزن	25 g	25 g	20g	7g

5.II مكونات الأردوينو أونو

تتعدد لوحات الأردوينو لتحقيق مختلف أهداف المشاريع الى ما يزيد عن 40 نوع، ولكنها تجتمع في أنها تقسم في بنيتها الى أربعة أقسام:

- **قسم الميكرومراقب:** يضم الميكرومراقب وما يلزمه للعمل من مذبذب هزازة خارجي ومكثفات خاصة بها، زر إعادة الضبط، مكثفات الاستقرار الكهربائي على مداخل التغذية، أقطاب المدخل والمخرج العامة..
- **قسم الاتصال مع الحاسب:** وهي شريحة لتأمين الاتصال بين الحاسب ولوحة الأردوينو أي بين البروتوكولين USB -UART. غالبا ما تكون هذه الشريحة IC: FTDI ، أو متحكم ATmega8.

- **قسم التغذية:** لتأمين وضبط تغذية الميكروراقب ويتم ذلك عبر منظمات جهد تعطي جهد بقيمة 3.3 V و 5 V.
- **ملحقات على لوحة الأردوينو:** مداخل قراءة بطاقة الذاكرة أو ملتقط أو أي نوع آخر وتكون هذه الملحقات لتسهيل التوصيل مع الأردوينو علما أنها تتوفر على لوحات دون غيرها [1].

1.5.II الميكروراقب AVR Atmega328 الرئيسي

يعتبر عنصرا أساسيا في لوحة الأردوينو فمن خلاله نستطيع تحديد المزايا والخواص الالكترونية. يرتكز دوره على برمجة اللوحة وبالتالي برمجة الميكروراقب. فعند تطبيق التغذية الكهربائية يقوم هذا الميكروراقب بتنفيذ البرنامج المخزن لكي تعمل اللوحة وفق البرنامج المطلوب [4].

الشكل(10.II): الميكروراقب الصغري Atmega328 الرئيسي في لوحة الأردوينو.

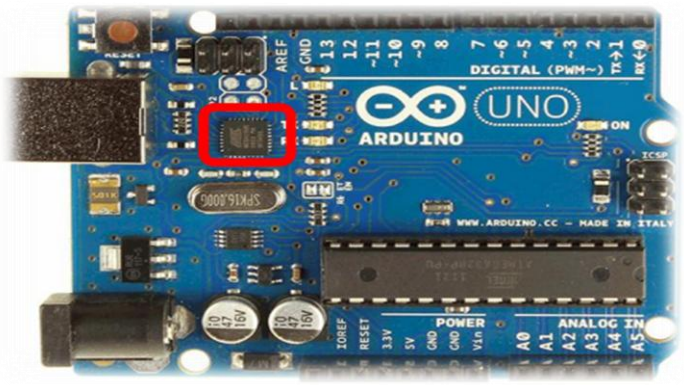
جدول(4.II): أهم خواص الميكروراقب AVR Atmega328.

الخاصية	القيمة
نوع المعالج	8-bit AVR
تردد العمل الأعظمي	20 MHz
الأداء	إمكانية تنفيذ مليون تعليمة في الثانية (MIPS) عند تردد عمل 1 MHz و إمكانية تنفيذ 16 مليون تعليمة في الثانية عند اتصاله بمذبذب هزازة ترددها 16 MHz.
سعة ذاكرة البرنامج	32 Kb
سعة ذاكرة SRAM	2KB

سعة ذاكرة EEPROM	1KB
عدد الأقطاب	28 pin
الملحقات الداخلية	مبدل رقمي ADC بدقة 10 bit، عدد قنواته 6 ثلاث مؤقتات / عدادات. وحدة الاتصال التسلسلي USART. وحدة الاتصال التسلسلي 12C. وحدة الاتصال التسلسلي SPI.

2.5.II الميكرومراقب AVR Atmega16U2 الثانوي

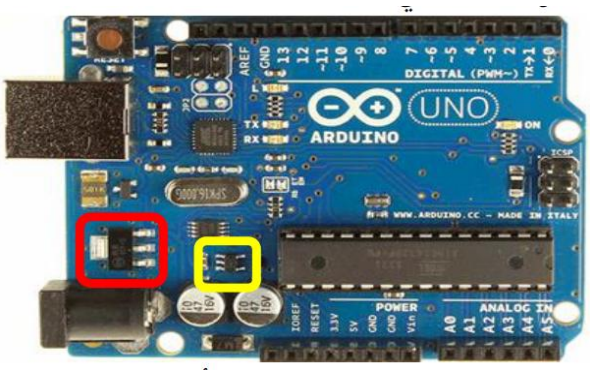
تمت اضافته لعدم قدرة الميكرومراقب Atmega328 على تبادل البيانات مع الحاسب عبر منفذ USB. تتمثل هذه البيات في شيفرات برمجية مكتوبة ببرنامج Arduino cc أو مقادير كقيم درجات الحرارة أو أوامر مختلفة. ويتصل هذا الأخير مع خط إعادة اقلاع الميكرومراقب الرئيسي Atmega328 ومنه يجب إعادة تشغيله عند الرغبة في برمجة الميكرومراقب الرئيسي. يكون الميكرومراقب الثانوي Atmega16U2 متصل مع مذبذب هزازة ترددها 16 MHz تقع أسفله [4].



الشكل(11.II): الميكرومراقب الصغري ATmega16U2.

3.5.II منظم الجهد 5V، ومنظم الجهد 3.3 V

تعمل لوحة الأردوينو بجهد 5 V لذلك تحتاج الى منظم عند تغذيتها كهربائيا من مصدر خارجي. منظم الجهد المستخدم هو 111ST50T3G. تيار مخرجه الأعظمي يزيد عن 1 A. كما توفر لوحة أردوينو أونو أيضا جهدا مقداره 3.3 V مع منظم الجهد LP2985-33BVR. تيار مخرجه الأعظمي يصل الى 150 mA[4].

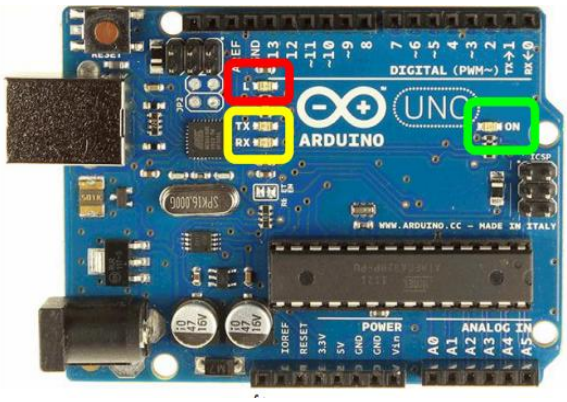


الشكل(12.II): منظم الجهد 111ST50T3G محاط بمربع أحمر ومنظم الجهد LP2985-33BVR محاط بمربع أصفر.

4.5.II الثنائيات الضوئية

تحتوي لوحة الأردوينو أونو على أربع ثنائيات ضوئية [4].

- ثنائي ضوئي ON: يبين انه قد تم تطبيق جهد كهربائي 5 V.
- ثنائي ضوئي L: متصل مع المخرج الرقمي 13. يضيء عند تطبيق 1 منطقي أي 5V.
- ثنائي ضوئي TX،RX: يضيء عند انتقال البيانات ما بين الميكرومراقب Atmega16U2 ومنفذ USB للحاسوب.



الشكل(13.II): الثنائي الضوئي ON محاط بمربع أخضر، الثنائي الضوئي L محاط بمربع أحمر، الثنائي الضوئي TX،RX محاطان بمربع أصفر.

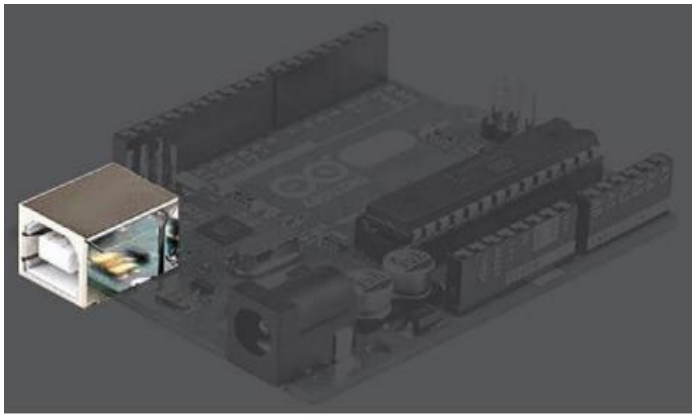
5.5.II منفذ USB

له عدة استخدامات من بينها[4]:

- برمجة اللوحة عن طريق الحاسوب.

- تبادل المعلومات والبيانات بين ATmega328 ومنفذ USB للحاسوب.
- عند توصيل هذا المنفذ USB بالحاسب تتم تغذية اللوحة بـV 5 .

بجانب هذا المنفذ يوجد منصهرة لحماية منفذ USB للحاسوب من التيار الزائد والقصر، ويكون القطع آليا عند تجاوز 500 mA.



الشكل(14.II): منفذ USB.

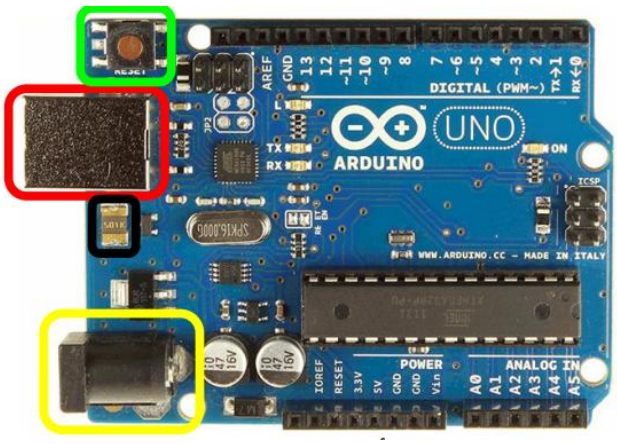
6.5.II منفذ الطاقة

يمكن تأمين مصدر طاقة بديل لمنفذ USB عبر وصل مصدر تغذية مستقرة الى منفذ الطاقة. قطر المنفذ 2.1 mm وفي مركزه يطبق الطرف الموجب للتغذية. مجال الجهد للتغذية الموصى به يتراوح من 7 V الى 12 V [4].

الشكل(15.II): منفذ طاقة.

7.5.II زر إعادة التشغيل

يستعمل لبدء تنفيذ الأوامر من البداية من جديد.



الشكل(16.II): منفذ USB محاط بمربع أحمر، وبجانبه منصهرة الحماية محاطة بمربع أسود، منفذ الطاقة الخارجية محاط بمربع أصفر، وزر إعادة التشغيل محاط بمربع اخضر.

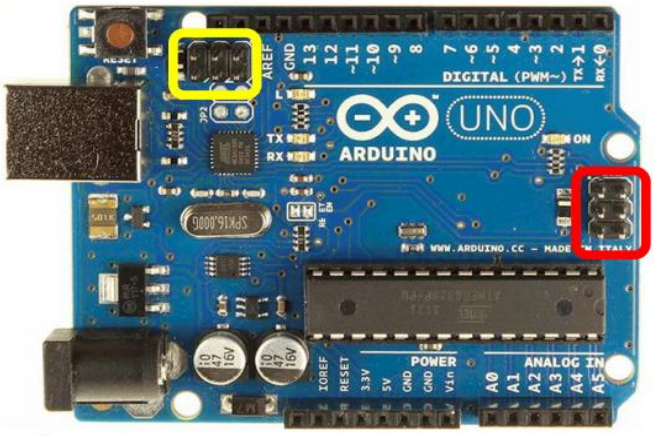
8.5.II دارة مندمجة LM358

تتضمن لوحة الأونو أيضا دارة مندمجةLM358. وهي عبارة عن مضخمين عمليين. أحدهما مقارن جهدي لاختيار تغذية اللوحة من منفذ USB أو من منفذ Vin. ويستخدم الآخر كعازل ما بين المخرج 13 والثنائي الضوئي L [4].

الشكل(17.II): الدارة المندمجة LM358 في لوحة الأردوينو أونو.

9.5.II منفذ برمجة تسلسلي In-Circuit Serial Programming (ICSP)

يوجد طريقة أخرى تتم فيها برمجة الميكروماقب الرئيسي ATmega328 عن طريق منفذ ICSP. وذلك عن طريق مبرمجة خارجية أو لوحة أردوينو أخرى يتم وصلها معه [4].

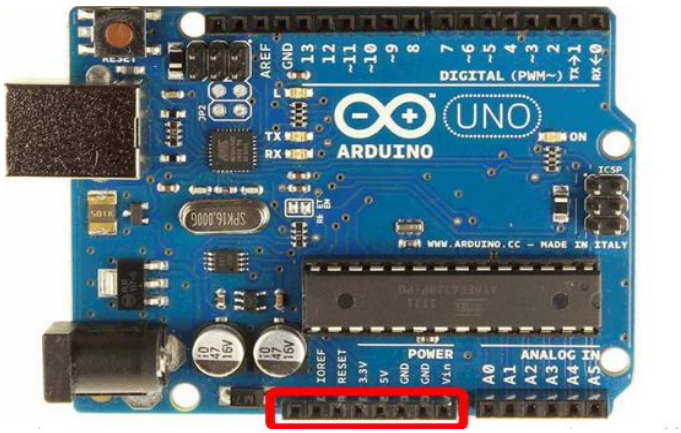


الشكل(18.II): منفذ برمجة ICSP للمتحكم ATmega328 محاط بالأحمر، ومنفذ برمجة ICSP لمتحكم ATmega16U2 محاط باللون الأصفر.

10.5.II منافذ الاستطاعة

توجد في لوحة الأردوينو خمسة منافذ استطاعة مرتبة من اليمين الى اليسار كما يوضحها الشكل أدناه [4]:

- **المنفذ Vin:** يمكن تطبيق مصدر تغذيه خارجي من خلاله للوحة (كبطارية) بدلا من منفذ USB.
- **منفذان GND على التوالي:** يمثل القطب الأرضي للوحة الأردوينو. يمكن الاستفادة منهما عند وصل اللوحة مع دارات أخرى.
- **منفذ 5 V:** تعطي لوحة الأردوينو من خلاله جهد 5 V فيتم استخدامه لتغذية الدارات الخارجية الموصولة مع اللوحة.
- **منفذ 3.3 V:** تعطي لوحة الأردوينو من خلاله جهد 3.3 V يتم استخدامه لتغذية الدارات الخارجية الموصولة مع اللوحة. أعظم تيار يقدمه هذا المنفذ هو 50 mA.
- **منفذ RESET:** يتم من خلاله اعادة تشغيل اللوحة من خلال تطبيق جهد 0 V. يمكن وصل زر ضاغط معه ومع الأرضي، حيث عند الضغط عليه يعاد تشغيل اللوحة فيعمل المنفذ RESET. ويكون بديلا له عند وصل لوحة الأردوينو أونو مع لوحة تعرف بالغطاء shield التي تركب فوق اللوحة الأصلية لتوسيع عملها فتمنع الوصول لزر RESET.
- **منفذ IOREF:** يقدم هذا المنفذ الجهد المرجعي الذي يعمل فيه الميكروميراقب الصغري. ويستخدم من قبل ألواح الأغطية لاختيار مصدر الطاقة المناسب أو تمكين محول جهد على المخارج للعمل مع 5 V جهود أو 3.3 V.



الشكل(19.II): منافذ الاستطاعة من اليمين الى اليسارVIN، GND، GND، 5V، 3.3 V، RESET، IOREF ومنفذ غير مستخدم.

11.5.II منافذ مدخل تشابهية

تعتبر منافذ للإشارات التماثلية، حيث يتم تحويلها الى إشارات رقمية عن طريق محول ADC في متحكم ATmega328. دقته 10 bit. هذه المداخل معرفة A0,A1,A2,A3,A4,A5 [4].

الشكل(20.II): المداخل التماثلية الستة في لوحة الأردوينو أونو.

12.5.II منافذ المدخل والمخرج الرقمية

يمكن توصيل دارات وعناصر الكترونية مثل: المحرك، شاشة، لوحة المفاتيح، الثنائيات الضوئية، أما بالنسبة للمنافذ فنجد[4]:

- **المنافذ 3،5،6،9،10،11:** دورها توليد إشارة تضمين عرض النبضة PWM حيث هذا الأخير هي إشارات مربعة دورية.

- **المنفذ 1** يستعمل للإرسال في حين **المنفذ 0** يستعمل في الاستقبال. حيث يتصلان في أن واحد مع منافذ متوافقة للمتحكم Atmega16U2 عن طريقUSB.
- **المنفذان 2،3:** قاطعات خارجية.
- **المنفذان SCL، SDA:** دورهما الاتصال بالبرتوكول 12C.

الشكل(II.21): منافذ المدخل والمخرج الرقمية.

II.6 أمثلة عن استعمالات الأردوينو

مجالات استخدام الأردوينو تختلف على حسب طريقة البرمجة الخاصة بها، حيث تتكون هذه اللوحة الإلكترونية من بعض الدوائر المفتوحة التي يجب التحكم فيها بشكل دقيق. هذه أمثلة لاستعمال لوحة الأردوينو.

- عمل مشاريع بسيطة مثل برمجة باب يفتح على رقم سري معين، أو إطفاء الإنارة على أوقات معينة، أو إضاءتها في حالة وجود حركة جسم في الغرفة على سبيل المثال.
- برمجة لوح الأردوينو كمشروع لإشارات مرور لتقاطع حيوي جداً يتكون من 4 أو 5 إشارات، تضيء وتطفئ بمواقع معينة بترتيب ونسق معين.
- برمجة إنذار حريق لسوق ضخم متناسقة مع بعضها ومع جميع أجهزة الاستشعار الموجودة في السوق.

