المسابقة الوطنية لعلماء المستقبل

مسابقة علماء المستقبل الثالثة عشر للعام الدراسى ٢٠١٦/٢٠١٧

اسم المشروع

تطوير و تحديث ماكينة قطع تعمل بالتحكم الرقمي قديمة لتصبح مواكبة للبرامج العالمية الحديثة و محافظة على البيئة وسلامة العمال

تنفيذ الطلاب:

علي عوض إسماعيل مبارك - علي إبراهيم زغلول إبراهيم- عبد الرحمن شافعي محمود المراكبي

إشراف :

الأستاذ / أسامة السيد محمد الشيخ ، الأستاذ / محمد مهدي حسن احمد

المدير المساعد : الأستاذ / احمد إسماعيل عيسى

مدير المدرسة

الأستاذ / مجدي عباس خليفة

محتوى البحث

الصفحة	الموضوع
١	الغلاف
٢	محتوي البحث
٣	المقدمة --- فكرة المشروع
٤	أهداف المشروع
٥	خلفية المشروع والمفاهيم العلمية
٦	خطوات عمل المشروع والبحث العلمي ---- البحث العلمي
٩	خطوات تنفيذ المشروع
١٠	الخامات المطلوبة
١١	صيانة الأجزاء الميكانيكية - اختبارات المشروع
١٢	تجربة المشروع عملياً ـــ مقارنة بين النظام القديم والمطور
١٣	الاستبيان --المناقشة
١٤	المزايا والعيوب -- التطوير -- تسويق
١٥	ملخص المشروع
١٦	المراجع

مقدمة

يطلق علي ماكينات التحكم الرقمي (CNC Machines) و هي من أهم الماكينات في عالم الصناعة و ذلك لقدرتها على إنتاج منتجات معقدة و بدقة و جودة عالية و تستخدم في الإنتاج الكمي ، و كلمة CNC تعني (Computer Numerical Control) و هي طريقة التحكم في الماكينة و حركة أدوات القطع و قطعة العمل ، ويتم ذلك عن طريق كتابة برنامج بكود عالمية (G & M- codes) تتحكم في مسارات القطع حسب التصميم المطلوب، مما جعلنا نهتم بدراستها لتطوير القديم منها.

فكرة المشروع

جاءت الفكرة لتواجد عدد من ماكينات التحكم الرقمي بمعمل القسم تستخدم أجهزة كمبيوتر قديمة جداً و هي (Computer 486) ، ونظام تشغيل (Window 95) ، و برامج قديمة فتم البحث علي تطويرها وتحديثها لتواكب العصر.

و في البداية تم التفكير بتحديث الكمبيوتر ونقل كروت التحكم (Laser Marking Card) إلي كمبيوتر حديث و لكن لم نتمكن لقدم الـ motherboard و اختلاف شكل المخارج لأجهزة الكمبيوتر الحديثة.

فقررنا تحديث مكونات الـ Controller Box مع الحفاظ علي الـ Power Supply و المواتير و الأجزاء الميكانيكية مع إجراء عمليات الصيانة عليها و تغيير التالف منها.

و بدأنا التحديث بدراسة المواتير (Stepper Motor) لمعرفة نوعها ومواصفاتها وبناءاً عليه تم عمل بحث و دراسة لتحديد نوعية الـ (Stepper Motor Driver) التي تناسبها و تعطيها التيار المناسب للدوران بسلاسة.

و اخترنا برنامج تحكم حديث لماكينات الـ CNC للعمل به و هو الـ (Mach 3) و تعرفنا علي أنواع الملفات التي يتعرف عليها.

و في نفس الوقت تم اختيار وحدة التحكم الـ (CNC Breakout Board) التي تمثل حلقة الوصل بين برامج التحكم (CNC Control Program) و الـ (Stepper Driver) و الأجزاء التحكمية الأخرى التي تعمل على رفع معدلات الأمن و السلامة أثناء العمل على الماكينة.

وبهذه الخطوات تتم عملية التطوير لماكينة (SpectraLIGHT CNC Machine) و تحويلها من ماكينة قديمة وبرنامج تحكم لا يمكن نقله لوجود (Dangle) في جهاز الكمبيوتر و أيضاً إذا تعطل منها جزء صعب إصلاحه ، إلى ماكينة قابلة للتحديث و التطوير و الإصلاح مع تقدم العصر و تستخدم برامج عالمية و أجهزة كمبيوتر حديثة .

