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

The Design of the Digital Direct Control (DDC) used in the Building Management System (BMS)

Dr. Ayman Nbhan*

(Received 22 / 5 / 2017. Accepted 31 / 7 / 2017)

□ ABSTRACT □

In this paper, the work is based on the design of direct digital control circuits (DDC) which is one of the most important parts of the building management system (BMS) and the design of communication protocols necessary. This work has its importance from a technical point especially developed control software needed to design, in addition to the economic terms of providing these circuits through local manufacturing have not needed to be imported (which is not easy in most cases). The article described building management system and explains the most important components and focusing on the DDC circuits.

The article presents the most important electronic components used in the design, where we used simulation software "Proteus" in circuit design, and for programming the controller we used the "Bascom AVR" program. In the end, we have implemented a direct digital control circuit with eight digital inputs and eight digital outputs.

Key Words: Digital Direct Control (DDC), Building Management System (BMS), AVR ATmega, software "Proteus".

* **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 دارات التحكم الرقمي المُباشر(DDC) المُستخدمة في نظام إدارة المباني (BMS)

د. أيمن نبهان نبهان*

(تاريخ الإيداع 22 / 5 / 2017. قُبِل للنشر في 31/ 7 / 2017)

□ ملخّص □

يتمحور العمل في هذا البحث حول تصميم دارات التحكم الرقمي المُباشر(Digital Direct Control, DDC) والتي تُعتبر من أهم أجزاء نظام إدارة المباني (Building Management System, BMS)وكذلك تصميم بروتوكولات الاتصال اللازمة لها. يتميز هذا العمل بأهميته التي تتمثل بالجانب الفني وخاصةً بوضع برامج المُتحكمات اللازمة للتصميم إضافة إلى الجانب الاقتصادي المُتمثل في توفير هذه الدارات من خلال التصنيع المحلي لها وعدم الحاجة لاستيرادها (والذي يكون غير سهل في معظم الأحيان). يوصّف البحث نظام ادارة المباني ويشرح أهم مكوناته مع التركيز على دارات الـ DDC.

يستعرض البحث أهم العناصر الإلكترونية المُستخدمة في التصميم، حيث اعتمدنا على برنامج المحاكاة "Proteus" في التصميم الالكتروني للدارات،ومن أجل برمجة المُتحكم استخدمنا برنامج الـ "Bascom AVR". وفي النهاية،قمنا بتنفيذ دارة تحكم رقمي مُباشر ذات ثمانية مداخل رقمية وثمانية مخارج رقمية.

الكلمات المفتاحية: التحكم الرقمي المُباشر (DDC)، نظام إدارةالمباني (BMS)، AVR ATmega، برنامج "Proteus".

* دكتوراه – تكنولوجيا التحكم–وزارة الصناعة– سورية.

مقدمة:

نظام الـ BMSهو نظام إدارة المباني (Building Management System) وهو عبارة عن نظام مراقبة وتحكم، حيث يمكن تلخيص الفعاليات التي يمكن أن نراقبها ونتحكم بها باستخدام الـ BMSبما يلي: [1]

التحكم بالتكييف والتبريد والتهوية (Heating Ventilation Air Conditioning, HVAC)، إدارة الإنارة، مراقبة البوابات، مراقبة المصاعد والسيور المتحركة، إدارة نظام فوترة المياه والكهرباء المُستهلكة، الإنذار عن الحريق وأنظمة التحكم بإطفائه، المراقبة والتحكم بخزانات الوقود والمياه، أنظمة الأمان والحماية من السرقة، كاميرات المراقبة CCTV، التحكم بالدخول للمبنى (مراقبة والتحكم بالأبواب)، المراقبة والتحكم بالمولدات ولوحات التغذية الرئيسية والتأكد من عدم انقطاع التغذية عن أحمال الدرجة الأولى.

في هذا البحث، تم استعراض مكونات نظام ادارة المباني مع التركيز على دارات التحكم الرقمي المباشر (DDC)كذلك تم شرح مكونات داراتالـ DDCالموجودة في الأسواق وشرح طريقة عملها.

ثم تم تصميم دارات تحكم رقمي مُباشر تقوم بعمل (تحل مكان)الدارات الموجودة في الأسواق، وتصميم بروتوكولات الاتصال اللازمة لها. من بعد بناء النموذج البرمجي لمحاكاة التصميم وبرمجة الدرات التكاملية القابلة للبرمجة سنقوم بتصميم وتنفيذ دارة تحكم رقمي مباشر ذات ثمانية مداخل وثمانية مخارج رقمية.

أهميته البحث وأهدافه:

تكمُن أهمية البحث في وضع خطوات التصميم، بشكل مبسط، لأهم مكونات نظام إدارة المباني وهيدارات التحكم الرقمي المُباشر (DDC)، وهذه الدارات تكون موزعة في حقل التحكم (الأبنية والمنشآت).لهذا العمل فوائد تقنية تتعلق بالجانب الفني وتتمثل بمعرفة حالة الوحدات الجزئية المكونة للنظام والكشف الدقيق عن الأخطاء والأعطال مع إمكانية التوسع بسهولة. إضافة إلى الجانب الاقتصادي المُتمثل في توفير هذه الدارات من خلال التصنيع المحلي لها وعدم الحاجة لاستيرادها وخصوصا في ظل الحصار الاقتصادي والعلمي الذي يعاني منه بلدنا في الآونة الأخيرة.