II.7 برمجة الأردوينو

من خلال بيئة تطويرية متكاملة Arduino IDE يتيح برمجة وتحميل التعليمات البرمجية الى لوحة المستخدمين باستخدام لغة C/C++، ثم يتم تحويلها الى لغة آلة يمكن لوحدة المعالجة المركزية فهمها. يسمى هذا البرنامج المكتوب بـArduino IDE اسم sketch (التصميم أو المخطط)، وهو يتضمن وحدات البرمجة الأساسية loop و setup. كما يمكن استخدام python ولكن ببيئة تطويرية مختلفة [4].

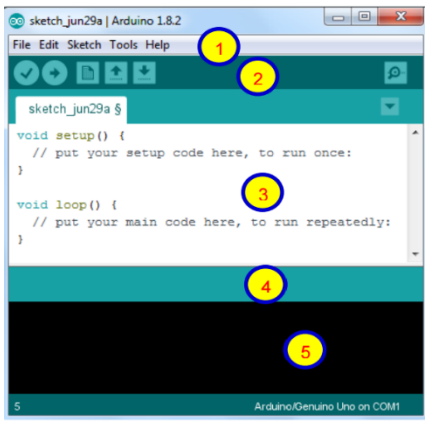
II.7.1 خطوات تحميل Arduino IDE

1. نقوم بزيارة موقع arduino.cc لتحميل أحدث إصدار من Arduino IDE المتوافق مع نظام التشغيل الذي تستخدمه على جهاز الكمبيوتر.
2. نفك ضغط الملف ثم نشغل برنامج Arduino.exe لتعمل بيئة التطوير مباشرة دون الحاجة الى تنصيب setup [4].

II.7.2 بيئة التطوير المتكاملة للأردوينو Arduino IDE

تتكون من الأجزاء التالية[4].

1. شريط أدوات القوائم.
2. شريط أدوات الوظائف العامة.
3. محرر النص.
4. منطقة الرسالة.
5. لوحة مراقبة النص.



الشكل(II.22): Arduino IDE.

II.7.2.1 شريط أدوات القوائم

تتكون من 5 عناصر: File، Edit، Sketch، Tools و Help ولكل منها وظائف معينة[4].

II.7.2.1.1 القائمة File

تتكون من[4].

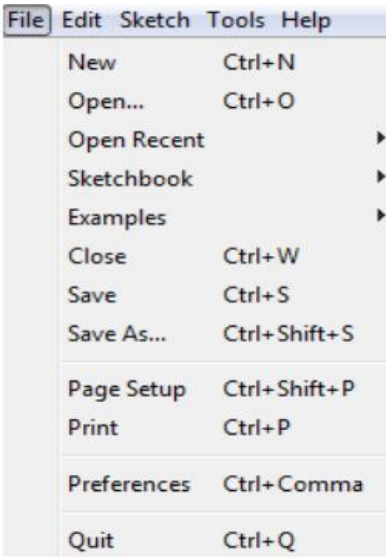
New: فتح صفحة عمل جديدة.

Open: فتح صفحة عمل موجودة سابقا.

Open Recent: قائمة الملفات البرمجية الأكثر استخداما.

Sketch: فتح الرسومات المضمنة في مجلد صفحة العمل.

Example: تقديم أمثلة والمكتبيات الجاهزة.



الشكل(II.23): القائمة File.

Close: اغلاق نافذة العمل الحالية.

Save: حفظ الملف بنفس الاسم.

Save as: حفظ الملف باسم أخر.

Page setup: إعداد الصفحة للطباعة.

Print: طباعة الملف.

Preferences: ضبط إعدادات لغة الواجهة، ترقيم الأسطر...

Quit: إغلاق جميع النوافذ لبيئة التطوير.

II.2.1.2.7 القائمة Edit

تتضمن الوظائف الخاصة بالنسخ والقص، اللصق، البحث، التراجع[4] .

II.3.1.2.7 القائمة Sketch

تتكون من[4].

Verify/Compile: يتم فحص النص البرمجي لاكتشاف الأخطاء، مع توفير معلومات حول استهلاك ذاكرة البرنامج وذاكرة RAM.

Upload: يتم تحويل الملف البرمجي الى ترميز آلة، ثم يتم تحميل الملف الثنائي الى اللوحة عبر منفذ الذي تم تكوينه بشكل صحيح من COM قبل التحميل، يتم اختيار اللوحة و المنفذ من القائمةTools .

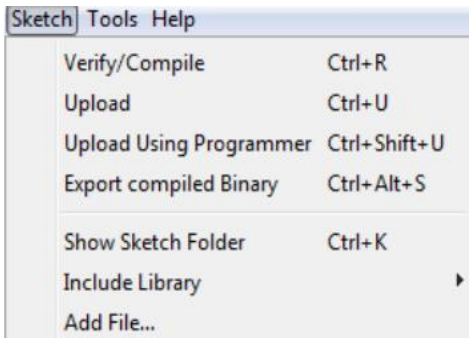
Upload Using Programmer: يستخدم هذا الأمر لنقل الملف البرمجي الى اللوحة باستخدام مبرمجة خارجية، حيث يتم كتابة محمل الإقلاع باستخدام كامل bootloader من خلال سعة ذاكرة البرنامج .

Export Compiled Binary: يتم تصدير الرمز بصيغة السداسي عشر hex والثنائي bin (ملف ترميز لغة الآلة مكتوب بصيغة hexadecimal لاستخدامه في برنامج محاكاة، أو تحميله للوحة عن طريق أدوات أخرى).

Show Sketch Folder: يتم فتح مجلد الشيفرة البرمجية الحالي .

Include Library: يتم اضافة مكتبات الى شيفرة البرمجية في بداية الشيفرة الحالية باستخدام التعبير #include.

Add file: يتم اضافة ملف برمجي و نسخه الى مكان الشيفرة البرمجية الحالية.



الشكل(24.II): القائمة Sketch .

4.1.2.7.II القائمة Tools

تتكون من[4].

Auto Format: يجعل الشيفرة البرمجية تظهر بشكل أنيق .

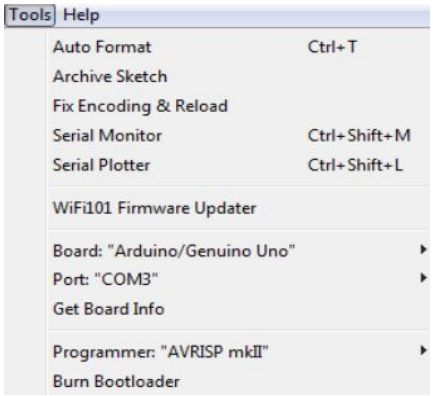
Archive Sketch: فتح نافذة المراقبة التسلسلية .

Board: تحديد اللوحة التي يتم العمل بها .

Port: تحتوي هذه القائمة على كل المنافذ التسلسلية المعرفة على الحاسب. من خلالها يتم اختيار المنفذ الذي يتصل مع الأردوينو.

Programmer: تسمح لاختيار المبرمجة عندما يتم برمجة اللوحة من دون استخدام الوصلةUSB-serial ، إلا في حالة تحميل محمل الإقلاع الى الميكرو كونترولرbootloader .

Burn Bootloader: نقل محمل الإقلاع الى الميكرو كونترولر.



الشكل(25.II): القائمة Tools .

II.2.7.2 أدوات شريط الوظائف العامة

يتضمن ما يلي [4].

Verify: فحص النص البرمجي من الأخطاء .

Upload: يتم تحويل الملف البرمجي الى ترميز الآلة، ثم يتم تحويل الملف الثنائي الى اللوحة عبر المنفذ الذي تم تكوينه .

New: إنشاء نموذج جديد من المحرر .

Open: فتح ملف محفوظ .

Save: حفظ الملف البرمجي .

Serial Monitor: فتح نافذة المراقبة التسلسلية.

الشكل(II.26): قائمة أدوات شريط الوظائف الشائعة.

II.2.7.3 محرر النص Text Editor

في محرر النص يتم كتابة شيفرة البرمجة الخاصة بعمل لوحة الأردوينو كما هو موضح في الشكل أدناه[4].

الشكل(27.II): محرر النص لكتابة الشيفرة البرمجية.

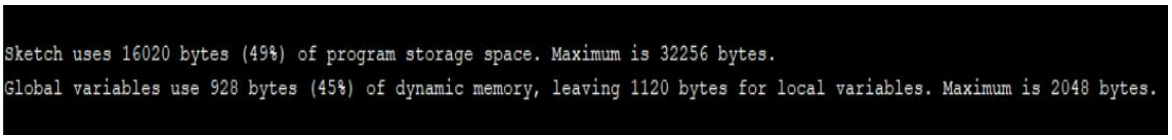
4.2.7.II منطقة الرسالة message area

يكمن دورها في الحفظ وعرض الأخطاء كما هو موضح في الشكل أدناه[4].

الشكل(28.II): منطقة الرسالة.

5.2.7.II لوحة مراقبة النص text console

تقدم معلومات شاملة حول نتائج الشيفرة البرمجية، بما في ذلك نسبة استخدام الذاكرة، أماكن التخزين، جميع رسائل الأخطاء[4].



الشكل(29.II): لوحة مراقبة النص.

توفر الزاوية اليمنى السفلية من واجهة اللوحة معلومات حول اللوحة والمنفذ التسلسلي اللذين تم إعدادهما، كما في الصورة[4].

الشكل(30.II): إظهار اسم اللوحة والمنفذ التسلسلي.

3.7.II طرق برمجة الأردوينو

بعد تثبيت بيئة IDE وتوصيل اللوحة بالحاسب عبر سلك البرمجة نبدأ في برمجة وتشغيل الأردوينو باتباع الخطوات التالية:

1- اختيار اللوحة: نذهب الى شريط القوائم ونختارTools ، ثم اللوحة Board حيث تظهر قائمة تحتوي على جميع اللوحات.
2- نختار المنفذ التسلسلي :منTools ، نختر المنفذ التسلسلي لتحديد المنفذ الذي تم وصل اللوحة إليه.
3- البرمجة: نستخدم لغة برمجة الأردوينو البسيطة، حيث تنقسم الأكواد الى مجموعتين. تحديد مهامها بين قوسين تسبقها سلسلة من الأوامر لتعريف المكتبات والأقطاب المستعملة.

المجموعة الأولى: تقوم بإعداد لوحة الأردوينو للعمل، تعرف نوع الأقطاب المستخدمة وتحدد معدل النقل التسلسلي، مثلا:

```
void setup ( )
{
pinMode (pin-number, OUTPUT);
// set the 'pin-number' as
output
pinMode (pin-number, INPUT); //
set the 'pin-number' as output
}
```

الشكل(31.II): قائمة المجموعة الأولى.

المجموعة الثانية: تتولى قراءة حالة أقطاب الإدخال وتصدر أوامر لأقطاب الإخراج بناء على تعليمات البرمجية والحلقات المدرجة فيها.

```
Void loop ( )
{
digitalWrite (pin-number,HIGH);
// turns ON the component
connected to 'pin-number'
delay (1000); // wait for 1 sec
digitalWrite (pin-number, LOW);
// turns OFF the component
connected to 'pin-number'
delay (1000); //wait for 1sec
}
```

الشكل (32.II): قائمة المجموعة الثانية.

4- التحميل: بعد إنشاء البرنامج وتعيين نوع اللوحة والمنفذ التسلسلي في Arduino IDE يجب التأكد من خلو البرنامج من أي أخطاء برمجية عبر الضغط على زر التحقق المتاح في أسفل شريط القوائم. حيث يظهر علامة تشير الى سلامة البرنامج. عند إكمال التحقق، يمكن الانتقال الى المرحلة التالية بالضغط على زر الرفع الذي بجوار زر التحقق، تضيء مصابيح RX و TXعلى اللوحة مما يدل على نجاح العملية.

8.II الخاتمة

تطرقنا في هذا الفصل الى عنصر مهم انطلاقا من تعريف الأردوينو الى غاية كيفية برمجته. وهذا بهدف مساعدتنا في الفصل القادم للعمل التطبيقي للمشروع بواسطته.

مراجع الفصل الثاني

[1] محمود مسلماني، "الاردوينو كما لم تعرفه من قبل"، 2017.

[2] عبد الله علي عبد الله ، "الاردوينو ببساطة" ،2012.

[3] https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

اطلع عليه يوم: 2024/12/30.

[4] د.م حسام الوفائي، "كتاب الأردوينو من البداية حتى الاحتراف"، حمص، سوريا، 2018.

الفصل الثالث:
العناصر
المستعملة

1.III مقدمة

يتناول هذا الفصل العناصر الالكترونية والبرمجية المستعملة لتركيب آلة النقش بالليزر ثنائية الأبعاد، انطلاقا من برنامج CNCSimulator Pro ومبدأ عمله، عمليات النقش بالليزر بمختلف أنواعه، بنية حفارة الليزر، تعريف الليزر، مكوناته ومبدأ عمله. ثم تطرقنا لمحرك خطوة خطوة بأنواعه وصولا الى الدارة DRV8825، والتحكم في التيار المستمر بواسطتها، لننهي فصلنا بمكوناتها ومبدأ عملها.

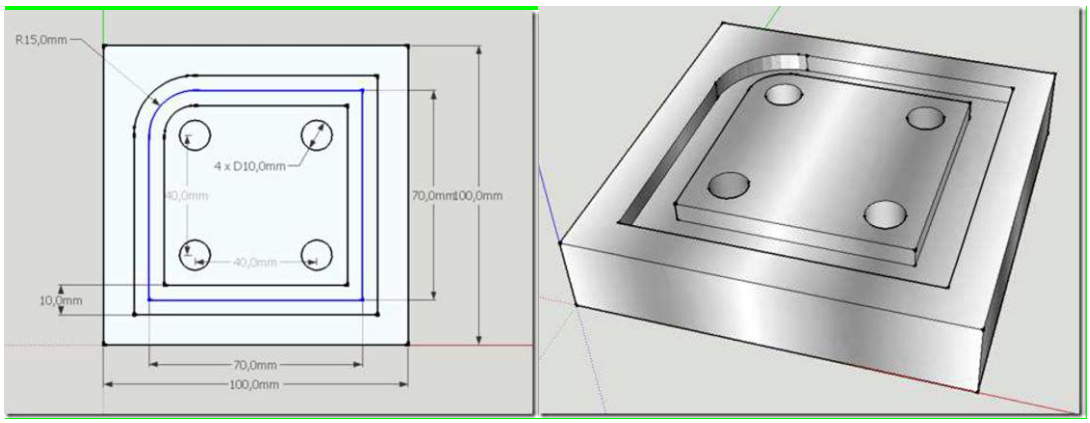
2.III برنامج CNCSimulator Pro

1.2.III تعريف

يعد برنامج CNCSimulator Pro واحدًا من الحلول الرائدة في عالم الصناعة والهندسة الميكانيكية. يستخدم للتصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAO/FAO) ،كما أنه يجمع بين محاكاة دقيقة لآلات CNC وتصميم مبتكر للنماذج ثلاثية الأبعاد، مما يجعله أداة لا غنى عنها للمهندسين والمصممين الصناعيين. بالإضافة إلى ذلك، يوفر البرنامج بيئة تعليمية مثالية للمتعلمين والمحترفين، من خلال إمكانياته المتقدمة في تحرير الرموز البرمجية وتصميم التروس وتعزيز كفاءة العمليات الصناعية .[1]

2.2.III مبدأ العمل

بغرض تعليم المفاهيم الأساسية لاستخدام برنامج CNCSimulator Pro ،سنقوم بمحاكاة قطعة بسيطة نقوم فيها بتفريز فتحة وحفر أربعة ثقوب في قطعة بمقاسات 100 × 100 × 20 ملم. ولتبسيط العملية، سنتجاهل تعويض نصف القطر ونعمل فقط باستخدام الإحداثيات المطلقة.



الشكل(1.III): أبعاد القطعة المراد إنجازها ببرنامج CNCSimulator Pro ورسم ثلاثي الأبعاد لها.

أولاً، يجب علينا تحديد المليمترات كوحدة قياس وتحميل آلة مناسبة لمشروعنا.

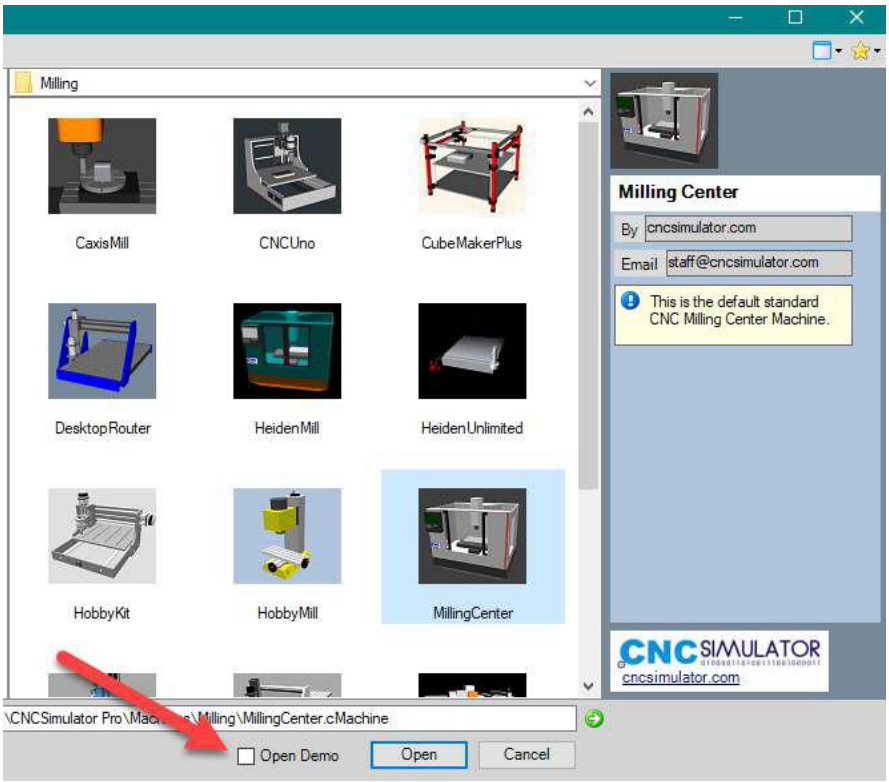
- في القائمة الرئيسية، اختر **الإعدادات** ثم انقر على **الإعدادات**.

