الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحي

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة

Programmable Logic Controller

مهندس الصيانة الكهرباء- الدرجة الثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الإدارة العامة للمسار الوظيفي - إدارة المشاريع

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة للمسار الوظيفي

الفهرس

مقدمة عامه 3
مقارنة بين أنظمة التحكم الكلاسيكى و أنظمة التحكم القابلة PLC 4
مكونات وحدات PLC 7
وحدات البرمجة Programming device 9
شاشات التحكم الصناعية TP & HMI 11
أنواع الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة (PLC) 12
الإشارات المنطقية (Discrete\Digital Signal) 14
التمثيل الرقمى Binary & Octal & Decimal & Hexadecimal 45
عنونة إشارات الدخل والخرج Addressing 48
أنواع المتغيرات PLC variable types 50
الرموز المستخدمة Symbol 54
شرح الاوامر البسيطة AND,OR 58
نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا – SCADA) : 84
أنظمة التحكم المختلفة وارتباطها بنظام الاسكادا 86
مكونات نظام الاسكادا 86
خصائص نظام الاسكادا 89
مميزات نظام الاسكادا SCADA 92

الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة

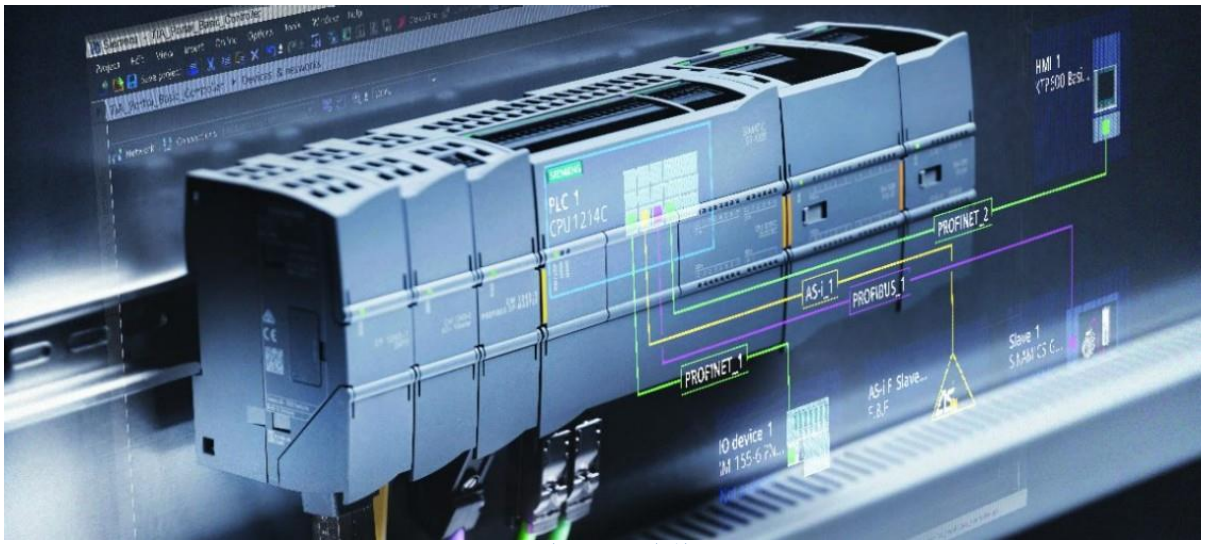
Programmable Logic Controller (PLC)

الشكل 1 : Programmable Logic Controller

مقدمة عامه

تعتبر الحاكمات المنطقية المبرمجة (PLC : Programmable Logic Controller) هي أكثر نظم التحكم الصناعي انتشاراً، وقد صممت بالأساس لتكون بديل عن نظم التحكم التقليدية(والتي تعتمد على الريلاي لبناء منطق التحكم) ، وبالتإلي فقد صممت بالأساس – وكما يظهر من إسمها – لتتعامل مع الإشارات المنطقية أي التي لها وضعين فقط(توصيل– أو فصل) 1–0 ولكنه سرعان ما اكتسبت القدرة على التعامل مع الإشارات التناظرية وازدادت وظائفها وقدارتها بشكل كبير بحيث تجاوزت بمراحل قدرات نظم التحكم التقليدية. والمجال الأصلي الذي صُمم ال PLC ليتعامل معه هو التحكم في الآلات Machine Controlإلا إنه – ومع نمو قدراته– صار يغطي أغلب مجالات التحكم الصناعي. وتتراوح طرازات ال PLC ما بين نماذج بسيط مدمجة تتعامل مع بضعة إشارت إلي نماذج ضخمة معقدة تتعامل مع ألاف الإشارات .ويتم برمجة ال PLC بعدة لغات صُممت لتسهيل بناء منطق التحكم أشهرها المخطط السلميLadder diagram والذي يشبه إلي حد كبير دوائر التحكم التقليدية مما يسهل على مهندسي التحكم عملية البرمجة.

وهكذا نرى أن ال PLC وان كان مصمم لتطبيق التحكم في الآلات إلا إنه صار مع الوقت قاراً على التعامل مع أغلب التطبيقات الصناعية بما في ذلك التحكم في العمليات والتحكم في الحركة , وبالرغم من ذلك يبقى مجال القصور الرئيسي في ال PLC هو في تعامله مع المشغل وتخزينه وتحليله وعرضه للبيانات ولذلك غالباً ما تستخدم مع ال PLC وحدات مساعدة مثل الـ HMI & SCADA لأداء هذه المهمة.



الشكل 2 : وحدة الـ PLC

Classic control circuits vs. Programmable Logic controllers (PLC)

مقارنة بين أنظمة التحكم الكلاسيكى و أنظمة التحكم القابلة PLC

1. المكونات المادية
2. شكل الدوائر
3. طبيعة العمليات
4. الصيانة
5. التعديل
6. التوسع
7. السعر / حجم التطبيق

1. المكونات المادية

- **التحكم الكلاسيكى :**عبارة عن مكونات مادية مثل (الازرار Push Buttons , المفاتيح Selectors, المرحلات Relays , المؤقتات Timers , العدادات Counters.....الخ).ويتم عمل منطق التحكم الـ Process Logic عن طريق أسلاك متداخلة مع المكونات
- **PLC:** يتكون من وحدات إدخال Input Moduleووحدات إخراج Output Module ووحدة المعالجة CPU ووحدات اتصال Communication Module, ووحدة الذاكرة Memory Unit (RAM & ROM).

