

## تصميم جهاز افتراضي وتنفيذه بمزايا مطورة عن الأجهزة الفيزيائية الإلكترونية العاملة في حلقات تحكم الميلي أمبير

علي أحمد \*

ناجي محمد \*\*

تمام سليمان \*\*\*

(تاريخ الإيداع ١٦ / ١٢ / ٢٠١٩ . قبل للنشر ١٨ / ٣ / ٢٠٢٠)

### ملخص

تتجه النظم بشكل دائم إلى تحقيق خصائص التكامل وتخفيض الكلفة، ومن ذلك استبدال الأجهزة من منظمات ومسجلات إشارة ببرامج ووحدات حاسوبية تؤدي الوظائف ذاتها بما يسمى الأجهزة الافتراضية. يتناول هذا البحث تصميم جهاز افتراضي وتنفيذه بمزايا مطورة عن الأجهزة الفيزيائية من منظمات PID (Proportional-Integral-Derivative) ومسجلات إشارة والخاصة بحلقات تحكم الميلي أمبير. صُممَ وفق مجموعة مراحل من تحويل الإشارة ثم معالجتها في نظام مضمن قائم على المتحكم المصغر ATmega8 والمبرمج بلغة Bascom، ثم ارسال الإشارة إلى جهاز حاسب عبر منفذ USB ، واستثمار ثلاث قنوات ADC لتحقيق جهاز افتراضي ثلاثي القنوات ( قناة منظم ومسجل PID وقناتين تسجيل فقط). أما بناء الجهاز الافتراضي فقد تم من خلال برنامج مختبر المشغل الهندسي للأجهزة الافتراضية LabVIEW، باستخدام مكتبته الأساسية ومكتبة التحكم PID، وصُممَ جهاز افتراضي ثلاثي القنوات؛ واحدة للتحكم PID والتسجيل، واثنان للتسجيل فقط. يتميز التصميم المطروح في هذا البحث بتقليل الاعتماد على الأجهزة الفيزيائية، وتخفيض الكلفة المادية عند زيادة عددها، كما يمكن من إضافة مزايا الإنذارات والتسجيل، بذواكر أعلى مما يتيح عمليات تخزين لساعات تشغيل أكبر، وكذلك تعدد أكثر أماناً لعدم اعتمادها على المبدلات والتماسات الكهربائية.

**الكلمات المفتاحية:** حلقات تحكم الميلي أمبير، التحكم التناسبي-التكاملي-التفاضلي، مسجلات الإشارة، المتحكم الصغري ATmega8، برنامج Labview.

\*أستاذ ، كلية هندسة تكنولوجيا الاتصالات و المعلومات ،جامعة طرطوس .

\*\*مدرس ،قسم الاتصالات ،كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات و الاتصالات ، جامعة طرطوس .

\*\*\*طالب ماجستير ، قسم الاتصالات ، كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات و الاتصالات ، جامعة طرطوس .

## Design and implementation of a virtual instrument with improved features over physical electronic devices operating in milliamper control Loops

Ali Ahmad\*  
Naji Mohammad\*\*  
Tammam soliman\*\*\*

(Received 16 / 12 / 2019 . Accepted 18 / 3 / 2020 )

### Abstract

Systems tend constantly to achieve integration and cost reduction; this includes replacing devices like controllers and signal recorders with software that performs the same functions with so-called virtual instruments. This paper deals with the design and implementation of a virtual instrument with improved features over physical devices (signal recorders and PID controllers) for milliamp control loops. It has been designed according to a set of stages, starting with signal conversion and processing in an embedded system based on Atmega8 microcontroller Programmed by Bascom language, Then sending the signal to a computer via a USB port and employment of three ADC channels to achieve a virtual three-channel instrument (channel as PID controller and recorder and two recording channels only). The virtual instrument was built through LabVIEW program using its basic libraries and PID control library with three-channel virtual machine was designed, one channel for control and recording and two for recording only. The design presented in this research is characterized by reducing the cost of depending on physical devices especially when there is a great number of this devices, also enables adding the advantages of alarms and recording with higher memories, which allows storing more operating hours, as it is much safer due to lack of relays and electrical contacts.

**key words:** ma current loop, Proportional –Integrative- Differential control, Signal Recorders, atmsga8, Labview.

---

\*professor , Faculty of information and communication technology engineering, Tartus university, Tartus, Syria .

\*\*Doctor, Department of communication, Faculty of information and communication technology engineering, Tartus university, Tartus, Syria .

\*\*\*Postgraduate student (M.A), Department of communication, Faculty of information and communication technology engineering, Tartus university, Tartus, Syria .

## مقدمة

تعد حلقات تحكم الميلي أمبير ذات أهمية كبيرة في تطبيقات التحكم الصناعي، وتعتمد على نقل إشارة كهربائية بمستوى بين 4 إلى 20 ميلي أمبير من مرسل الإشارة، وتعتبر عن قيمة المتغير الفيزيائي المقاس [1]، يتم عرض هذه الإشارات على شكل مخططات وحفظها في جهاز إلكتروني يسمى المسجل (Register)، أما في حال الحاجة للقيام بعملية التحكم فإن الإشارة 4-20mA تشكل دخلاً إلى جهاز إلكتروني آخر يسمى المنظم (Regulator) والذي يقوم على تشغيل خوارزمية تحكم ويعطي في خرجه إشارة 4-20mA تذهب إلى المشغل (Operator) أو عنصر التحكم النهائي [2]. تتكون المسجلات الإلكترونية من مجموعة قنوات وظيفتها الأساسية رسم مخطط تغير قيم الدخل بالزمن الحقيقي، ولا تعطي أي خرج، وكذلك تزود بذواكر لحفظ قيم المخططات مما يوفر إمكانية العودة إليها لاحقاً. أما المنظمات فتحتوي مداخل تؤمن توصيل قيمة المتغير الفيزيائي إلى الجهاز، وكذلك يضبط الجهاز من قبل المشغل على قيمة مرجعية وهي القيمة المطلوب تثبيت المتغير الفيزيائي عليها. يقوم منظم PID أساساً على حساب إشارة الخطأ وهي الفرق بين القيمة المقروءة من الحساس أو مرسل الإشارة وبين القيمة المرجعية المضبوط عليها؛ ليقوم بحساب خرج خوارزمية PID التي تحول إلى إشارة 4-20mA، حيث تذهب إلى عنصر التحكم النهائي [3]. لا تقتصر مداخل أجهزة التنظيم والتسجيل على إشارات الميلي أمبير، وإنما تتيح العمل على نطاق واسع من الإشارات المعيارية مثل 0-10V وكذلك الوصل مع الأنواع المختلفة للمزدوجات الحرارية (K,E,S,I,...)، وتؤمن طرق ربط مختلفة من خلال العديد من المداخل وكذلك القيام بعمليات الضبط والتهيئة لإعلامه بنوع الدخل وطريقة الربط [4]. تمتاز إشارات تحكم الميلي أمبير عن إشارات التحكم المعتمدة على الجهد بثباتها التام ضمن عناصر الحلقة التسلسلية في حين أن إشارة الجهد تعاني من التخماد الناتج عن المقاومة الأومية لأسلاك النقل [5]. يمكن كذلك أن تحتوي حلقات التحكم أجهزة إنذار بعدة مستويات، ويمكن أن يحتوي المنظم أيضاً إمكانيات اطلاق الإنذارات أو تبديل تماسات خرجه [6]. بالنسبة إلى الجهاز الافتراضي Virtual Instrument VI فهو عبارة عن برنامج واجهة حاسوبية يؤدي ذات الوظائف التي تقوم بها أجهزة التنظيم والتسجيل وهي ذات استخدام واسع في تطبيقات SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) وتطبيقات تحكم مختلفة أخرى، وتمتاز بثوقية عالية وكلفة أقل مع إمكانية إضافة الميزات والوظائف [7]. بطبيعة الحال فإن عمليات التطوير المستقبلية أكثر مرونة كون بيئة الجهاز الافتراضي برمجية، إذ لا يحتاج الجهاز الافتراضي إلا إلى طريقة لإدخال القيم من العالم الفيزيائي إلى الحاسب على اختلاف الطرق، ومنها استخدام إحدى واجهات الحاسب السلكية (Ethernet, USB, Com, LPT, etc) [8]، أو إحدى موارده اللاسلكية (Wi-Fi, Bluetooth) [9]، أما بالنسبة إلى خوارزمية التحكم فقد استخدمت بعض الدراسات التحكم PID [10]، وكذلك جرى تطوير نماذج باستخدام المنطق الضبابي Fussy logic [11].