تأكد من اختيار المليمترات لأن هذا التصميم يعتمد على المليمترات.

- انقر على **موافق** لإغلاق مربع الحوار الخاص بالإعدادات.
- انقر على **ملف** – **تحميل الآلة** من القائمة الرئيسية أو اضغط على زر فتح الآلة .
- انقر نقراً مزدوجاً على **مجلد التفريز**.

في مربع الحوار الذي يظهر:

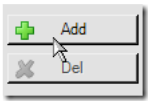
- قم بإلغاء تحديد خيار -**تحميل العرض التوضيحي**- .
- اختر بعد ذلك الآلة **مركز التفريز** وانقر على **فتح**.



الشكل(2.III): نافذة اختيار الآلة لبرنامج CNCSimulator Pro.

لنبدأ الآن بتحديد القطعة التي سنعمل عليها.

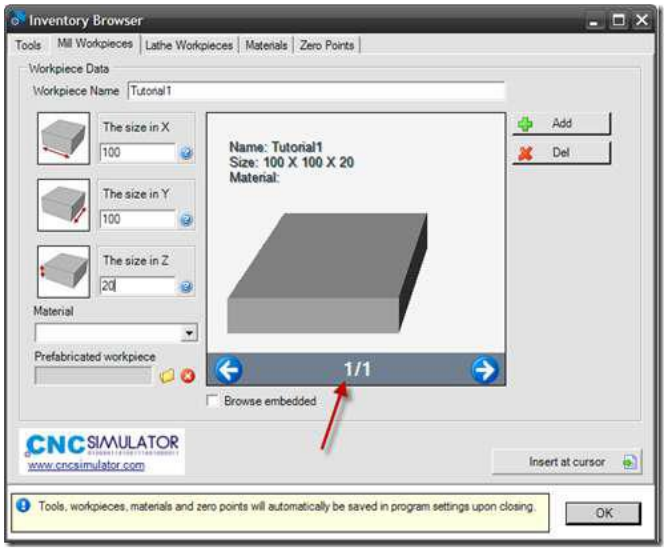
1. اضغط على **F2** على لوحة المفاتيح لفتح **متصفح الجرد**.
2. انقر على علامة التبويب **تفريز القطع** في أعلى مربع الحوار.



3. انقر على **إضافة** لإضافة قطعة جديدة.
4. في حقل **اسم القطعة** أدخل اسمًا للقطعة الجديدة.
5. أدخل الأبعاد **X** و **Y** و **Z** كالتالي **100، 100و 20**.

لاحظ رقم الفهرس الخاص بالقطعة. في هذا المثال، لم تكن هناك أي قطعة مُسجلة سابقًا، لذا أصبح رقم الفهرس **1**. في حالات أخرى، قد يكون الرقم مختلفًا.

انظر إلى السهم الأحمر للإشارة إلى رقم الفهرس.



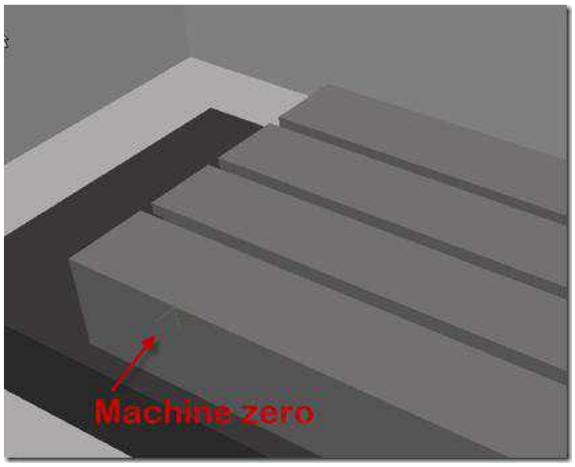
الشكل(3.III): نافذة توضح رقم القطعة في الفهرس.

تجاهل بقية الإعدادات وانقر على **موافق** لإغلاق متصفح الجرد.

الآن، يجب أن نستدعي القطعة الجديدة من البرنامج. نقوم بذلك باستخدام الأمر **$AddRegPart** متبوعًا برقم الفهرس الخاص بالقطعة (في هذا المثال نستخدم 1) وقيم الإزاحة الخاصة بالطاولة.

سنضع القطعة الجديدة على بُعد 30ملم من النقطة الصفرية للآلة في المحورين Xو Y.

النقطة الصفرية للآلة موجودة بالقرب من الزاوية السفلية اليسرى لطاولة الآلة، وهي مُحددة برمز علامة الشطب X.

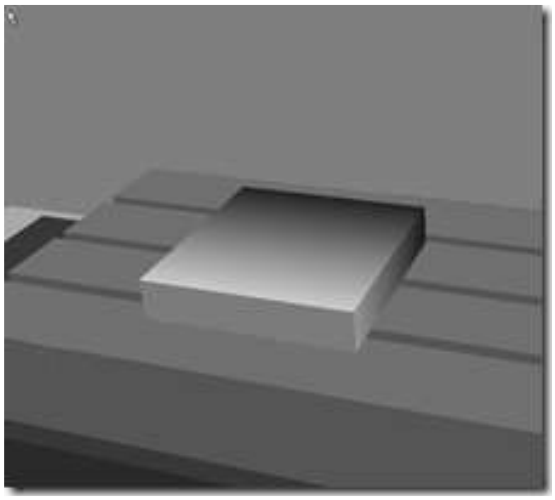


الشكل(4.III): النقطة الصفرية للآلة.

لاستدعاء القطعة ذات الرقم 1 (أو رقم فهرس آخر إذا كان مختلفًا) على الإحداثيات X30 و Y30 بالنسبة إلى النقطة الصفرية للماكينة، نكتب الأمر التالي: **$AddRegPart 1 30 30**

يمكنك الآن المتابعة بالنقر على زر **تشغيل المحاكاة** لرؤية القطعة تظهر على طاولة الماكينة.

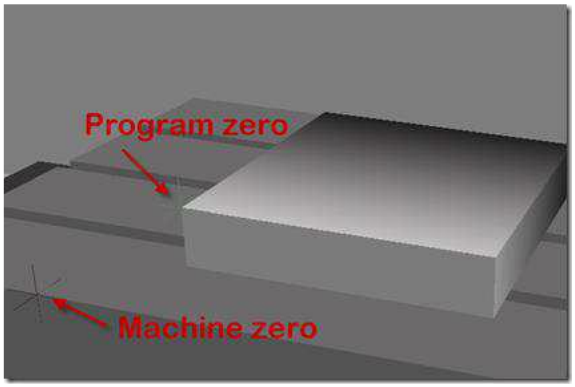
في شريط الأدوات السفلي، انقر على **زر التكبير** لتكبير العرض على طاولة الماكينة ومراقبة القطعة بوضوح.



الشكل(5.III): القطعة على طاولة الماكينة.

في هذه المرحلة، نلاحظ أنه يمكننا النقر داخل نافذة المحاكاة باستخدام الزر الأيسر للفأرة وسحب الفأرة لتدوير العرض. إذا نقرنا باستخدام الزر الأيمن للفأرة وسحبنا، سنتمكن من تحريك العرض. كما يمكننا تدوير عجلة الفأرة للتكبير أو التصغير.

الآن، نبدأ في كتابة برنامج CNC . بينما كنا نحرك القطعة على طاولة الماكينة ونبتعد بها عن النقطة الصفرية للماكينة، نجد أن الزاوية السفلية اليسرى للقطعة الآن عند X30 Y30. هذا ليس مناسبًا جدًا، لذا سنحرك النقطة الصفرية للبرمجة إلى X30 Y30 Z20. هذا سيوفر نقطة صفرية في الزاوية العليا للقطعة في الاتجاه Z والزاوية السفلية اليسرى في الاتجاه XY. نقوم بنقل النقطة الصفرية للبرمجة باستخدام الرمز G92. يمكن أيضًا تنفيذ ذلك من خلال سجل النقاط الصفرية باستخدام G54 إلى G59. نكتب الرمز التالي في المحرر: G92 X30 Y30 Z20، ثم ننقر على زر تشغيل مرة أخرى ونراقب كيف تنتقل النقطة الصفرية إلى الزاوية المناسبة للقطعة.



الشكل (6.III): انتقال النقطة الصفرية الى زاوية مناسبة للقطعة.

نحن الآن بحاجة إلى أدوات لتفريز الفتحة بعرض 10 ملم وحفر الثقوب بقطر 10 ملم.

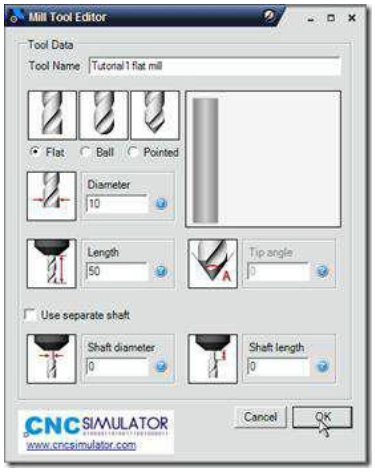
مرة أخرى، اضغط على **F2** على لوحة المفاتيح لفتح متصفح الجرد أو اختر **إعدادات - متصفح الجرد** من القائمة الرئيسية. نفترض أنه ليس لدينا أدوات مخصصة سابقة. إذا كان لدينا أدوات، نضيف الأدوات الجديدة إلى نهاية القائمة ونستخدم فهرس الأدوات الذي سنحصل عليه.

نختار **أدوات التفريز الخاصة بي** وننقر على الزر الذي يحتوي على الأيقونة الخضراء: **إضافة.**

أولاً، سنضيف الأداة لتفريز الفتحة. نختار **مفك مسطح (Flat Mill)** ، ثم ندخل **10** كقطر و **50** كطول.

ندخل اسم الأداة كـ **flat mill 1.**

تجاهل باقي الإعدادات وانقر على **موافق.**



الشكل (III.7): نافذة اختيار الأداة.

نعود الآن من موقع تغيير الأداة ونضع المثقاب على أول ثقب **G0 X30 Y30 Z2.**

ثم، سنبدأ دورة الحفر. يكفي أن نبدأ الدورة، ثم سيقوم البرنامج بحفر كل موقع نبرمجه حتى نطلب منه التوقف. للقيام بذلك، نستخدم رمز G مشترك يسمى G81. نطلب من الدورة أن تحفر حتى عمق 15ملم وعمق بدائي قدره 1ملم فوق القطعة. بما أننا قمنا بتغيير الأداة، يجب علينا إعادة تشغيل المغزل باستخدام M3. وفي هذه المرة، سنستخدم أيضًا ماء التبريد M8 حتى لا تسخن الأداة. **G81 Z-15 R1 M3 M8.**

الآن يمكننا ببساطة الانتقال إلى كل مركز ثقب، وسوف تبدأ عملية الحفر تلقائيًا.

Y70

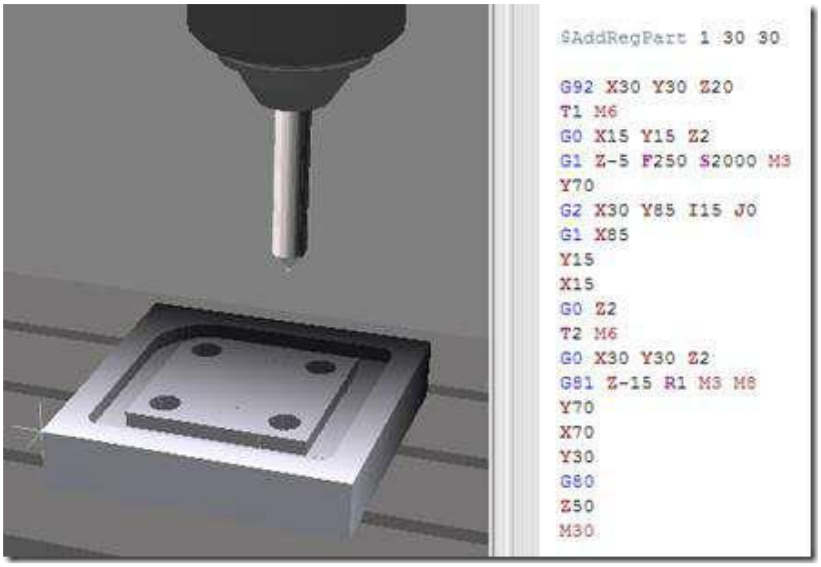
X70

Y30

ننتقل الآن لإنهاء دورة الحفر باستخدام رمز **G80.**

وأخيرًا، نرفع في المحور Z ونكتب **M30** لإنهاء البرنامج. **Z50 M30.**

وهكذا لقد أنجزنا أول برنامج CNC باستخدام برنامج CNCSimulator Pro الشهير !



الشكل(8.III): برنامج انجاز القطعة بCNCSimulator Pro.

3.III عملية النقش باستعمال الليزر

1.3.III تعريف النقش

يشير مصطلح النقش إلى جميع التقنيات الفنية، سواء كانت يدوية أو صناعية، التي تستخدم الشقوق أو الحفر لإنتاج صور أو كلمات أو نقوش أخرى على المواد.

2.3.III مبدأ العمل

تتيح أجهزة النقش بالليزر إمكانية وضع العلامات على مجموعة واسعة من المواد. أثناء عملية النقش، تؤدي شدة الإشعاع الليزرية إلى إذابة أو تبخير المادة، حيث يتم ازالة المادة بواسطة الليزر. ويُقال "نقش بالليزر" لأن العلامة الناتجة دائمة. بفضل دقة ووضوح الليزر يمكن نقل تفاصيل الرسومات بدقة عالية. أكبر ميزة لهذه التقنية هي قدرتها على نقش مجموعة متنوعة من المواد مثل: الخشب، البلاستيك، المعادن، الزجاج..[2]

3.3.III تصنيف أجهزة النقش بالليزر

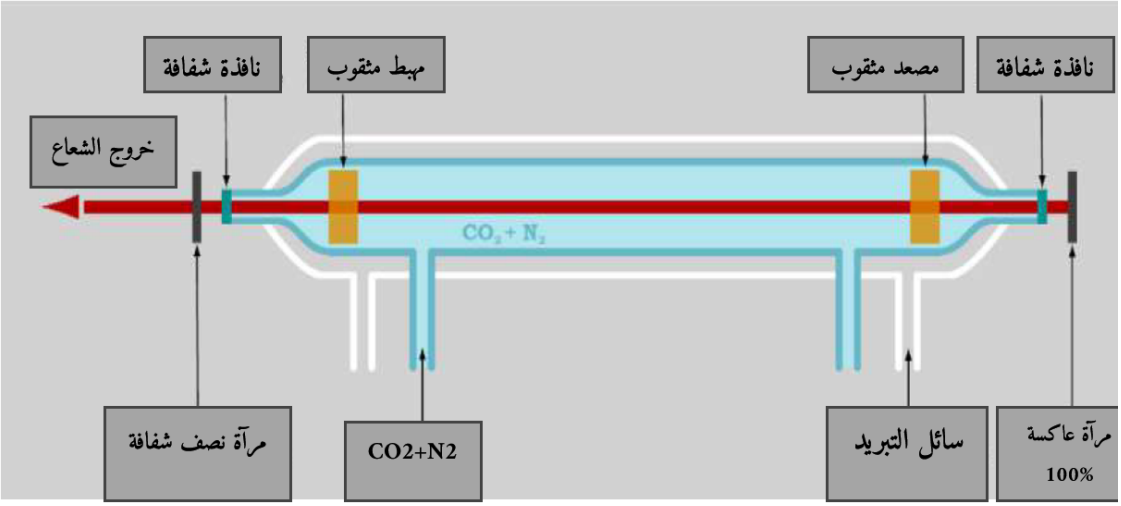
يعتمد تصنيف أجهزة النقش بالليزر عادةً على نوع الليزر المستخدم في هذه الأجهزة.

1.3.3.III جهاز النقش بالليزر CO_2

يعد هذا النوع من أجهزة الليزر حلا سريعا واقتصاديا وخاليا من المواد الاستهلاكية. يستخدم لنقش جميع أنواع القطع والمواد (العضوية، المعدنية.. إلخ). يستخدم بشكل كبير في الصناعات الغذائية، سوق التعبئة والتغليف، مصانع الاسلاك ولوضع رموز على المنتجات مثل أرقام الدفعات، تواريخ الإنتاج، أو تواريخ انتهاء الصلاحية[2] .

1.1.3.3.III خصائص الليزر CO_2

- ✓ يستخدم غازًا مكونًا من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والنيتروجين (N_3) كوسيط تضخيم.
- ✓ يصدر إشعاعًا في الأشعة تحت الحمراء، ويتركز الطول الموجي الرئيسي بين 9,4 و 10,6 ميكروميتر.
- ✓ يتميز بفعالية عالية مع نسبة كفاءة تصل إلى 20% بين قدرة الضخ (قدرة الإثارة) والطاقة الناتجة[2] .



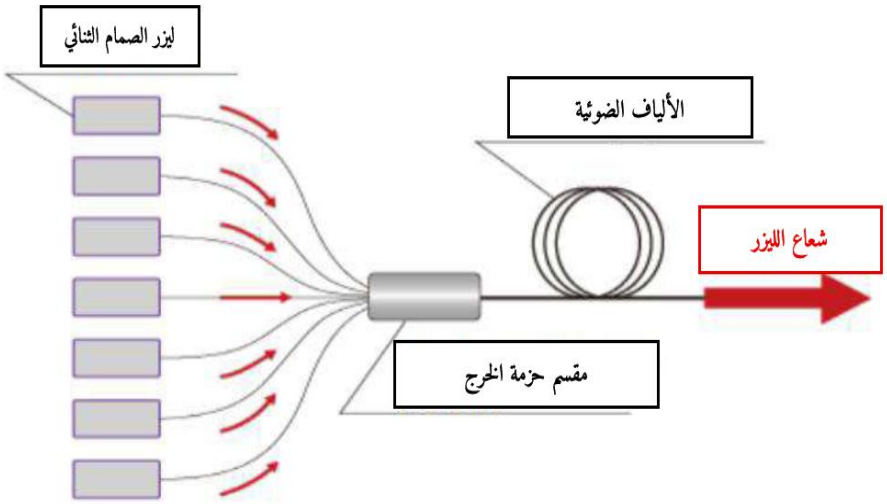
الشكل(9.III): مبدأ عمل الليزر CO2.

