

سلسلة تبسيط التكنولوجيا (1) تقنية استخدام الحاسب الآلي في عمليات القياس والتحكم بقلم : د. أحمد حمدي حسنين¹



مما لا شك فيه أن تقنية استخدام الحاسب (Personal Computer PC) في القياس والتحكم قد تغلغت في مختلف المجالات بقدر لا نستطيع أن نتجاهله، فالسيارات الحديثة تعمل بواسطة التحكم الحاسوبي في المحرك، وتشخيص أعطالها يتم من خلال أجهزة متصلة بالحاسب، وكذلك الأجهزة الطبية وماكينات الإختبار وماكينات الإنتاج و الطائرات والمعدات الحربية وأجهزة الرادار وأجهزة القياس، هذا بالإضافة لاستخدام العلماء والباحثين والمهندسين لهذه التقنية.

وفي هذه المقالة حاولت أن ألقى الضوء عن ماهية وكيفية وطريقة الإتصال بين الحاسب والماكينة بشكل عام (Computer Machine Interface). ويوضح الشكل رقم (1) رسماً توضيحياً للفكرة الأساسية لاستخدام الحاسب في عمليات القياس والتحكم. وفيما يلي شرحاً للمكونات التي تظهر في هذا الشكل.

1. عدد من المتغيرات المطلوب قياسها (Physical Variables) (ضغط، تدفق، سرعة... إلخ)
2. عدد من الحساسات Sensors، وفي التطبيقات العملية يسمى Transducer (ويتغير الحساس طبقاً لنوع المتغير المطلوب قياسه، فالحساس الخاص بقياس الحرارة يختلف في طريقة عمله عن الحساس الذي يقيس الضغط....).
3. وحدة إمداد الطاقة (Power Supply) وغالباً ما تكون ذات جهد يتراوح بين 12-24 فولت (Volt V) لإمداد الحساس بالطاقة اللازمة لتشغيله. في بعض الحساسات لا نحتاج لإمداده بالطاقة مثل قياس الحرارة عن طريق (Thermocouple)، وفي بعض الحالات تكون التغذية عن طريق ثلاثة كابلات فقط حيث يكون الطرف السالب مشترك بين كابل إمداد الطاقة وكابل خرج الحساس.
4. كابل الإشارة الكهربائية، عبارة عن سلكين يخرجان من الحساس ويحملان إشارة كهربائية، غالباً ما تكون في شكل فرق جهد في المدى من (0-10) فولت وقد تكون (0-5) فولت أو شحنة (Charge) أو مللي أمبير mA أو مللي فولت mV. وفي كل الأحوال يجب أن يتم تحويل الإشارة الكهربائية إلى شكل يكون متوافقاً مع كارت القياس (Analog to Digital A/D)، فإما بتكبير الإشارة (من mV إلى V) أو بتركيب مقاومة Shunt Resistance للتحويل من mA إلى V أو باستخدام ما يسمى وحدة تعديل الإشارات SCU Signal Conditioning Unit.
5. وحدة تعديل الإشارات (SCU) ويمكن الإستغناء عن هذه الوحدة في حالة كون الإشارة الخارجة من الحساس لا تحتاج لتعديل، أي أنها تكون متوافقة مع ما يقيسه الكارت مباشرة.