طرائق البحث ومواده:

بداية تم بتوصيف نظام ادارة المباني وشرح مكوناته ثم قمنا بدراسة دارات التحكم الرقمي المباشر الموجودة في الأسواق. ومن أجل تصميم دارات التحكم الرقمي المباشر قمنا باختيار العناصر الإلكترونية المستخدمة في التصميم واختيار المُتحكم الصغريّ من نوع AVR. اعتمدنا على برنامج المحاكاة "Proteus" في تصميم الدارات ومن أجل كتابة برامج المتحكم استخدمنا برنامج الـ "Bascom AVR". وفي النهاية، قمنا بتنفيذ دارة تحكم رقمي مُباشر ذات ثمانية مداخل رقمية وثمانية مخارج رقمية.

مكونات نظام ادارة المباني:[2, 3, 4]

– دارات التحكم الرقمي المُباشر (Digital Direct Control, DDC):

هي دارات مُصممة للتوصيل مع المُشغلات (Actuators) والحساسات (Sensors)، وظيفتها قراءة حالة الحساسات وتحويلها إلى بيانات وتكويد هذه البيانات وارسال هذه القراءات على ممر المعطيات (Data bus) والذي يقوم باستقبال اشارات التحكم وترجمتها (فك تكويدها) وارسالها إلى المخارج المسؤولة عن تفعيل المُشغلات.وتكون هذه

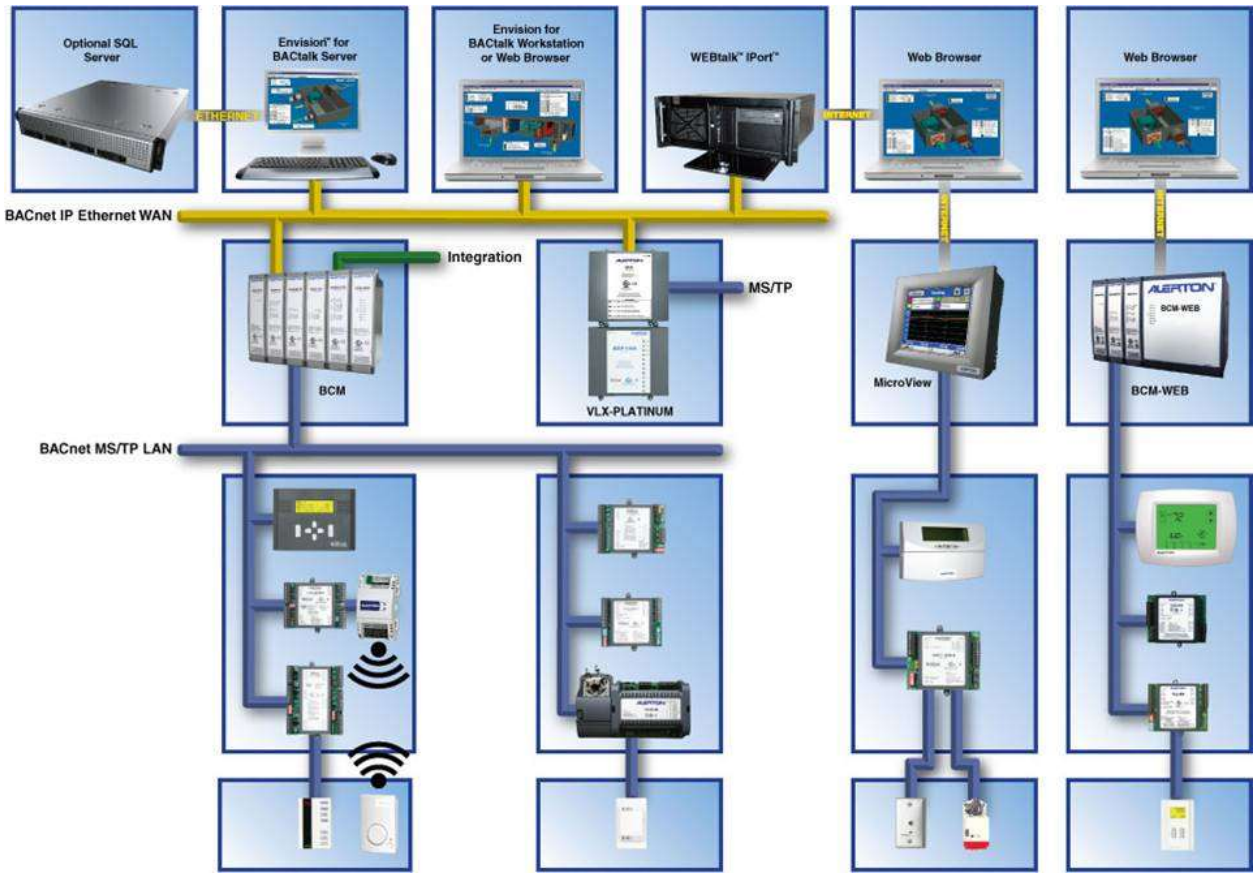
الدارات موزعة في حقل التحكم حسب متطلبات العمل. من الممكن استخدام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC) كبديل عن هذه الدارات.