2.3.3.III آلة النقش بالليزر بالألياف الضوئية

يعتمد مصدر الضخ في هذه التقنية على شبكة من الثنائيات، حيث يتم توصيل كل ثنائية بموجه موجي من الألياف الضوئية. يتم بعد ذلك جمع الطاقة الناتجة عن هذه الثنائيات في موصل شعاع الخروج، ما يؤدي إلى إنتاج شعاع ليزر موحد من خلال ليف ضوئي واحد. يتميز الليزر بالألياف الضوئية بطول موجي يبلغ 1,064ميكرون، وينتج بقعة تركيز صغيرة للغاية، مما يجعله أكثر قوة بمقدار 100مرة مقارنةً بالليزر التقليدي المستخدم بتقنية CO_2 بنفس القدرة. وهو مناسب بشكل خاص لنقش المعادن من خلال عملية إعادة التسخين، وانشاء علامات غنية بالتباين على البلاستيك[2] .

1.2.3.3.III خصائص الليزر بالألياف الضوئية

- ✓ يعتمد هذا النوع من الليزر على مبدأ خالٍ من الصيانة.
- ✓ يتميز بعمر افتراضي طويل يصل إلى 25,000ساعة على الأقل[2] .



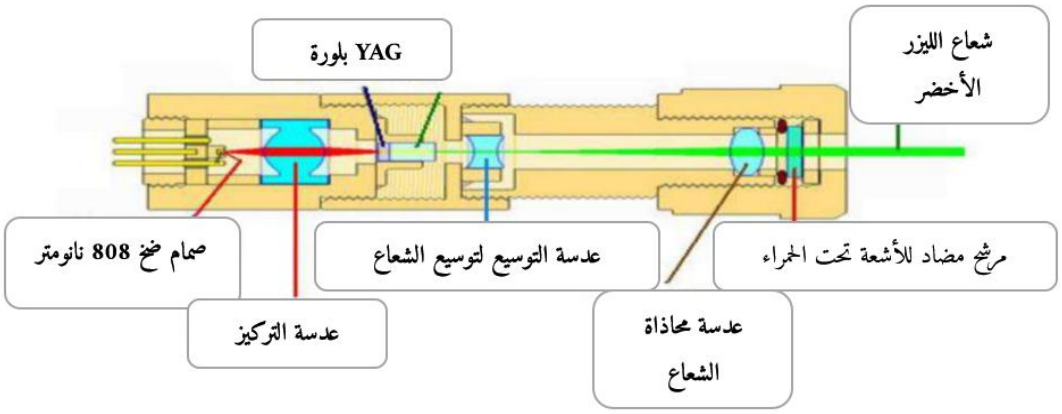
الشكل(10.III): مبدأ عمل آلة النقش بالألياف الضوئية.

3.3.3.III آلة النقش بالثنائيات النبضية

تستطيع الليزرات النبضية إنتاج نبضات قصيرة وعالية الكثافة من الطاقة، مما يوفر قوة نبضة عالية .لذلك فهي مناسبة بشكل خاص واقتصادي للحام بالنقاط واللحام بالخيوط عند درجات حرارة منخفضة لجميع الأجزاء المعدنية تقريبا. كما يتم استخدامها في التشغيل الدقيق والنقش بالليزر للمواد بسبب متانتها وتصميمها القياسي[2].

4.3.3.III آلة النقش بالليزر YAG

يعتمد هذا الليزر على بلورة YAG (غارنت الإيتريوم-الألومنيوم) التي تُستخدم كوسط مُضخم لليزرات التي تعتمد على الأوساط الصلبة. عندما يمر شعاع الضخ عبر البلورة، تمتصه جزئيا وتنتج ضوءا متجانسا بطول موجي يبلغ 1,064 ميكروميتر. لكن هذه العملية (1,064<=0,808) لا تتم بنسبة 100%، حيث يتم تحويل ما لا يزيد عن 30% من الضوء الوارد إلى 1,064ميكروميتر. يُعتبر ليزر YAG مصدرا ضوئيا شديد الدقة، قريبا من الأشعة تحت الحمراء، رفيعا ومركّزا بشكل كبير. هذا النوع من الأجهزة معروف في المجال الطبي، لا سيما في طب العيون، حيث تُستخدم الأشعة لعلاج العديد من الأمراض العينية والحفاظ على الأنسجة المحيطة[3].



الشكل (11.III): مبدأ عمل آلة النقش بالليزر YAG.

4.3.III بنية آلة النقش بالليزر

يمكن تقسيم بنية جهاز النقش بالليزر إلى ثلاثة أجزاء: النظام الميكانيكي، النظام الإلكتروني ونظام البرمجة[4] .

أ. النظام الإلكتروني

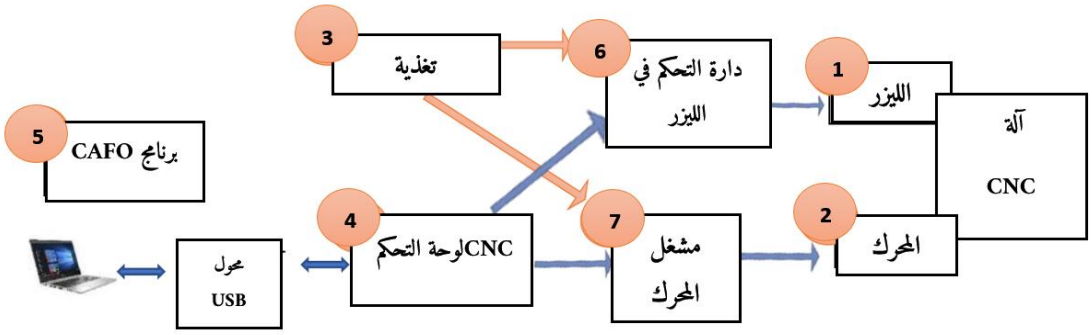
النظام الإلكتروني مسؤول عن توليد إشارة التحكم للمشغلات التي توجه حركة مسار الأداة في كل اتجاه أو محور.

ب. النظام الميكانيكي

النظام الميكانيكي يحول الإشارات الكهربائية المرسلة من النظام الإلكتروني إلى حركات ميكانيكية تسمح بتحريك محاور الجهاز.

ج. النظام البرمجي

يتم إنشاء التصميم المراد نقشه باستخدام برامج التصميم بمساعدة الحاسوب(CAO) ، حيث تكون ال عبارة عن رسم بأحد التنسيقات المقبولة. يتم بعد ذلك إدخال هذا الرسم في برنامج التصنيع بمساعدة الحاسوب(FAO) ، والذي ينتج رمز البرنامج القابل للقراءة بواسطة الجهاز المستخدم.



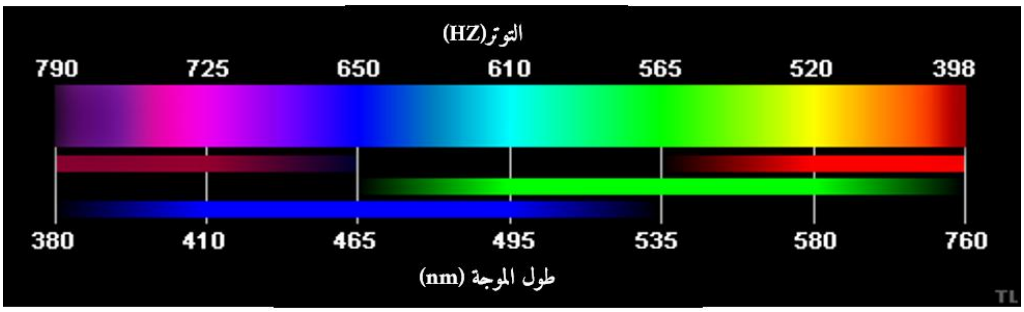
الشكل(12.III): المكونات الأساسية لآلة النقش بالليزر.

4.III الليزر

1.4.III تعريف

يشير مصطلح "الليزر" إلى "تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحفَّز للإشعاع". في جهاز الليزر، تنتقل الموجات الضوئية والفوتونات في طور واحد، على عكس التوزيع العشوائي. وتمنح هذه الخاصية الضوء الليزري اتجاهية فائقة ونقاءً طيفيًا عاليًا. يتكون الضوء من مجال كهربائي وينتقل بواسطة الفوتونات بسرعته القصوى (سرعة الضوء). تعتمد طاقة الفوتون على طوله الموجي وفق العلاقة: $e = h.c/\lambda$ حيث h هي ثابت بلانك، **c** هي سرعة الضوء، **e** هي طاقة الفوتون و **λ** هي الطول الموجي للفوتون. وبالتالي، فإن تقليل الطول الموجي للإشعاع الليزري يؤدي إلى زيادة في الطاقة المنقولة.

هناك أنواع من الليزر تعمل في نطاق الأشعة فوق البنفسجية (UV) وتصدر إشعاعات في نطاق يتراوح بين 0,3 ميكروميتر 0,4 ميكروميتر، وتتميز بمستويات طاقة عالية جدًا، ولكنها تأتي بتكاليف مرتفعة. بالمقارنة، فإن ثنائيات الليزر التي تعمل عند طول موجي 0,405 ميكروميتر تمتلك قدرة محدودة (بحد أقصى 300 ميلي واط)، وهو ما يعتبر غير كافٍ للتطبيقات التي تتطلب طاقة تصل إلى 2 واط[5] .



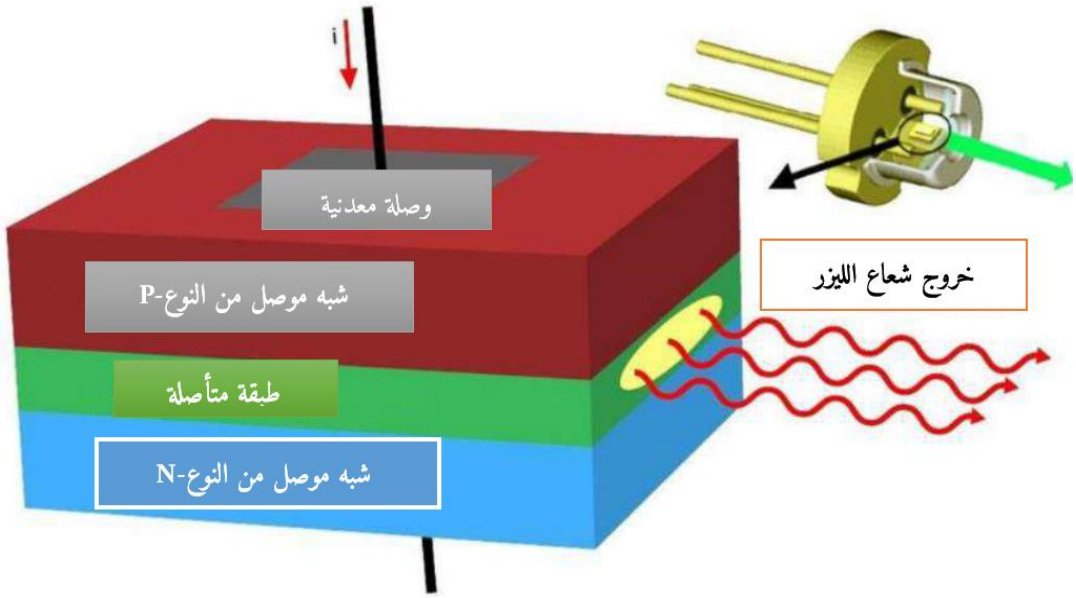
الشكل(13.III): أطوال موجات الضوء المنبعث من الليزر.

2.4.III الصمام الثنائي الليزري(Diode Laser)

هو جهاز شبه موصل ينتج ضوءا متناسقا ذو شدة عالية. يعتمد تشغيل الصمام الثنائي الليزري على الانبعاث المحفز. يشبه الصمام الثنائي الليزري الصمام الثنائي الباعث للضوء(LED) ، ولكن وصلة PNفي الصمام الثنائي الليزري تنتج إشعاعًا متناسقًا. يعني الإشعاع المتناسق أن الموجات الضوئية الناتجة عن الجهاز لها نفس التردد والطور[6].

3.4.III مكونات الصمام الثنائي الليزري:

يتكون الصمام من طبقات من النوع n والنوع p . بالإضافة إلى ذلك، توجد طبقة نشطة إضافية مصنوعة من GaAs غير المشوب بين الطبقتين، يبلغ سمك هذه الطبقة النشطة مستوى النانومتر. تهدف إضافة هذه الطبقة بين طبقات النوعين pو n إلى زيادة مساحة التقاء الإلكترونات والفجوات. ينبعث شعاع الليزر من المنطقة النشطة في الصمام الثنائي الليزري. في الصمامات الثنائية الليزرية، يتم تلميع نهايتي الوصلة لتوفير سطح يشبه المرآة. بفضل انعكاس هذا السطح، يتم إنتاج المزيد من أزواج الإلكترونات والفجوات، مما يؤدي بدوره إلى إنتاج المزيد من الإشعاع عبر الجهاز[6] .



الشكل(14.III): أجزاء للصمام الثنائي الليزري.

4.4.III مبدأ العمل

تشمل طريقة تشغيل الصمام الثنائي الليزري 3 عمليات[6] :

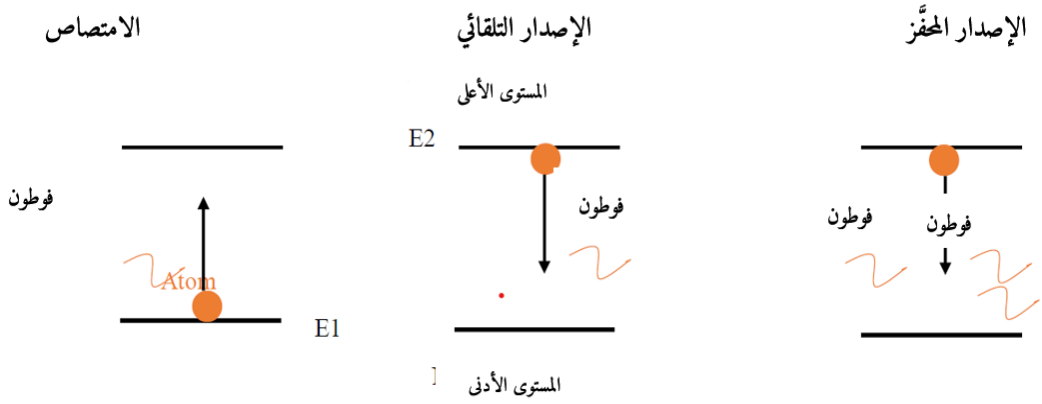
نفترض وجود مستويين للطاقة، E1 و E2 ، حيث E1 هو المستوى الأدنى للطاقة و E2 هو المستوى الأعلى لها. للانتقال من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى للطاقة، يجب على الذرة تجاوز الفارق الطاقي بين المستويين E1 – E2 ، وبالتالي يتم تزويد الذرة التي هي في حالتها الأساسية بمحفز خارجي. يتم إرسال موجة كهرومغناطيسية بتردد ν إلى الذرة، التي توفر ما يكفي من الطاقة للإلكترون لتجاوز الفارق الطاقوي وضمان الانتقال من E1 إلىE2 .

1. **الإصدار التلقائي:**

نتيجة للامتصاص، توجد الذرة الآن في المستوى E2. وهي غير مستقرة وتعود إلى E1. أثناء العودة، يتم إطلاق طاقة تساوي E1 - E2. يتم إصدار هذه الطاقة على شكل موجة كهرومغناطيسية، مما يولد فوتونًا بطاقة.

2. **الإصدار المحفَّز:**

نفترض أنه بعد الامتصاص، توجد الذرة في المستوى الأعلى للطاقة قبل انتهاء عمرها الافتراضي. عندئذٍ، يتم إرسال موجة كهرومغناطيسية بتردد يساوي التردد الذي تم إصدار الذرة من خلاله بشكل تلقائي. هذا يجعل الذرة تقوم بالانتقال من E2 إلىE1 . في هذه المرة، ستطلق الذرة طاقة فوتونين أثناء هذا الانتقال. ستسبب المرآة العاكسة جزئيًا في حدوث حركة ذهاب وإياب للذرة. نتيجة لذلك، سيتم توليد المزيد من الفوتونات. عندما يتم الوصول إلى العتبة تخرج الفوتونات من سطح المرآة، ويصدر إشعاع متناسق ساطع من الجهاز. وبالتالي، ستكون الفوتونات المنبعثة في نفس الطور مع الفوتونات الساقطة، مما يولد ضوءًا ساطعًا أحادي اللون.



الشكل(15.III): مبدأ عمل الصمام الثنائي الليزري.