2. شكل الدوائر

- **التحكم الكلاسيكى :** شكل الدوائر متداخلة معاً(أسلاك ومكونات متداخلة معاً).
- **PLC :** شكل الدوائر منتظمة ومكررة وغير متداخله(من مصدرالاشارة حتى PLC والعكس)

3. طبيعة العمليات

- **التحكم الكلاسيكى :** تستطيع تنفيذ العمليات المنطقية Logical Operation البسيطة مثل (AND, OR, NOT, Timing and Counting Process..etc) .
- **PLC:** يستطيع تنفيذ كافة العمليات المنطقية Logical Operation والحسابيةArithmetic Operation والتعامل مع عمليات البيانات Data Processing.....الخ

4. الصيانة

- **التحكم الكلاسيكى :** صيانة دائرة التحكم نفسها صعبة للغاية خاصة عند إستخدام المؤقتات الزمنية والعدادات , وأحيانا يكون بناء دائرة التحكم من جديد أسهل بكثير من صيانتها. (ويتم عمل البرنامج Process Logic بإستخدام الأسلاك المتداخلة مع المكونات وعند حدوث قطع أو إختلاف فى الأسلاك يتغير البرنامج Process Logic).وغالبا تتم الصيانة والدائرة فى حالة تشغيل On-Line Test.
- **PLC :** صيانة الدائرة الكهربية بسيط , (ويتم عمل البرنامج Process Logic بإستخدام البرامج Software وعند القطع فى الأسلاك الخارجية لايتغير البرنامج ويظل كما تم تنفيذه من قبل دون تغيير).كما أن كافة وحدات الإدخال والإخراج عليها لمبات بيان ويمكن إستخدام الفحص بالعين المجردة مباشرة, ويتم عمل الصيانة بإستخدام أجهزة الحاسب اللتى تتصل مباشرة بوحدات التحكم المبرمج PLC

5. التعديل

- **التحكم الكلاسيكى :**التعديل سهل فى حالة الدوائر البسيطة لكن فى الدوائر المعقدة فان التعديل صعب للغايه.(لأن البرنامج عبارة عن مجموعة توصيلات "أسلاك" متداخلة بين كافة المكونات)

- **PLC:** التعديل سهل بشرط وجود البرامج مفتوحة المصدر Open Source Code للتطبيق (لأن البرنامج عبارة عن Software), وغير ذلك لا يمكن التعديل وهنا يجب عمل إعادة بناء البرنامج من البداية ودمج التعديلات (Re-engineering) وهذ أمر صعب خاصة فى البرامج الكبيرة أو بمعني أدق يتوقف علي حجم المشروع.

6. التوسع

- **التحكم الكلاسيكى :**يمكن التوسع بدون قيود على الرغم من صعوبة تنفيذه.وذلك لأنه غير محدود فى عدد الإشارات المستخدمة ، ولكن العائق يكون فى وجود أماكن باللوحة التى يمكن إستخدامها.
- **PLC:** يتم التوسع بشرط وجود نقاط channel أو كروت Module إدخال وإخراج Digital & Analog I/O كافيه وأيضاً وحدة معالجة CPU مناسبة وغير ذلك يتم تغيير وحدات التحكم المنطقى المبرمج PLC.

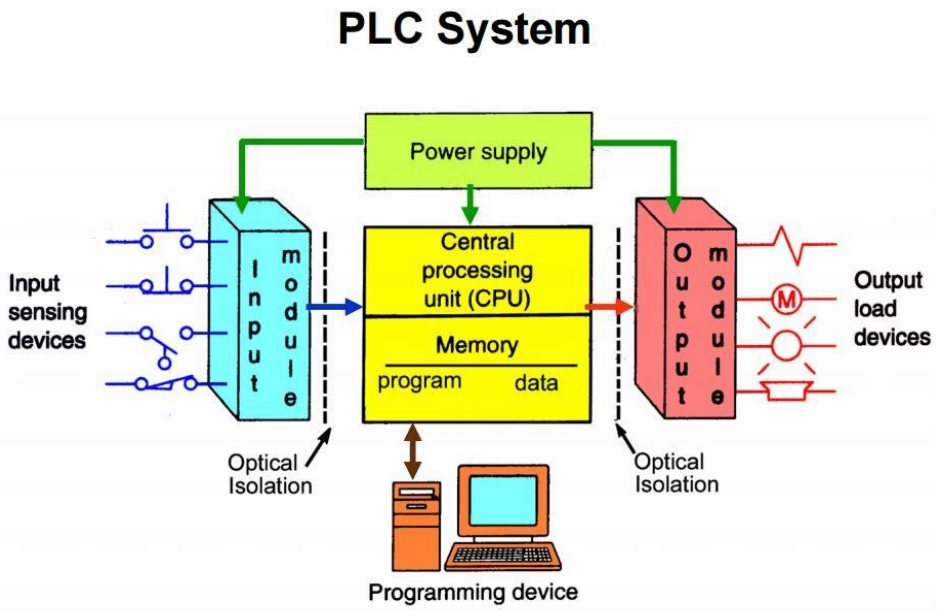
7. السعر / حجم التطبيق

- يتم عمل التطبيقات البسيطة بإستخدام دوائر التحكم الألي الكلاسيكى Classic Control وكلما زادت حجم التطبيقات بشرط ان تكون كافة الدوائر بها متداخلة وتعمل أتوماتيكيا فإن دوائر التحكم الألي الكلاسيكى تكون غير مناسبة ,ولذلك فإنه من المناسب إستخدام وحدات التحكم المنطقى المبرمج PLC للسيطرة على هذه التطبيقات.
- التطبيقات البسيطة والصغيرة تكون تكلفة وحدات الـ PLC عالية الثمن وأحياناً لا تتناسب مع حجم التطبيق (بمعنى أنه عندما يتم عمل دائرة تحكم تشغيل موتور (Star-Delta) بإستخدام وحدات التحكم المبرمجة PLC نجد أن التكلفة النسبية أكبر مايمكن وذلك بسب سهولة العملية وامكانية عملها بدوائر التحكم الكلاسيكى بسهولة كبيرة . وكلما زاد حجم التطبيق وزادت العمليات المعقدة به كلما زاد حجم وحدات الـPLC (بمعنى أنه يزيد كلاً من المعالج ووحدات الاداخال والإخراج وطريقة الإتصال ... الخ) بذلك تزيد التكلفة المادية .اما التكلفة النسبية تكون صغيرة .