6. كابل للتوصيل بين وحدة تعديل الإشارات (5) ووحدة توصيل الكابلات (7). في حالة عدم وجود حاجة للوحدة (5) فإن كابلات الإشارات الكهربائية (4) تصل مباشرة بين Sensors (2) ووحدة توصيل الكابلات (7). ويوجد نوعين من الكابلات، النوع الملفوف كما هو في نفس الشكل والآخر مبسط انظر الشكل رقم (2) والكابل الملفوف أفضل لأنه معزول shielded ضد الشوشرة Noise.
7. وحدة توصيل الكابلات Screw Terminal وتتنوع أشكالها وأنواعها حسب الكابل الذي سيستخدم في عملية نقل الإشارة وأشهر ثلاثة أنواع هي D 37 و 68 مستطيل و 100 مستطيل. ويمكن توصيل مجموعة من هذه الوحدات على التوالي لزيادة عدد القنوات التي يمكن قياسها على نفس الكارت باستخدام خاصية ال Multiplexing².
8. كابل توصيل بين وحدة توصيل الكابلات (7) والكارت (8).
9. كارت القياس A/D ويتم تركيبه داخل الحاسب³ في إحدى فتحات التوسع (Expansion Slots)، ونوع PCI⁴ (انظر شكل رقم 3) هو الأكثر شيوعاً حالياً لسهولة إستعماله نظراً لما يتميز به من سهولة في التعريف بالنسبة للحاسب. وبعض أنواع الكروت لها خاصية إستخدام ذاكرة الوصول المباشر DMA Direct Memory Access وذلك لزيادة سرعة القراءة للبيانات. ويذكر أن العائق لهذه الخاصية هو ما يتعلق بمعدل الكتابة على القرص الصلب Hard Disk. والكارت هو الجزء المسنول عن تحويل الإشارات الكهربائية (بالفولت) إلى إشارات رقمية (Analog to Digital). وأشهر الشركات المنتجة لهذه الكروت هي National Instruments, MetraByte و Data Translation ويوجد عدد آخر من الشركات التي تنتج كروتاً متوافقة مع ما تنتجه الشركات المذكورة. ويتوقف سعر⁵ الكارت على عدة عوامل⁶ هي:
a. عدد قنوات الإدخال Analog to Digital Channels فقد يكون العدد 1 أو 2 أو 4 أو 8 أو 16 أو 24 أو 32 أو 64، والكارت ذو 16 قناة إتصال هو الأكثر شيوعاً ويبدأ ترقيم القنوات فيه برقم صفر ثم واحد... وحتى 15.
b. سرعة قراءة البيانات من خلال الكارت Sampling Rate، وتقاس تلك السرعة ب kHz أو MHz، ولحساب سرعة القراءة على كل قناة يجب قسمة هذا الرقم على عدد القنوات الفعالة أثناء القياس. فمثلاً إذا كانت سرعة الكارت 100 kHz، والقراءة تتم من على قناتين فقط، فإن سرعة القراءة من على كل قناة ستكون 50 kHz أي 5000 قراءة في الثانية الواحدة. ويجب مراعاة أن تكون سرعة القراءة أكبر بثلاث مرات من سرعة التغير في المتغير المطلوب قياسه.