5.III محرك خطوة خطوة

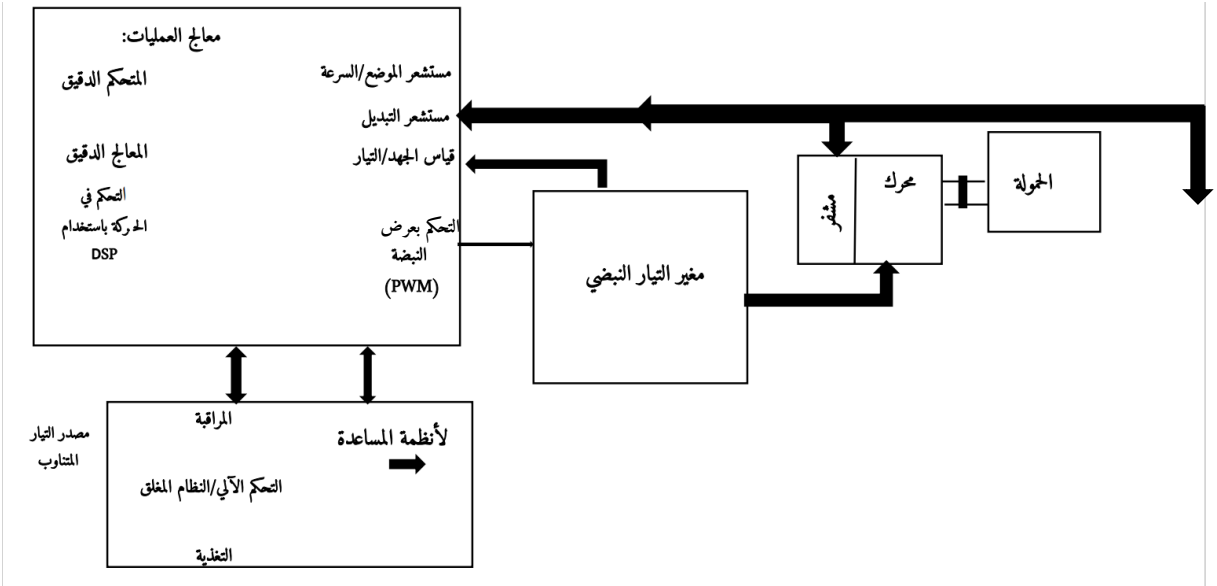
1.5.III عموميات

تُعتبر محركات خطوة خطوة محولات كهروميكانيكية تهدف إلى تحويل الإشارات الكهربائية (سلسلة من النبضات أو أوامر التحكم) إلى حركة ميكانيكية (زاوية أو خطية). من وجهة نظر تقنية كهربائية، يشبه محرك خطوة خطوة المحرك المتزامن، حيث يتكون من[7] :

- الجزء الثابت :(Stator) يحتوي عادة على أقطاب بارزة ويحمل لفائف التحكم.
- الجزء الدوار :(Rotor) يحتوي غالبًا على أقطاب بارزة، ويمكن أن يكون مجهزًا بمواد مغناطيسية دائمة (بنية تُعرف بالمستقطبة أو النشطة) أو يتكون من مكونات مغناطيسية حديدية على شكل أسنان (بنية تُعرف بالاعتمادية أو السلبية).

لتشغيل محرك خطوة خطوة، يتم إدراج ثلاثة عناصر أساسية بين المحرك ومصدر التغذية:

1. وحدة الكترونية :تُولّد نبضات التحكم.
2. وحدة تضمين عرض النبضة (PWM): تُنتج أوامر التحكم للموصلات الإلكترونية للتبديل.
3. دارة إلكترونية للتبديل (الطاقة) :تستقبل الطاقة من مصدر التغذية وتوجهها إلى اللفائف المناسبة للمحرك.



الشكل(16.III): المخطط الكتلي لمبدأ التحكم في محرك خطوة خطوة.

إمداد المحرك بالجهد الكهربائي:

تطبيق جهد محدد لكل ملف في المحرك يؤدي إلى توليد تيار كهربائي ينتج مجالًا مغناطيسيًا موجهًا بدقة. تغييرات تسلسل الجهد المطبق على كل ملف تؤدي إلى تغيير موقع المجال المغناطيسي في الجزء الثابت، بناءً على "حجم الخطوة" الذي يمثل دقة المحرك. بمعنى آخر، جميع تكوينات الجهد عند أطراف الملف تؤدي إلى تغيير في الموقع الثابت للجزء الدوار. تسلسل محدد من تبديل الجهد يؤدي إلى عدد معين من الخطوات. عند تطبيق حقل مغناطيسي دوار للجزء الثابت باستخدام دقة الخطوة الكاملة أو نصف الخطوة، يتبع الجزء الدوار الحركة المتقطعة للمجال المغناطيسي تحت تأثير عزم التزامن.

أنواع عزم الدوران:

- التفاعل بين مجال الجزء الثابت ومادة الجزء الدوار (مادة ذات بنية سلبية ذات أسنان).
- التفاعل بين مجال الجزء الثابت ومجال الجزء الدوار (يتضمن مغناطيسًا دائمًا في الجزء الدوار).
- مزيج من التفاعلين السابقين معًا.

أنواع المحركات بناءً على عدد الخطوات لكل دورة:

- 0.9درجة (400 خطوة لكل دورة).
- 1.8درجة (200 خطوة لكل دورة).
- 15درجة (24 خطوة لكل دورة).

خصائص محركات خطوة خطوة:

- تقدم دقة عالية جدًا.
- تتمتع بعمر افتراضي طويل تقريبًا بسبب عدم وجود تآكل ميكانيكي.
- متوفرة بأحجام متنوعة، تتراوح بين 1 سم وأكثر من 10 سم، حسب التطبيقات المستخدمة[8].

2.5.III أنواع محركات خطوة خطوة

يمكن تصنيف محركات خطوة خطوة إلى ثلاث فئات:

1. محركات ذات مقاومة مغناطيسية متغيرة(Reluctance variable) .

2. محركات ذات مغناطيس دائم.

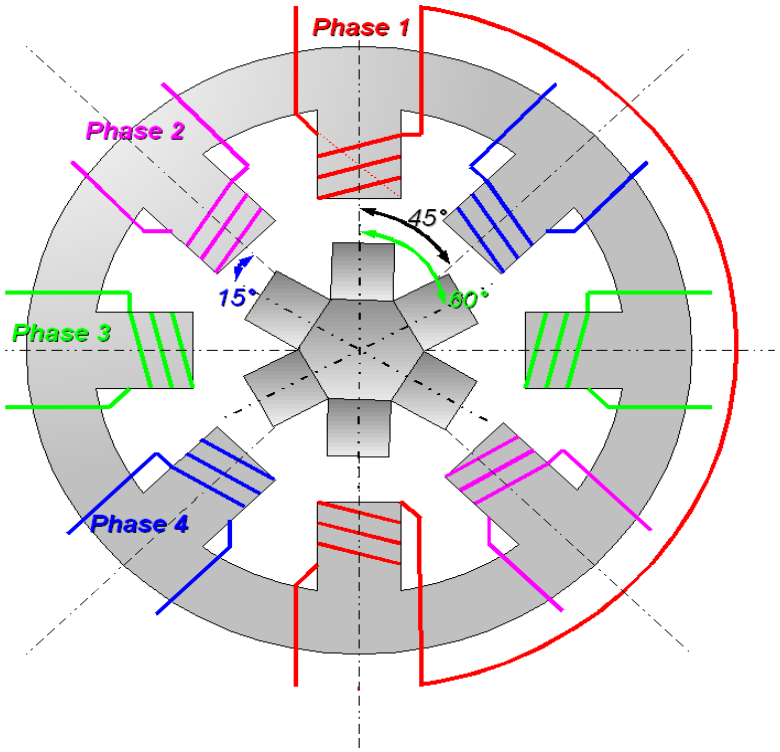
3. محركات هجينة.

1.2.5.III محركات ذات مقاومة مغناطيسية متغيرة

تُسمى بهذا الاسم بسبب تصميم الدارة المغناطيسية الخاصة بها. تتكون من قضبان من الحديد اللين وعدة ملفات سلكية. عند تغذية أحد الملفات بالتيار، يتحول إلى مغناطيس كهربائي، وتتحرك قضبان الحديد لتحديد اتجاهها بناءً على المجال المغناطيسي الناتج.

آلية العمل:

- يتم تغذية المرحلة الأولى، ثم الثانية، ثم الثالثة.. لتغيير اتجاه المحرك، يتم تعديل ترتيب تغذية الملفات.
- يحتوي قضيب الفريت على أسنان متعددة (ستة أسنان في المثال). عند تغذية المرحلة الثانية، يحدث دوران بزاوية 15 درجة، ثم المرحلة الثالثة وهكذا.
- يحتاج المحرك إلى 24 نبضة لإكمال دورة كاملة، مما يعني أنه محرك خطوة خطوة بـ 24 خطوة[9].



الشكل(17.III): المحركات ذات المقاومة المغناطيسية المتغيرة.

2.2.5.III محركات ذات المغناطيسات الدائمة

يشبه المحرك ذو المغناطيسات الدائمة المحرك ذو المقاومة المغناطيسية المتغيرة، مع الفرق أن الجزء الدوار يحتوي على قطب شمالي وقطب جنوبي. بفضل وجود المغناطيسات الدائمة، عند توقف إمداد المحرك بالنبضات الكهربائية، يظل الجزء الدوار ثابتًا في موضعه النهائي. يمكن تبسيط فهم هذا النظام بوضع بوصلة بين مغناطيسين؛ بناءً على الملف المُغذى واتجاه تدفق التيار، يصطف المغناطيس مع المجال المغناطيسي. يعتمد هذا النوع من المحركات على مبدأ تأثير المجال المغناطيسي على العزم المغناطيسي (المغناطيس)[9] .

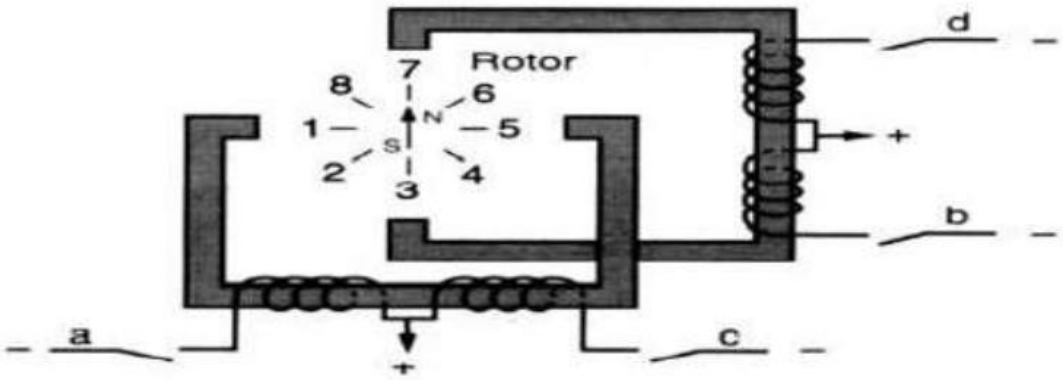
1.2.2.5.III أنواع المحركات ذات المغناطيسات الدائمة

- **المحرك أحادي القطب(Unipolaire) :**

✓ يتكون الجزء الدوار من مغناطيس دائم (مثل الفريت) يحتوي على زوج من الأقطاب.

✓ يحتوي الجزء الثابت على دائرتين مغناطيسيتين متوازيتين بفارق زاوي قدره 90 درجة.

✓ يتم تغذية الملفات ذات النقاط الوسطى بقطبية ثابتة دائمًا، وهذا هو السبب في تسميته بـ أحادي القطب. ولتغيير اتجاه الدوران، يكفي عكس تسلسل التبديل[9].

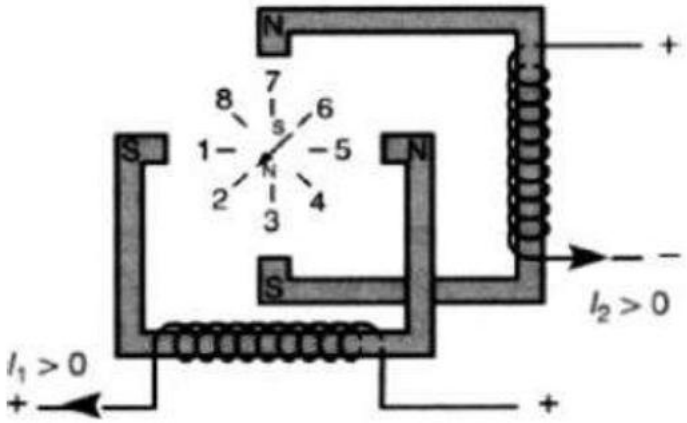


الشكل(18.III): المحرك أحادي القطب.

- **المحرك ثنائي القطب:(Bipolaire)**

✓ لا تحتوي ملفات الجزء الثابت على نقاط وسطى.

- ✓ يتم تغذية كل طرف من أطراف كل ملف على التوالي بقطبية موجبة ثم سالبة، ومن هنا جاءت تسميته بـ "ثنائي القطب".
- ✓ عند عكس قطبية الملفات الموجودة في الجزء الثابت، يتم عكس الأقطاب الشمالية والجنوبية في الجزء الثابت.
- ✓ عدد المراحل يساوي عدد الملفات.
- ✓ يعتمد اتجاه الدوران على اتجاه التيار وترتيب تغذية الملفات[9].

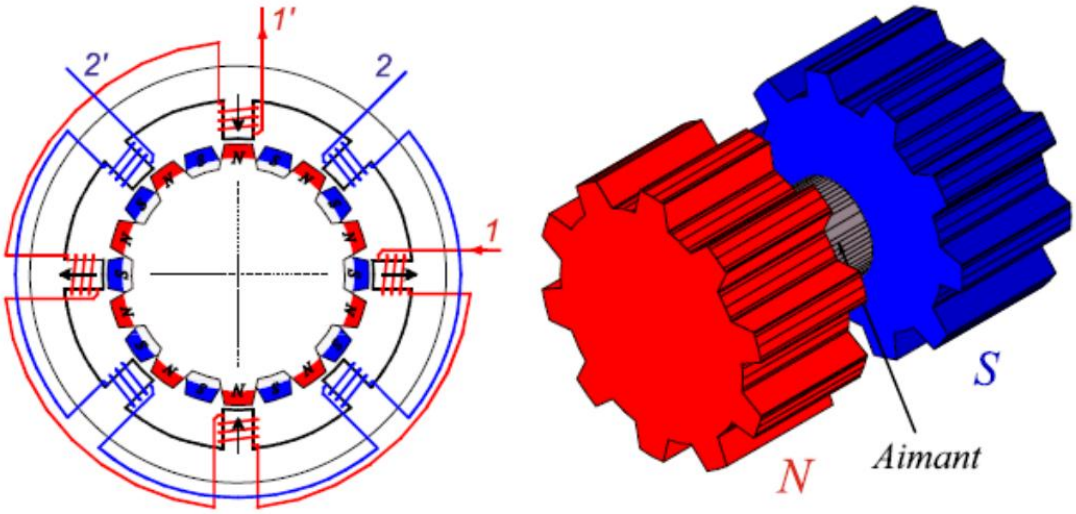


الشكل(19.III): المحرك ثنائي القطب.

- **المحرك الهجين:(Hybride)**

هو محرك ذو مقاومة مغناطيسية مستقطبة يجمع بين مبادئ عمل المحركات ذات المغناطيسات الدائمة والمحركات ذات المقاومة المغناطيسية المتغيرة، مما يتيح الاستفادة من مزايا كلا النوعين.

- ✓ يتألف الجزء الدوار من قرصين يتم إزاحتهما ميكانيكيًا.
- ✓ يتم إدخال مغناطيس دائم بين هذين القرصين[9].



الشكل(20.III): المحرك الهجين .

6.III الدارة DRV8825

من المهم معرفة كيفية التحكم في المحركات الكهربائية التي تعمل بالتيار المستمر. لتبسيط الخطوات الأولى، نجد وحدة التحكم DRV8825 خيارًا ممتازًا. فهي تتيح إدارة سرعة واتجاه دوران محركين يعملان بالتيار المستمر، مما يُسهّل تطوير المشروع.

1.6.III التحكم في محرك تيار مستمر

للحصول على تحكم كامل في محرك التيار المستمر، من الضروري القدرة على إدارة كل من سرعته واتجاه دورانه. يمكن تحقيق ذلك من خلال الجمع بين تقنيتين محددتين:

- تقنية تضمين عرض النبضة (PWM) لتنظيم السرعة.
- دارة الجسر H للتحكم في اتجاه الدوران.

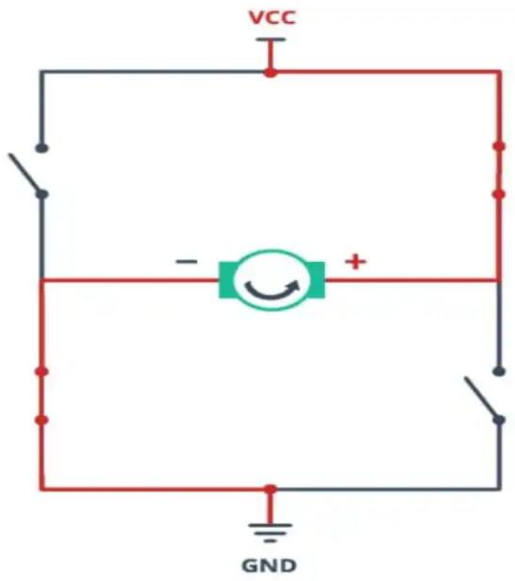
1.1.6.III تضمين عرض النبضة (PWM) لتنظيم السرعة

يمكن تنظيم سرعة محرك التيار المستمر من خلال تعديل الجهد المطبق عليه. واحدة من الطرق الشائعة لتحقيق ذلك هي استخدام تقنية تضمين عرض النبضة(PWM) [10]. تعتمد هذه التقنية على تعديل القيمة المتوسطة للجهد الداخل عن طريق إرسال سلسلة من النبضات بنمط تشغيل/إيقاف. الجهد المتوسط الناتج يتناسب مع مدة النبضات، التي تُعرف

بالدور(Duty Cycle) . عندما تكون نسبة الدورة مرتفعة، يعني ذلك جهدًا متوسطًا أعلى مطبقًا على المحرك، مما يزيد من سرعته. في المقابل، انخفاض نسبة الدورة يقلل الجهد المتوسط، وبالتالي تقل سرعة المحرك[11].

2.1.6.III دارة الجسر H للتحكم في اتجاه الدوران

يمكن تعديل اتجاه دوران محرك التيار المستمر عن طريق تغيير قطبية الجهد المطبق عليه. الطريقة الشائعة لتحقيق ذلك هي استخدام دارة الجسر H. تتكون هذه الدارة من أربعة قواطع يتم ترتيبها بشكل يُكوّن حرفH ، حيث يتم وضع المحرك في المركز . عند إغلاق القواطع معينين في نفس الوقت، يتم عكس قطبية الجهد المطبق على المحرك، مما يؤدي إلى تغيير اتجاه دوران المحرك، كما هو موضح في الشكل التالي [12].