كما إنها تفتح آفاق جديدة للتعرف على برامج عديدة في الـ (CAD/CAM/CNC) وذلك يعطي فرصة لتدريب أفضل للطلاب و يجعلهم على دراية بالمستجدات في عالم ماكينات الـ CNC ، و هذا المشروع حل مشكلة كبيرة في أقسام التشغيل المكني و هي الأعطال الدائمة لأغلب الماكينات مما يساعد على تطويرها وتحسينها بأسس علمية سليمة.

أهداف المشروع

١ . إيجاد حلول علمية لمشاكل ماكينات CNC القديمة ، صعبة الإصلاح ، باستخدام دوائر الكترونية و برامج تحكم حديثة تتوافق مع المواتير و الأجزاء الأخرى.

(Stepper Motor Driver, CNC Breakout Board & CNC Control Program)

٢ . تطوير أجهزة الكمبيوتر التي تتحكم بالماكينة لتوافق أحدث نظم التشغيل الموجودة ، بجانب تقبلها للتطوير بعد ذلك مع أي برامج تظهر خلال السنوات القادمة.

٣ .استخدام برامج تحكم (CNC Control Program) حديثة ومتطورة .

٤. فتح آفاق المعرفة لدى الطلاب لاستخدامهم لعدة برامج و لطرق التحديث و التطوير لماكينات الـ CNC.

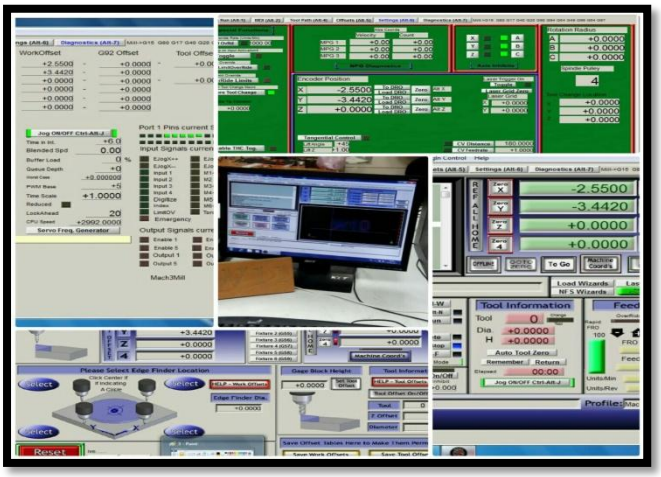
٥. تطوير الماكينة لتصبح صديقة للبيئة بتوصيل شافط لمخرجات عمليات القطع مصاحب لأداة القطع.

٦. حل مشكلة تخزين ملفات أعمال الطلاب لتطوير أجهزة الكمبيوتر المصاحبة للماكينة ، وموضح بالشكليين التاليين ما هو من قبل وبعد التحديث.

وحدة التخزين المتاحة مع الماكينة

ولا يوجد طريقة أخرى للتخزين مما يؤدي إلي عدم إمكانية العمل على الماكينة بسبب عدم توافرها وانتهاء العمل بها في الأسواق

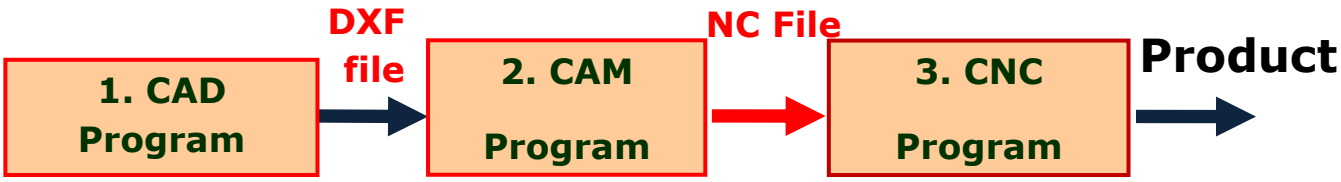
صورة توضح شكل الجهاز والبرنامج القديم

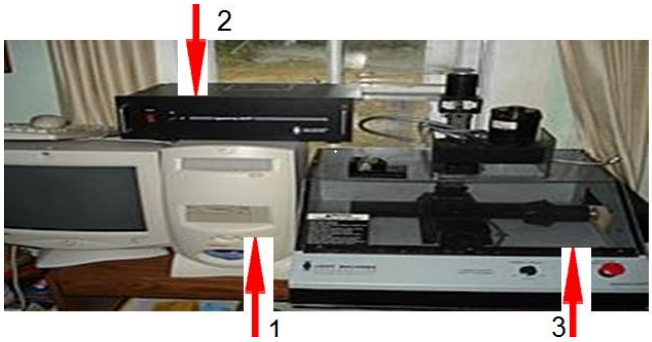


صورة توضح برنامج التشغيل الذي سوف يتم استخدامه وهو برنامج (Mach3) من احدث برامج التحكم الرقمي الموجودة حاليا والتي تقبل التحديث والتطوير بسهولة

