مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (4) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (4) 2017

Design and implementation of an adaptive circuit that enables LABVIEW to be used in industrial control systems

Dr. Ayman Nbhan*

(Received 1 / 8 / 2017. Accepted 28 / 8 / 2017)

□ ABSTRACT □

This research focuses on the design of a data acquisition system based on the design and implementation of a data acquisition circuit for the transmission of sensor signals (digital and analog) from the control system inputs directly to the LabVIEW, which also sends control commands directly to the digital and analog outputs,in order to take advantage of LabVIEW's advanced features in industrial control systems.As well as to define the circuit designed within the LabVIEW librariesso that the program to communicate with the circuit designed easily and simply.

This work has its importance from a technical point which simplified the design steps of the data collection system, that enables the use ofLabVIEW in industrial control, in addition to the economic terms of providing this systemthrough local manufacturing and do not need to import its commercial equipment (especially in the economic and scientific blockade of our country).To ensure that the system is functioning properly, we have implemented the data collection circuit designed, in order to study the stability of the designed circuit inputs and outputswe tested it to control the speed of the DC motor.

key words: LabVIEW, microcontrollers, adaptive circuitscommunication, data acquisition system

* **PhD in control technology – Industrial ministry – Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (4) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (4) 2017

تصميم وتنفيذ دارة ملائمة تتيح استخدام البيئة البرمجية الـ"LABVIEW" في أنظمة التحكّم الصناعي

د. أيمن نبهان نبهان*

(تاريخ الإيداع 1 / 8 / 2017. قُبِل للنشر في 28/ 8 / 2017)

□ ملخّص □

يتمحور العمل في هذا البحث حول تصميم نظام تجميع للبيانات انطلاقاً من تصميم وتنفيذ دارة تحصيل للمعطيات تقوم على نقل إشارات التحسس(الرقمية والتشابهية) الموجودة على مداخل نظام التحكّم بشكل مباشر إلى البيئة البرمجية الـ"LabVIEW"والتي تقوم بدورها بإرسال أوامر التحكّم مباشرة إلى مُشغّلات الخرج الرقمية والتشابهية، وذلك بهدف الاستفادة من المميزات والخصائص المتقدمة التي تتمتع بها بيئة الـ"LabVIEW" في أنظمة التحكّم الصناعية. وكذلك القيام بتعريف الدارة المُصممة ضمن مكتبات برنامج الـ"LabVIEW" كي يتمكن البرنامج من مخاطبة الدارة المُصممة بشكل سهل وبسيط.

يتميز هذا العمل بأهميته التي تتمثل بالجانب الفني من حيث وضع خطوات التصميم، بشكل مبسط، لنظام تحصيل للمعطيات يتيح استخدام البيئة البرمجية "اللابفيو" الهامة في مجال التحكّم الصناعي، إضافة إلى الجانب الاقتصادي المُتمثل في توفير هذا النظام من خلال التصنيع المحلي له وعدم الحاجة لاستيراد أجهزته التجارية (خصوصاً في ظل الحصار الاقتصادي والعلمي الذي يعاني منه بلدنا في الآونة الأخيرة).للتأكد من صحة عمل النظام تم بتنفيذ دارة تحصيل المعطيات المُصممة ومن ثم ربطها بالبيئة البرمجية الـ"LabVIEW"، ومن أجل دراسة استقرار مداخل ومخارج الدارة المُصممة تم باختبارها عملياً للتحكّم بسرعة محرك تيار مستمر.

الكلمات المفتاحية: اللابفيو، مُتحكّمات صغريّة، دارة ملائمة اتصال، نظام تحصيل المعطيات.

* دكتوراه – تكنولوجيا التحكم–وزارة الصناعة– سورية.

مقدمة:

يتسم القرن الحالي بتسارع في وتيرة التطور التكنولوجي، حيث يشهد العالم تطوراً معرفياً متسارعاً في مجالات العلوم التكنولوجية والتقنية، حيث بات من الصعب مواكبة التطورات المتلاحقة في عالم التكنولوجيا المتطورة وتقنيات المعلومات والاتصالات، وكلما زاد التقدم التكنولوجي كلما ازداد معه التعقيد على مستوى الدارات الالكترونية حتى أصبح هناك حاجة إلى لغات عالية المستوى تتميز بسهولة البرمجة وإمكانية التنفيذ التفرعي للتعليمات البرمجية.