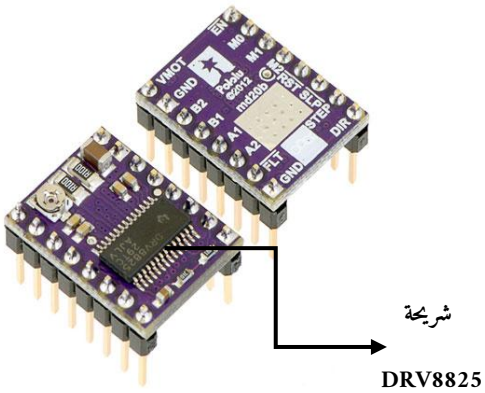


الشكل(21.III): عمل دارة الجسرH .

ملاحظة: وحدة التحكم DRV8825 مصممة خصيصًا لتكون متحكم لمحركات خطوة خطوة(Stepper Motors)، ولا تعتمد على تكوين الجسر H التقليدي المستخدم في وحدات التحكم بمحركات التيار المستمر. بدلاً من ذلك، تعتمد على **ترانزستورات** MOSFET الداخلية للتحكم في التيار في كل طور (Phase) من أطوار المحرك خطوة خطوة ثنائي القطب. هذا التصميم يتيح لوحدة DRV8825 التحكم الدقيق في أطوار المحرك خطوة خطوة لتحقيق الحركات المطلوبة بدقة عالية باستخدام تقنية المايكرو-ستيبينغ (Micro-stepping).

2.6.III التحكم في محرك باستعمال شريحة DRV8825

تحتوي وحدة DRV8825 على دارة مندمجة مزودة بمبدد حراري في المركز. تُعد وحدة DRV8825 متحكما متقدمًا للمحركات خطوة خطوة، مصممًا للتحكم بكفاءة في المحركات خطوة خطوة ثنائية القطب .تتميز شريحة DRV8825 بكونها مصنعة بواسطة شركة Texas Instruments. وأنها تُعد مثالية لمشاريع الروبوتات، آلات CNC، والطابعات ثلاثية الأبعاد، بفضل قدرتها على التحكم في محركات خطوة خطوة ثنائية القطب بدقة عالية.



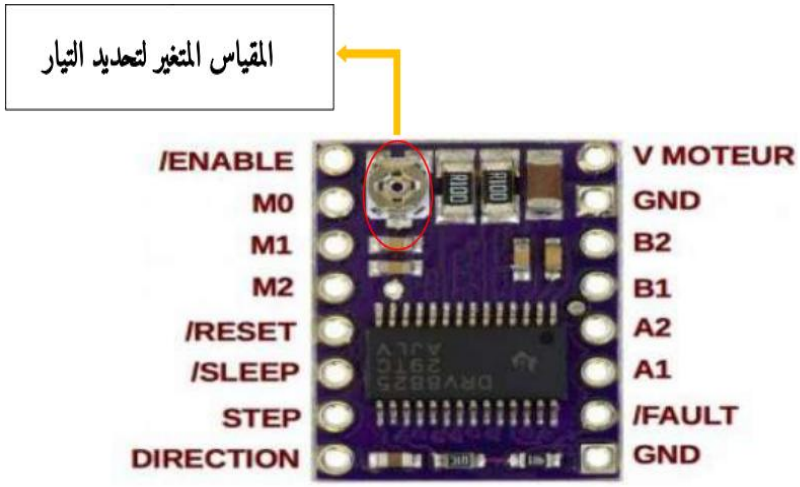
الشكل(22.III): شريحة DRV8825 .

3.6.III الخصائص التقنية لدارة DRV8825

- ✓ **الشريحة المستخدمة**: DRV8825.
- ✓ **جهد المدخل**: بين 8 و35 فولت (يوصى بـ 12 فولت).
- ✓ **التيار المستمر لكل طور**: 1.2 أمبير.
- ✓ **التيار الأقصى النظري لكل طور**: 2.2 أمبير (عند استخدام مبدد حراري وتهوية).
- ✓ **دقة الخطوات الصغيرة(Microstepping)**:1، 2/1، 4/1، 8/1، 16/1، 32/1.
- ✓ **الحماية**: حماية من ارتفاع درجة الحرارة وعدم وجود حماية من عكس قطبية الجهد.
- ✓ **الأبعاد**: 20.3 × 15.2 ملم.

4.6.III مخطط أقطاب وحدة التحكم DRV8825

تستخدم الوحدة DRV8825 عادةً للتحكم في المحركات خطوة خطوة ثنائية القطب. فيما يلي وصف تفصيلي لأقطاب الوحدة ووظائفها [12].



الشكل(23.III): مخطط الأقطاب لوحدة التحكمDRV8825 .

تفاصيل الأقطاب ووظائفها:

1. Enable (EN)

- ✓ يُستخدم لتفعيل أو تعطيل المحرك.
- ✓ High مرتفع :(المحرك نشط والمحور مقيد بين الخطوات).
- ✓ Low منخفض :(المحور حر تمامًا).

2. M0, M1, M2

- ✓ تُستخدم لاختيار وضع الخطوة/الخطوات الدقيقة(Step/MicroStep) .
- ✓ تحتوي هذه الأقطاب على مقاومات سحب لأسفل (Pull-Down) تعيد الجهد إلى 0 فولت عند عدم توصيل شيء بها.

3. Reset

- ✓ يُستخدم لإعادة تشغيل الوحدة .غالبًا ما يتم توصيله بقطب Sleep لتسهيل التشغيل.

4. Sleep

- ✓ يُستخدم لوضع الوحدة في وضع السكون.
- ✓ غالبًا ما يتم توصيله بـReset.

5. Step

- ✓ يُرسل نبضة ساعة (إشارة مرتفعة ثم منخفضة) لتحريك المحرك خطوة واحدة.

6. DIR (Direction)

- ✓ يُحدد اتجاه دوران المحرك.
- ✓ High مرتفع :(دوران في اتجاه معين).
- ✓ Low منخفض :(دوران في الاتجاه المعاكس).

7. VMOT

- ✓ جهد تغذية محركات خطوة خطوة (بين 8.2 فولت و45 فولت).

8. GND

- ✓ الأرضي لتغذية المحركات.

9. A1, A2

- ✓ متصل بالملف الأول للمحرك خطوة خطوة ثنائي القطب.

10. B1, B2

- ✓ متصل بالملف الثاني للمحرك خطوة خطوة ثنائي القطب.

5.6.III تغذية منطق التحكم فيDRV8825

- خصائص تغذية منطق التحكم:

1. جهد التغذية المطلوب

- ✓ يحتاج منطق التحكم في DRV8825 إلى جهد تغذية مستقر يتراوح بين 3.3 فولت و5 فولت.
- ✓ غالبًا ما يتم توفير هذا الجهد من وحدة التحكم الدقيقة (Microcontroller) أو مصدر طاقة خارجي مخصص.

2. استهلاك التيار

- ✓ يستهلك منطق التحكم تيارًا منخفضًا جدًا (بضع ميلي أمبير فقط).
- ✓ يمكن تغذية الوحدة بسهولة باستخدام منظمات الجهد المدمجة في المتحكمات الدقيقة أو من منافذ USB.

7.III خاتمة

تناولنا في هذا الفصل المكونات والأنظمة المرتبطة بتقنية النقش بالليزر، بدءًا من تصميم النماذج عبر برنامج CNC Simulator Pro وصولاً إلى تقنيات النقش المختلفة .كما شرحنا بنية حفارة الليزر ومكوناتها الأساسية، بما في ذلك محرك خطوة خطوة والدارة DRV8825، ودورهما في ضمان دقة الحركات واستقرار الأداء. هذا التحليل يمهد لفهم أفضل للتقنيات المستخدمة وتحسين كفاءة أنظمة النقش في التطبيقات الصناعية.

مراجع الفصل الثالث

[1] cncsimulator.com/h/About.html

اطلع عليه يوم: 2025/1/15.

[2] www.trumpf.com/fr_INT/produits/laser/laser-pulse/

اطلع عليه يوم: 2025/1/20.

[3] M.Spada, A.Trinchetti, M.Spampinato, A.Manariti, A.Andreotti, M.P. Colombini, « Combined use of Er:YAG and Nd:YAG lasers for cleaning the stone surfaces of the Monumental Cemetery of Pisa », dans *Lasers in the Conservation of Artworks XIII*, CRC Press, 2023, 207-218 p. (ISBN 978-1-032-47995-8).

[4] Dettwiller, : « Les lasers et leurs applications », Ellipses (1998).

[5] Cagnac et J.-P. Faroux, « Lasers, Interaction Lumière-Atomes », EDP Sciences, collection Savoirs Actuels (2002).

[6] Dangoisse, D. Hennequin et V. Zehnlé, « Les Lasers »,2e édition, Dunod (2004).

[7] Delsart, « Lasers et Optique Non-linéaire », Ellipses (2008).

[8] Djamel, Smaini et Rafik, Ben Kadi. « Conception et réalisation d'une machine CNC », Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2015.

[9] Boujlida, A.Dayeh, I.Elmabrouk, B.Elwasli, M.F., & Boutar, M.Y. « Machine de découpe laser », 2004.

[10] Lopes, J. A. P, Soares, F. J, & Almeida, P. M. R, «Integration of electric vehicles in the electric power system». Proceedings of the IEEE, 99(1), 168-183,2010.

[11] Munoz-Hernandez, G.A, Mino-Aguilar, Guerrero-Castellanos, J.F, & Peralta-Sanchez, E. « Fractional order PI-based control applied to the traction system of anelectric vehicle (EV) », Applied Sciences, 10(1), 364,2020.

[12] https://wiki.mchobby.be/index.php?title=DRV8825#Brancher_le_DRV8825

اطلع عليه يوم: 2025/3/15.

الفصل الرابع:
المحاكاة والعمل
التطبيقي

1.IV مقدمة

في هذا الفصل، سيتم التطرق إلى الجانب التطبيقي المتعلق ببرمجة ومحاكاة النظام المعتمد في هذا المشروع. يُفتتح الفصل بتعريف لوحة Arduino UNO، مع إبراز أهم مزاياها التي جعلتها خيارًا مثاليًا لهذا النوع من التطبيقات. بعد ذلك، يتم تقديم برنامجArduino IDE ، مع شرح مختصر لأبرز خصائصه، وكيفية استعماله لإنشاء مشروع جديد. كما يتناول الفصل خطوات محاكاة المشروع باستخدام برنامجArduino IDE ، إضافة إلى شرح تفصيلي لمحاكاة محرك خطوة-خطوة باستعمال برنامج Proteus. ويُختتم الفصل بعرض عملية إنجاز الآلة الخاصة بالنقش ثنائي الأبعاد، مع توضيح كيفية ربط مختلف الأجزاء المادية والبرمجية لتحقيق الأداء المطلوب.

2.IV بطاقة أردوينو UNO

تتميّز لوحة Arduino UNO بعدّة خصائص تجعلها الخيار الأمثل للعديد من المشاريع التعليمية والصناعية. فهي لوحة مناسبة للمبتدئين والمحترفين على حدّ سواء، بفضل سهولة البرمجة والتحميل عبر بيئة Arduino IDE ، وتوافر عدد كبير من الموارد والدروس التعليمية التي تسهّل فهمها والتعامل معها .من أبرز نقاط قوّتها كذلك المرونة في الاستخدام، حيث يمكن توصيلها بسهولة بعدد متنوّع من الحساسات والمشغلات (مثل المحركات والإضاءات)، دون الحاجة إلى مكونات معقّدة. كما أنّها مدعومة بمجتمع واسع من المطوّرين والمستخدمين، ما يتيح للمستخدم إيجاد حلول سريعة لأي مشكل تقني قد يواجهه. وتجدر الإشارة أيضًا إلى أن إمكانية إعادة الاستخدام في مشاريع مختلفة، مع استهلاك منخفض للطاقة، تجعل منها لوحة اقتصادية وفعّالة على المدى الطويل.

3.IV برنامج Arduino IDE

1.3.IV تعريف برنامج Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) هو بيئة تطوير متكاملة مفتوحة المصدر، مخصّصة لبرمجة لوحات أردوينو المختلفة، ومنها لوحة Arduino UNO. يتيح هذا البرنامج للمستخدمين كتابة البرامج البرمجية بلغة تشبه C++، ثم ترجمتها وتحميلها مباشرة إلى اللوحة عبر منفذ USB. يتميّز البرنامج بواجهة بسيطة وسهلة الاستخدام، ما يجعله مناسبًا للمبتدئين في عالم الأنظمة المدمجة.

2.3.IV مميزات برنامج Arduino IDE

يتمتع برنامج Arduino IDE بعدّة مميزات تجعله أداة فعالة ومفضلة في مجال تطوير الأنظمة المدمجة، وخصوصًا عند التعامل مع لوحات Arduino. وفيما يلي تفصيل لأهم هذه المميزات.

1. **واجهة بسيطة وسهلة الاستخدام:** البرنامج يتميز بواجهة نظيفة وخالية من التعقيد، ما يجعله مناسبًا جدًا للمبتدئين. يمكن كتابة البرامج، ترجمتها، وتحميلها إلى اللوحة بخطوات واضحة دون الحاجة إلى خبرة برمجية عميقة.
2. **مفتوح المصدر ومجاني:** يُعتبر Arduino IDE مفتوح المصدر، ويمكن تحميله واستخدامه دون أي تكلفة. كما أن برنامج المصدر متاح للجميع، مما يسمح للمطورين بتعديله وتحسينه حسب احتياجاتهم الخاصة.
3. **دعم واسع لمجموعة من اللوحات:** يدعم البرنامج معظم لوحات Arduino مثل UNO ، Mega، Nano، وغيرها. كما يمكن للمستخدم تثبيت تعاريف إضافية لدعم لوحات أخرى خارجية من خلال"Boards Manager" .
4. **توفر مكتبات جاهزة:** يوفّر البرنامج عددًا كبيرًا من المكتبات الجاهزة التي تسهل التعامل مع الحساسات، المحركات، شاشات العرض، ووسائل الاتصال المختلفة (Bluetooth WIFI...) . هذا يُقلّل من الحاجة إلى كتابة برامج معقّدة من الصفر.
5. **التحويل والتحميل بنقرة واحدة:** بضغطة زر واحدة، يقوم البرنامج بترجمة (compilation) البرنامج إلى لغة مفهومة من طرف المتحكم، ثم تحميلها مباشرة إلى اللوحة المتصلة عبر منفذ USB، مما يوفر الوقت ويسهّل عملية التطوير.
6. **نافذة المراقبة التسلسلية (Serial Monitor):** تُعدّ هذه النافذة أداة مهمة لعرض البيانات القادمة من اللوحة بشكل مباشر، وهي مفيدة في اختبار البرامج، مراقبة المداخل والمخارج، وتصحيح الأخطاء.
7. **التوافق مع أنظمة تشغيل متعددة:** يعمل Arduino IDE على أغلب أنظمة التشغيل، بما في ذلك Windows، Linux، وMac OS، ما يجعله متاحًا لجميع المستخدمين مهما كان نظام تشغيلهم.
8. **مجتمع دعم واسع:** يمتلك Arduino IDE مجتمعًا نشطًا من المستخدمين والمطورين حول العالم، ما يتيح الوصول إلى عدد كبير من المشاريع الجاهزة، الأمثلة التوضيحية، والدروس التعليمية، بالإضافة إلى منتديات الدعم التقني.

4.IV خطوات انشاء مشروع جديد

1.4.IV المحاكاة باستعمال برنامج ARDUINO IDE

لإنجاز محاكاة بسيطة لآلة CNC للنقش ثنائي الأبعاد باستخدام الأردوينو، يمكن اعتماد التوصيلات التالية المأخوذة من التكوين القياسي لنظام GRBL.

1.1.4.IV المكونات اللازمة

- لوحة Arduino Uno
- 2 من مشغلات محركات خطوة خطوة A4988 أو DRV8825 .
- 2 محرك خطوة خطوة (للمحور X وY).
- مزود طاقة خارجي 12 V لتشغيل المحركات.
- وحدة ليزر (بمدخل PWM للتحكم في القدرة).

2.1.4.IV توصيلات المكونات (التكوين القياسيGRBL)

جدول(1.IV): توصيلات المكونات (التكوين القياسي GRBL).

مخرج أردوينو أونو	الوظيفة
D2	Step X
D5	Dir X
D3	Step Y
D6	Dir Y
D11	PWM Laser

3.1.4.IV إرسال أوامر G-Code

بعد تحميل برنامج GRBL على لوحة الأردوينو، يمكن التحكم في المحركات والليزر باستخدام أوامر G-code عبر برنامج Universal G-code Sender (UGS).

خطوات العملية:

1. **توصيل الأردوينو بالحاسوب عبر كابلUSB .**
2. **فتح برنامج Universal G-code Sender.**

3. إرسال أوامر بسيطة للتحكم، مثل:

- G0 X10 Y10 F1000: لتحريك رأس الآلة إلى الموضع (10،10) .
- M3 S255: لتشغيل الليزر بقدرة متوسطة.
- G1 X20 Y20 F1000: حركة خطية إلى النقطة الأصلية بسرعة 1000 مم/دقيقة.
- M5: إيقاف تشغيل الليزر.