¹ أستاذ مساعد بالكلية التقنية بالرياض ahhamdy@hotmail.com

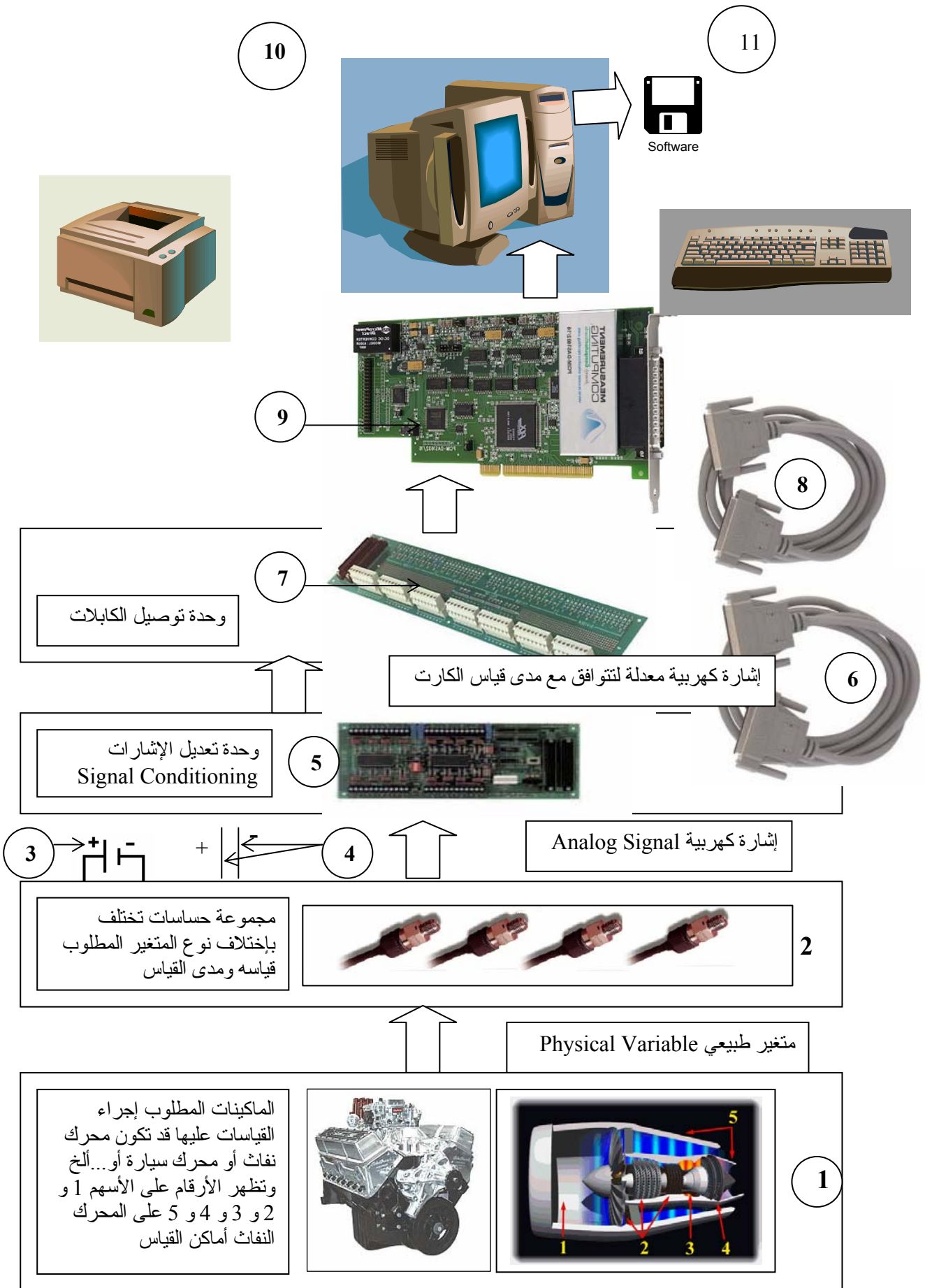
² أي يمكن توصيل 16 قناة فرعية على كل قناة رئيسية على الكارت ليصبح إجمالي عدد القنوات التي يمكن قياسها $16 \times 16 = 256$

³ توجد أنواع أخرى يمكن أن يتم توصيلها على المخرج المتوازي Parallel Port وأخرى يمكن توصيلها على المخرج المتوالي Serial Ports RS232 و RS485.

⁴ يوجد أنواع أخرى مثل: ISA, EISA for PC, PCMCIA for Laptop and NuBus for Macintosh.

⁵ متوسط سعر الكارت من هذه الأنواع يصل إلى حوالي 700 دولار.

⁶ يوجد عدد آخر من العوامل الخاصة بالتصميم وكفاءة الأداء مثل الشوشرة Noise والدقة النسبية Relative Accuracy و سيتم إفراء مقالة أخرى لشرح هذه العوامل بمزيد من الإسهاب.