ممر المُعطيات (Data Bus):

يمثل عصب النظام فهو المسؤول عن تبادل المعلومات بين وحدات الـDDC ووحدات ملائمة الاتصال(BCM)، وهو عبارة عن بروتوكول اتصال معين يخدم هذا الترابط، فمثلا يمكن أن يُستخدم المعيار "RS485" أو بروتوكولات اتصال محدودة القدرة والمدى وذلك حسب حجم المُنشأة (حجم حقل التحكم). ويُستخدم ممر المُعطيات للتقليل من حجم النفقات التي يمكن أن تنفقعلى الكابلات اللازمة للتحكم بمنشأة فيما إذا كان التحكم فيها عن طريق مُتحكّم مركزي، فيكون ممر المُعطيات مُمثل بكبل ممدود بالمبنى بشكل حلقة تربط عدد من وحدات التحكم المباشر مع وحدة ملائمة اتصال.

وحدات ملائمة الاتصال:

هي وحدات تقوم بتحويل صيغ الترميز لبروتوكول الاتصال المُستخدم في ممر المُعطيات(للربط بينDDCs) إلى صيغة تكويد تلائم بروتوكول الاتصال المُستخدم لربط وحدات ملائمة الاتصال مع وحدات ملائمة حقل البيانات (IDFs)، أي أنه يحول من بروتوكول الاتصال RS485 أو PROFIBUS مثلاً إلى بروتوكول الاتصال RS232أو Ethernet وذلك يحدده أيضا حجم حقل التحكم الذي يخدم المُنشأة، الشكل 1.



الشكل1: التشكيل الهرمي لمنظومة الـBMS.

وحدات ملائمة حقل البيانات (Interface Data Failed, IDF):

هي وحدات موجودة بالمُنشأة التي يتطلب العمل فيها تبادل المعلومات بين أنظمة التحكم المختلفة، كأنظمة الحماية من الحريق وأنظمة التحكم بالأبواب وأنظمة المراقبة والكاميرات. نستخدم الEthernetكبروتوكول اتصال ويقتصر عمله مع نظام إدارة المباني على تبادل المعلومات بين وحدات ملائمة الاتصال ومدير المبنى (الحاسوب المركزي).

مدير المبنى (الحاسوب المركزي):

هو عقل النظام والمُتحكم الرئيسي به بحيث يحوي على واجهة التحكم والمراقبة، وهو جوهر التحصيل المعلوماتي حيث أنه يجمع المعلومات عن حالة المُنشأة بشكل جزئي ومُفصّل ويشارك هذه المعلومات بشكل يتناسب مع اتخاذ القرارات المناسبة، ويتمثل ذلك إما بإرسال ملاحظات إلى المعنيين بالأمر في حال تم الكشف عن عطل ما في الأجهزة التي يديرها أو ارسال قيم الفواتير المُستحقة (والتي يقوم النظام بتحصيلها من العدادات بشكل لحظي وإعداد تقرير شهري مع حساب قيمة الفاتورة).يبين الشكل (1)مكونات نظام ادارة المباني من خلال التشكيل الهرمي للنظام.

دارات التحكم الرقمي المباشر (DDC):

هي عبارة عن مُتحكمات صغريّة (Microcontroller) مُجهزة بعتاد يجعلها قابلة للاتصال مع بعضها البعض ببساطة وكذلك الاتصال بالحساسات على منافذ الدخل والمُشغلات على منافذ الخرج، يُظهر الشكل التالي مثال عن هذه المُتحكمات التجارية.

الشكل2: دارة تحكم رقمي مباشر(DDC) تجارية.

مكونات دارات التحكم الرقمي المُباشر:

-المُتحكم الصغري (MC):

يختلف نوع المُتحكم المُستخدم حسب حجم العمل (حقل التحكم) والذي يُحدد بعدد نقاط المراقبة (نقاط دخل النظام) وكذلك عدد النقاط المُراد التحكم بها (نقاط خرج النظام).

ويتعلق أيضاً نوع المُتحكم بعدد المُتحكمات المستخدمة كدارات تحكم رقمي مباشر والبعد بين دارات التحكم هذه،مثال المُتحكم "mc908az60acfue" تصنيع شركة "Motorola" الذي يظهر على الشكل (2).

-دارات ملائمة المداخل والمخارج (I/O):

عادةً، يتم تجهيز المُتحكم: بدارات مُكمّلة لعمله مع الحساسات والمُشغلات، كدارات تغذية الحساسات ودارات تنعيم الاشارة وتضخيمها في بعض الحالات، ودارات العزل المُستخدمة لعزل تغذية الأجهزة المُراد التحكم بها عن تغذية المُشغلات (ترانزستورات القدرة، ريليهات...الخ).