اهتم العديد من الدراسات السابقة بتطوير أجهزة افتراضية، إذ أثبت برنامج Labview مكانته في هذا المجال وانتشرت استخداماته على طيف واسع من التطبيقات الهندسية، بمجالات مختلفة صناعية وطبية وتعليمية وتحكم ومعالجة إشارة، والخ [12],[13],[14].

## هدف البحث

قمنا في هذا البحث بتصميم وتنفيذ جهاز افتراضي VI ثلاثي القنوات كمسجل، إحداها مسجل ومنظم PID مع إضافة وظائف الإنذار إليها. وكذلك الدارة الإلكترونية التي تتولى عمليات ادخال الإشارة ذات القيمة 4-20mA إلى الحاسب ومن الحاسب إلى الخرج الفيزيائي. صُمم الجهاز الافتراضي المقترح في برنامج Labview ويتيح عمليات ضبط خوارزمية PID لإحدى القنوات وكذلك تسجيل حتى ثلاث إشارات أو إيقافها وحفظ النتائج. أما عمليات الإدخال والإخراج إلى الحاسب فتتم من خلال منفذ USB من خلال دارة إلكترونية تقوم بعمليات التحويل اللازمة ومعتمدة أساساً على المتحكم المصغر Atmega8.

## طرق البحث وموارده

### 1-1- حلقات تحكم الميلي أمبير

يوجد في عالم التحكم عدد ضخم من أنواع مدخلات العملية، المزدوجات والكواشف الحرارية (Resistor ) RTD (Temperature Detector) [15]، تعطي قراءة مباشرة للحرارة في حين أن الإشارات الرقمية مثل Modbus [16]، تعطي خيارات واسعة في العمليات والعرض. في نمط الإشارات التمثيلية إن المعلومات المعبرة عن العملية، ترسل عن طريق تمثيلها بكمية متغيرة تابعة للجهد أو التيار، ويعد نمطاً شائعاً لمدخل عمليات التحكم إذ تلبى المتطلبات الصناعية. ومن بين هذه الأنماط تعد إشارة التيار التماثلية 4-20 mA هي النمط الأكثر شيوعاً.

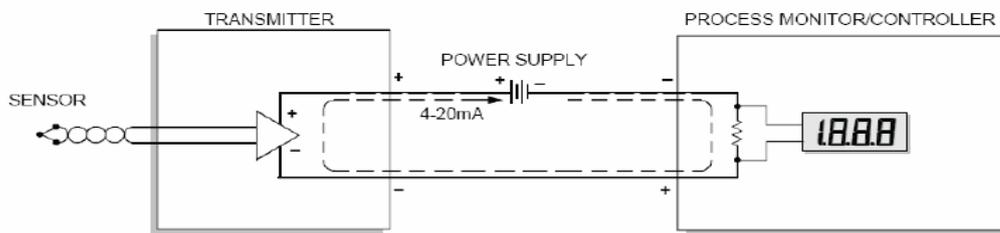
### 1-1- مكونات حلقة التحكم

تتكون حلقة التحكم من:

- 1- الحساس Sensor: في البداية نحن بحاجة لأنواع مختلفة من الحساسات التي تقيس متغير العملية الإنتاجية الفيزيائي. بشكل شائع فإن متغيرات العملية الإنتاجية والحساسات المتوافقة معها هي الحرارة Temperature، الرطوبة Humidity، السريران Flow، المستوى Level، الضغط Prager، الخ.
- 2- المرسل Transmitter: أيّاً يكن متغير العملية الذي يقوم الحساس بمراقبته يجب وجود الية لتحويل خرج الحساس إلى إشارة تيار ضمن المجال 4-20 mA، وهنا يظهر دور المرسل. على سبيل المثال إذا كان الحساس يقيس مستوى مادة سائلة ضمن خزان. على المرسل أن يترجم صفر العملية "الخزان فارغ من المادة" إلى إشارة بقيمة 4mA أما في حالة وصول مستوى المادة السائلة في الخزان إلى القيمة العليا فيقوم بإرسال 20mA. إذا كانت القيمة عند منتصف المجال يرسل إشارة ذات قيمة 12mA.
- 3- مصدر الطاقة Power Source: لكي يتم توليد الإشارة في طرف المرسل فلا بد من وجود منبع طاقة يغذي الحلقة. منبع الطاقة يجب أن يكون بتيار خرج مستمر DC (أي أن التيار الذي يسري في الحلقة وحيد الاتجاه). هناك العديد من الجهود المستخدمة في حلقات التحكم (9V, 12V, 24V, etc) وذلك بحسب تصميم المعدة Instrument المستخدمة. وفي كل الأحوال يجب أن تعوض وحدة التغذية هبوط الجهد الحاصل على أطراف جميع عناصر الحلقة، وإلا فإن انخفاض الجهد قد يؤدي إلى فشل المعدة (Instrument) وظيفياً.