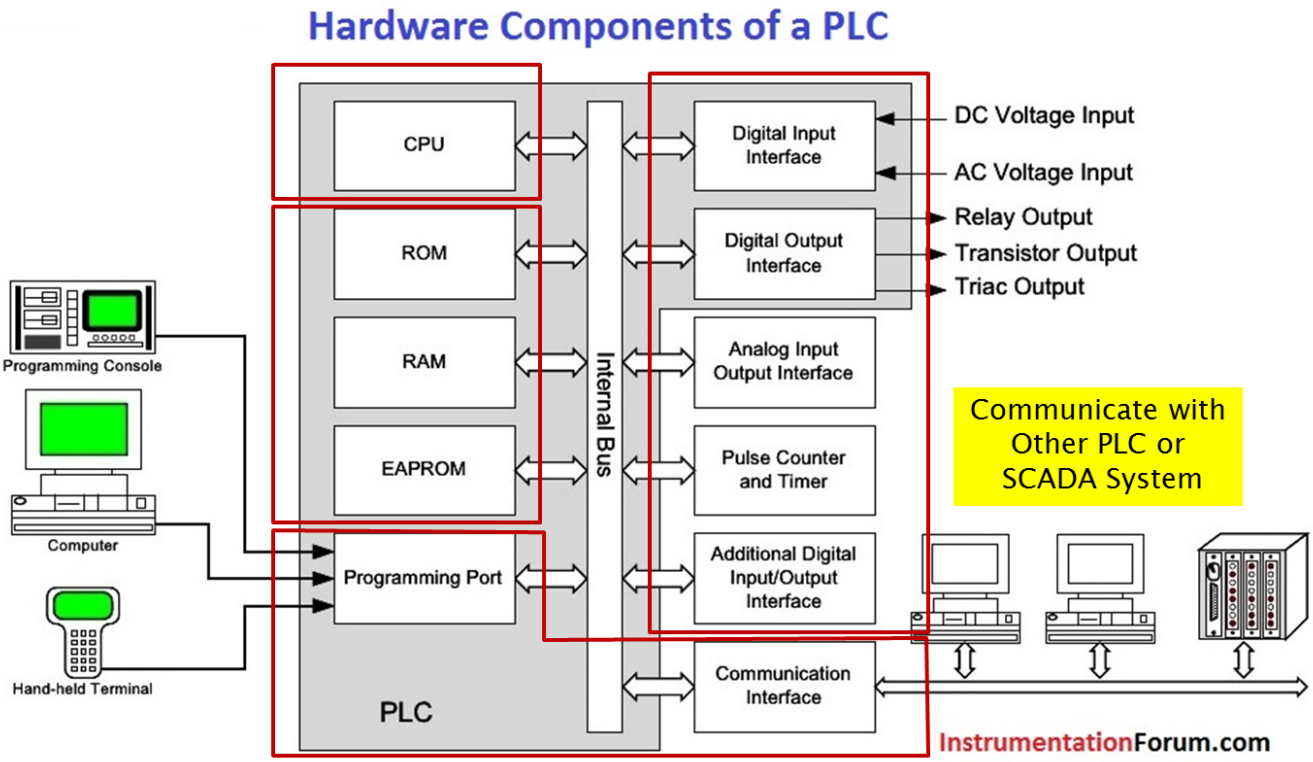
مكونات وحدات PLC

1. **مصدر التغذية Power supply** : الوحدة المسئولة عن التغذية الكهربية لوحدة PLC.
2. **وحدة المعالجة المركزيه CPU** : الوحدة المركزية المسئول عن تنفيذ جميع اوامر البرنامج.
3. **وحدات الذاكرة Memory** : الوحدة المسئولة عن ادارة الذاكرة بكافة أنواع ها (مؤقتة أو دائمة).
4. **وحدات الإدخال Input Module** : الوحدات المسئولة عن إستقبال جميع إشارات الإدخال وتحويلها من الشكل الكهربي Electrical signal إلي النظام الرقمى (0,1 binary)Digital system s , والتي تختلف حسب نوع الإشارة Digital or Analog signal.
5. **وحدات الإخراج Output Module** : الوحدات المسئولة عن إخراج جميع الإشارات وتحويلها من النظام الرقمى (0,1 binary)Digital system إلي الشكل الكهربي Electrical signals/path , والتي تختلف حسب نوع الإشارة Digital or Analog signal
6. **وحدات الإتصال Communication**:الوحدات المسئول عن نقل وإستقبال جميع البيانات بالوحدات الاخرى مثل PLCs اخر أو HMIs أو نظام الاسكادا SCADA بإستخدام بروتكولات اتصالات مثل MODBUS , PROFIBUS , PROFINET ...etc.

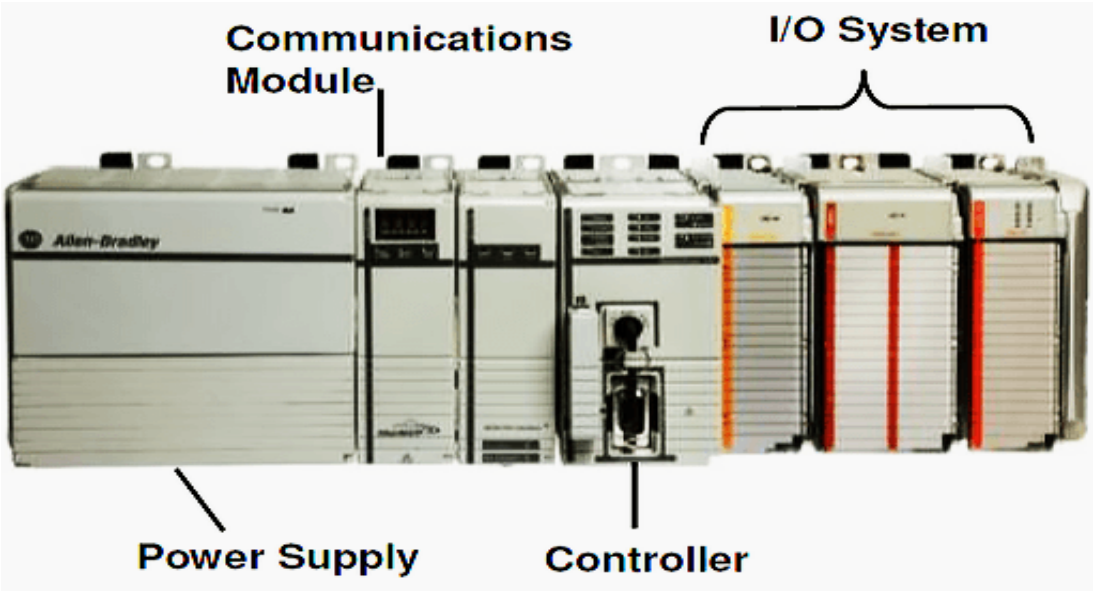
النظام الرقمى Digital System : هو نظام يتم تمثيل جميع القيم والمتغيرات والبيانات فى شكل ثنائى 0 و 1 فقط (0,1 Binary). مثل أنظمة الحاسب الالي