تتميز البيئة البرمجية اللابفيو"LabVIEW" بالصفات السابقة، بالإضافة إلى ذلك فهي تعتمد على البرمجة الصورية (الرسومية) التي تحاكي فطرة المُبرمج وقدرته على التفكير مما أتاح لها النجاح في مجال التحكّم الصناعي. [1]

أهميته البحث وأهدافه:

يهدف هذا العمل إلى الاستفادة من المميزات والخصائص المتقدمة التي تتمتع بها البيئة البرمجية اللابفيو"LabVIEW" في عمليات التحكّم الصناعية، من ناحية نمذجة أنظمة التحكم ودراسة الاستجابة والقيام بعملية التنقيح وتفحص الأخطاء الموجودة بالنظام أثناء عمله وصولاً إلى التطبيق العملي الناجح.

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو بتصميم وتنفيذ دارة تقوم على نقل إشارات التحسس(الرقمية والتشابهية) الموجودة على مداخل نظام التحكّم بشكل مباشر إلى البيئة البرمجية اللابفيو والتي تقوم بدورها بإرسال أوامر التحكّم مباشرة إلى مُشغّلات الخرج الرقمية والتشابهية. وكذلك القيام بتعريف الدارة التي سنقوم بتصميمها ضمن مكتبات اللابفيو كي يتمكن البرنامج من مخاطبة الدارة المُصممة بشكل سهل وبسيط. تشبه آلية عمل الدارة التي قمنا بتصميمها الدارة المقدمة من قبل الشركة التجارية "National Instruments" التي أصدرتها من أجل التحكّم الصناعي والتي تُدعى "NI-USB-DAQ".

تكمُن أهمية البحث في وضع خطوات التصميم، بشكل مبسط، لنظام تحصيل المعطيات يستخدم في أنظمة التحكم. لهذا العمل فوائد تقنية تتيح استخدام البيئة البرمجية "اللابفيو" الهامة في مجال التحكم الصناعي، إضافة إلى الجانب الاقتصادي المُتمثل في توفير هذا النظام من خلال التصنيع المحلي له وعدم الحاجة لاستيراد أجهزته التجارية وخصوصاً في ظل الحصار الاقتصادي والعلمي الذي يعاني منه بلدنا في الآونة الأخيرة.

طرائق البحث ومواده:

تم اعتماد في هذا العمل على البيئة البرمجية اللابفيو"LabVIEW" كأداة للتحكم والمراقبة، ومن أجل برمجة المُتحكّمات المُصغّرة من نوع "AVR"استخدمنا برنامج الـ"Bascom".

المكونات المادية الرئيسية المستخدمة في تصميم النظام، هي:مُتحكّم "AVR" من نوع "Atmega 16"، دارات عزل على المداخل والمخارج، مؤشرات ضوئية (LEDs) للدلالة على المداخل والمخارج الرقمية، وحدة تغذية كهربائية، دارة ملائمة اتصال (UART ➔ COM)، دارة ملائمة اتصال (COM➔ USB).

البيئة البرمجية "LabVIEW":

البيئة البرمجية "LabVIEW" (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) وهي لغة برمجية رسومية تم تطويرها من قبل شركة "National Instruments".تُمكّن هذه البيئة المهندسين في

مختلف الفروع الهندسية من التصميم التفاعلي (Interactive Design) وبناء النماذج الأولية (Prototype) والتطبيق العملي (Deploy) للأنظمة المُدمجة بمختلف تقنياتها وتطبيقاتها (MPUs, Multi-core, FPGAs, ...) والأنظمة الصناعية وتطبيقاتها (Robot, PLC, FPGA, Mechatronics, Control, Measurements) خلال زمن قصير باستخدام مكتبات رسومية نموذجية، إضافة إلى تضمين مكتبات أو برامج خارجية جاهزة (C, HDL, .m file) وذلك من أجل بناء تطبيق موثوق يتم برمجته على الكيان الصلب مباشرة دون أي مراحل تصميم كيان صلب مسبقة.كما هو واضح فإنّ هناك طيف واسع من التطبيقات التي يمكن للبيئة 'LabVIEW" التعامل معها، وهذا هو السبب في كونها مستخدمة في الكثير من الشركات العالمية حول العالم. [2]

تتألف هذه البيئة البرمجية، بشكل أساسي من:

واجهة المستخدم الرسومية، واجهة البرمجة الرسومية ومدير مستعرض المشروع (Project Explorer).

واجهة المستخدم الرسومية (Front Panel):وهي واجهة تحكّم تفاعلية مرئية للمستخدم (GUI)، تضم مجموعة عناصر تحكّم وإظهار تدعى بـ"Controls" (عناصر دخل وخرج وإظهار مرئية) يتم إضافتها من لوحة عناصر التحكّم (Controls Palette).