- 4- الحلقة Loop: بالإضافة إلى الحاجة لوجود منبع طاقة مستمر DC يجب أيضاً توفر الحلقة فيزيائياً. بكلمات أخرى ربط المكونات من خلال الأسلاك التي تصل الحساس إلى جهاز الاستقبال تسلسلياً. ومن جهاز الاستقبال مجدداً إلى المرسل. يقوم المرسل بتنظيم تيار الحلقة بناءً على القيمة المقاسة من

الحساس. تربط المكونات بشكل حلقة تيار، وذلك كون الأسلاك هي مصدر للمقاومة وهبوط الجهد، أما التيار فيبقى ثابتاً في جميع مكونات الدارة التسلسلية، كما هو موضح في الشكل(1).



الشكل (1): ربط مكونات الحلقة التسلسلية

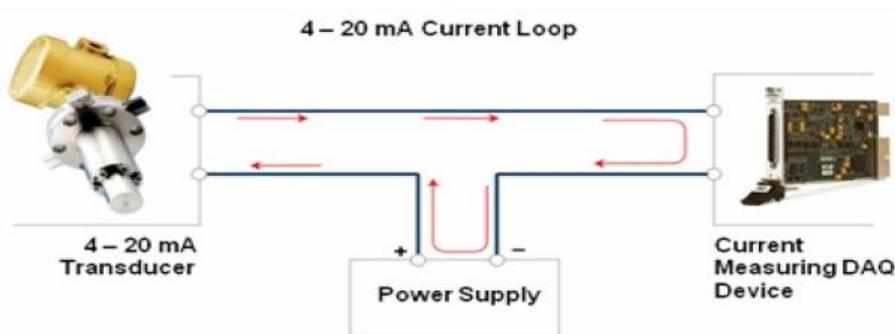
5-المستقبل Receiver: يتوضع في مكان ما من حلقة التحكم جهاز يمكنه استقبال وتفسير إشارة التيار. ومن خلال هذا الجهاز يتم تحويل إشارة التيار إلى وحدات يمكن تفسيرها بسهولة من قبل المشغل. مثل وحدة المتر Meter للمستوى ووحدة السيليسيوس Celsius للحرارة ووحدة البار Bar للضغط. وكذلك يقوم الجهاز بعرض البيانات المستقبلية (أغراض المراقبة) أو يقوم بالاستجابة الآلية لتلك البيانات. وكذلك فإن المنظمات والمشغلات والصمامات أجهزة شائعة الاستخدام في الحلقات.

## 1-2- مميزات خاصة بحلقات التيار

يبين الشكل (2) ربط مرسل إشارة ميلي أمبير بأنظمة استحصال البيانات والذي يحقق العديد من الميزات

نذكر منها:

- الحاجة إلى خطين فقط لإرسال الإشارة وكذلك التغذية الكهربائية إلى الحساس.
- القيمة الصغرى للقياس في الحلقة هي 4mA، مما يسمح بكشف بعض حالات الفشل والقطع في الحلقة.
- تسمح للمرسل بأن يشغل ويغذى كهربائياً من خلال تيار الحلقة ذاته.
- تستخدم لقياس الضغط، الحرارة، التدفق، PH، الخ.
- يمكن استخدام الحلقة للتحكم بالصمامات أو أي نوع من المشغلات.
- يمكن ببساطة تحويل إشارة التيار التماثلية إلى إشارة جهد مقابلة من خلال مقاومة محكمة.



الشكل (2): ربط أجهزة استحصال البيانات بحلقة التحكم

## 2- خوارزمية التحكم التناسبي التكاملي التفاضلي

تعد خوارزميات PID من أكثر الخوارزميات استخداماً في الصناعة؛ إذ تستخدم للتحكم بالعمليات الصناعية الخاصة بأنظمة التسخين والتبريد ومراقبة مستوى السوائل والتحكم بالجريان، أو التدفق، وكذلك التحكم بالضغط. تقوم

الخوارزمية على تحديد قيمة متغيرين أساسيين هما: متغير العملية "PV" Process Variable وهو البارامتر المراد التحكم به (مثل الحرارة أو الضغط أو التدفق) والقيمة المطلوبة "SP" Set Point وهي القيمة المرغوب ثبات البارامتر المتحكم به عندها. تقوم خوارزمية PID بتحديد قيمة خرج المتحكم مثال استطاعة التسخين أو وضعية صمام ويقوم بتطبيق هذه القيمة على النظام بهدف قيادة القيمة المتحكم بها (قيمة متغير العملية) باتجاه القيمة المطلوبة [17]. يقوم متحكم PID بمقارنة القيمة المطلوبة SP مع القيمة المقاسة لمتحول العملية وذلك للحصول على إشارة الخطأ E(error)، وتعطى على النحو الآتي:

$$e = Sp - Pv \quad (1)$$

يقوم متحكم PID يقوم بحساب فعل المتحكم  $u(t)$  أو controller action كالاتي:

$$u(t) = Kc[e + \frac{1}{Ti} \int_0^t edt + Td \frac{de}{dt}] \quad (2)$$

- $T_i$  الزمن التكاملي بالدقائق (Integral time) أو زمن التهيئة (reset time).
- $T_d$  الزمن التفاضلي بالدقائق (derivative time) أو زمن المعدل rate time.
- $K_c$  ربح المتحكم controller gain (من دون وحدة).

يمثل الفعل التناسبي proportion action بالصيغة الآتية:

$$up(t) = Kc * e \quad (3)$$

يمثل الفعل التكاملي integral action بالصيغة الآتية:

$$ui(t) = \frac{Kc}{Ti} \int_0^t edt \quad (4)$$

يمثل الفعل التفاضلي بالصيغة الآتية:

$$ud(t) = Kc * Td * \frac{de}{dt} \quad (5)$$

أما خرج المتحكم controller output: هو جمع الاستجابات الثلاث (التناسبي - التكاملي - التفاضلي).

### 3- برنامج LabVIEW والمكتبة PID

برنامج LabVIEW هو برنامج محاكاة من إنتاج شركة National Instrument، يحوي عدداً كبيراً من الكتل الرسومية الجاهزة الوظيفية، تتم إضافتها إلى البرنامج بطريقة السحب والإفلات. كلمة LabVIEW هي اختصار للعبارة Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. تسمى البرامج المكتوبة في بيئة LabVIEW بالأجهزة الافتراضية "Vis" Virtual Instrument. وتكون الغاية منها اختبار الأنظمة أو استحصال البيانات من الوسط المحيط ومعالجتها وتحليلها أو التحكم، أما الدوال الخاصة بالمكتبة PID مبينة في الجدول (1).