-دارات ملائمة الاتصال:

تحتوي دارات التحكم الرقمي المُباشر على دارات ملائمة اتصال لتبادل البيانات الصادرة من المُتحكم أو الموجهة اليه بالمعيار الذي يتعامل معه المُتحكم إلى بروتوكول الاتصال المُستخدم في ممر المعطيات. يتم استخدام بروتوكول الاتصال المتطور"RS485"إذا كان حجم حقل التحكم كبيرا، هنا يلزم دارات تلائم نافذة الاتصال التسلسلية، حيث يمكن استخدام دارة "MAX-485" كدارة ملائمة الاتصال التسلسلي. لكن، يمكن الاستغناء عن دارات الملائمة هذه إذا كان حجم حقل التحكم صغيرا حيث يتم الاتصال بين دارات التحكم المُباشر عن طريق نوافذ الاتصال الموجودة في المُتحكمات المُستخدمة، الشكل 3.

الشكل3: مكونات دارة الـDDC.

-مزود عنوان خارجي:

تحوي دارات التحكم الرقمي المُباشر على مزود عنوان خارجي (MAC Address) على شكل مفتاح ذو ثماني حركات (Pins). ويتم تحديد عنوان دارة التحكم المُباشر بالترقيم الثنائي، وبشكل بسيط، لكي يتمكن المُستخدم من عنونة هذه الدارات بشكل يدوي حسب توزعها في المُنشأة ليسهل وصول البيانات إليها ويقلل من احتمال حدوث تصادم البيانات الموجودة على ممر المعطيات هذا الذي يؤدي إلى بطء في الاتصال.

تتصل دارات التحكم الرقمي المُباشر مع بعضها البعض عن طريق بروتكول اتصال مُعين لتُشكل لوحات تحكم تتوزع ضمن المنشأة، يبين الشكل جانبا تجميع عدد من دارات التحكم الرقمي (لإحدى المنشآت) عبر ممر المعطيات وذلك حسب توزع نقاط العمل جغرافيا، الشكل 4.

الشكل 4: لوحة تحكم لإحدى المنشآت.

تصميم دارات التحكم الرقمي المباشر:[5, 6, 7]

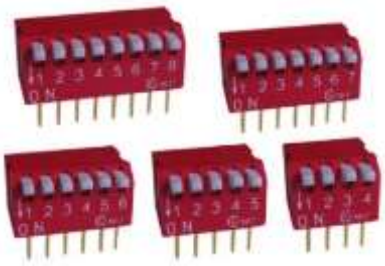
سنقوم بتصميم دارات تحكم رقمي مباشر تقوم بعمل دارات التحكم المباشر الموجودة في الأسواق، وتصميم بروتوكول الاتصال بين الدارات وتصميم بروتوكول الاتصال الذي يؤمن اتصال الشبكة بالحاسب المركزي.

أهم العناصر الإلكترونية المُستخدمة:

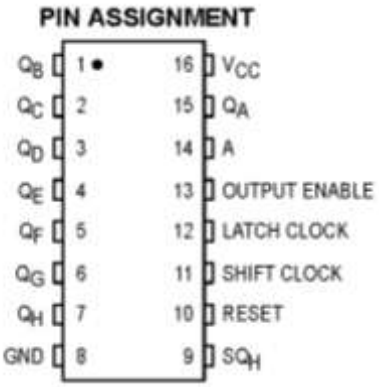
أهم العناصر الإلكترونية المُستخدمة في تصميم دارات التحكم الرقمي المباشر، هي: مُتحكمات صغريّة من نوع "AVR ATmega16"، دارة العزل المُتكاملة "ULN2003"، دارة ملائمة الاتصال "MAX-485"، مفاتيح نوع "DIP SWITSH" ودارة مسجل ازاحة تسلسلي – تفرعي، انظر الشكل 5.

"**AVR ATmega16**" "**ULN2003**" "**MAX-485**"

(أ)



مفاتيح نوع "**DIP SWITSH**"