واجهة البرمجة الرسومية (Block Diagram):وتضم العناصر والمكتبات البرمجية الوظيفية التي يتم إضافتها من لوحة العناصر الوظيفية (Functions Palette)، هذه العناصر والمكتبات تم بناؤها باستخدام العناصر الرسومية ولكن عند مستوى برمجي أخفض.بشكل مشابه للغات النصية فإنّ البيئة LabVIEW تستخدم الحلقات (مثل: Do/While, For/Next) بشكل رسومي للتحكّم بالعمليات التكرارية، كما تستخدم التوابع الشرطية (مثل: If/Then) لمقارنة الشروط، إضافة للعديد من الحلقات المتزامنة وعناصر التنفيذ الأخرى.

تعتمد عملية التصميم والبرمجة في البيئة "LabVIEW"على لغة البرمجة الرسومية "G" (Graphical) التي تقوم على مبدأ توصيل أيقونات رسومية على شكل مخطط، والذي يُترجم مباشرة إلى لغة الآلة حتى تستطيع المُعالجات الموجودة في الحاسب تنفيذه وعلى الرغم من كونها تُمثل بشكل رسومي عوضاً عن الشكل النصي، فإن لغة "G" تمتلك نفس المبادئ البرمجية المتبعة في معظم لغات البرمجة التقليدية. [3]

- أجهزة تجميع البيانات (DAQ):[4]، [5]، [6]

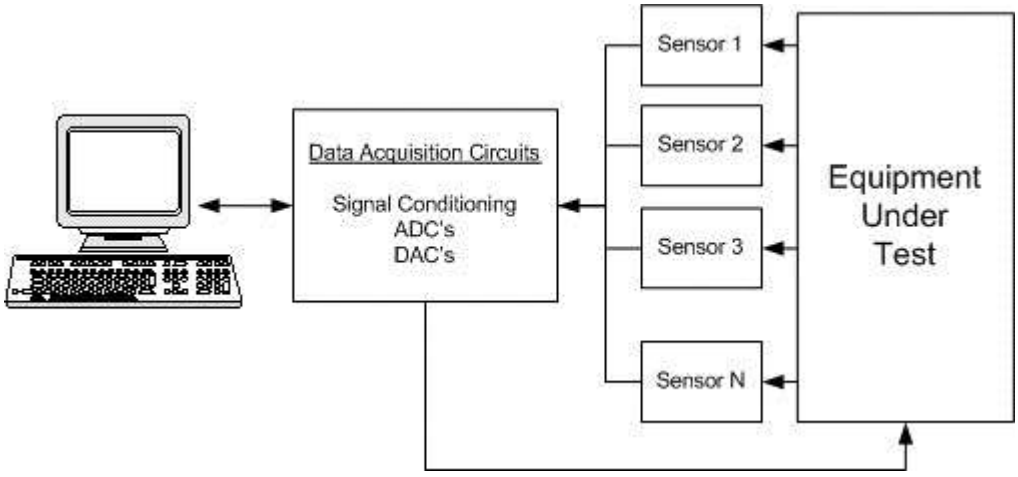
يوضح الشكل 1، مخطط تركيب جهاز الـ "DAQ" ضمن نظام تجميع البيانات، والذي يتكون من:

- الحسّاسات: التي تقوم بتحويل الظواهر الفيزيائية (مثل: الحرارة، الضغط، الضوء، الصوت، ...الخ) إلى إشارات كهربائية (جهد أو تيار).

- ملائمات الإشارة: وهي الدارات التي تتصل مع أجهزة الـ"DAQ" وتجعل الإشارة الكهربائية المطبقة على دخلها مناسبة لعمليات القياس وتقلل من الضجيج.

- دارة الـ"DAQ": تستخدم هذه الدارة من أجل تجميع البيانات.

- البرمجيات: المقدمة من شركة "NI" وهي عبارة عن تطبيقات برمجية تدعم الجهاز.



الشكل1: مخطط تركيب جهاز DAQضمن النظام.

يوضح الشكل (2) إحدى هذه الدارات والتي تُسمى "DAQ6009"، ولها الميزات التالية: ثمانية مداخل تشابهية بدقة 16 بت12 قطب دخل وخرج رقمي، اثنان من المخارج التشابهية وقطب عداد.

الشكل2: جهاز "DAQ6009" المقدم من شركة NI.

المكونات المادية الرئيسية للتصميم:

مُتحكّمات الـ"AVR":

وهي مُتحكّمات مُصغّرة (Microcontrollers) من إنتاج شركة "ATMEL"، اخترنا منها المُتحكّم"ATMEGA16"وذلك بناءً على حجم ذاكرته الداخلية "16Kbyte" المناسبة للتطبيق العملي للبحث وعدد الأقطاب التي نحتاجها بالإضافة إلى سعره المقبول. يحتوي هذا المُتحكّم ستة مداخل رقمية ومدخل تشابهي وستة مخارج رقمية ومخرج تشابهي، ويتصل مع الحاسب عن طريق دارة ملائمة لإرسال واستقبال البيانات. [7]، [8]، [9]

الدخل التشابهي: يحتوي هذا المُتحكّم على مبدل تشابهي رقمي واحد موصول مع ثمانية قنوات، يتميز هذا المبدل بأنّ دقته هي "10BIT"ويقيس جهود من (0 إلى 5)فولت بدقة قياس حوالي50mV وهي قيمة مناسبة لعمليات القياس بشكل عام.