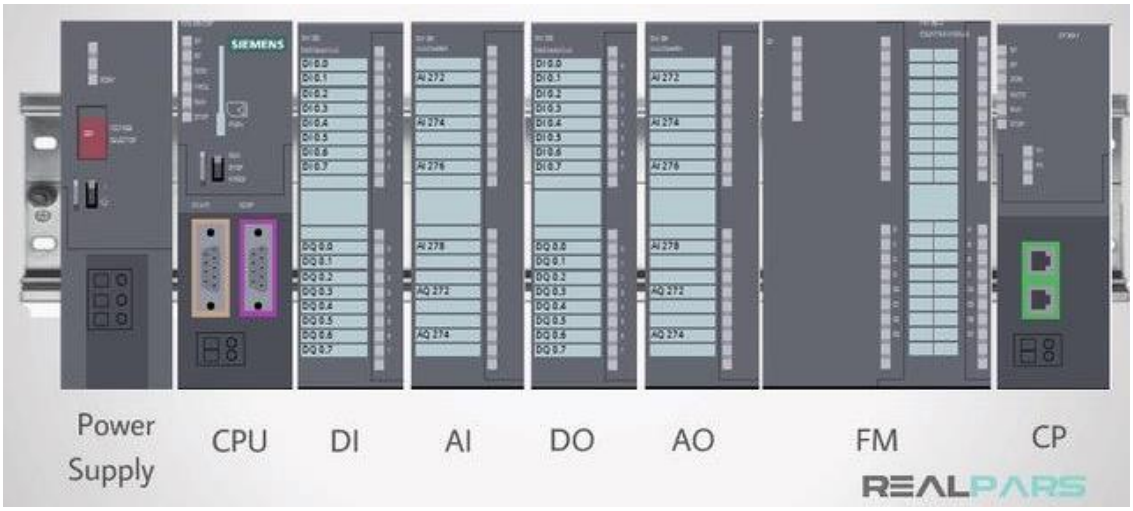
الشكل 3 : نظام وحدة التحكم



الشكل 4 : مكونات وحدة التحكم المبرمج PLC



الشكل 5 : وحدة التحكم – شركة Allen-Bradly



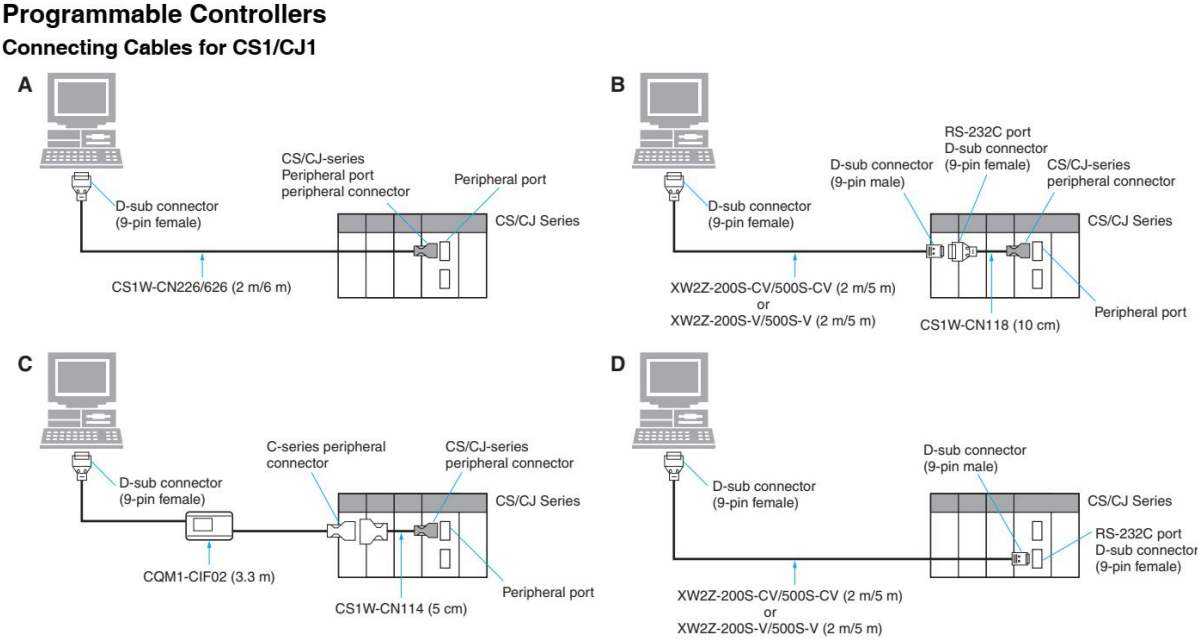
الشكل 6 : وحدة التحكم Siemens PLC

وحدات البرمجة Programming device

هى الأجهزة التى يتم إستخدامها لإعداد برامج المشروع (Project code) وعمل اتصال مع وحدة الـ PLC لنقل البرنامج وعمل Upload from PLC to PC & Download from PC to PLC , كما تستخدم فى عمل محاكاة لتشغيل البرنامج OFF-LINE أو متابعة تنفيذ البرنامج أثناء عمل وحدة PLC (ON-LINE) والجهاز الذى يتم إعداد البرنامج علية مثل جهاز الـ Handheld أو أجهزة الحاسب الألي (PC , Laptop).

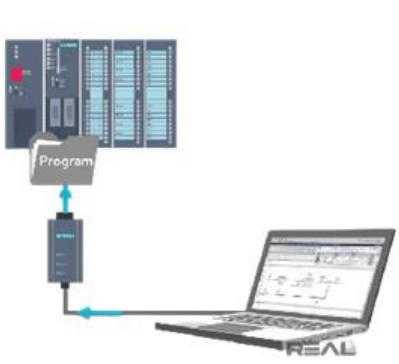
ويتم إستخدام بعض الكابلات الشائعة الإستخدام مثل Ethernet , USB أو عن طريق إستخدام أنواع خاصة مثل(PPI , MPI) أو حسب نوع الـ PLC المستخدم.

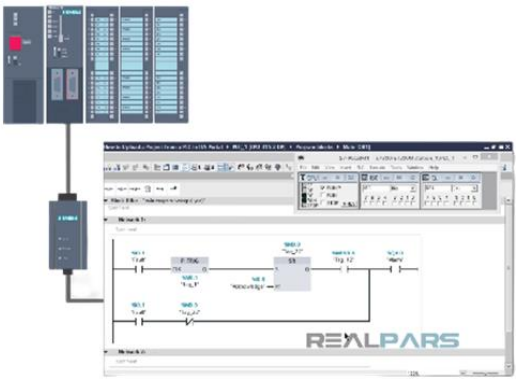
Development program: البرنامج الرئيسى (بيئة التطوير) الذى يتم تثبيته على نظام التشغيل (windows) لكتابة العديد من أكود برامج المشاريع المختلفة (project program or project code). ويتم شراء هذه البرامج والرخص الخاصة بها من الشركات العالمية (مثل Siemens, ABB, ...etc.).



الشكل 7 : توصيل وحدة PLC بجهاز البرمجة (Upload & Download) بإستخدام كابلات البرمجة

Project program /code: برنامج تمت كتابته من خلال البرنامج الرئيسى (Development program). ويكون برنامج /كودالمشروع مخصص لمشروع واحد فقط ويحتوى على اكواد لتنفيذ العمليات الصناعية الخاصة بالمشروع نفسه ، ويجب الاحتفاظ بهذه النسخة للمشروع. وهذا البرنامج هو مايتم تحميله Download على وحدة ال PLC . وبدون هذا البرنامج / الكود لن تعمل وحدة التحكم.





شاشات التحكم الصناعية TP & HMI

تعتبر شاشات التحكم الصناعية ("Human Machine Interface "HMI" & Text Panel "TP) (وحدات المشغل) وحدات مساعدة (اختيارية) يتم توصيلها مع ال PLC حتى تُتيح للمشغل إمكانية إصدار الأوامر للمعدات ومراقبة حالة وقيمة المتغيرات الخاصة بالمعدات وإدخال البيانات وضبط البيانات والأعدادات (حيث إنه من الصعب عمل هذه التعديلات التشغيلية المتكررة عن طريق الـ PLC لأن هذا يتطلب دائما اعادة تنزيل البرنامج كل مرة يتم فيها التغيير على وحدة الـ PLC) ويجب مراعاة منافذ الإتصال Communication ports المتاحة بالشاشة حتى تتوافق مع وحدات الـ PLC .

وتعتبر شاشات HMI تطوراً للأنظمة التى تستخدم أزرار التشغيل ولمبات بيان الإشارة التقليدية ولوحات الـ MIMIC وبإمكانيات أكبر.

- **الشاشات النصية Text Panel "TP"** تستخدم ازرار Numbers & Function Key ولاتدعم خاصية اللمس Touch وتعرض بياناتها فى شكل ارقام و نصوص.

الشكل 8 : شاشة نصية Siemens TP200

- **شاشات التحكم Human Machine Interface (HMI)** هى شاشات تحكم صناعية تعمل فى الغالب عن طريق اللمس Touch كما توفر الواجهات الجرافيك الرسوميه والبيانية . وبعض الموديلات بها ازرار Function key إضافية .

الشكل 9 : شاشة تحكم صناعية HMI

ان شاشة الـ HMI ليست مجرد شاشة بل هي جهاز متكامل يحتوي على معالج دقيق خاص به وذاكرة. وتتراوح طرازت ال HMI بين شاشات صغيرة جداً ذات لون واحد ولا تحتوي إلا على نصوص مكتوبة إلي شاشات كبيرة جداً متعددة الألوان تحتوي على نصوص ورسوم وتعمل بالأزرار و تعمل عن طريق المس للشاشة.كما أن هناك أنواع من الشاشات تحتوى على وحدة معالجة CPU مخصص لمعالجة بعض العمليات البسيطة ونقاط إدخال أو إخراج I/O s محدودة.

ويتم اختيار الشاشة علي اساس منافذ الإتصال communication port & Protocols المتاحة والإمكانيات المطلوبة .