دارة مسجل ازاحة تسلسلي – تفرعي

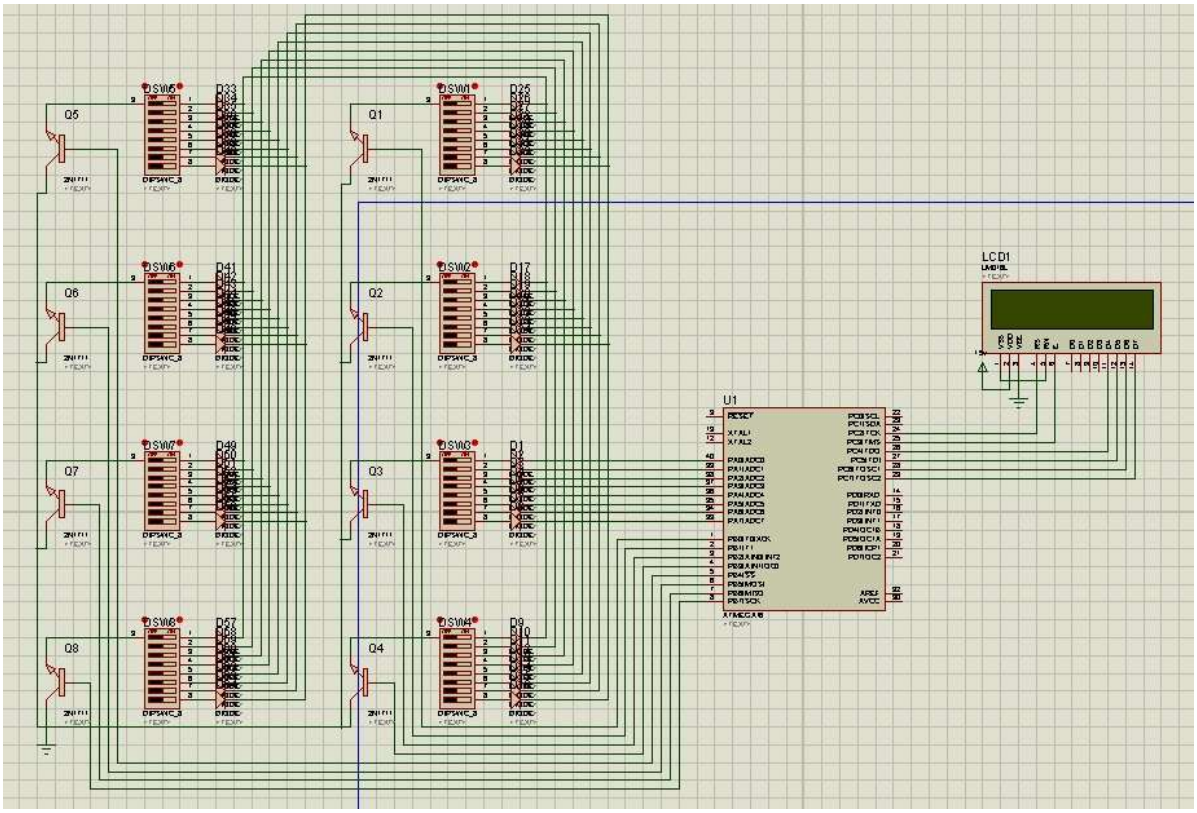
(ب)

الشكل 5: أهم العناصر الإلكترونية المُستخدمة في تصميم دارات التحكم

تصميم الدارات على برنامج المُحاكاة "Proteus":[7, 8]

تصميم دارة تحكم رقمي مُباشر ذات 64 مدخل تشابهي أو رقمي:

تم توصيل ثمانية مفاتيح ذات ثمانية أطراف (Pins) بشكل تفرعي مع العوازل للإشارات الراجعة (الديودات)، وبتوصيل ترانزستورات لتأمين الأرضي (COM)، كما في الشكل 6.



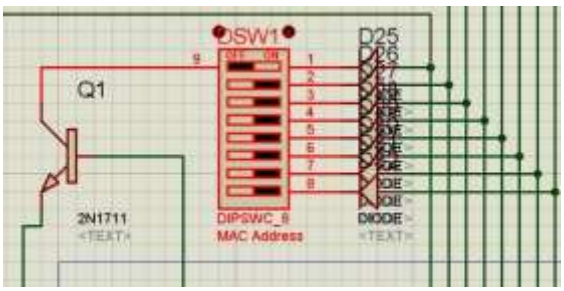
الشكل 6: دارة توسعة المداخل.

-آلية عمل الدارة:

عندما تؤخذ القراءات الثمانية من مفاتيح الـ Dip Switsh (حين يتم تفعيلها)يتم حفظ هذه القراءات في مصفوفة يكون أول عنصر فيها هوالـ MAC Address الخاص بهذه الدارة. تُرسل هذه المصفوفة على ممر المعطيات المُصمم عبر النافذة التسلسلية الخاصة بالمتحكم UART.إن أخذ القراءات الثمانية تحتاج كحد أقصى إلى80ms. أي أن الدارة ترسل كل ثانية قرابة 12 قراءة للمداخل الـ 64 وهذا يساعد على التحكم في عملية تدفق البيانات. حيث نستطيع تأخير هذا الزمن وتحديد الأزمنة حسب حجم العمل لإرسال بلوكات المعلومات على ممر المعطيات. وبالمثل يمكننا تصميم دارة توسعة للمخارج الرقمية.

-مزود العنوان الخارجي:

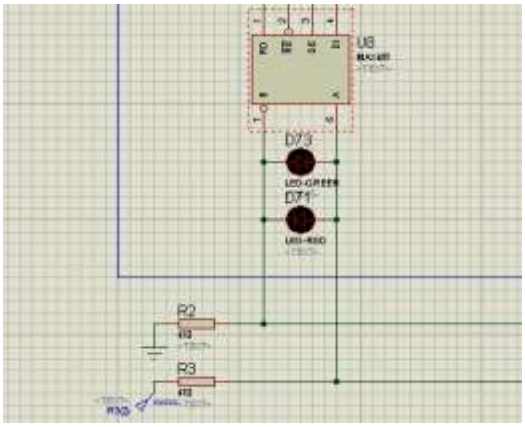
في هذه الدارة تم وصل المفتاح Dip Switsh الخاص بالـMAC Address كواحد من منافذ الدخل الموسعة وبذلك يتم قراءة العنوان كل دورة عمل للمُتحكم، فإذا تغير العنوان من قبل المُستخدم (بشكل يدوي) يتحسس المُتحكم هذا التغير لحظياً ويُسند القيمة الجديدة للعنوان إلى الذاكرة المُخصصة له.إذا أراد المُستخدم أن يغير قيمة العنوان برمجياً عندها يقوم بحجب نبضة تفعيل قراءة العنوان ويسند العنوان المطلوب إلى العنصر الأول من المصفوفة، الشكل 7.