الجدول (1): دوال المكتبة PID في بيئة LabVIEW

الوظيفة	الدالة
تطبيق خوارزمية PID مبسطة وخاصة بتطبيقات التحكم تكون فيها السرعة عامل أساسي	<p><b>PID.vi</b></p>
تطبيق خوارزمية PID مع مزايا متقدمة كاختيار نمط التحكم يدوي أو آلي	<p><b>PID Advanced.vi</b></p>
مهمتها انشاء قيم نقط مرجعية خلال الزمن في حلقة التحكم موجهة لأنماط محددة من التحكم	<p><b>PID Setpoint Profile.vi</b></p>
تحديد معدل تغير خرج المتحكم	<p><b>PID Output Rate Limiter.vi</b></p>
مهمتها التحويل من الوحدات الهندسية لمتغير الدخل إلى نسبة مئوية في الخرج وفقا للحدود الدنيا والعليا المدخلة	<p><b>PID EGU to Percentage.vi</b></p>
تحويل النسبة المئوية في الدخل إلى الوحدات الهندسية في الخرج وفقا للحدود الدنيا والعليا المحددة	<p><b>PID Percentage to EGU.vi</b></p>

**4\_ المتحكم المصغر Atmega8**

هو متحكم 8-bit من العائلة Atmega قائم على تقنية RISC (Reduced Instruction Set) Computer، يعمل على تردد يصل حتى 16MHz ، وجهد ضمن 2.7-5.5 V ، يمتلك الموارد الآتية:

• ذاكرة Flash بحجم 8K bytes قابلة للبرمجة وإعادة البرمجة.

• ذاكرة EEPROM بحجم 512 bytes.

• ذاكرة SRAM بحجم 1K bytes.

• 2-عدادات مؤقت 8-bit .

• عدادات مؤقت 16-bit.

• ثلاث قنوات PWM .

• 8 قنوات محول تشابهي ارقمي بدقة 10-bit.

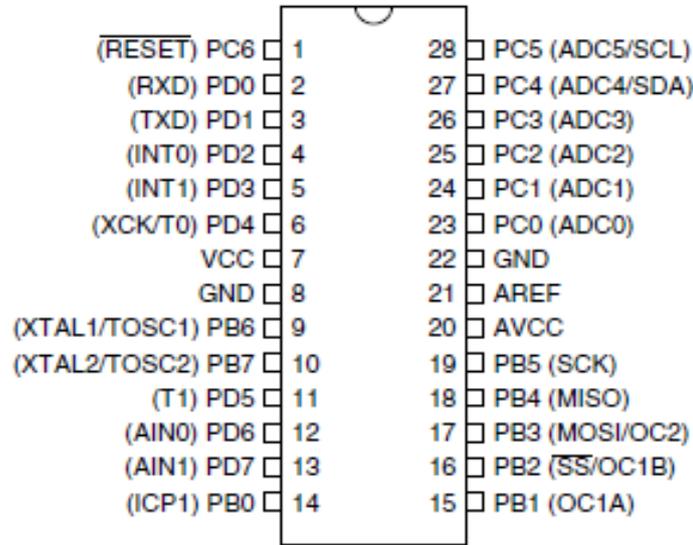
• نافذة UART قابلة للبرمجة.

• نافذة SPI تعمل بنمط Master\slave.

• مقارن تشابهي.

• 23 قطب دخل اخرج قابل للبرمجة.

يوضح الشكل (3) أطراف المتحكم Atmega8.



الشكل (3): أطراف المتحكم Atmega8

## النتائج والمناقشة

أجريت دراسة خوارزمية PID والدوال المرتبطة بها في بيئة LabVIEW، وكذلك موارد المتحكم الصغري Atmega. قمنا فيما يأتي بتصميم الجهاز الافتراضي والمكونات الإلكترونية اللازمة لإدخال الأوامر والبيانات وإخراجها من وإلى الحاسب.

### 1-مراحل عمل النموذج المقترح

بشكل عام، ووفقاً للمتطلبات الوظيفية المشروحة سابقاً، فإن التصميم يتضمن المراحل الآتية:

• تحويل إشارات الدخل أياً كان شكلها (المنتجة من قبل مرسل الميلي أمبير أياً يكن نوعه ضغط أو كمية أو مستوى أو حرارة ) إلى إشارة كهربائية ضمن المجال  $[0-5]V$  بحيث يمكن قراءتها من خلال المحول التشابهي/الرقمي للمتحكم Atmega8.

• قراءة قيم الدخل من قنوات المحول التشابهي/الرقمي للمتحكم Atmega8 وإرسالها عبر النافذة

.UART

• مرور الإشارات تلك من خلال النافذة UART إلى محول  $USB \leftrightarrow UART$  تمهيداً لإدخالها إلى

الحاسب.

• استقبال الإشارات في الجهاز الافتراضي من خلال المنفذ الموافق وتحليلها، ثم إخراج الاستجابة

المناسبة عبر منفذ USB.

• تحويل الإشارات إلى UART، وإرسالها إلى المتحكم ATmega8 والذي يقوم بإخراجها بالشكل

الرقمي.

• تحويل الخرج الرقمي إلى تشابهي من خلال محول رقمي/تشابهي DAC0808 .

### 2-مكونات الوحدة المادية للنموذج

تتغذى الوحدة عموماً بجهد 5V، وأمكن تقسيمها بحسب مراحل عملها أي مجموعة دارات على النحو الآتي:

1-دارة تحويل إشارة الدخل: يتعامل الجهاز الافتراضي مع ثلاث قنوات، وهذا ما يتطلب تهيئة ثلاث

قنوات للمحول التشابهي الرقمي كون إشارات الوسط المقاس إشارات تماثلية، ولكن استخدام المتحكم المصغر

Atmega8 يستوجب وجود إشارات على مداخلة ذات المجال  $[0-5]V$ ، وهذا ما يتطلب وجوب تحويل أي

شكل آخر من إشارات الدخل، ويتضمن التصميم لوحة رئيسة (Main Board) تؤمن المداخل الآتية:

•مدخلي إشارة ذات جهد 0-5V، حيث يتم دخول هذه الإشارات إلى المتحكم من دون أي عملية

تحويل.