عند توصيل الدخل التشابهي، يجب الانتباه إلى وصل الجهد المرجعي مع منبع تغذية معزول لأنّ تغيّر الجهد المرجعي يؤدي إلى تغيّر قيمة الدخل التشابهي المقروء حتى ولو كان هذا الدخل ثابتاً.

الخرج التشابهي (PWM): نظراً لعدم وجود وحدة تحويل من إشارة رقمية إلى إشارة تشابهية تم استخدام خرج (PWM)للقيام بعملية التحويل إلى الخرج التشابهي باستخدام تقنية تعديل عرض النبضة.

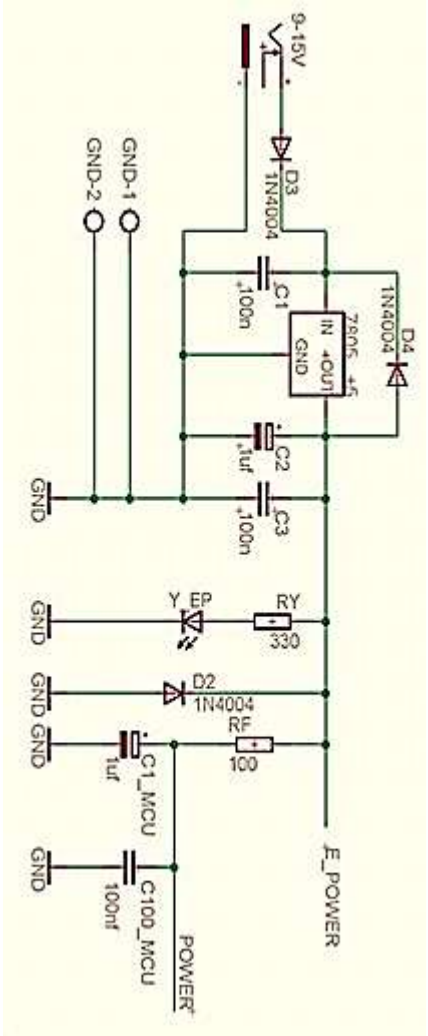
دارة التغذية:

جهد تغذية الدارة هو خمسة فولت، تم ترشيح الضجيج المتواجد على اشارة التغذية عن طريق مرشح تمرير منخفض مكون من مقاومة ومكثف، اختيار قيمة المكثف والمقاومة يعتمد على النشرات الفنية للمُتحكّم المستخدم (R=100Ω, C=1uF).

نستطيع حساب التردد الذي يتم الترشيح عنده انطلاقاً من المعادلة التالية:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\times\pi\times100\times1\times10^{-6}} = 1592Hz$$

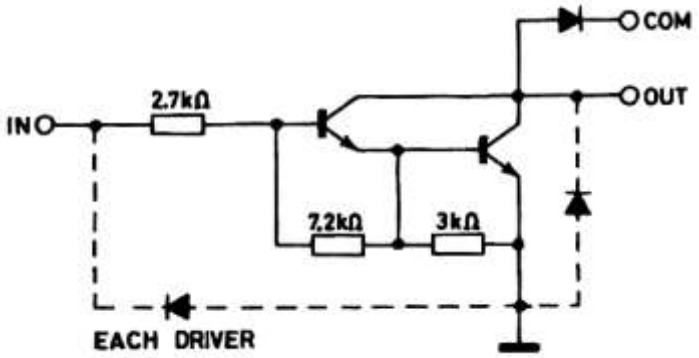
والشكل التالي، يوضح مخطط دارة التغذية:



الشكل3: مخطط دارة التغذية.