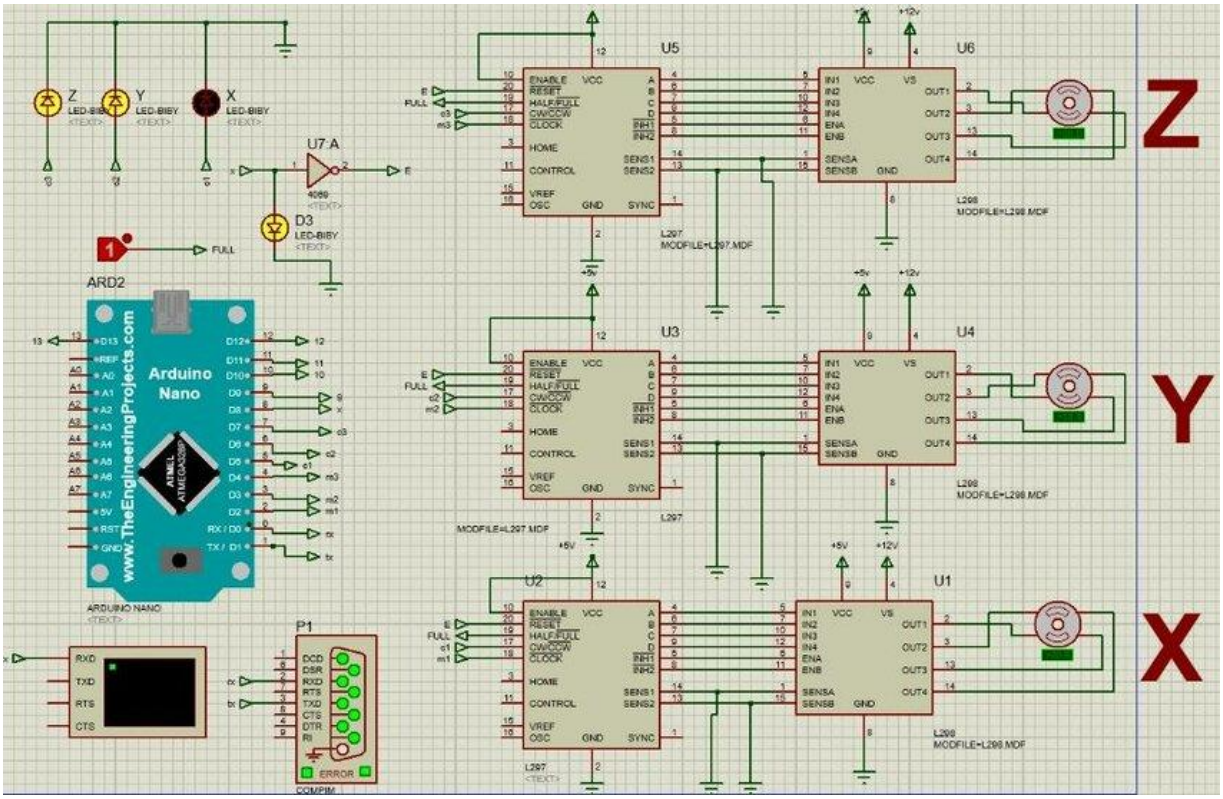
✓ برنامج أردوينو تجريبي لاختبار بسيط

هذا البرنامج يُحرّك المحركات على المحورين X و Yبشكل متكرر ويُشغّل الليزر.

```
#define X_STEP 2
#define X_DIR 5
#define Y_STEP 3
#define Y_DIR 6
#define LASER_PIN 11
 void setup() {
  pinMode(X_STEP, OUTPUT);
  pinMode(X_DIR, OUTPUT);
  pinMode(Y_STEP, OUTPUT);
  pinMode(Y_DIR, OUTPUT);
  pinMode(LASER_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(LASER_PIN, LOW); // laser OFF au début
}
 void stepMotor(int stepPin, int dirPin, bool dir, int steps) {
  digitalWrite(dirPin, dir);
  for (int i = 0; i < steps; i++) {
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
```

```
    delayMicroseconds(500);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delayMicroseconds(500);
  }
}
 void loop() {
  analogWrite(LASER_PIN, 255); // laser ON mi-puissance
   stepMotor(X_STEP, X_DIR, true, 200);
  stepMotor(Y_STEP, Y_DIR, true, 200);
   analogWrite(LASER_PIN, 0); // laser OFF
   delay(1000);
   stepMotor(X_STEP, X_DIR, false, 200);
  stepMotor(Y_STEP, Y_DIR, false, 200);
   delay(1000);
}
```

2.4.IV المحاكاة باستعمال برنامج Proteus لمحرك خطوة خطوة



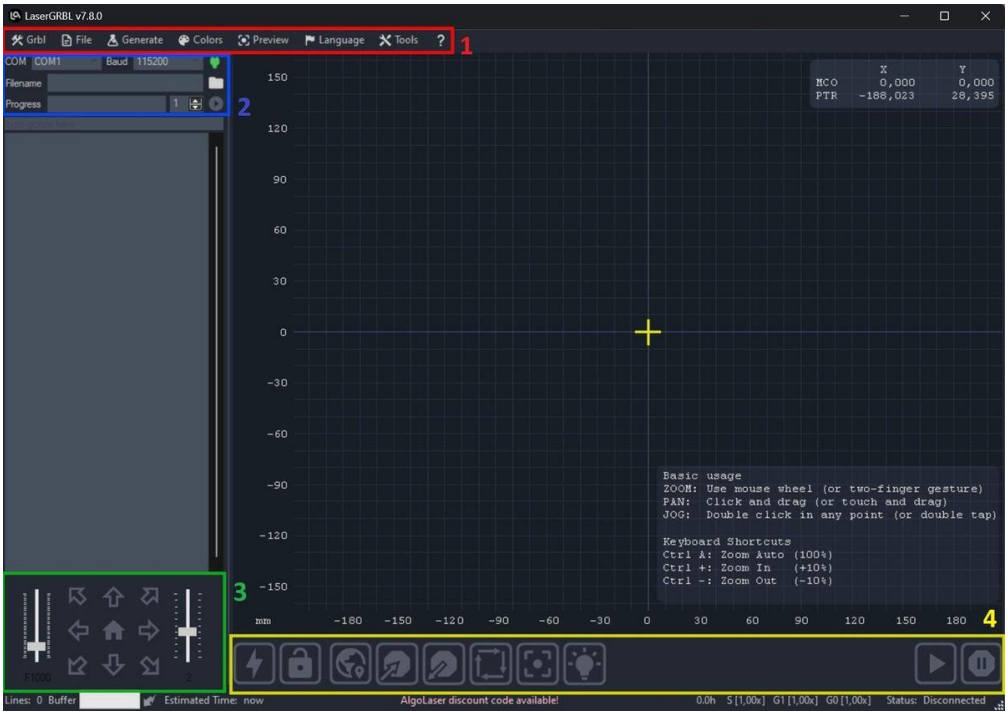
الشكل(1.IV): محاكاة المحركات خطوة-خطوة باستعمال برنامج Proteus.

5.IV كيفية التحكم بالآلة من خلال برنامج LaserGRBL

يُعد LaserGRBL من أفضل البرامج المتوافقة مع نظام التشغيل Windows لنقش الصور باستخدام الليزر. حيث يتميز بقدرته على تحميل أي صورة أو رسم أو شعار وإرسالها مباشرة إلى آلة النقش الليزري بعدد قليل من النقرات فقط. وعلى عكس العديد من الواجهات الرسومية الأخرى، فإن برنامج LaserGRBL مُطوّر خصيصًا لمن يبحثون عن أداة بسيطة وفعالة دون الحاجة إلى خيارات متقدمة.

- ✓ ان تثبيت برنامج **LaserGRBL** على نظام التشغيل Windows عملية سهلة، حيث يمكن تحميل ملف التثبيت التنفيذي لمختلف الإصدارات مباشرةً من صفحة التحميل الرسمية وتكون مرفوقة بالبرامج المصدرية.
- ✓ يمكن لمستخدمي أنظمة Linux و Mac تشغيله باستخدام برامج المحاكاة(Emulators) .
- ✓ يمكن تشغيله على أي نظام 64-بت بذاكرة وصول عشوائي (RAM) لا تقل عن 2 جيغابايت.
- ✓ هذا البرنامج متوافق مع أي آلة نقش ليزري تعمل ببرمجية **Grbl firmware**.

1.5.IV واجهة المستخدم في LaserGRBL



الشكل(2.IV): واجهة المستخدم في LaserGRBL.

واجهة المستخدم في برنامج **LaserGRBL** بسيطة وواضحة، ويمكن تقسيمها إلى أربع مناطق رئيسية:

1. **الشريط العلوي(Top Bar) :**

يوجد في أعلى الواجهة ويضم القوائم التالية:

- **Grbl:** لإنشاء الاتصال مع الجهاز، تتبع مدة استخدام الليزر، والوصول إلى إعدادات أخرى.
- **(File) الملف :**لتحميل الصور، حفظها، وتصديرها.
- **(Generate) توليد :**يحتوي على خيارات لاختبارات القوة مقابل السرعة، الدقة، والقص.
- **(Colors) الألوان :**لتحديد طول موجة الليزر وتخصيص سمة الألوان في الواجهة.
- **(Preview) المعاينة :**لتكبير/تصغير العرض وإظهار أو إخفاء عناصر معينة من معاينة النقش.
- **(Language) اللغة :**لاختيار لغة عرض واجهة البرنامج.
- **(Tools) الأدوات :**لتفعيل مشغلات وبرمجيات خاصة بالآلة.

- **(مساعدة؟)** :للوصول إلى سجلات الأعطال، إعدادات التحديث التلقائي، وصفحات الأسئلة الشائعة والمجتمع الداعم.

2. التحكم في الاتصال(Connection Control)

يوجد مباشرةً تحت الجزء الأيسر من الشريط العلوي، ويعرض كل ما يتعلق بالاتصال وحالة الليزر:

- **قائمة COM:** لتحديد منفذ USB المتصل بجهاز الليزر.
- **Baud:** قائمة لتحديد معدل التدفق الخاص بالاتصال(Baud Rate) .
- **Filename:** يعرض اسم الملف المفتوح حاليًا.
- **(Progress) التقدّم** :يُظهر مدى تقدم عملية النقش، وعدد التكرارات المطلوبة.

3. التحكم اليدوي بالحركة (Jogging Control)

موجود في أسفل الواجهة على اليسار، ويتيح تحريك رأس الليزر يدويًا بعد الاتصال بالجهاز.

- **رمز المنزل :(🏠)** لإرجاع الليزر إلى نقطة الصفر"(Home) ".
- **شريط السرعة والمسافة** :لتعديل سرعة الحركة والمسافة بين كل نقلة.

4. أزرار التحكم في الليزر(Laser Buttons)

موجودة في أسفل الواجهة وتخدم وظائف متعددة متعلقة بتشغيل الليزر:

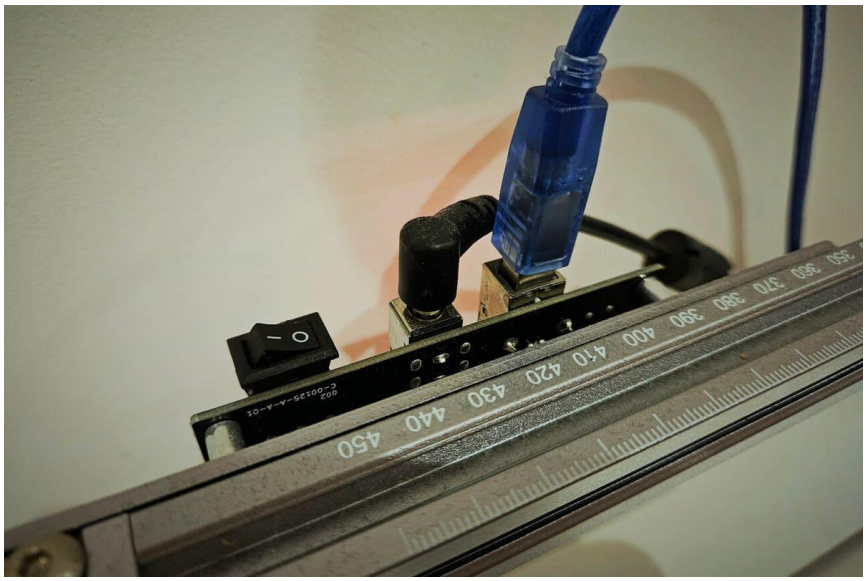
- **Lightning bolt** ⚡ : لإعادة تشغيل البرنامج عند التوقف أو الخطأ.
- **Lock** 🔒 : لقفل أو فتح إمكانية التعديل على التصميم الحالي.
- **Globe** 🌐 : لتحريك الليزر إلى نقطة بدء التصميم.
- **Center** 🎯 : لتحريك الليزر إلى مركز مساحة العمل.
- **Corner** 📐 : لنقل الليزر إلى الزاوية السفلية اليسرى للتصميم.
- **Frame** 🖼️ : لرسم إطار حول حدود الصورة التي سيتم نقشها.
- **Focus** 🔍 : لضبط بُعد تركيز الليزر ليتناسب مع ارتفاع السطح.
- **Bulb** 💡 : لتشغيل الليزر بقوة 10% لاختبار الوضعية.
- **Play** ▶️ : لبدء عملية النقش.
- **Stop** ⏹️ : لإيقاف النقش.

2.5.IV خطوات استخدام الآلة من خلال برنامج LaserGRBL

يمكن اعداد صورة لنقش في **LaserGRBL** في خطوات قليلة[1].

الخطوة الأولى: الاتصال بآلة النقش الليزري

بعد تحميل برنامج **LaserGRBL** وتثبيته على الحاسوب، تأتي الخطوة التالية وهي الاتصال بآلة النقش الليزري. ويمكن القيام بذلك بطريقتين: إما عبر منفذ **USB** أو من خلال وحدة **Wi-Fi**.



الشكل(3.IV): الاتصال بآلة النقش الليزري.

- **الاتصال عبرUSB :** يُعتبر هذا الخيار هو الأنسب والأكثر استخدامًا لمعظم آلات النقش، لأنه لا يتطلب وحدات إضافية أو تعديلات على البرنامج الثابت(Firmware) .

خطوات الاتصال:

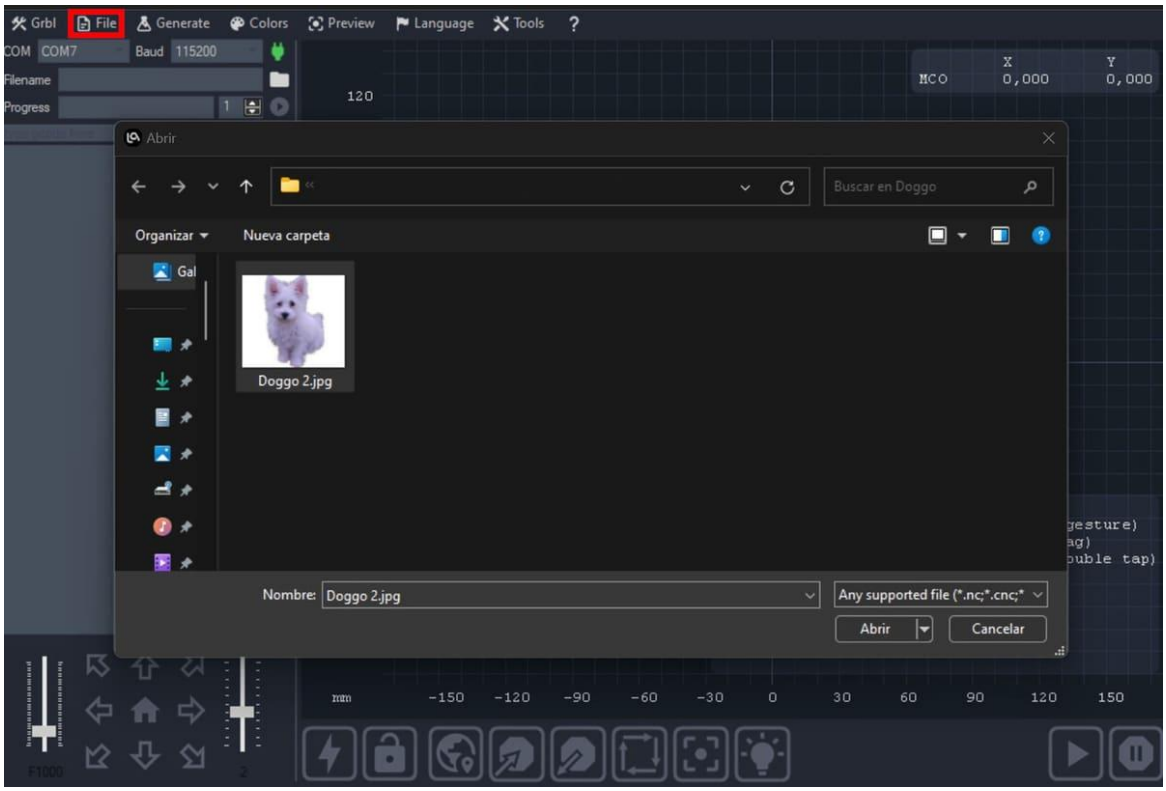
1. قم بتوصيل آلة النقش الليزري بجهاز الحاسوب باستخدام كابل USB عادة ما يكون مرفقًا مع الآلة.
2. من واجهة البرنامج، انتقل إلى قسم "التحكم في الاتصال(Connection Control) "، ثم اختر منفذ الاتصال المناسب (COM) من القائمة المنسدلة.
3. اضغط على أيقونة القابس الأخضر الموجودة بجانب قائمة "Baud" لبدء الاتصال بين البرنامج والآلة.

عند نجاح الاتصال، ستسمع صوت تنبيه (Beep) وسيتحول لون أزرار التحكم اليدوي بالحركة (Jogging) إلى اللون الأزرق.

- **الاتصال عبرWi-Fi :** يدعم برنامج **LaserGRBL** الاتصال عبرWi-Fi ، لكن ليس كل أجهزة النقش قادرة على استخدام هذه الميزة، لأنها تتطلب وجود وحدة ESP8266خارجية. حتى آلات النقش التي تحتوي على Wi-Fiمدمج قد لا تكون متوافقة، لأن البرنامج صُمم للعمل فقط مع وحدة ESP8266 المذكورة.