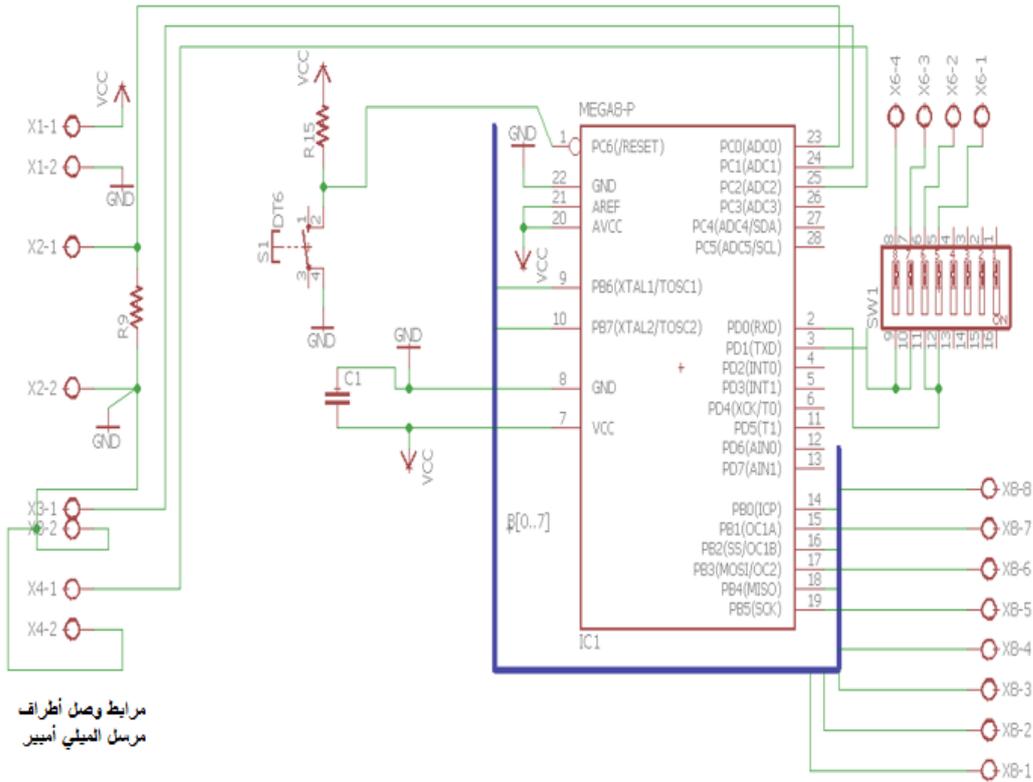
•مدخل إشارة ذات مجال  $[4-20]mA$  حيث يتم تحويل هذه الإشارة من خلال مقاومة إلى إشارة

$[1-5]V$  ثم توصيلها إلى قناة المبدل التشابهي/الرقمي للمتحكم.

2-دارة المتحكم: تتكون من المتحكم الصغري Atmega8 مبرمج بلغة Bascom، ووظيفته تحويل

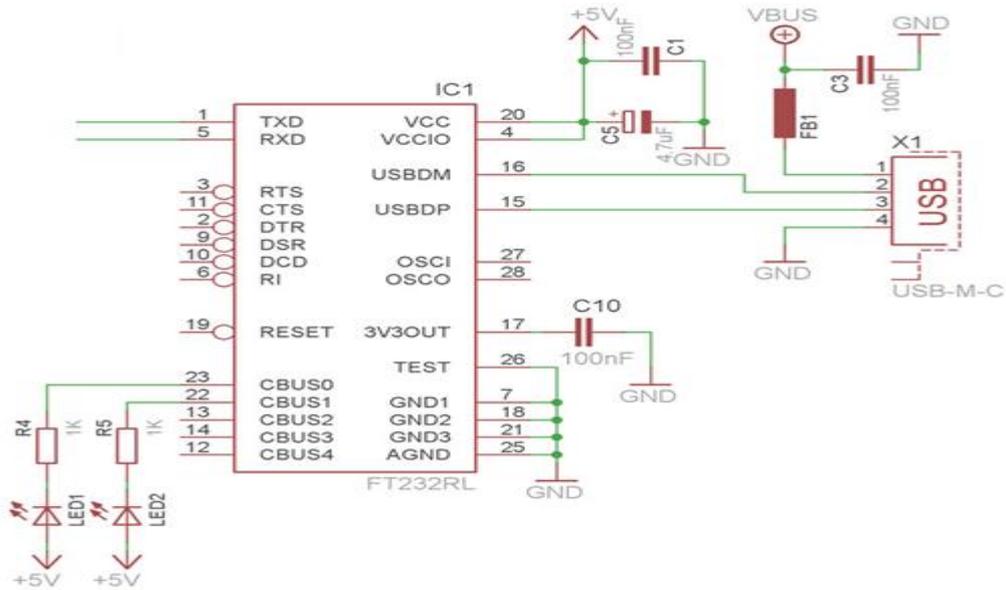
الإشارات الرقمية إلى تماثلية، وإرسالها عبر النافذة UART واستقبال الاستجابة من ذات النافذة، ويبين

الشكل (4) مخطط الدارة النظرية لدارة المتحكم.



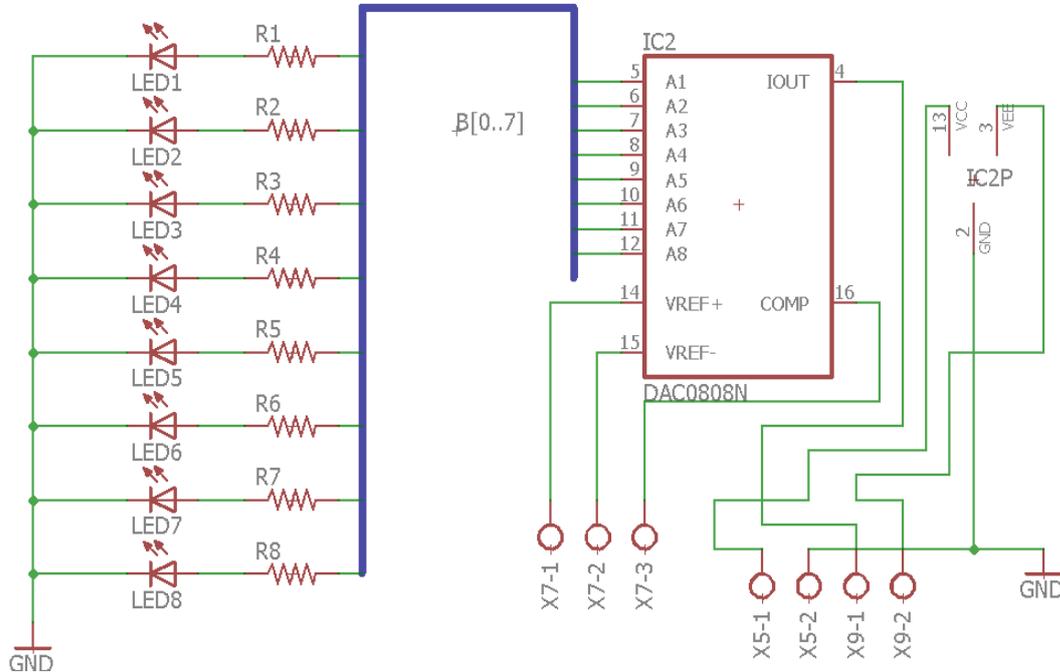
الشكل(4): مخطط الدارة النظرية للمتحكم المصغر

٣-دارة التحويل المتبادل USB<>UART : مهمتها تحويل الإطارات القادمة من المتحكم عبر النافذة UART إلى إطارات متوافقة مع الإرسال USB تمهيدا لإدخالها إلى الحاسب، وكذلك تقوم بالتحويل المعاكس لنقل الاستجابة من الحاسب إلى المتحكم، ويبين الشكل(5) المخطط النظري لدارة التحويل.