أنواع الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة (PLC)

يوجد العديد من أنواع وأشكال وحدات الـ PLC

1. Fixed/Integrated/Compact
2. Modular (Single Rack mount – Centralized)
3. Distributed (Multi Rack mount – De-centralized)

الأنواع المدمجة Fixed/Integrated/Compact : للتطبيقات الصغير وفيها تكون كل مكونات الـ PLC(CPU, I/O, Communication) مدمجة معا (وحدة واحدة), كما أنه غير قابل للتوسع أو إضافة نقاط إدخال أو إخراج اخرى عليه ، ولكن بعض الموديلات تسمح بإضافة كروت ادخل أو إخراج إضافية Expansion Module ،ولكن بصفة عامة يكون سرعة المعالج CPU صغيرة وعدد نقاط الإدخال والإخراج محدودة وصغيرة ومناسب للتطبيقات الصغيرة , وعند وجود عطل أو خلل فى اى وحدة يتم إستبدال الوحدة بالكامل في الوحدات الغير قابلة للتوسع لكن في حالة الوحدات القابلة للتوسع فإنه يتم إستبدال الجزء التالف فقط .

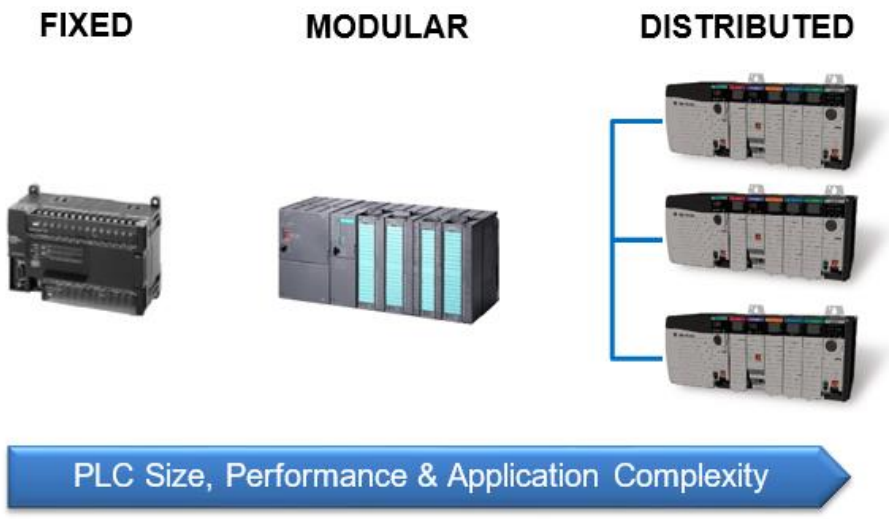
الشكل 10 : وحدة PLC COMPACT (CPU+IO)

أنواع قابلة للإضافة والتوسع Modular/Rack/Distributed : للتطبيقات المتوسطة والكبيرة , وفيها تكون كل مكونات وحدة التحكم المبرمج PLC عبارة عن كروت منفصله Modules مثل كروت الإدخال أو إخراج أو الإتصال ..الخ والتي يتم إضافتها أو إستبدالها وبهذا يتم تجميع جميع مكونات الـ PLC معاً لتعمل كجزء واحد متكامل. ونجد الفرق بين النوع Modular والنوع الـ Distributed يتمثل في عدد الراكات Racks or Backplane .

- النوع Modular : يتكون من راك واحد فقط single rack لتجميع كروت الاداخال والإخراج ووحدة ال CPU معا , وعندما يتم إستخدام وحدات إدخال أو إخراج أكبر من سعة الراك Rack يتم الإتصال بوحدات Remote I/O ويكون مناسب للتطبيقات المتوسطة .
- اما النوع الاخر Distributed or Multi-Rack modular فهو يسمح بتعدد ال Rack وبذلك يكون أكبر ومناسب للتطبيقات الكبيرة .

Modular: The modular PLC is a type that allows multiple expansions of the PLC system through the use of **modules**, hence the term “modular”.
Modules give the programmable logic controller additional features like increased number of I/O units, and they are usually easier to use because each component is independent of each other. The power supply, communications module, Input/output module are all separate to the actual microcontroller so you have to manually connect them to each other to create your PLC control system.

A type of modular PLC is the rack-mounted or rack mount PLC. In a rack mount PLC, the communications module of the PLC resides in the rack itself, so all connections are centralized.



من المميزات الأساسية للأنواع القابلة للتوسع Modular , distributed امكانية زيادة وحدات I/O modules وامكانية زيادة سرعة وإمكانيات الـ CPU module وأيضاً زيادة وإضافة أنواع مختلفة من وحدات الإتصال Communication modules (في حالة تنفيذ المشروع – أو في حالة تعديل المشروع بشرط وجود جميع البرامج والرخص وأيضاً نسخة مفتوحة المصدر من كود المشروع قابلة للتعديل).وفي حالة الصيانة يتم إستبدال الجزء التالف فقط

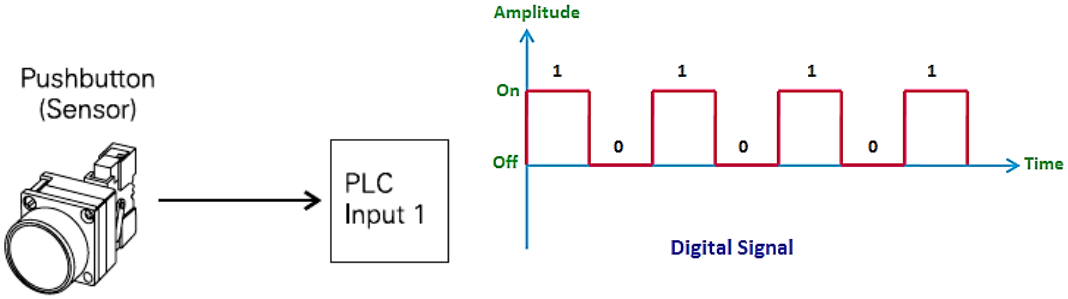
ويجب مراعاة إنه يتم زيادة عدد الكروت I/O Modules في مرحلة تنفيذ المشروع حسب سعة وحدة الـ CPU وبها يتم تحديد Max I/O و Max Module no .

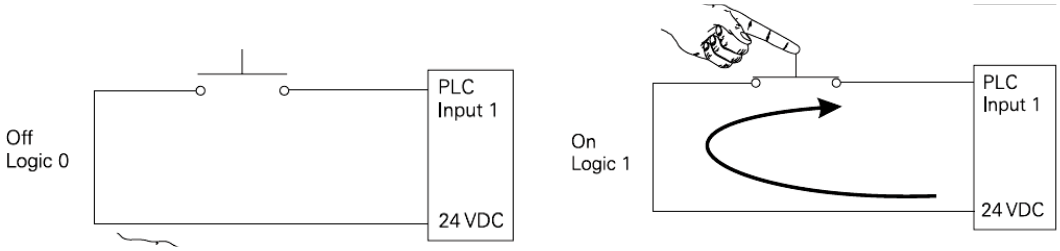
وعند إستبدال CPU module يجب مراعاة إنه يتوافق مع باقي I/O Modules كما يجب مراعاة ان الدوال Functions البرمجية المستخدمة ربما تختلف ويلزم مراجعة البرنامج. ولذلك لايتم إستبدال CPU module أو إختلاف ال Part no الخاص به اثناء أعمال الصيانة . ويلزم عمل download لكود المشروع project code مرة اخري . (ويلزم وجود نسخة backup من كود المشروع project code وأيضاً programming development والرخص اللازمة وأيضاً كابلات البرمجة).