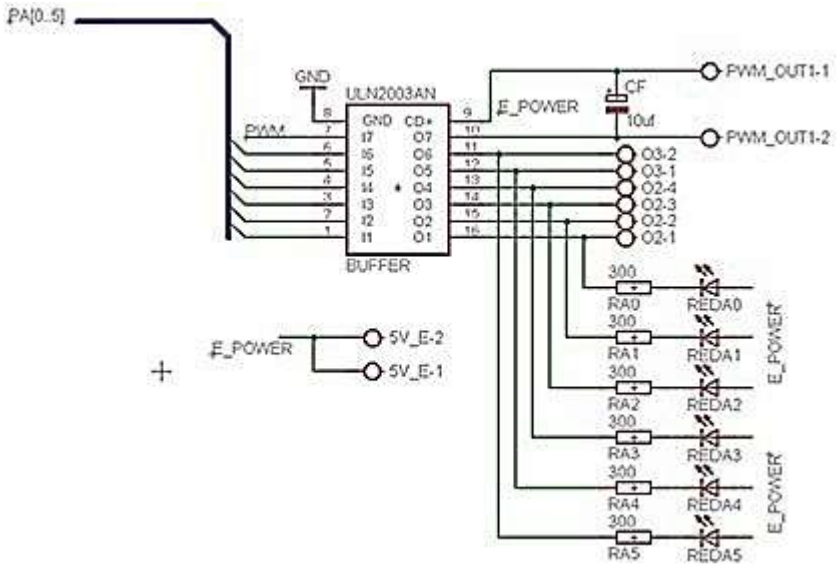
دارة المخارج الرقمية والتماثلية:

وتتكون من دارة عزل "uln2003"تتصل مع مخارج المُتحكّم من أجل عزل جهد التغذية عن إشارات التحكّم. تتميز دارة العزل هذه بأن إشارة الدخل هي من النوع "TTL"حيث يتم العزل عن طريق دارة *دارلينغتون* الموضحة بالشكل التالي:



الشكل4:دارة *دارلينكتون*.

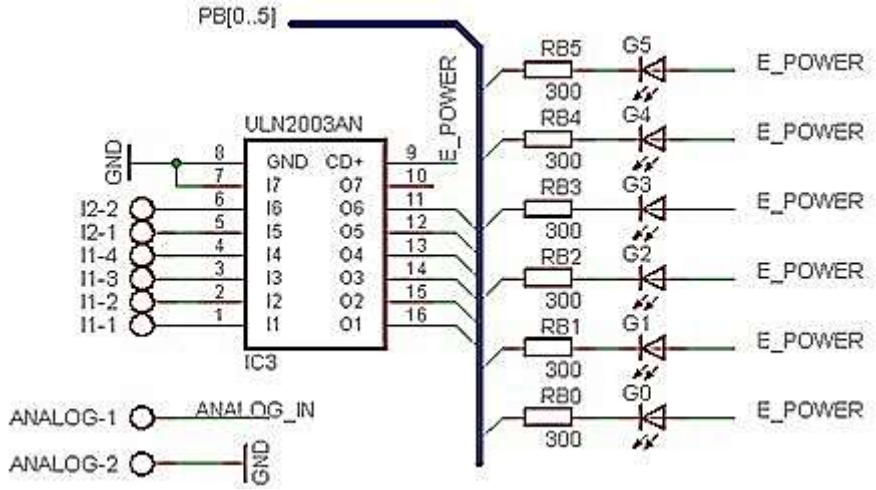
تتميز دارة *دارلينغتون* بأنّ نسبة تضخيمها عالية، نسبة تضخيم الدارة السابقة هي (hfe=1000).تقوم دارة العزل على فصل ووصل النقطة الأرضية وبالتالي يجب تغذية الحمل بالقطب الموجب من جهة ومن جهة أخرى نصله إلى دارة العزل التي تعمل على تأريضه عند وجود إشارة من المُتحكّم. نظراً لعدم وجود وحدة تحويل رقمية تشابهية بالمُتحكّم "Atmega16"فإننا نستخدم إشارة"PWM" كوحدة تحويل إلى إشارة رقمية وهي أيضاً تتصل بدارة العزل ويتم استخدام مكثف لتنعيم الاشارة.



الشكل 5: دارة المخارج التشابهية والرقمية.

دارة المداخل الرقمية والتشابهية:

تتصل المداخل الرقمية مع المتُحكّم أيضاً عن طريق دارة العزل "uln2003"، أما المدخل التشابهي فإنّه يتصل مع المُتحكّم بشكل مباشر وبالتالي يجب التأكد من أن جهد الحساس يتراوح بين (0 إلى 5 فولت).



الشكل6:دارة المداخل الرقمية والتشابهية

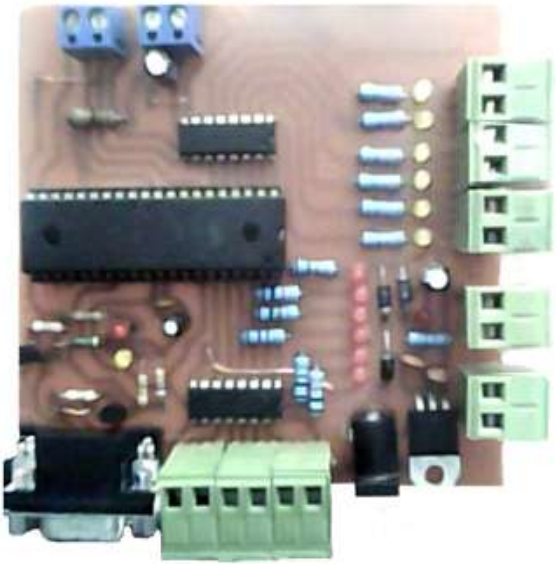
دارات ملائمة الاتصال:[10]

تقوم دارة ملائمة الاتصال (UART ➔ COM)على تحويل المعيار "TTL"إلى المعيار "RS232" ويتم من خلالها إرسال المعطيات إلى الحاسب واستقبال الأوامر.