الشكل(5): المخطط النظري لدارة التحويل USB<>UART

٤- إدارة تحويل إشارات الخرج: يحول المتحكم الاستجابة إلى خرج رقمي ثم يتم عرض هذا الخرج على مصفوفة ليدات ضوئية وإدخالها إلى محول رقمي-تشابهي للتحويل في خرجة إلى إشارة تماثلية، والمخطط النظري لدارة تحويل الخرج مبين في الشكل(6).



الشكل(6): مخطط الدارة النظرية لمرحلة تحويل الخرج

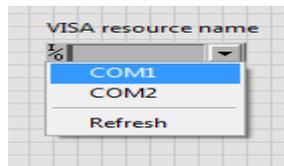
### 3- مكونات الجهاز الافتراضي

الجهاز الافتراضي مبني في بيئة LabVIEW ويؤدي جملة من المهام الآتية:

- عرض قيم الإشارات للقنوات الثلاث بالزمن الحقيقي بعد إستقبالها من منفذ USB.
- حساب قيم خرج خوارزمية PID لإحدى القنوات وإرسال الاستجابة عبر منفذ USB.
- يدعم الإنذار المنخفض والعالي للإشارات.

#### 3-1- التعامل مع USB في الجهاز الافتراضي المصمم

عند وصل محول USB<>UART بالحاسب يتم التعرف عليه في لوحة التحكم - إدارة الأجهزة - منافذ COM على شكل منفذ COM. ويجب تعريفه تحت المسمى الخاص بهذا المنفذ ليتم إدخاله في LabVIEW بحيث تصبح عمليات الإرسال والإستقبال من خلاله، ويبين الشكل (7) أيقونة اختيار المنفذ ضمن الجهاز الافتراضي.



الشكل(7): اختيار المنفذ ضمن الجهاز الافتراضي

بعد ذلك يقوم الجهاز الافتراضي باستقبال إشارات القنوات التماثلية الثلاث، وترسل وفق الصيغة الآتية:

"ADc0", ADC0 value, "ADc1", ADC1 value, "ADc2", ADC2 value

أي يتم إرسال اسم القناة تليها القيمة الرقمية. ويقوم الجهاز في حلقة الأساسية بإستقبال قيم هذه القنوات مع إمكانية تفعيل أو إلغاء تفعيل القناة من قبل المستخدم من خلال مفاتيح اختيار Toggle switch في واجهة الجهاز.

وكذلك يقوم بإنشاء ثلاثة أرتال بنمط 'First Come First Service' FCFS كل رتل خاص بقناة وتتم جملة العمليات في الجهاز الافتراضي وفق الآتي:

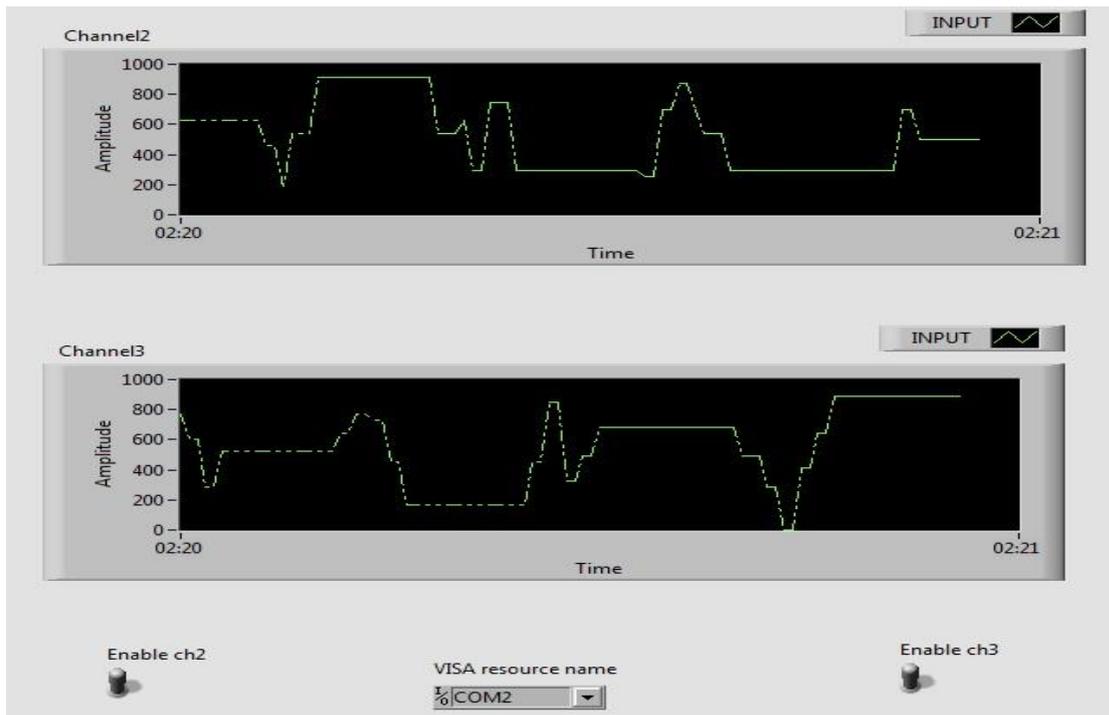
- تحديد منفذ COM المطلوب من قبل المستخدم.
- تحديد القنوات المراد تشغيلها أو إلغاء تشغيلها من قبل المستخدم.
- ادخال قيم وبارمترات خوارزمية PID من قبل المستخدم.