خلفية المشروع والمفاهيم العلمية

برامج وماكينات (Computer Numerical Control - CNC) يكون العمل بها على عدة مراحل





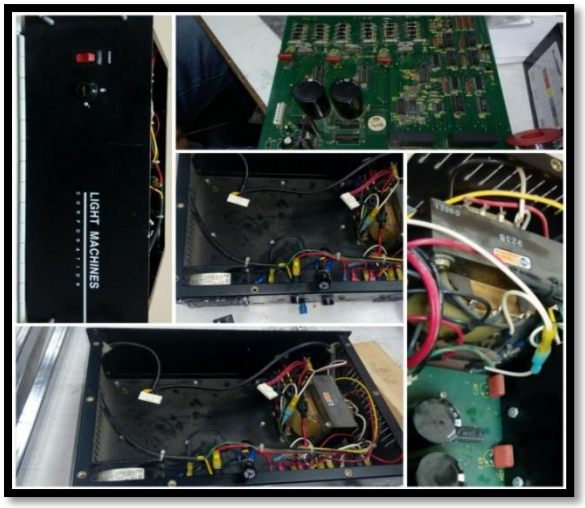
حيث أن

م	الاسم	الوظيفة
١	الكمبيوتر(Computer)	يتم بواسطته تنفيذ رسم المنتج على برنامج الـ CAD ثم تحويله إلى برنامج الـ CAM لإضافة عوامل الإنتاج و تخزينه بلغة عالمية لماكينات الـ CNC و هي الـ G & M Codes) تفهمها الدوائر الإلكترونية عند تشغيل الماكينة.
٢	وحدة الكنترول (controller box (MCU	تقوم بالربط بين الماكينة والكمبيوتر حيث تحول أوامر الحركة في (NC File) إلي إشارة تتحكم في حركة المواتير الموضوعة على محاور الماكينة.
٣	الماكينة (CNC Machine Tool)	يتم بواسطتها تنفيذ المنتج (Product)

الماكينة التي نعمل على تطويرها كانت متوقفة ولا تعمل من مدة ليست بالقصيرة بسبب المشكلات الآتية:

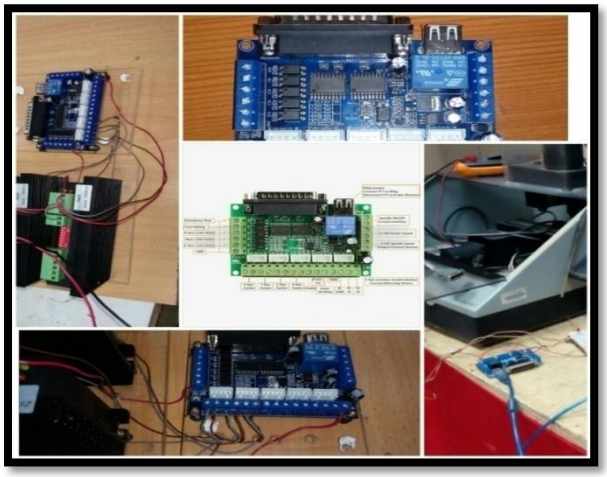
م	الجزء	المشكلة
١	الكمبيوتر(Computer)	١- الكمبيوتر قديم (486 Computer) ٢- لا يعمل إلا بواسطة (Dangle) ٣- طريقة حفظ البرنامج تتم على (Floppy Disk 3.5)
٢	وحدة الكنترول (Controller Box (MCU	لا تعمل حيث أن ال (Board) بها عطل لا يمكن إصلاحه

خطوات عمل المشروع والبحث العلمي



يتم العمل على برامج (CNC) قابلة للتطوير حيث يتم تحكم الكمبيوتر في الماكينة عن طريق جهاز (interface" Breakout Boards ") الذي يمثل (Control Box) في الماكينة القديمة والذي يتحكم في الماكينة بواسطة (Stepper Motor Driver) لنقل الإشارة إلى الموتور الخطوي(stepper Motor) وبالتالي يتحكم في محاور الحركة للماكينة وعملية القطع