شكل رقم (1) رسم توضيحي للفكرة الأساسية لإستخدام الحاسب في عمليات القياس والتحكم

c. عدد قنوات الخرج Digital to Analog channels D/A، وهي القنوات التي يتم من خلالها تحويل الإشارات الرقمية من الحاسب إلى إشارات كهربائية يمكن أن تستخدم في عمليات التحكم. وبعض أنواع الكروت لا يوجد بها مثل هذه القنوات حيث لا يحتاجها المستخدم وبذلك يقل سعر الكارت. والعدد الأكبر من أنواع الكروت يحتوي على قناتين من هذا النوع، وإذا استدعت الحاجة لوجود عدد أكبر من هذا النوع فتوجد أنواع مخصصة لذلك.

d. Resolution وهي عدد ال Bits التي يمكن تمثيل الإشارة الكهربائية عليها، والموجود منها 10 و 12 و 14 و 16 Bits، والنوع الأشهر فيها هو 12. وهذا يعني أن قيمة ال Bits التي سيتم نقل البيانات الرقمية عليها هو 10^{12} أي 4096. ولمعرفة المعنى الحقيقي لذلك فسنضرب المثال التالي: إذا كان هناك كارت قياس يعمل ب 12 Bits ويقرأ في مدى من 0 إلى 10 فولت فإننا نقسم فرق

المدى على درجة الوضوح وهي $\frac{(10-0)}{4096} = 0.0024$ فولت أي 2.4 mV. أي أنه إذا كان هناك تغير في القيمة المقاسة الصادرة

من الحساس أقل من تلك القيمة فلن يشعر بها الكارت. ويتضح مما سبق أنه كلما زادت درجة الوضوح للكارت فسوف تزداد دقة القياس. وجددير بالذكر أنه يجب مراعاة دقة الخرج من الحساس، فلو أن دقة الحساس كانت أقل من درجة دقة الكارت فلن يتم الاستفادة من دقة الكارت.

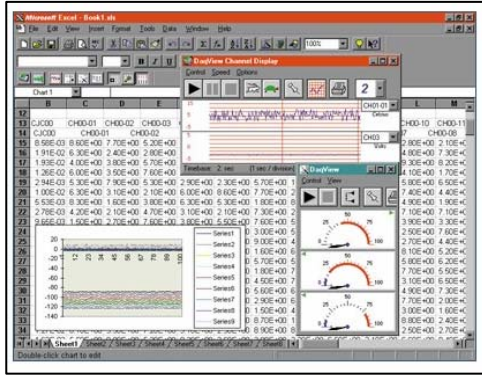
e. مدى القياس Range وهو أقل وأكبر قيمة للجهد يمكن قياسها، ويوجد بمعظم الكروت إمكانية تعديل المدى لإعطاء إمكانية قياس بدقة أكبر، والمدى 0-10 فولت هو المدى الشائع، وفي الكروت القديمة يوجد مفاتيح Switches لتغيير هذا المدى، وفي الكروت الجديدة (PCI) يمكن تغيير المدى بواسطة برنامج خاص بتشغيل الكارت. ويمكن تقليل هذا المدى ليصبح 0-1 فولت أو 0-0.01 فولت أو 0-0.001 فولت. وجددير بالذكر أن القياس على الكارت في أثناء التشغيل يجب أن يتم في مدى واحد فقط.

f. عدد الخطوط الرقمية للدخل والخرج Digital Input Output، وعن طريق هذه الخطوط يمكن التحكم في تشغيل أجهزة أخرى تعمل بالتحكم الرقمي.

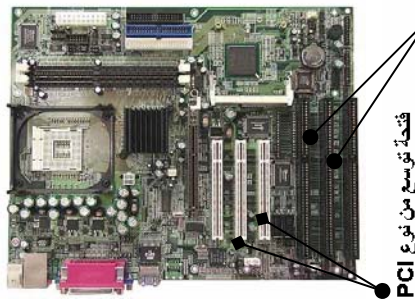
g. الفادح Trigger، في كثير من التطبيقات يحتاج الباحث إلى أن يبدأ أو يوقف قراءة البيانات بناء على إشارة كهربائية معينة، مثل فتح أو غلق دائرة كهربائية، فعندما تصل إشارة للفادح بقيمة معينة وميل معين Slope، بمعنى أن تكون القيمة في اتجاه الزيادة أو في اتجاه النقصان يبدأ الكارت في قراءة البيانات المطلوبة.

10. جهاز الحاسب الآلي الذي يتم تركيب كارت القياس فيه.