ويبين الشكل (8) مدخلات خوارزمية التحكم ضمن الجهاز الافتراضي.

setpoint range	output range	PID gains
setpoint high 100.00	output high 100.00	proportional gain (Kc) 1.000
setpoint low 0.00	output low -100.00	integral time (Ti, min) 0.010
		derivative time (Td, min) 0.000

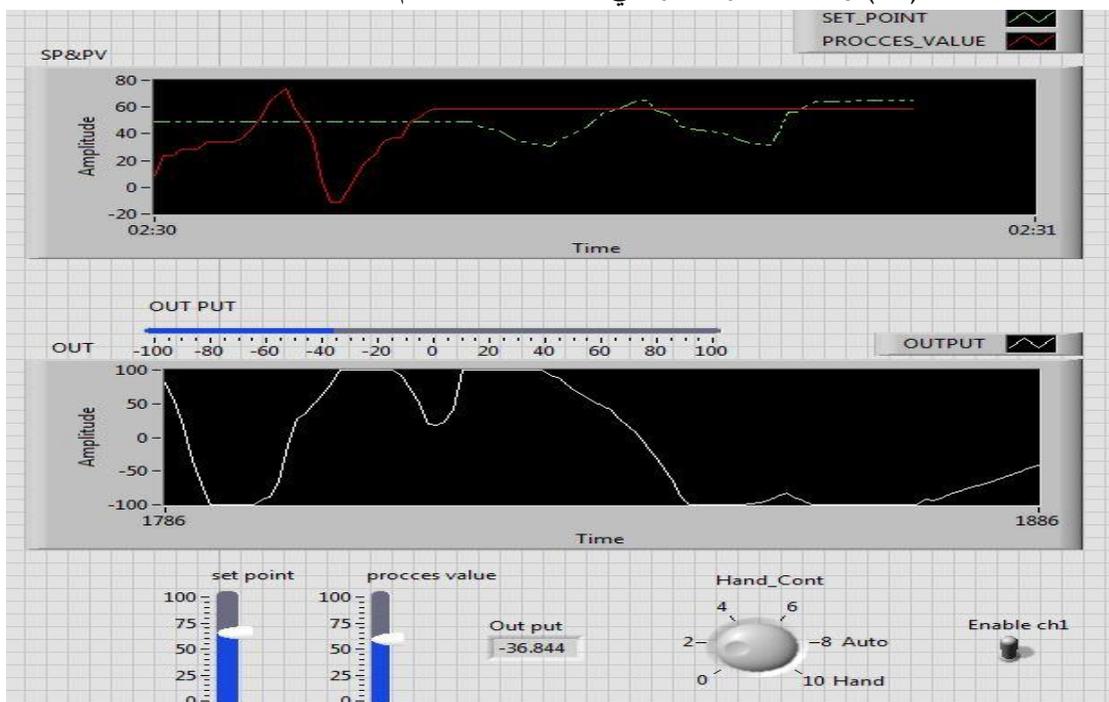
الشكل(8): ضبط بارمترات خوارزمية التحكم للجهاز الافتراضي

- استقبال الرسالة وفق الصيغة المحددة، والمرسلة من المتحكم إلى الجهاز الافتراضي عبر منفذ USB والحاوية اسم القناة، تليه القيمة الرقمية.
  - تخزين قيم كل قناة في رتل مستقل FCFS تمهيدا لمعالجتها.
  - إجراء عمليات المعالجة التفرعية للأرتال الثلاثة كل منها في حلقة مستقلة وفق تقنيات الأنماط وحلقات القائد التابع.
  - يتكون الجهاز من أربع حلقات؛ إحداها قائد وثلاث حلقات مقادة تعمل بالتوازي وفق إشارات من الحلقة القائد.
  - شرط تشغيل أي حلقة تابع هو تفعيل القناة المقابلة من قبل المستخدم ووجود قيمة في الرتل الخاص بهذه القنوات، وأي حلقة تحقق الشرطين تعمل حتى في حال وجود حلقات أخرى في حالة عمل.
  - الحلقة القائد هي حلقة تكرارية بشكل مستمر تضمن استمرارية العمل ومراقبة التغيرات.
  - تقوم الحلقة التابع الثانية والثالثة برسم مخططات وإشارات القناة الثانية والثالثة وفق الزمن الحقيقي.
- يبين الشكل (9) واجهة الجهاز الافتراضي الخاصة بقناتي التسجيل.



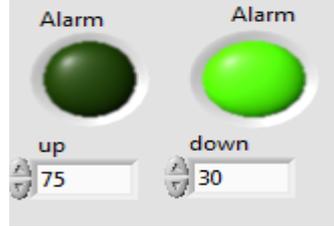
الشكل(9): قناتي التسجيل للجهاز الافتراضي

- تقوم الحلقة الأولى برسم مخططات وإشارات القناة الأولى، وتحديد نمط التحكم يدوي/آلي، وتقوم بحساب قيمة الخرج PID في حال نمط التحكم الآلي أو أخذه من متحكم يدوي، يقوم المستخدم في كلتا الحالتين بتغييره وإرساله عبر منفذ USB وعرض قيم الخرج المرسل.
- يبين الشكل(10) واجهة الجهاز الافتراضي الخاصة بقناة المنظم PID.



الشكل(10): قناة المنظم PID للجهاز الافتراضي

- تقوم الحلقة الأولى بحساب وإظهار الإنذارات التي تعبر عن انخفاض أو ارتفاع إشارة الحساس عن قيم معيارية محددة من قبل المستخدم على شكل نسبة مئوية من كامل مجال القياس، ويبين الشكل (11) واجهة الإنذار عند قيمتين.



الشكل(11): إشارات الإنذار للجهاز الافتراضي

يظهر الجدول (2) مقارنة بين الجهاز الافتراضي المصمم وأجهزة فيزيائية ( المنظم sipart DR21 من شركة Siemens والمسجل Paperless SKR-SD-03 )؛ وذلك بحسب النشرات الفنية للشركات المصنعة.

الجدول (2): مقارنة بين الجهاز الافتراضي المصمم وأجهزة فيزيائية:

المسجل SATO SKR-SD10-03	منظم Siemens sipart DR21	الجهاز الافتراضي المصمم	
3 قنوات	قناة واحدة	3 قنوات	عدد قنوات الدخل
ميلي أمبير - ميلي 100pt فولت -	ميلي أمبير	ميلي أمبير	نوع الدخل
لا يوجد	PID	PID	خوارزمية التحكم
لا يوجد	4-20 mA خرج وحيد	4-20 mA خرج وحيد	إشارات الخرج
لا يوجد	مادي من خلال تماسات كهربائية عند قيمتين	برمجي للبيان فقط عند قيمتين	الإنذار
منحنيات فقط	مرقمات فقط	منحنيات ومارقمات	العرض
محاور ثابتة التدرج "Stable Scaling"	لا يوجد	متكيف مع طبيعة تغير الإشارة "Auto scaling"	التدرج
يدعم ذواكر حتى 100MByte	لا يمكن	ممكن بحجم ذاكرة الحاسب	التخزين
الحاجة إلى أجهزة جديدة	الحاجة إلى أجهزة جديدة	سهل - برمجي	التطوير عند الحاجة لمداخل أخرى

## الاستنتاجات والتوصيات

تضمن البحث نموذجاً للمراقبة والتحكم بالعمليات الإنتاجية من خلال الأجهزة الافتراضية والتي تحقق

الآتي:

✓ تخفيض كلفة المشاريع، إذ إن التكلفة المبدئية هي جهاز حاسب ودارة الإدخال بكلفة ثابتة، ويمكن توسيع عدد القنوات برمجياً من دون أي كلف إضافية، أما في حال الاعتماد على الأجهزة الفيزيائية فإن التكلفة تزداد بشكل مضاعف بزيادة عدد القنوات؛ نظراً للحاجة إلى إضافة أجهزة جديدة.