Control Box



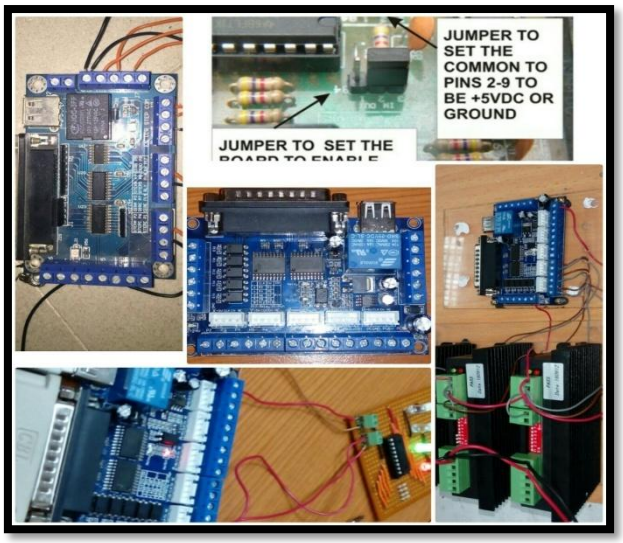
Breakout Boards" interface "

البحث العلمي

١-اختبار (Stepper Motor) والتأكد من العمل وتحديد مواصفاته (Specifications) حيث اكتشفنا أنه عبارة عن أربعة ملفات داخلية ويمكن توصيلة ليعطي نوعان من (Stepper Motor) واحد يستخدم له أربعة أسلاك خارجية يسمى (bipolar) والأخر يكون له ثمانية أطراف خارجية ويمكن توصيلة بأكثر من طريقة (٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ أطراف) يسمى (Uni-polar) وقد وجد أن الموتور الخاص بالماكينة من النوع (bipolar)وكانت مواصفاته عن طريق البحث بالانترنت.

Feed Rate	0.1 to 12 in/min
Rapid Travel	25 in/min
Type	Stepper Motor bipolar
Torque	100 oz/in
Number of Steps Per Revolution	200

وتم اختبار الموتور لتأكد من أنه يعمل وحل بعض المشكلات التي وجدت به عن طريق عمل الصيانة اللازمة له من لحام الأطراف المقطوعة لإعادته للعمل.



٢ - البحث عن "interface" CNC Breakout Board ليتوافق مع برامج التحكم (CNC Control Program) العالمية و أجهزة كمبيوتر حديثة وتكون ذات كفاءة عالية وهذا جدول يوضح مقارنة بين بعض أنواع ال Breakout CNC Board.

BREAKOUT BOARD COMPARISON CHART

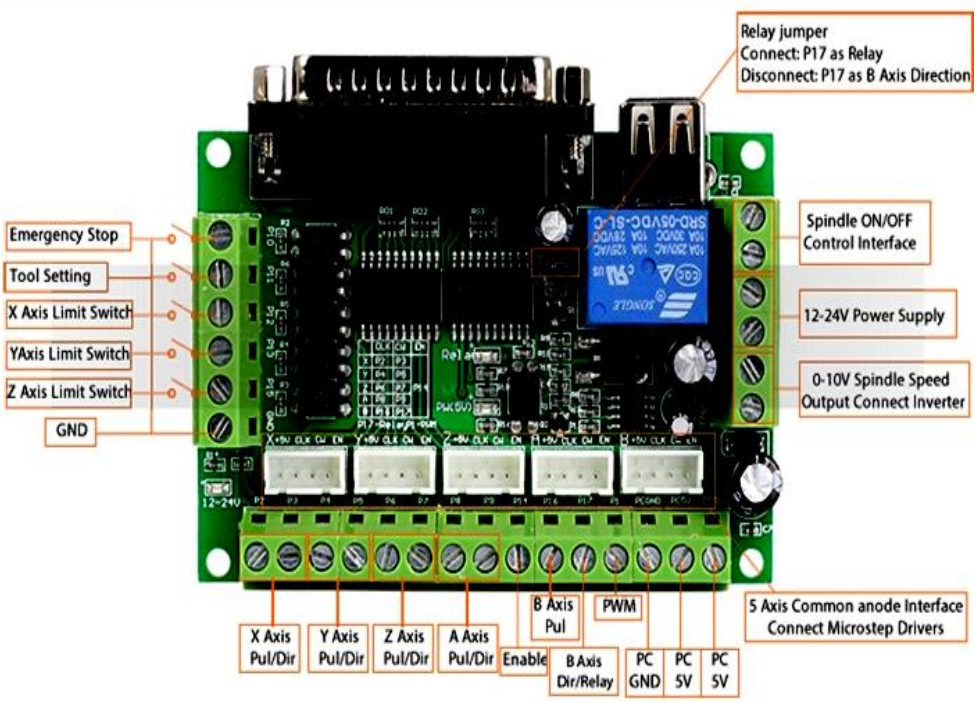
FEATURE	C13	C10	C1	C1G	C11	C11G	C11T	C35	C32	C25	C31	M34	C23
High power 5VDC@24mA buffers.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pins 2-9 used as inputs on LPT2		X**							X	X			X
Enable Terminal for External Control.		X	X	X	X	X	X*	X	X*		X	X	X
Optoisolated.			X		X		X		X		X		X
RJ45 Connectors for easy connections				X				X	X				
Female DB25 connector for output.			X		X								X
LEDs on all I/O Pins.			X	X	X	X	X	X	X		X		X
Built in Safety Charge Pump.					X	X	X	X	X				X
+24VDC Output signals.											X		
2xBuilt in 10 amp relays.					X	X	X		X				X
Pin headers for connecting a C24 for use w/ parallel ports or the Smooth Stepper.									X	X			X
Dual Port									X	X			X