الإشارات المنطقية (Discrete\Digital Signal)

الإشارات الرقمية هى الإشارة التى تكون قيمتها 0 أو 1 فقط . وبمعنى اخر تشير إلي وجود جهد التحكم ويتم تمثيلها بقيمة (واحد) اوعدم وجود جهد التحكم ويتم تمثيلها بقيمة (صفر) ان تعبر عن حالة ما True or False.

الإشارات المنطقية (Digital signals) والتى يتم الحصول عليها مكونات دوائر التحكم (مثل relay , contactors , pressure switch, flow switch , auxiliary contacts ...الخ)

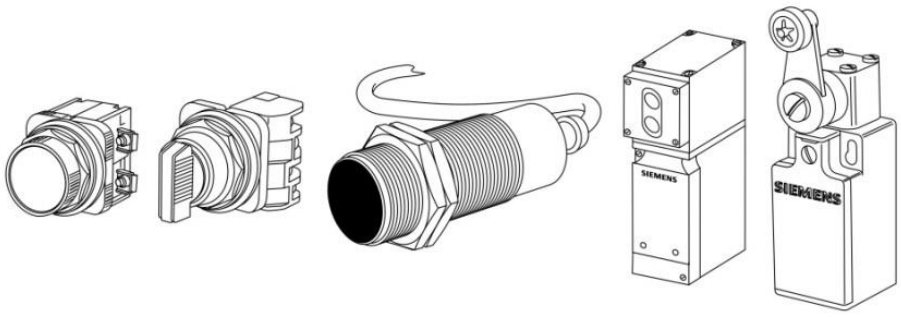




+ 5 volt dc	120 volt ac or dc
+ 12 volt dc	230 volt ac or dc
+ 24 volt ac or dc	100 volt dc
+ 48 volt ac or dc	Dry contacts

Typical Discrete I/O Signal Values

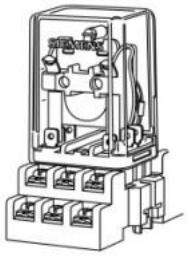
يوجد العديد من مصادر الإشارات الرقمية Discrete إشارات الإدخال Input signal to PLC من الحساسات أو النقاط المساعدة من ازرار ومفاتيح التشغيل والريليهات والكونتاكتورات ...الخ , وإشارات الإخراج Output signal from PLC إلي الأحمال الكهربية مثل (ملف الكونتاكتور و ملف الريليهات ولمبات البيان وكافة الأحمال الكهربية بصفة عامة).



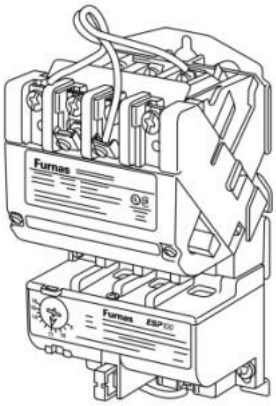
Thumbwheel switches	Position switches
Temperature switches	Pressure switches
Flow switches	Hand switches
Level switches	Proximity switches
Valve position switches	Relay contacts
Starter auxiliary contacts	Limit switches
Selector switches	Motor starter contacts
Pushbuttons	Photoelectric sensors

Discrete Input Devices

Pilot Light



General-Purpose Relay



Motor Starter

Annunciators	Electric valves
Alarm lights	Alarm horns
Electric control relays	Solenoid valves
Electric fans	Motor starters
Indicating lights	Heater starters

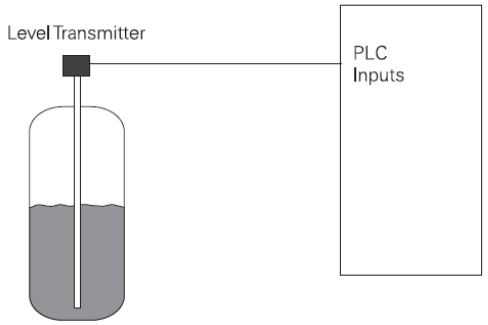
Discrete Output Devices

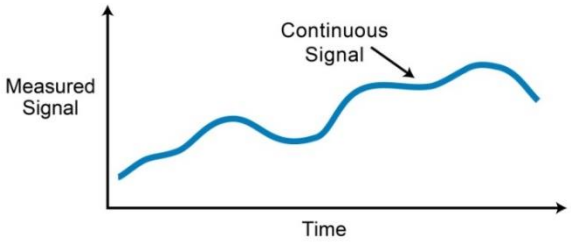
الإشارات التناظرية (Analog Signal)

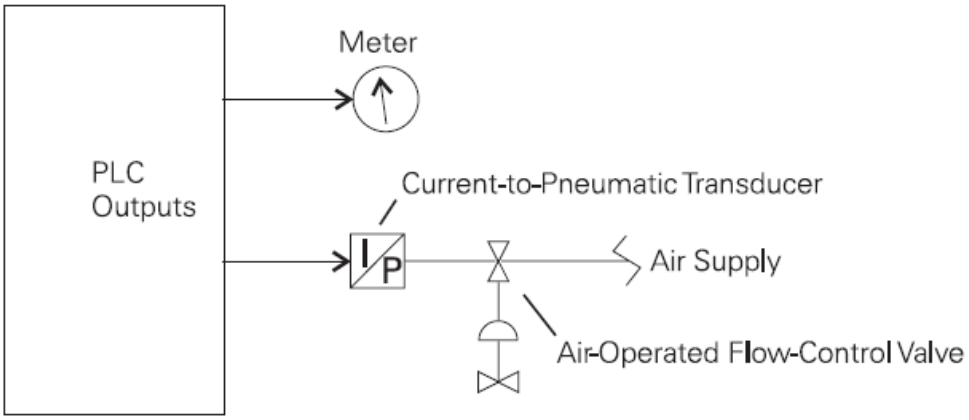
هى الإشارات التى تتغير قيمتها مع مرور الزمن ويتم التعبير عنها كقيمة قميةValue وليس حالة True or false مثل قيمة الجهد أو الضغط أو المنسوب أو التصرف ...الخ.

Analog signal is a continuous signal in which one time-varying quantity (such as voltage, pressure, etc.) represents another time-based variable.

الإشارات التناظرية (Analog signals) والتى يتم الحصول علىها من أجهزة القياس (مثل أجهزة قياس الضغط , المنسوب ، التصرف ، الاس الهيدروجبنى ، العكارة , الكلور المتبقى , الاكسجين المذاب ...الخ).







Analog Input Devices	Analog Output Devices
Flow transmitters	Electric motor drives
Pressure transmitters	Analog meters
Temperature transmitters	Chart recorders
Analytical transmitters	Process controllers
Position transmitters	Current-to-pneumatic transducers
Potentiometers	Electrical-operated valve
Level transmitters	Variable-speed drives
Speed instruments	