11. برنامج القياس Software الذي يُستخدم في عملية إظهار وتسجيل البيانات من خلال كارت A/D، وفي معظم الأحوال يقوم مصنوع هذه الكروت ببيع برامج بسيطة جاهزة خاصة بالكارت لا تخرج في معظمها عن عدد من الأعمدة يمثل القنوات وعدد من الصفوف يمثل كل صف منها القراءات لكل القنوات في نفس اللحظة. وبدون البرنامج، أنظر شكل رقم (4)، الذي يعيد صياغة القراءات في أشكال بيانية وتحليلية تصبح كل العناصر السابقة بدون أي قيمة. وهناك ثلاثة مستويات يمكن كتابة البرامج الخاصة بتلك الكروت. المستوى الأول هو استخدام لغة الأسمبلي Assembly Language. وهذا النوع قليل الاستخدام لصعوبة اللغة نفسها ولكن قد يحتاج إليه في بعض التطبيقات التي تحتاج إلى سرعة عالية في قراءة البيانات وسرعة عالية في معالجتها في نفس الوقت، مثل تطبيقات نظم الخبرة وتشخيص الأعطال في أثناء التشغيل Online. والمستوى الثاني هو استخدام لغات مثل Visual Basic والباسكال و C بفئاتها⁷ وإصداراتها. والمستوى الثالث وهو الأسهل نسبيا لكونه يستخدم لغات متخصصة⁸ مثل LabView⁹، HPVee¹⁰، DasyLab¹¹، Snap Master¹²، Testpoint¹³، وكل اللغات المتخصصة المذكورة تستخدم البرمجة بتوصيل أسلاك، أنظر شكل (5)، Wiring Programming إلا Testpoint فهي تستخدم البرمجة الشبكية Object Programming والسعر السائد لهذه اللغات يبدأ من عند 1000 دولار أمريكي تقريبا لمستخدم واحد وقد تصل إلى مايقرب من 15000 دولار للنسخة الكاملة.



شكل رقم (4) برنامج قياس بسيط



شكل رقم (3) فتحات التوسع



شكل رقم (2) كابل مبسط

⁷ C++, Visual C

⁸ سيتم إفراد مجموعة مقالات لشرح لغات البرمجة من المستوى الثالث والفروق فيما بينهم والإمكانيات المتاحة في كل لغة.

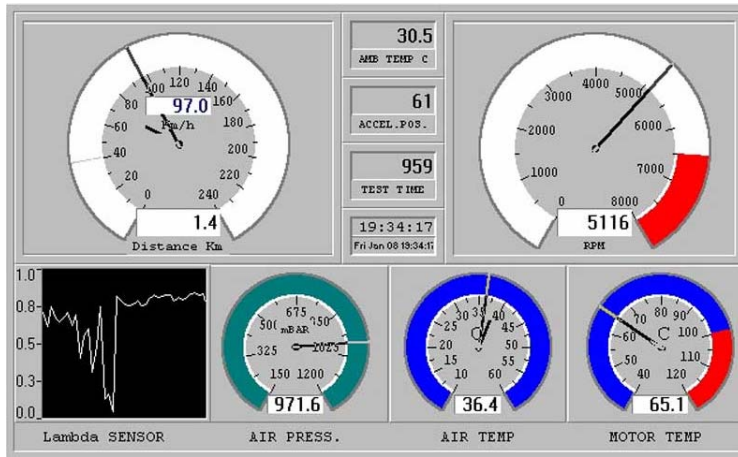
⁹ Labview version 7 from National Instruments <<http://www.ni.com/labview>>

¹⁰ HPVee version 5 from Hewlett-Packard Company <<http://www.hpvee.com/>>

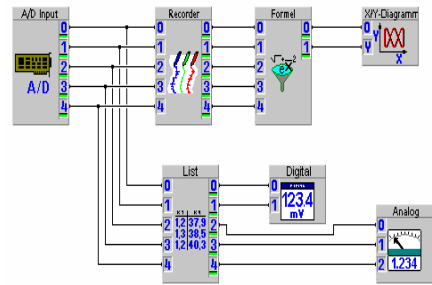
¹¹ DasyLab version 7 from National Instruments <http://www.dasylab.net/dasylab_english/index.html>