معظم أجهزة الحاسب المحمول لاتحتوي على منفذ تسلسليRS232 لذلك لابد من استخدام دارة تحويل بين المنفذ التسلسلي"RS232"والمنفذ"USB"(دارة الملائمة USB ➔ COM).نظراً للتعقيد في منفذ USB قدمت بعض الشركات حلولاً للتعامل مع هذا المنفذ باستخدام شرائح متكاملة تقوم بتحويل البروتوكول"USB"إلى النافذة التسلسلية "UART" تُمكّن المستخدم من توصيل المُتحكّم المُصغّر بشكل مباشر مع هذه النافذة وذلك كما في الدارة المتكاملة"FT232".

دارة تحصيل المعطيات المُصممة:

يبين الشكل التالي التنفيذ العملي للدارة التي قمنا بتصميمها وتنفيذها والتي تحل مكان جهاز تجميع البيانات (DAQ).



الشكل7: الدارة المُصممة لتجميع البيانات.

التصميم البرمجي:

تصميم برنامج المُتحكّم:

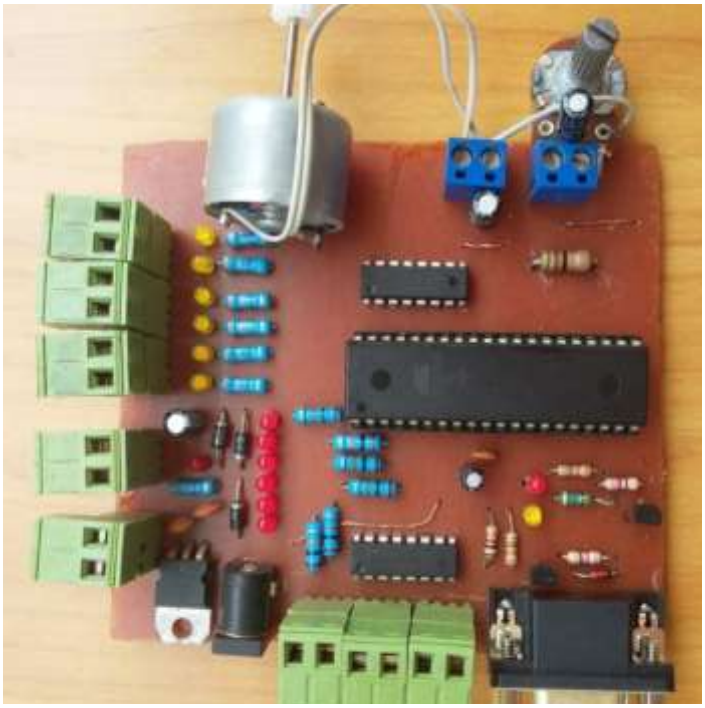
تم استخدام برمجية"Bascom" لكتابة الكود البرمجي. وتقوم فكرة البرنامج على استقبال نسق مكون من خانتين حيث الخانة الأولى هي قيمة المخارج الرقمية والخانة الثانية هي قيمة خرج "PWM".يقوم المُتحكّم عند استقبال النسق بتفعيل الخرج المطلوب وقراءة قيمة المداخل وإرسالها إلى الحاسب على شكل نسق بنفس الطريقة، حيث تمثل الخانة الأولى قيمة المداخل الرقمية الستة، وتمثل الخانة الثانية قيمة الدخل التشابهي بنسبة مئوية. البرنامج موجود في الملحق (A). [11]، [12]

ربط الدارة التي قمنا بتصميمها بالبيئة البرمجية"LabVIEW":

تحاكي الدارة المُصممة بشكل كبير جهاز تجميع البيانات (DAQ) المقدم من شركة "National Instruments"، حيث تقوم باستقبال المعطيات وإرسال الأوامر من وإلى اللابفيو، بالإضافة إلى أنها تحتوي على مداخل ومخارج رقمية وتشابهية. يتم مخاطبة الدارة بكل سهولة وبساطة. نبين خطوات ربط الدارة ببرنامج اللابفيو في الملحق (B).