*** Works With E-Stop.**

**** Input Or Output, Depending On Jumper For User Select.**

بعد المقارنات السابقة تم اختيار C10 - Bi-Directional Parallel Port Interface Card[C10] حيث أنها تتوافق مع ال Power Supply وأيضا تستخدم Female DB25 connector for Input حيث أنه يمكن استخدام نفس الكابل مع Control Box الذي سوف نستخدمه .

ومواصفتها كالأتي



PINS	LPT1	LPT2	TOTAL
INPUT	5	13	18
OUTPUT	12	4	16
TOTAL	17	17	34

- Output pins 1,2,3,4,5,6,7,8,9,14,16,17. Or 1, 14,16,17.
- Input pins 10,11,12,13,15. Or 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,15.

٣-- البحث عن (Stepper Motor Driver)

ليتوافق مع Stepper Motor& CNC breakout board (

Stepper Motor Driver

Types	company	current	micro step	Power supply	cost	Heat Sink is included
TB6560	Sain Smart	1.5A-3A	1-1/16	DC 12-36V	59.00$	يوجد
2M542		1.0 : 4.2A	1-1/16	24~50V	39.99$	
TB6600		1.5A-3A	1-1/8	DC 12-24V	26.99$	
KL-6050	Automation Technology	1.5: 5.0A	2,4: 200	24 up to 60	49.95$	يوجد
KL- 5052		1.0 :4.2A	2,4: 125	24 to 50V	54.95$	
KL- 5056		1.26: 5.2A	2,4: 200	24 up to 60	37.95$	

بعد البحث عن عدد من ال (Stepper Motor Driver) ومقارنة الشركات وأنواعها وجد أن

١- 2M542 من أنتاج شركة Sain Smart

(يعطي 1.0 : 4.2A & 24~50V)

٢- KL-5056 من أنتاج شركة Automation Technology

(يعطي 1.26: 5.2A & 24 up to 60V)

وبعد البحث وجد أنها متخصصة في أنتاج ال Stepper Motor Driver وأيضا تيار وفرق جهد أعلى

وبمقارنة الأسعار وجد أنة أفضل

Automation Technology Inc. **KL-6050** **149X97X45** **Pulse input frequency** **100 KHz** **32 bit DSP Based** Heat Sink is included **14 selectable resolutions up to 51200 steps/rev**	**Microstep Driver** **KL- 5056** **118X75.5X33** **Pulse input frequency** **300 KHz** **32 bit DSP Based** Heat Sink is included **15 selectable resolutions up to 25600 steps/rev (decimal and binary)**	**Automation Technology Inc.** **KL-5042** **118X75.5X33** **Pulse input frequency** **300 KHz** **32 bit DSP Based** Heat Sink is included **15 selectable resolutions up to 25600 steps/rev**

وتم عمل مقارنة بين منتجات شركة Automation Technology ووجد أن الأفضل سعر مع الاحتفاظ بنفس المواصفات هو **KL- 5056 Microstepping Drive** وعلى هذا تم اختياره.

Specification: KL- 5056 Microstepping Driver Heat Sink is included.

1: Supply Voltage 24 up to 50 V DC Output

2: Current: 1.26A 1.80A, 2.36A, 2.92A, 3.51A, 4.09A, 4.64A, 5.2A

3: Micro Step: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 126, 5, 10,20,25,40,50,100,125

4: DIP Switches, Suitable for 4,6,8 wire motors

5: Full or Half Current Mode: Sw4: Off= Half Current

6: TTL compatible and Optically Isolated Signal I/O

7: Short-voltage, over-voltage, over-current and over temperature protection

8: Pulse input frequency up to 200 KHz

9: Support PUL/DIR and CW/CCW modes

خطوات تنفيذ المشروع

١ - مرحلة (control Box) والدائرة الكهربية له حيث تم إزالة (board) القديم واستخدام الدائرة الكهربية Power Supply الموجودة به بعد إجراء الاختبارات عليها لتأكد من العمل