Typical Analog I/O Field Devices

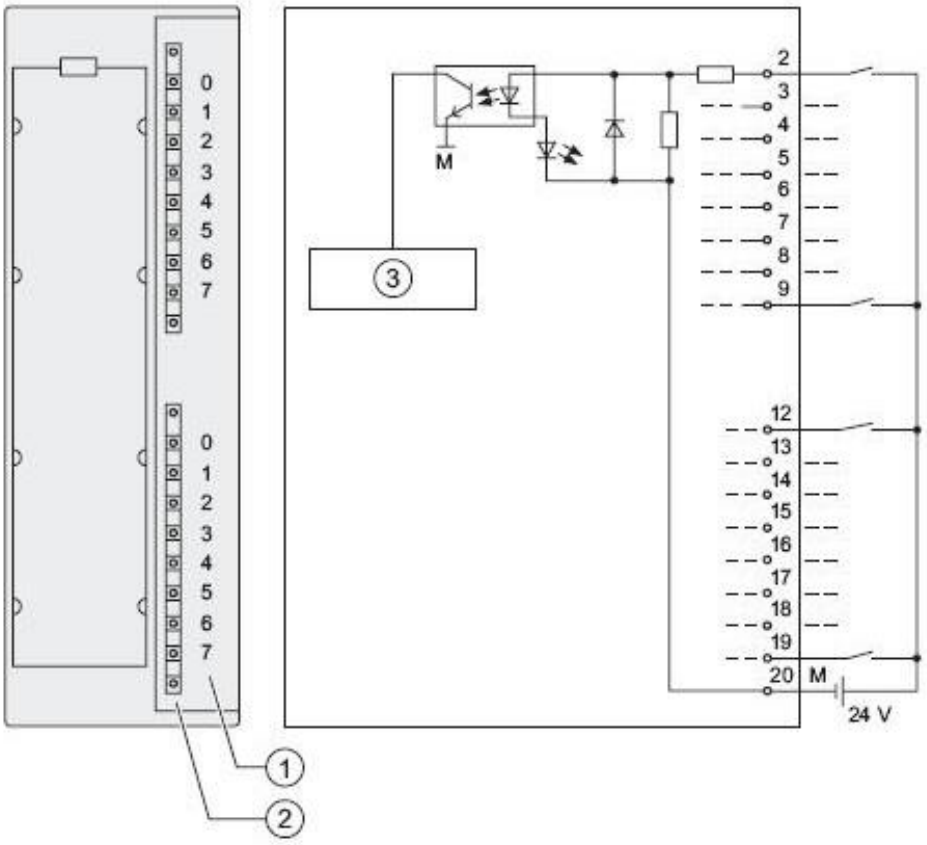
أنواع وحدات الإدخال والإخراج Input / Output Module : تتنوع وحدات الإدخال والإخراج حسب نوع الإشارة سواء من النوع Discrete أو النوع Analog وإعداد الإشارات من كل نوع.

- Digital Input (DI) Module: عبارة عن كارت **إدخال** يستقبل إشارات من النوع الديجيتال فقط.
- Digital Output (DO) Module: عبارة عن كارت **إخراج** يقوم بإخراج إشارات من النوع الديجيتال فقط لتشغيل المكونات (تشغيل أو إيقاف فقط).
- Digital Input & Output (DIO): عبارة عن كارت **إدخال وإخراج** معا للإشارات الديجيتال فقط.
- Analog Input (AI) Module: عبارة عن كارت **إدخال** بستقبل الإشارات التناظرية (الانالوج) فقط.
- Analog Output (AO) Module:عبارة عن كارت **إخراج** إشارات تناظرية (أنالوج) فقط.
- Analog Input & Output (AIO) Module): عبارة عن كارت يحتوى على عدد من إشارات **الدخل** التناظرية (الانالوج) بالإضافة إلي عدد من الإشارات **الخرج** التناظرية (الانالوج).

وحدات الإدخال الديجيتال Discrete \ Digital Input Module

هو كارت الكتروني (Module) خاص لإستقبال إشارات الإدخال من النوع الديجيتال (ON/OFF :Discrete/Digital Signal) وتكون الأعداد 8 و 16 و 32 إشارة أو حسب كل شركة وحسب المتاح للموديل الخاص بالـ PLC ونوع الإشارة الديجيتال المطلوبة , Dry-Contact , NPN , PNP , High speed count .

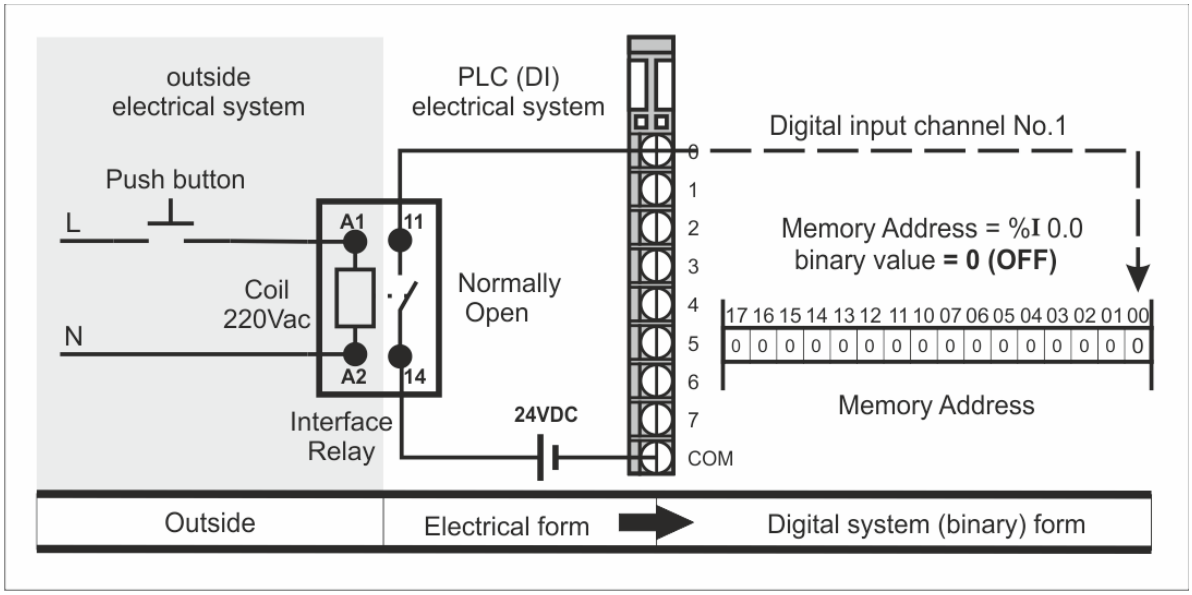
وتقوم وحدات الإدخال بتحويل الإشارات من الشكل الكهربي (قبل دخولها على وحدة الـ PLC) إلي الشكل الرقمى أو الثنائى (0,1) Binary داخل وحدة التحكم PLC.



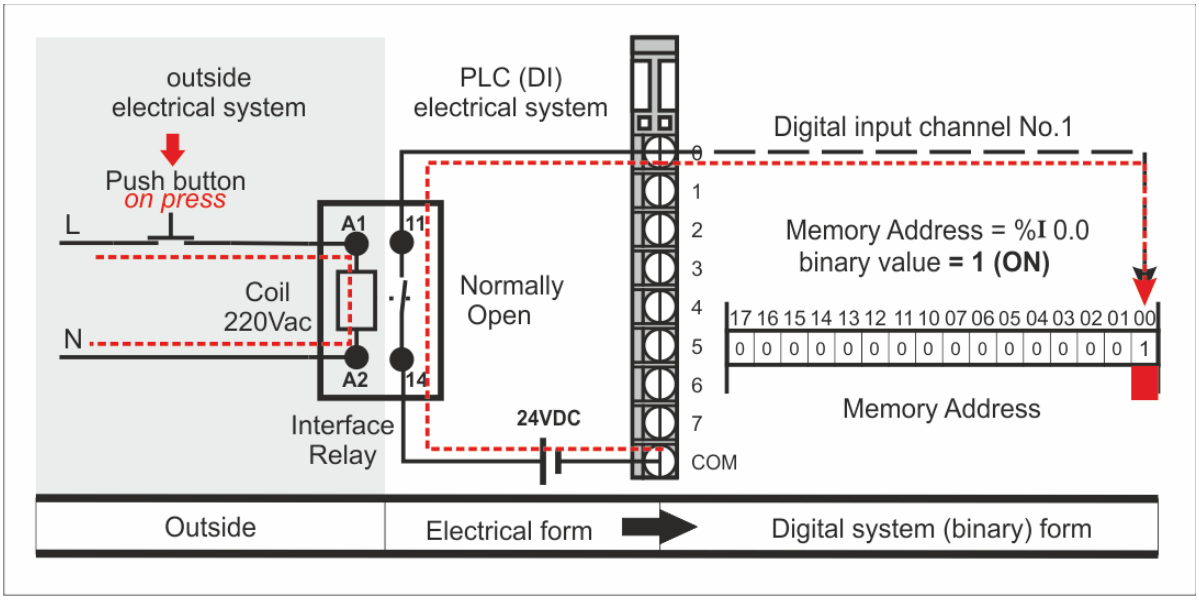
① Channel number
② Status display - green
③ Backplane bus interface