النتائج والمناقشة:

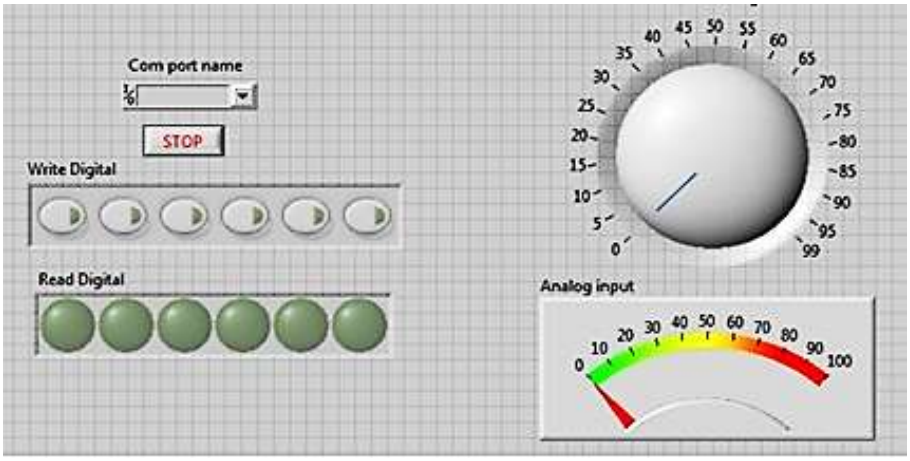
سنقوم بتصميم دارة للتحكّم بسرعة محرك تيار مستمر عن طريق مقاومة متغيرة، والغرض من هذا الاختبار هو دراسة استقرار المداخل والمخارج للدارة المُصممة. محرك التيار المستمر المستخدم ذو استطاعة (0.5W)سرعته (1500RPM)والمقاومة المستخدمة هي مقاومة متغيرة خطية(10KΩ)، انظر الشكل (8).



الشكل8: دارة الاختبار المُصممة.

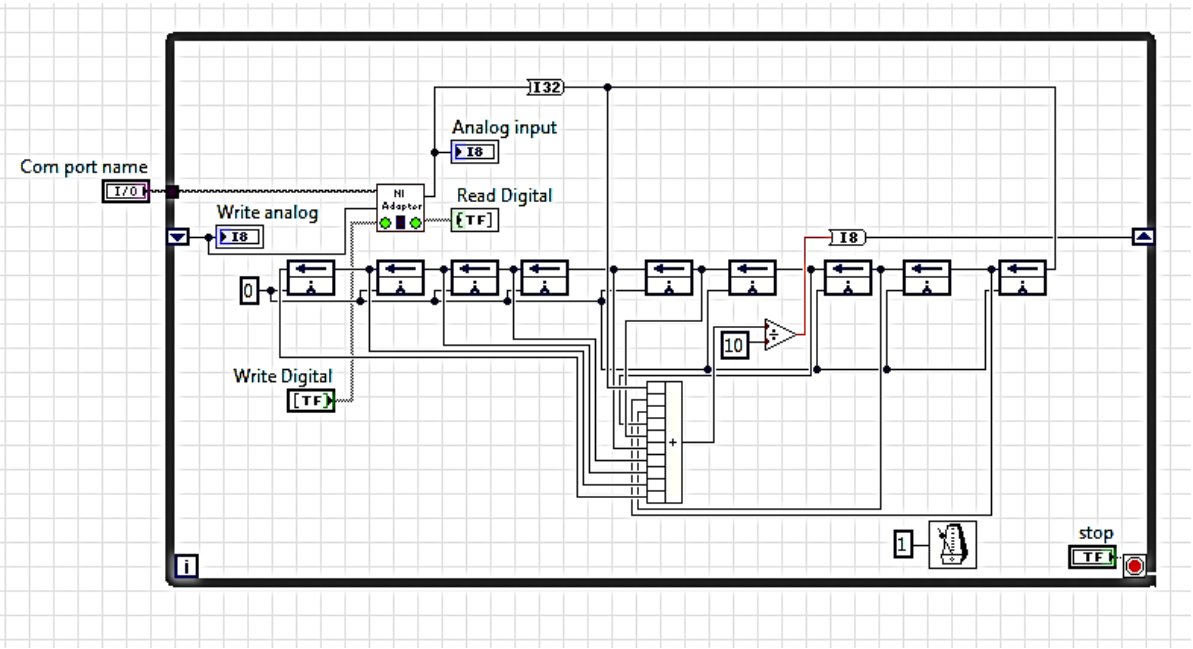
عند الاختبار، لاحظنا وجود تشويش على اشارة الدخل، وهذا التشويش ناتج عن التلامس الميكانيكي للمقاومة المتغيرة وعن الضجيج المتولد من المحرك، ولتقليل الضجيج نقوم بإضافة مكثف (100uF)لامتصاص الضجيج. ولكن لاحظنا أنه ما يزال يوجد بعض النبضات التي تظهر بين الحين والآخر تؤدي إلى اقلاع المحرك بشكل غير مرغوب به، وللتخلص من هذه المشكلة اضفنا مرشح برمجي. يقوم هذا المرشح على ايجاد القيمة الوسطية لآخر عشر اشارات تم استلامها من المقاومة المتغيرة، وفي هذه الحالة عند استلام أية نبضة غير مرغوبة (Spike) يتم تقسيمها على عشرةوبالتالي يضعف أثرها بشكل كبير حتى تصبح كأنها غير موجودة.