الشكل7: مزود العنوان الخارجي كمدخل موسع.

-دارة ملائمة الاتصال:

يبين الشكل التالي الدارة "MAX485" مع المقاومات الطرفية للتخفيف من أثر الضجيج الذي يمكن أن يحدث للإشارة وامتصاص الاشارات المُرسلة والمُستقبلة. وقمنا بوصل النافذة التسلسلية على دخل الدارة وكذلك قطب التحكم الذي يحول عمل الدارة من استقبال البيانات إلى ارسالها، تبين مصابيح الاشارة حالة ممر المعطيات (بما أن الخطين يعملان بصورة تفاضلية)، الشكل 8.



الشكل 8: دارة ملائمة البروتوكول.

تصميم دارة تحكم رقمي مُباشر ذات ثمانية مداخل رقمية وثمانية مخارج رقمية:

تُصمم مثل هذه الدارات لمراقبة تجهيزات بسيطة (لا تحتوي اشارات تشابهية) والتي لا تتطلب أكثر من هذا العدد من المداخل والمخارج كدارات التحكم والمراقبة للأحمال الكهربائية. حيث أنه وبشكل عام لكل حمل كهربائي نقطة تحكم(تشغيل واطفاء)واحدة وثلاث نقاط مراقبة، هي:

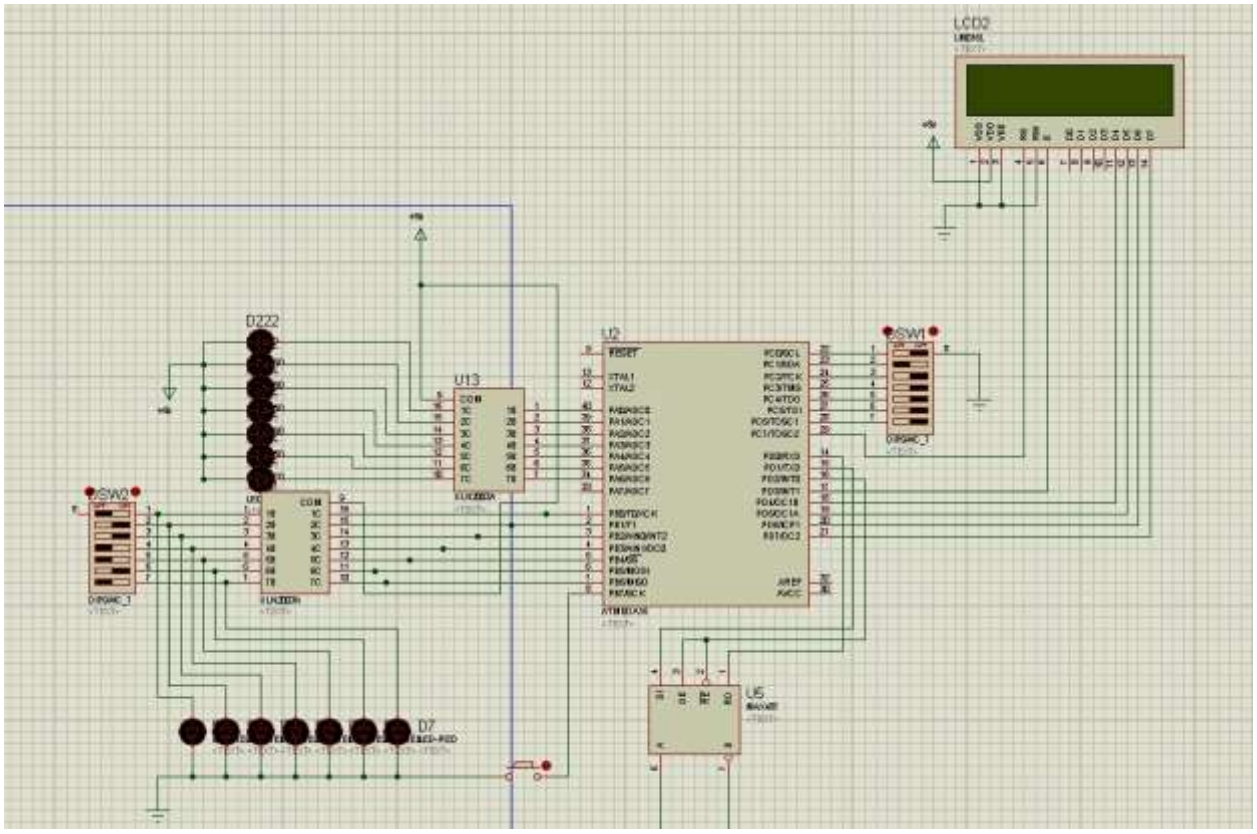
-مفتاح الاختيار، وله حالتين (يدوي أو ألي).