(إعادة تدوير الأجزاء التي يمكن استخدمها أثناء العمل)

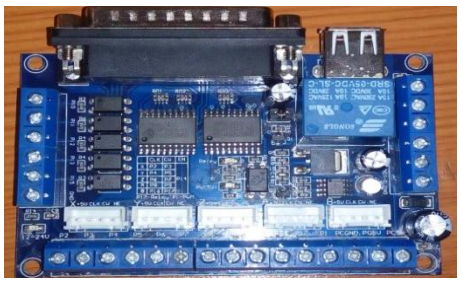
تم إجراء بعض التعديلات الأتية :

- حيث تم تغير قواعد تثبيت ال Fuse التالفة ولحامها حيث لم يتوفر نفس النوع القديم الموجود في ال control Box .

- تم اكتشاف مشكلة وهي Serial 15 Pin Female غير متوفر في الأسواق وكان ضمن النظام القديم ويستخدم لكي ينقل إشارات الكنترول للماكينة للتحكم في محوري (X&Y) معاً وتم حل هذه المشكلة عن طريق قياس جميع أطراف الكابل لتحديد أسلاك كل محور على حدي ،وبناءاً عليه تم استخدام (عدد ٢) Serial 9 Pin Female لنقل الإشارة لكل محور منفصل وتم عمل فتحة لتثبيت المحور الثالث في الكنترول .

- تم عمل قاعدة من البلاستيك لتثبيت CNC breakout board& Stepper Motor Driver
- تثبيت (عدد ٢) Serial 9 Pin Male في الكابل عن طريق اللحام لنقل الإشارة إلى الماكينة

الخامات المطلوبة للمشروع

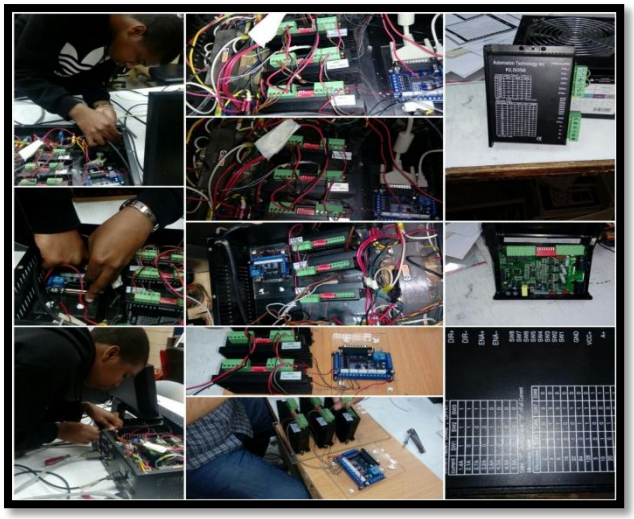
م	الاسم	العدد	سعر الوحدة	سعر الكمية
١	KL-5056 Stepper Motor Driver	٣	٢٠	٦٠
٢	Breakout Boards" interface " 	١	٧,٥	٧,٥
٣	Serial 9 Pin Adapter Male	٣	٠,٥	١,٥
٤	Serial 9 Pin Adapter Female	٣	٠,٥	١,٥
٥	أسلاك كهربية للتوصيل	٣ متر	٠,٥	١,٥
٦	Emergancy stop	١	٢,٥	٢,٥

بعد شراء الأجزاء السابقة تم عمل اختبارات داخل المعمل لتأكد من توافق الأجزاء مع البرنامج ونجاح التجربة.

صيانة الأجزاء الميكانيكية في الماكينة

- تم عمل تنظيف للأجزاء الميكانيكية للماكينة بسبب وجودها فترة ليست بالقصيرة بدون عمل مما أدى إلى عدم حركة الأجزاء.
- تم نزع الـ Spindle وتنظيفه ثم تركيبة مرة ثانية لكل محور على حدي (X, Y,Z) .
- تم تنظيف الرواتر الخاص بالقطع والتأكد من عمله.