يوضح الشكل (10)واجهة المستخدم الرسومية (Front panel):



الشكل 9: واجهة المستخدم الرسومية لدارة الاختبار.

يوضح الشكل التالي واجهة البرمجة الرسومية (Block Diagram):



الشكل 10: واجهة البرمجة الرسومية لدارة الاختبار.

في هذا الاختبار، تم إنشاء نسق مكون من عشرة عناصر. عند الضغط على مفتاح تشغيل البرنامج تكون جميع قيم التغذية العكسية قيمتها صفر، وبالتالي جميع قيم عناصر النسق صفر ماعدا القيمة الأولى التي هي قيمة المقاومة المستلمة، وفي دورة المسح الثانية يكون العنصر الأول للنسق هو القيمة الحالية والعنصر الثاني هو القيمة السابقة للمقاومة (في الدورة السابقة). وهكذا تستمر العملية حتى عشر دورات مسح وعندها تكون قيمة الخرج قد وصلت لقيمة المقاومة بشكل ناعم، والمرشح المستخدم يقوم على جمع عناصر النسق وتقسيمها على عشرة(مرشح تنعيم).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

ساهم هذا البحث في اثبات امكانية استخدام البيئة البرمجية "LabVIEW" في العمليات الصناعية عن طريق نقل إشارات الحسّاسات والمُشغّلات إلى بيئة البرمجة عن طريق دارة الملائمة التي تم تصميمها.

كذلك، يمكن تصميم مرشحات للتخلص من الضجيج الناتج عن الوسط المحيطمن خلال برنامج الـ "LabVIEW".

التوصيات:

الدارة التي تم تصميمها تعتمد في عملية الاتصال على المنفذ التسلسلي (COM)، لكن سلبية هذا المنفذ هو البطء والخروج عن التزامن عندما تكون البيانات كبيرة، لذلك نوصي باستخدام منفذ (USB) في عملية الاتصال، وعندها يمكننا زيادة عدد المداخل والمخارج الرقمية والتشابهية الى حد كبير وبسرعة أعلى.

نوصي كذلك، من أجل التطوير المستقبلي، باستخدام مُتحكّمات أكثر تطوراً بميزات أكبر (خرج تشابهي، خرج "PWM" وتتصل عن طريق الـ"USB") مثل شرائح الآردوينو (Arduino).

المراجع:

[1] John Essick, "Hands-On Introduction to LabVIEW for Scientists and Engineers", Third edition, OXFORD, 2015.

[2]Rick Bitter, Taqi Mohiuddin, Matt Nawrocki, "LabView: Advanced Programming Techniques, Second Edition", CRC Press, New York, 501 Pages. 2007.

[3] Algorithm References, "LabVIEW Control Design and Simulation Module", National Instruments Corporation, 2013.

[4] Hans-Petter Halvorsen, "Data Acquisition in LabVIEW", University College of Southeast Norway, 2016.

[5] Hans-Petter Halvorsen, "LabVIEW Course: Introduction to DAQ", Course Manual, Telemark University College, 2014

[6] Behzad Ehsani, "Data Acquisition Using LabVIEW 1st", Kindle Edition, Packt, 150 pages, 2016.

[7] Abdul Maalik Khan, "AVR Project Book", DigiSoft Islamabad, Pakistan, 2008.

[8] Alan Trevennor, "Practical AVR Microcontrollers", Technology in AcTion, 2012.

[9] Mitchell A. Thornton, "Embedded Systems Design with the Atmel AVR Microcontroller Part II", Southern Methodist University, Morgan & Claypool, 2010.

[10] FTDI Ltd, "USB to RS232 Serial Converter Range of Cables", Document Reference No.: FT_000077 Version 1.3, 2010.

[11] RDS, "Programming with AVR Microcontroller", RESEARCH DESIGN LABS, VOLUME 1, ISSUE 1, 2014.

[12] Jurij Mikeln, "Bascom-AVR Programming", Ax Elektronika D.O.O., Slovenia, 212 pages, 2012.