-حالة المُشغل(مُفعّل أو غير مُفعّل).

-الانذار الناتج عن عطل في الحمل(قصر أو فراغ).

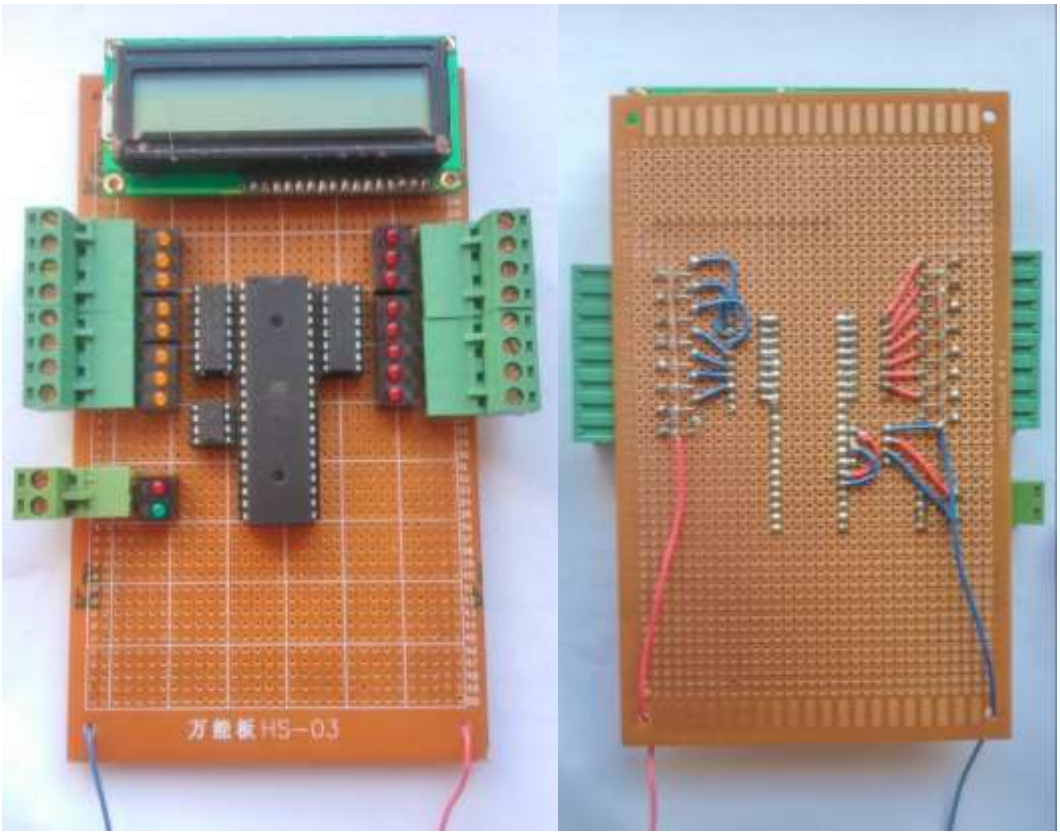
أما باقي نقاط المراقبة فهي الحساسات الداخلية للحمل حيث تبين تماما حالة الحمل (الجهاز المُقاد) وبمساعدة نقاط مراقبة الطاقة المذكورة أعلاه. يبين الشكل التالي، الشكل (9)، العناصر اللازمة لتصميم الدارة على برنامج المحاكاة "PROTEUS".

التعليمات البرمجية مكتوبة ببرنامج "AVR BASCOM".



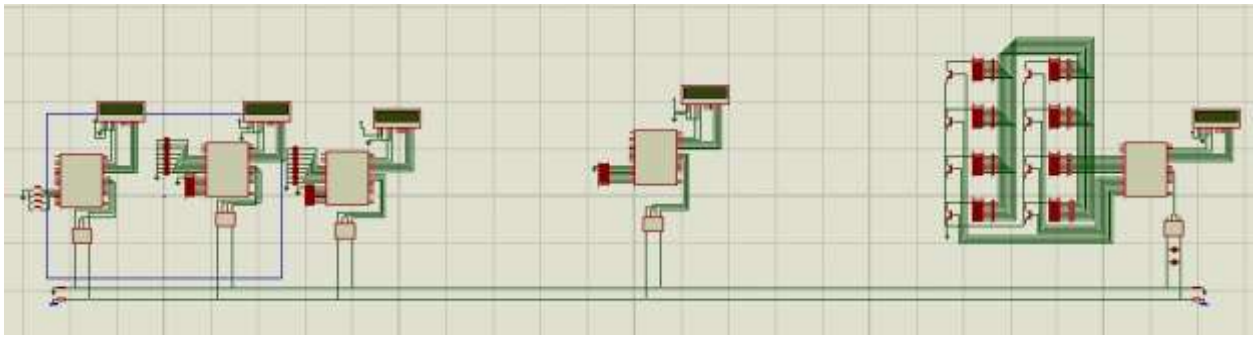
الشكل 9: تصميم الدارة على برنامج المحاكاة "PROTEUS".