الخطوة الثانية: استيراد التصميم

بعد الاتصال بآلة النقش، تأتي خطوة استيراد التصميم المراد نقشه. يُفضل أحيانًا تعديل الصورة قبل الاستيراد لتحسين جودة النقش، خاصة على الخشب، لكن هذا يتطلب برامج خارجية.



الشكل(4.IV): استيراد التصميم.

خطوات الاستيراد:

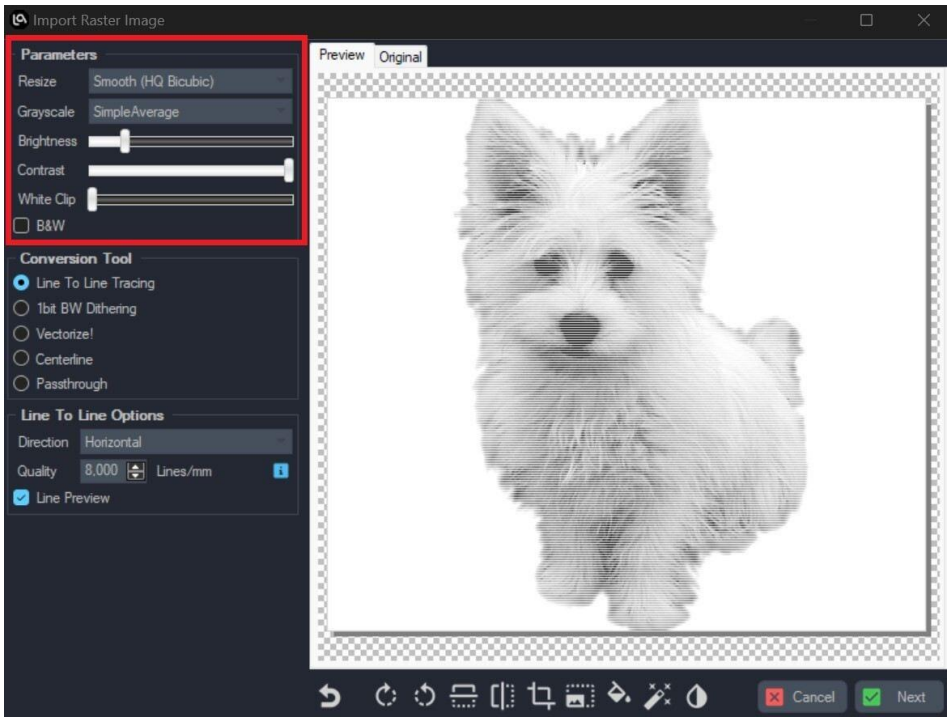
1. من الشريط العلوي، اختر:

   File > Open file

2. حدّد الملف المطلوب وانقر عليه مرتين.

3. ستظهر نافذة جديدة تحتوي على معاينة للتصميم، مع إعدادات وأدوات لتعديله قبل بدء النقش.

3.5.IV الاعدادات



الشكل (5.IV): الاعدادات.

توفر لوحة الإعدادات (Parameters panel) خمس خيارات لتعديل مظهر التصميم المستورد. من المهم أن نتذكر أن جهاز النقش بالليزر يعمل بشكل أعمق في المناطق الداكنة، وبشكل أخف في المناطق الفاتحة.

- **Resize** (تنعيم التصميم): لا يغيّر الحجم فعلياً، بل يساعد على تنعيم الحواف الحادة.
- **Brightness** (السطوع): يزيد من سطوع الصورة، مما يقلل من عمق الحفر في المناطق الداكنة. الإفراط فيه قد يخفي تفاصيل.

- **Contrast** (التباين): يتحكم في الفرق بين المناطق الفاتحة والداكنة. يفضّل تركه على الحد الأقصى لإبراز التفاصيل.
- **White Clip** (تجاهل الفاتح): يحدد عدد المناطق الفاتحة التي تصبح بيضاء تمامًا، وتُتجاهل أثناء الحفر. في الصور الفوتوغرافية، يُنصح بضبطه على 0.
- **B&W** (أبيض وأسود): يحوّل الصورة إلى أبيض وأسود بالكامل بدون تدرجات رمادية. مناسب للشعارات أو التصاميم الصلبة.

4.5.IV أدوات التحويل (Conversion tools)

على عكس إعدادات لوحةParameters ، هذه الأدوات لا تغيّر الصورة نفسها، بل تغيّر طريقة نقش الليزر لها. وهناك 5 خيارات رئيسية:

- **Line to Line Tracing** (التتبع خط بخط): الخيار الافتراضي، يجزئ الصورة إلى خطوط دقيقة يحفرها الليزر واحدة تلو الأخرى.
- **Direction**(الاتجاه): أفقي، عمودي، أو قطري.
- **Quality**(الجودة): كلما زادت، زادت دقة النقش، لكن الوقت يطول.

مقترح: 8 خطوط/مم جيدة للتصاميم الصغيرة، وخفّضها للتصاميم الكبيرة.

- **1bit BW Dithering**(تحويل لنقاط أبيض وأسود): يحوّل الصورة إلى نقاط صغيرة تُنقش بطريقة مشابهة لـLine to Line . له نفس إعدادات Line to Line اتجاه وجودة. وله إعداد إضافي Dithering يتحكم بطريقة توليد النقاط، والافتراضي مناسب لمعظم الاستخدامات.
- **Vectorize!**(تحويل إلى خطوط خارجية): يحوّل التصميم إلى خطوط خارجية فقط، بدون تدرجات رمادية. مثالي للقص، حيث يُمرّر الليزر على حدود التصميم فقط. يحتوي على بعض الإعدادات.
- الخط المركزي **Centerline:** يعمل بطريقة مشابهة لأداةVectorize! ، لكنه يرسم خطًا في منتصف التصميم بدلاً من رسم الحدود الخارجية فقط.

مثال: في مستطيل بسيط، *Vectorize!*يرسم الإطار، بينما *Centerline* يرسم خطًا واحدًا في الوسط. وله إعدادان:

1) **Corner Threshold (عتبة الزوايا):** تنعيم الخطوط، لكن قد يسبب مشاكل إن كان منخفضًا جدًا.

2) **Line Threshold (عتبة الخط):** تأثيره محدود في معظم الحالات.

عادةً ما يُفضّل استخدام Vectorize!، إلا إذا كان الهدف تحديد مركز التصميم.

- **Passthroug** (التمرير المباشر): هذه الأداة لا تُجري أي تعديل على الصورة، يُنقش التصميم كما هو تمامًا بأعلى جودة ممكنة. العيب الرئيسي للأداة أنه لا يمكنك تعديل الحجم أو السطوع داخل برنامج LaserGRBL. .أي تغييرات يجب تنفيذها مسبقًا خارج البرنامج.

الخطوة الثالثة: ضبط إعدادات الليزر

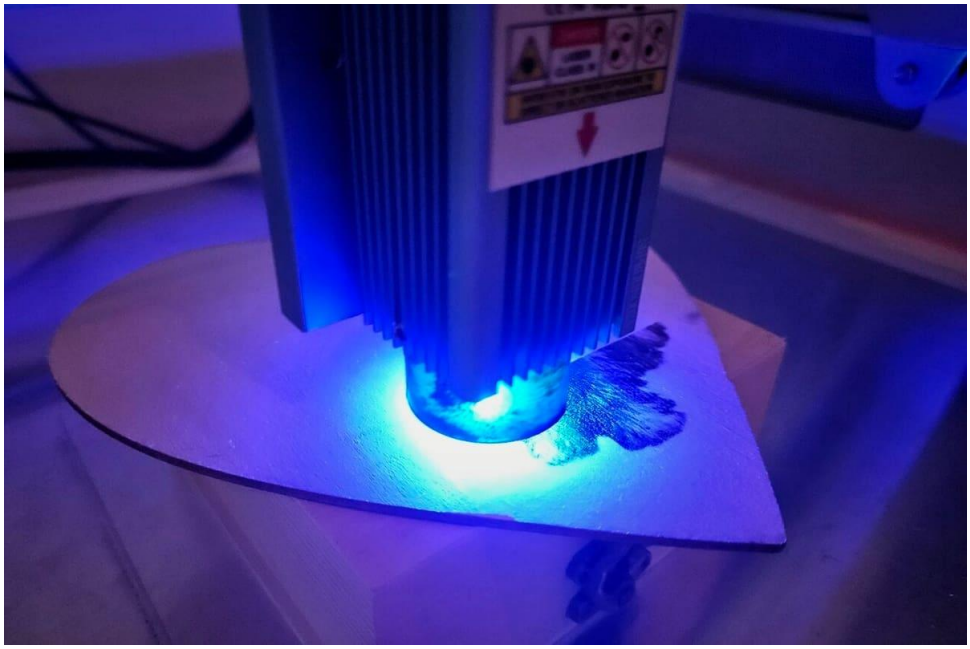
الشكل(6.IV): ضبط اعدادات الليزر.

بعد إعداد التصميم واختيار أداة التحويل، ننتقل لضبط إعدادات الليزر مثل السرعة، القدرة، وحجم الصورة. هذه أهم النقاط:

- **الجهاز** :تأكد من معرفة الحد الأقصى للسرعة والقدرة لجهازك.
- **السرعة** :السرعة العالية تقلل زمن النقش، لكن للقطع أو النقش العميق استخدم سرعة أقل.

- **وضع الليزر** :استخدم "M4-Dynamic power" للنقش لتفادي الحروق على الحواف، و "M3-Constant power"للقطع.
- **التجريب** :جرب الإعدادات على قطعة اختبار قبل العمل النهائي لضبط القوة المناسبة للمادة.

الخطوة الرابعة: بدأ النقش



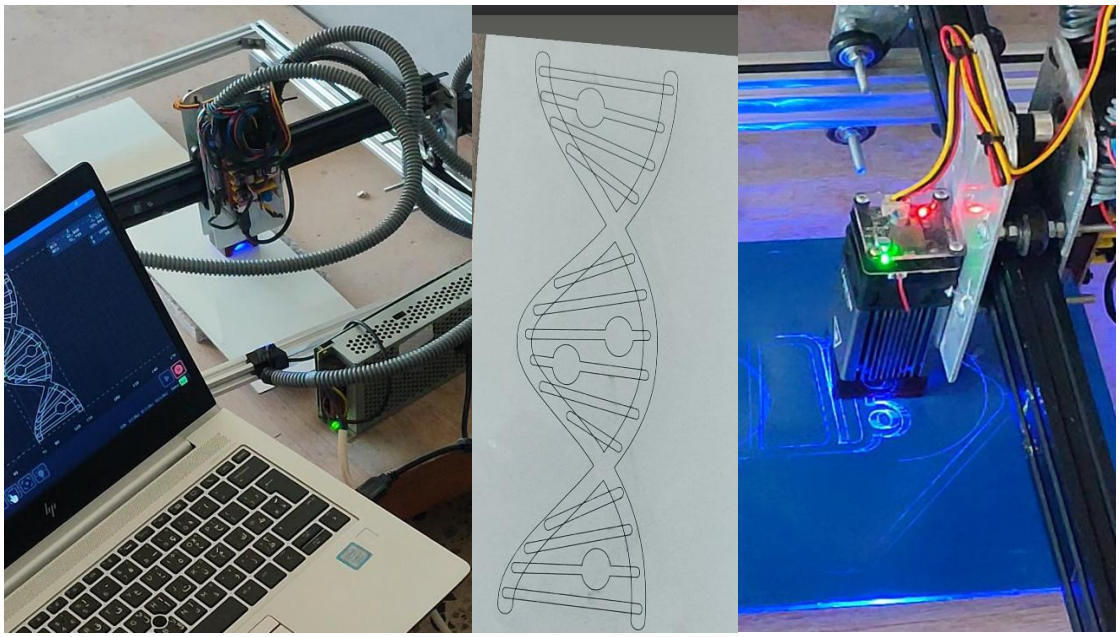
الشكل (IV.7): عملية النقش.

بعد إعداد الصورة وإعدادات الليزر، ننتقل للمرحلة الأخيرة وهي النقش. إليك ما يجب التأكد منه قبل البدء:

- **السلامة أولاً:** ارتدِ نظارات الحماية دائماً عند تشغيل الليزر.
- **تمركز رأس الليزر:**
  - زر **Center** يجعل الرأس يتحرك إلى مركز التصميم.
  - زر **Frame** يجعل الليزر يحدد محيط التصميم، ليسهل التأكد من ملاءمته للقطعة وضبط الموضع أو الحجم.
- **ضبط البُعد البؤري:** استخدم زر **Focus** لتشغيل الليزر بطاقة منخفضة لتحديد المسافة الصحيحة. اجعل النقطة صغيرة قدر الإمكان. يُفضل استخدام قطعة معايرة (عادةً مرفقة مع الجهاز) لضبط الارتفاع بدقة دون حرق المادة.
- **ابدأ النقش:** بعد التأكد من كل شيء، اضغط **Run** لبدء النقش.

نصائح وحيل

- **فتح الصور السابقة** :يمكنك إعادة تحميل آخر ملف تم استيراده دون الحاجة إلى استيراده من جديد. هذا الخيار موجود أسفل زر "فتح ملف."
- **قائمةGenerate** : الإصدارات الجديدة من البرنامج تحتوي على قائمة "Generate" التي تقدم تصاميم جاهزة تساعدك على اختبار الإعدادات المناسبة لكل مادة.
- **قاعدة بيانات المواد:** البرنامج يحتوي على قاعدة بيانات مدمجة بها إعدادات افتراضية لأنواع مختلفة من المواد، وهي نقطة انطلاق جيدة إن لم تكن متأكدًا من الإعدادات المناسبة. تجدها في قائمة "GRBL" أعلى الشاشة.



الشكل(8.IV): مثال لعملية نقش لشكلين مختلفين على المرآة وعلى الريزين باستعمال الآلة.

6.IV خاتمة

في الفصل الأخير، تم توظيف جميع المعلومات والمعارف المكتسبة في الفصول السابقة بشكل عملي، تجسيدا بذلك فكرة الربط بين جميع العناصر الضرورية. كما تم الاستفادة من التطبيقات العملية من أجل تطوير ودمج برنامج قادر على تنفيذ عملية محددة.

مراجع الفصل الرابع

[1] /https://all3dp.com/2/lasergrbl-tutorial

اطلع عليه يوم: 2025/6/5.

خاتمة
عامة

خاتمة عامة

في ختام هذا العمل، نُدرك أن مشروع آلة النقش ثنائية الأبعاد يشكّل تجربة عملية غنية سمحت لنا بالربط بين المعارف النظرية والتطبيق الميداني. من خلال هذه المذكرة، تم التطرق إلى تقنيات حديثة تُستخدم على نطاق واسع في الصناعة، وعلى رأسها ماكينات CNC التي تُعد من الركائز الأساسية في عمليات التصنيع الدقيقة.

تم الاعتماد على لوحة Arduino كوحدة تحكم رئيسية، لما توفره من مرونة وسهولة في البرمجة عبر برنامج Arduino IDE، كما تم استخدام برنامج Proteus لمحاكاة الدارات الإلكترونية قبل تنفيذها ميدانيًا، ما ساهم في تقليل الأخطاء وتوفير الوقت والجهد. وقد كان للمحركات خطوة خطوة دور محوري في ضمان دقة الحركة وتنفيذ أوامر النقش بدقة متناهية. لقد سمحت لنا هذه التجربة باكتساب فهم معمّق في كيفية التحكم الآلي بالحركات، وترجمة التصاميم الرقمية إلى واقع ملموس بدقة وفعالية. كما نعتبر هذا المشروع نواة يمكن البناء عليها لتطوير أنظمة نقش أكثر تطورًا، سواء بإضافة أبعاد أكثر، أو دمج تقنيات ذكاء صناعي لاحقًا لتحسين الأداء.

نترك هذا المشروع مفتوحًا أمام الزملاء والباحثين لإثرائه وتوسيعه، ونأمل أن يشكّل مرجعًا مفيدًا لكل من يرغب في فهم المبادئ الأساسية لتصميم وبناء آلة CNC مبسطة، باستخدام أدوات مفتوحة المصدر.

وفي النهاية، نسأل الله عز وجل أن يجعل هذا العمل خالصًا لوجهه، وأن ينفع به كل من يطلع عليه والله ولي التوفيق.

الملخص

ملخص:

تهدف هذه المذكرة إلى تصميم وتنفيذ طابعة ثنائية الأبعاد للنقش بالليزر باستعمال لوحة أردوينو. تم التطرق في البداية إلى تقنيات التحكم الرقميCNC ، ومجالات استعمالها المختلفة. بعد ذلك، تناولنا مكونات الأردوينو وبرمجته، كونه يمثل وحدة التحكم الأساسية في المشروع. وأخيرًا، تم تحليل العناصر المستعملة كالمحركات خطوة خطوة، الليزر، ودارة التحكم DRV8825، مع اختبار النموذج الأولي عمليًا للتحقق من فعاليته.

❖ **الكلمات المفتاحية** :طابعة نقش، أردوينو، ليزر، CNC، DRV8825، محرك خطوة-خطوة.

Résumé:

Ce mémoire a pour objectif la conception et la réalisation d'une imprimante de gravure laser 2D en utilisant une carte Arduino. Le travail commence par une étude des machines CNC et leurs domaines d'application. Ensuite, l'accent est mis sur les composants de l'Arduino et sa programmation, car il constitue l'unité de commande principale du projet. Enfin, les composants utilisés tels que les moteurs pas-à-pas, le laser et le module DRV8825 sont analysés et testés à travers un prototype fonctionnel.

Mots-clés : Imprimante de gravure, Arduino, laser, CNC, DRV8825, moteur pas-à-pas.

Abstract:

This thesis aims to design and build a 2D laser engraving printer using an Arduino board. The study begins with an overview of CNC machines and their applications. Then, the focus shifts to the Arduino components and programming, as it serves as the main control unit. Finally, the components used, such as stepper motors, laser module, and DRV8825 driver, are analyzed and tested through a functional prototype.

Keywords: Engraving printer, Arduino, laser, CNC, DRV8825, stepper motor.