✓ الاستفادة من الموارد الحاسوبية الكبيرة بالمقارنة مع الأنظمة الإلكترونية الموجودة في الأجهزة الفيزيائية من حيث الذواكر وسرعة المعالج، إذ إن الإشارات تعالج في الجهاز الافتراضي تفرعياً مما يجعلها أقرب إلى الزمن الحقيقي، وكذلك عمليات التسجيل طويلة الأمد للمخططات وربط القيم بلحظات وقوعها، كذلك الاستفادة من ديناميكية مجال القياس مما يعطي تفاصيل ودقة أكبر لمخطط الإشارة المرسوم وخاصة عند تذبذب القيمة المقاسة.

بالمقابل يفتقر التصميم إلى بعض المزايا التي تقدمها الأجهزة الفيزيائية، ولا يمكن الحصول على هذه المزايا من

خلال التعديل البرمجي على الجهاز الافتراضي، وهي كالاتي:

✓ تدعم الأجهزة الإلكترونية عمليات الإنذار، و عملية الإنذار فيها تقود خرجاً فيزيائياً لتأدية مهام مطلوبة عند حدوث خلل ما، أما عملية الإنذار في الجهاز المصمم هي عملية بيان فقط ولا ترتبط بأي استجابة مادية.

✓ تدعم أجهزة التسجيل الإلكترونية أنواعاً مختلفة من متغيرات العملية الإنتاجية، كإشارات الميللي فولت لمختلف المزدوجات الحرارية وهذا غير مدعوم في النموذج المطروح، يمكن تطوير النموذج مستقبلاً ليشمل إشارات الميللي فولت الخاصة بالمزدوجات الحرارية.

## المراجع

[1] Dos Reis Filho, C. 1989, *An integrated 4-20 mA two-wire transmitter with intrinsic temperature sensing capability*. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 24(4), 1136-1142. doi:10.1109/4.34102

[2] Shanmugapriya, R., Preethi, P., Ajeeth Balaji, P., Prabhakaran, M., Nagarajapandian, M., & Anitha, T. 2018, *Implementation of Closed Loop Pressure Control Using Virtual Instrumentation*. 2018 7th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO). doi:10.1109/icrito.2018.8748273

[3] SOUMELIDIS, A., BÁNYÁSZ, C., KEVICZKY, L., & VAJK, I. 1994, *ON THE USE OF VIRTUAL INSTRUMENTS IN REALIZING ADAPTIVE CONTROLLERS*. Intelligent Components and Instruments for Control Applications 1994, 229-234. doi:10.1016/b978-0-08-042234-3.50039-4

[4] Shimada, T., Miura, T., Xie, W., Yanase, T., & Nagahama, T. 2017, *A thermocouple-based remote temperature controller of an electrically-floated sample for plasma CVD of nanocarbons with bias voltage*. Measurement, 102, 244-248. doi:10.1016/j.measurement.2017.02.012

[5] rth, J., Ladouceur, F., Brodzeli, Z., Bruin, C., Wang, H., & Silvestri, L. 2017, *Liquid Crystal based optical telemetry applied to 4–20 mA current loop networks*. Sensors and Actuators A: Physical, 260, 124-130. doi:10.1016/j.sna.2017.04.005

- [6] Fang, X., & Zhang, K. 2017, *Design and implementation of constant pressure water supply monitoring system based on STM32*. 2017 IEEE 17th International Conference on Communication Technology (ICCT). doi:10.1109/icct.2017.8359879
- [7] Gehlot, A., Singh, R., Mishra, R. G., Kumar, A., & Choudhury, S. 2016, *IoT and Zigbee based Street Light Monitoring System with LabVIEW*. International Journal of Sensor and Its Applications for Control Systems, 4(2), 1-8. doi:10.14257/ijcsacs.2016.4.2.01
- [8] د.م. سوزي صالح. 2017، تصميم منصة إلكترونية لنظم التحكم الاشرافي واكتساب البيانات باستخدام المنفذ التفرعي LPT والتسلسلي COM. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (1) العدد (1).
- [9] د.جمال خليفة، م. ورد فاضل. 2018، تحسين أداء أنظمة جمع المعطيات باستخدام شبكات الحساسات اللاسلكية ذات البوابة المتنقلة، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (2).
- [10] م.رامي خضور. 2018، مقارنة بين تقنيتي PID-PSO و Fuzzy-PSO للتحكم بزوايا نواس معكوس. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (1).
- [11] عمار حسن. 2019، أتمتة التطبيقات العلمية باستخدام المنطق الضبابي، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (3).
- [12] د.م.محمد أيهم درويش، أ.د.م. قيس عبود، م.شادي يعقوب علي. 2018، قراءة وتحليل الإشارات الكهربائية للدماغ لتنفيذ أمر تحكم، مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (2) العدد (3)
- [13] Sharabaty, H., Ahkam, I., & Baba, A. 2018, *FPGA-Based Multi Heart Diseases Classification System with the Aid of LabVIEW*. 2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). doi:10.1109/ismsit.2018.8567057
- [14] Ursutiu, D., Samoila, C., & Jinga, V. 2017, *Creative developments in LabVIEW student training: (Creativity laboratory — LabVIEW academy)*. 2017 4th Experiment@International Conference (exp.at'17). doi:10.1109/expat.2017.7984399
- [15] Qian, Y., Luo, Z., Liu, Z., Zhao, H., Li, C., Song, Y., ... Wei, J. 2014, *Application of RTD Sensor in the Real Time Measurement and Wireless Transmission*. 2014 Fourth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control. doi:10.1109/imccc.2014.140
- [16] Tamboli, S., Rawale, M., Thoraiet, R., & Agashe, S. 2015, *Implementation of Modbus RTU and Modbus TCP communication using Siemens S7-1200 PLC for batch process*. 2015 International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM). doi:10.1109/icstm.2015.7225424
- [17] Sardjono, P., & Saputra, M. N. 2016, *Optimal bottomhole pressure control on oil well production using PID-linear hybrid control on electric submersible pump*. 2016 8th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE). doi:10.1109/icitee.2016.7863229