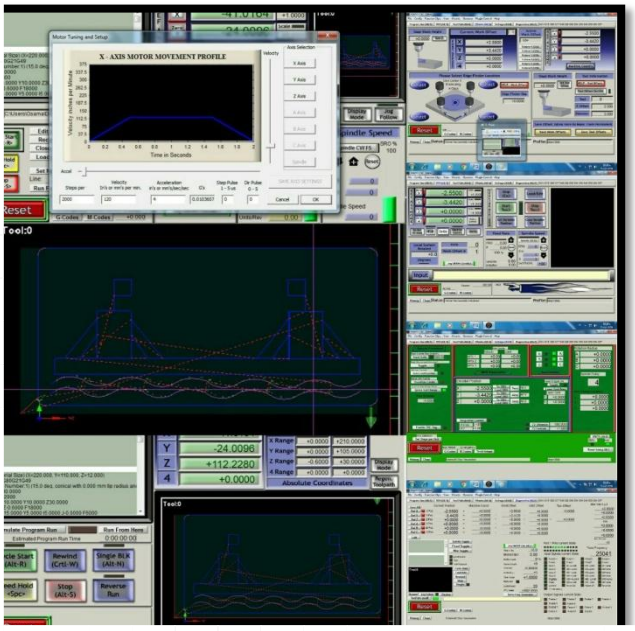
اختبارات المشروع



١- مرحلة اختبار عمل (Mach3) مع Stepper Motor & breakout board) Driver).

- تم عمل إعدادات للبرنامج حتى يتعرف على ال Stepper Motor .
- تم عمل معايرة للماكينة مع البرنامج حتى يتعرف البرنامج على Pitch Spindle لكل محور من المحاور الثلاثة.
- تم عمل تجربة لحركة (Stepper Motor) بواسطة برنامج Mach 3 مع التحكم عن طريق board breakout) وتمت بنجاح

(مقياس النجاح هو حركة الموتور وتغير سرعته عن طريق البرنامج وتمت التجربة بنجاح



تجربة المشروع عملياً

تم تجربة المشروع على عدة مراحل .

- اختبار توافق الأجزاء مع بعضها .
- اختبار عدد من برامج CAD _CAM مع برنامج ال Mach3.
- اختبار عمل الماكينة أثناء عمليات قطع مواد مختلفة.
- اختبار عمل الماكينة من ناحية أمان العمال حيث يتم إيقاف الماكينة عند فتح الباب كي لا يتعرض العمال لأي نوع من أنواع الخطورة.

تمت كل المراحل السابقة بنجاح باهر

مقارنة بين النظام القديم و المطور

أوجه المقارنة	النظام القديم للتحكم	النظام المطور للتحكم
أجهزة الكمبيوتر المستخدمة	• قديمة 486 Computer . • غير قابل للتطوير بسبب قدم الـ motherboard . • نظام التشغيل Window 95 ولا يمكن تعديله بسبب وجود Dangle.	•أجهزة حديثة تقبل التطوير والتحديث.أنظمة التشغيل المتداولة Window7 ,8 ,10 ويمكن تطويرها
برامج ال CNC المستخدمة	• برامج قديمة وليست هناك فرصة لتطويرها بسبب حفظ الملكية من الشركات المنتجة عن طريق الدنجل. • تكلفة تطويرها عالية بسبب الرجوع إلي الشركة المنتجة.	• برامج حديثة و يمكن تطويرها بسهولة دون الحاجة إلى مساعدة من الشركات • تكلفة تطويرها قليلة

الاستبيان

المدير والمدراء المساعدين رؤساء أقسام التشغيل المكني بالمدارس الصناعية وبعض العاملين في قطاع التشغيل المكني بالمملكة.

الاسم	الوظيفة	الرأي
أ/ مجدي عباس خليفة	مدير المدرسة	المشروع ناجح و إن دل فإنه يدل على مواكبه التطور التكنولوجي العالمي
أ/ احمد إسماعيل عيسى	المدير المساعد	المشروع مثمر و نتاجه تصب في مصلحه التطور في المملكة
أ/ احمد عبد المنعم برغوت	المدير المساعد	نتمنى أن يحقق المشروع نتائج ناجحة لأن فكرته جديدة وسوف تسبب طفرة في التعليم الصناعي
أ/ احمد الخولي	المدرس أول لقسم السيارات	مشروح ناجح و مثمر
أ/ احمد محمد الشربيني	منسق قسم التشغيل المكني	مشروع ناجح من ويحتاج إلى جهد كبير
أ/ جابر حبيب	منسق قسم اللحام	مشروع مبهر اثبت نجاحه و فعاليته
أ/ عبد المنعم المغربي	منسق قسم العلوم	مشروع ناجح و نتائج مثمره
Mr. hussein Isa	Assist of head section	The project is subjected in technical learning field.

المناقشة

مما لا شك فيه إن الماكينة القديمة كانت ذو جودة عالية ولكن في فترة أنتاجها الأولى ولكن مع التطور التكنولوجي الهائل الحادث في برامج التحكم الرقمي Computer Numerical Control - CNC كان لابد من عمل طفرة في المدارس الصناعية لتخريج جيل يواكب ما يحدث في العالم الخارجي من تطور في عمليات التشغيل المختلفة.