يبين الشكل (10)، التنفيذ العملي للدارة المُصممة.



الشكل 10: الدارة العملية المُنفذة.

يمكن أن نقوم بتوسيع النظام ليصل عدد الدارات المُتصلة مع بعضها وبدون مكرر إلى 32 مُتحكم، وفي الشكل التالي، الشكل (11)، مثال مُصغّر عن التوسيع القابل للتنفيذ لهذا النظام:



الشكل 11: مثال عن كيفية توسيع النظام.

النتائج والمناقشة:

تم في هذا البحث بتصميم دارة تحكم رقمي مُباشر(DDC) وتحديد بروتوكولات الاتصال اللازمة لها، حيث تم وضع خطوات التصميم بشكل مبسط. من بعد بناء النموذج البرمجي لمحاكاة التصميم وبرمجة داراتها قمنا بتصميم وتنفيذ دارة تحكم رقمي مباشر لوضعها في حقل التحكم.

تمتاز دارة التحكم الرقمي المباشر (DDC) التي قمنا بتصميمها بمواصفات تقنية هامة من الناحية الفنية، تأكدنا من صحة عملها ودقة نتائجها من خلال التنفيذ العملي.

نُلخص، فيما يلي، المواصفات الفنية لدارة الـ (DDC) المُصممة:

-تتحسس حالة ثمانية حساسات رقمية (دخل).

-تستطيع تشغيل ثمانية مُشغلات رقمية(خرج).

-بالإمكان عنونتها يدويا (عن طريق مزود العنوان الخارجي)مما يساعد على توزيع الدارات حسب الترتيب المناسب ضمن المُنشأة.

-قدرة ممر المعطيات على ربط 256 دارة تحكم مباشر مع بعضها إلى وحدة ملائمة الاتصال (BCM).

-تحديث حالة المخارج بزمن أصغري 100msوذلك في حال ربط ما يقارب عشرة دارات DDCبينما تحتاج إلى ثانية ونصف كحد أعظمي في حال ربط 256 دارة تحكم.

-ارسال حالة الحساسات الموصولة اليها واظهارها على واجهة التحكم والمراقبة بزمن أعظمي 1sec.

-يمكن تزويدها بشاشات عرض الحالة بمختلف أنواعها لعرض حالة الحساسات والمُشغلات.

-يمكن الاستغناء عن شاشات العرض بمصابيح اشارة تفيد في اظهار حالة المداخل والمخارج الرقمية.

-يتم توصيل الدارات مع بعضها البعض بواسطة كبل (ذو خطين وأرضي) مُسلفن خاص بالشبكات، سرعة نقل البيانات فيه تتراوح بين (10-76 Kbps).

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث وضع خطوات التصميم لأهم مكونات نظام إدارة المباني وهيدارات التحكم الرقمي المباشر (DDC) والتي تكون موزعة في المكان الذي نريد مراقبته والتحكم به(الأبنية والمنشآت الاقتصادية). وتم استنتاج أن التصميم صحيح من خلال الاختبار العملي للدارة المصممة. وتم استنتاج أن تنفيذ التصميم محلياً يلغي الحاجة إلى استيراد مثل هذه التجهيزات الالكترونية والذي لا يكون في معظم الأحيان سهلاً، مما ينعكس ايجاباً على الجانب الاقتصادي.

نوصي باستخدام دارة التحكم التي تم تصميمها في أنظمة إدارة المباني لما لها فوائد تقنية تتعلق بالجانب الفني وتتمثل بمعرفة حالة الوحدات الجزئية المكونة للنظام والكشف الدقيق عن الأخطاء والأعطال مع إمكانية التوسع بسهولة.

ونوصي بالاعتماد على الخبرة المحلية في توفير مثل هذه الدرات وغيرها وخصوصا في ظل الحصار الاقتصادي والعلمي الذي يعاني منه بلدنا.

المراجع:

[1] Shengwei Wangand Junlong Xie, "Integrating Building Management System and facilitiesmanagement on the Internet", Elsevier Science, 2002.

[2] Alessandro A. Nacci, "METHODS AND TOOLS FOR EFFECTIVE SMART BUILDINGS DEPLOYMENT", these Phd, POLITECNICO DI MILANO, 2015.

[3] UBC Technical Guidelines, "Building Management Systems (BMS) DESIGN GUIDELINES", University of British Columbia, 2015.

[4] POPESCU DANIELA E. and PRADA MARCELA F., "Some Aspects about Smart Building Management Systems - Solutions for Green, Secure and Smart Buildings", Recent Advances in Environmental Science.

[5] Chris Wilson, "DDCSequencingandRedundancy", ESD, 2008.

[6] Ross Montgomery, P.E. "DDC Networks and Controls Protocols", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Published by Elsevier, 2008.

[7] Proteus 8,TutorialDocumentation، Labcenter Electronics ,2014.

[8] Bascom AVR, Version 2.0.7.1 document Reference، MCS Electronics.