¹² Snap master from HEM Data Corporation <<http://www.hemdata.com>>

¹³ Testpoint from Capital Equipment Corporation <http://www.ccc488.com>



شكل رقم (6) شاشة المستخدم



شكل رقم (5) البرمجة بتوصيل الأسلاك
Wiring Programming

مثال لطريقة القياس

معطيات المتغير المطلوب قياسه:

- أ- المتغير المطلوب قياسه هو الضغط داخل إسطوانة ويبلغ مقدار الضغط عند القياس 75 (ضغط جوي) بار.
- ب- مدى قياس الحساس 0 إلى 100 بار وخرجه من 0 إلى 10 فولت.

معطيات الكارت:

مدى قياس الكارت من 0 إلى 10 فولت ودرجة وضوحه 12 Bits.

- طبقا للمعطيات السابقة فإن خرج الحساس يساوي

$$\text{قيمة الضغط} \times \frac{\text{فرق مدى خرج الحساس}}{\text{فرق مدى قياس الحساس}} = \frac{(0-10)}{(0-100)} \times 75 = 7.5 \text{ فولت}$$

رقمية قيمتها 11000000000 بالانظام الثنائي¹⁴ يمكن تمثيلها على خطوط الإتصال الإثنا عشر كالتالي

رقم Bit	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
قيمة ال Bit بالأس	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
قيمة ال Bit بالانظام العشري	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
الإشارة الرقمية	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

وبضرب قيمة كل Bit بالانظام العشري فيما يناظرها من الإشارة الرقمية (0 أو 1) ثم جمع الناتج، فإن قيمة الإشارة الرقمية تساوي
 $3072 = 1 \times 2048 + 1 \times 1024 + 0 \times 512 + 0 \times 256 + 0 \times 128 + 0 \times 64 + 0 \times 32 + 0 \times 16 + 0 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 0 \times 1$ ويقوم البرنامج بعمل العملية العكسية لمعرفة قيمة الإشارة الكهربائية كالتالي

$$\text{فرق مدى قياس الكارت} \times \frac{\text{قيمة الإشارة الرقمية}}{\text{درجة وضوح الكارت}} = \frac{3072}{4096} \times (0-10) = 7.5 \text{ فولت}$$

ونلاحظ أن $2^{12} = 4096$ هي درجة وضوح الكارت. وبضرب قيمة الإشارة الكهربائية في فرق مدى قياس الحساس مقسوما على فرق مدى قياس الكارت لوجدنا أن القيمة تساوي $75 = 10/100 * 7.5$ بار.

والآن إذا كانت الإشارة الرقمية تساوي 111001000000¹⁵ فكم يساوي الضغط المقاس¹⁶؟ وسيرى المستخدم نتائج القياس على شاشة مثل ما هو موضح بالشكل رقم (6).

المراجع

1. "Data Acquisition (DAQ) Fundamentals", National Instruments, Application Note 007.
2. "Designing a data Acquisition and Control System", Cyber Research Co.
3. "Data Acquisition System for Internal Combustion Engine DAS-ICE", Ver. 2.0, User Manual, by Ahmed H. Hassanien, Cairo Egypt 2000.
4. "Multi-function General Purpose Data Acquisition System MUGPO", User Manual, by Ahmed H. Hassanien, Cairo Egypt 1999.

¹⁴ النظام الثنائي هو النظام العددي الذي يستخدمه الحاسب في تمثيل البيانات ويتكون فقط من رقمين هما الصفر والواحد.

¹⁵ متروك للقارئ ليختبرها بنفسه ويمكن استخدام الآلة الحاسبة العلمية الموجودة بالحاسب لمعرفة الرقم العشري المقابل للرقم الثنائي وإكمال الحل طبقا للمثال المعطى.

¹⁶ 89.0625 بار