المزايا والعيوب للمشروع

م	المزايا	العيوب
1	تقليل الزمن الضائع بدون إنتاج فعلى للماكينة	يحتاج إلي صيانة كهربية والكترونية
2	-استخدام تجهيزات تثبيت (Fixtures) أكثر بساطة من المستخدمة مع الماكينات التقليدية	يحتاج إلى تدريب للطلاب
3	تحقيق نظام إنتاج أكثر مرونة للتغيرات في جداول الإنتاج	
4	السهولة في تقبل أي تغييرات في تصميم القطع المنتجة لأن ذلك يحتاج فقط إلى تغيير في البرنامج٠	
5	زيادة دقة التصنيع والتقليل من الأخطاء التي يقع فيها العاملون	
6	الحفاظ علي البيئة (وجود غطاء يفصل الماكينة عن العامل " مع وضع نظام أمان عند فتح الغطاء تتوقف الماكينة عن العمل) "	
٧	يمكن تنفيذه على نطاق واسع كمشروع خاص بغرض الربحية	

مجالات التطوير للمشروع

إن أي منتج لابد له من تطوير وتحديث ولذلك نضع بعض الأفكار اللازمة للتطوير

- عمل دراسات وأبحاث علي أداء البرنامج للتطوير إذا لزم ذلك.
- تنفيذ ماكينات صغيرة لتدريب الطلاب على كيفية تنفيذ المشروع في الحياة العملية

تسويق المشروع

تسويق المشروع سوف يكون من خلال

- المدارس الصناعية حيث يتم تنفيذ المشروع داخل أقسام التشغيل المكني
- عمل ورش عمل لنشر عملية التطوير الحادثة داخل المصانع والورش الإنتاجية بالبحرين

ملخص المشروع

يوجد عدد من ماكينات التحكم الرقمي بمعمل القسم تستخدم أجهزة كمبيوتر قديمة جداً و هي 486 (Computer) ، ونظام تشغيل (Window 95) ، و برامج قديمة فتم البحث علي تطويرها وتحديثها لتواكب العصر.

و في البداية تم التفكير بتحديث الكمبيوتر ونقل كروت التحكم (Laser Marking Card) إلي كمبيوتر حديث و لكن لم نتمكن لقدم الـ motherboard و اختلاف شكل المخارج لأجهزة الكمبيوتر الحديثة.

فقررنا تحديث مكونات الـ Controller Box مع الحفاظ علي الـ Power Supply و المواتير و الأجزاء الميكانيكية مع إجراء عمليات الصيانة عليها و تغيير التالف منها.

و بدأنا التحديث بدراسة المواتير (Stepper Motor) لمعرفة نوعها ومواصفاتها وبناءاً عليه تم عمل بحث و دراسة لتحديد نوعية الـ (Stepper Motor Driver) التي تناسبها و تعطيها التيار المناسب للدوران بسلاسة.

و اخترنا برنامج تحكم حديث لماكينات الـ CNC للعمل به و هو الـ (Mach 3) و تعرفنا علي أنواع الملفات التي يتعرف عليها.

و في نفس الوقت تم اختيار وحدة التحكم الـ (CNC Breakout Board) التي تمثل حلقة الوصل بين برامج التحكم (CNC Control Program) و الـ (Stepper Driver) و الأجزاء التحكمية الأخرى التي تعمل على رفع معدلات الأمن و السلامة أثناء العمل على الماكينة.

وبهذه الخطوات تتم عملية التطوير لماكينة (SpectraLIGHT CNC Machine) و تحويلها من ماكينة قديمة وبرنامج تحكم لا يمكن نقله لوجود (Dangle) في جهاز الكمبيوتر و أيضاً إذا تعطل منها جزء صعب إصلاحه ، إلى ماكينة قابلة للتحديث و التطوير و الإصلاح مع تقدم العصر و تستخدم برامج عالمية و أجهزة كمبيوتر حديثة .

كما إنها تفتح آفاق جديدة للتعرف على برامج عديدة في الـ (CAD/CAM/CNC) وذلك يعطي فرصة لتدريب أفضل للطلاب و يجعلهم على دراية بالمستجدات في عالم ماكينات الـ CNC ، و هذا المشروع حل مشكلة كبيرة في أقسام التشغيل المكني و هي الأعطال الدائمة لأغلب الماكينات مما يساعد على تطويرها وتحسينها بأسس علمية سليمة.

المراجع

1- Foundation Of Digital control in CNC Machines

- المصدر :المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

2-تحكم رقمي باستخدام الحاسوب

-ويكيبيديا الموسوعة العلمية

3- Programming of CNC Machine

Ken Evans-

4- Support note CNC machine and programming.

- المدارس الصناعية – مملكة البحرين – لأقسام التشغيل المكني