الشكل 11: Wiring and block diagrams of 16 DI x DC 24V

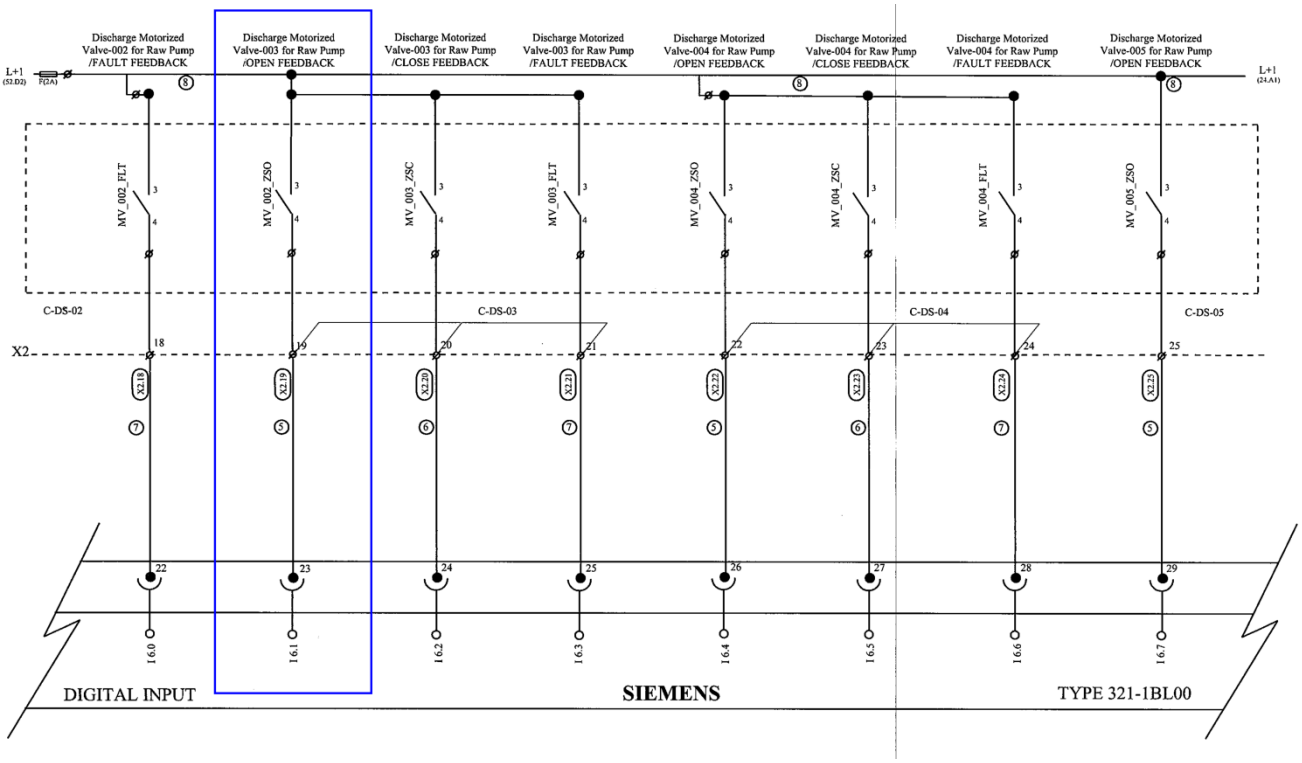
يوضح الشكل كارت إدخال إشارات من النوع الديجيتال Digital input module ويحتوى على 16 نقطة إدخال يمكن إستقبالهم من مصادر الإشارات الديجيتال (مثل نقاط التلامس Contacts NO or NC).ويتم عمل عزل كهربى Interface بإستخدام الريليهات الخارجية عند توصيل الإشارات الكهربية من الخارج على كروت الإدخال



الشكل 12 :اشارة دخل ديجيتال(Pushbutton - Relay - PLC)



الشكل 13 : مسار اشارة دخل ديجيتال(Pushbutton - Relay - PLC)



طريقة الفحص

- الفحص الكهربي للتأكد من وصول الإشارات كهربياً

يتم إستخدام المالتيميتر Multi-meter(AVO) فى قياس الجهد الكهربي الواصل على نقاط الكارت , وفحص دوائر الـ Interface حتي الوصول إلي مصدر الإشارة أو العكس.

- الفحص بالعين المجرده

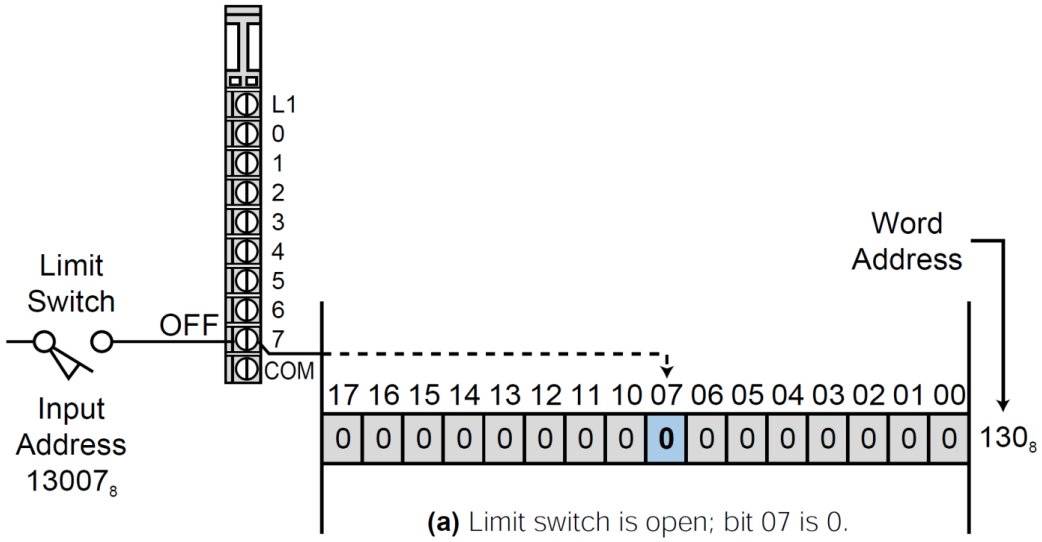
عن طريق ملاحظة لمبات البيان الصغيرة المقابلة لكل إشارة على الكارت نفسه , واحيانا نجد لمبة البيان نفسها عاطلة (محروقة) ولكن الإشارة تعمل . لذلك لايتم الاعتماد على هذه الطريقة فقط.كما يمكن ملاحظة دوائر الـ Interface في حالة وجود لمبة بيان علي الـ relay المستخدم .

- الفحص عن طريق برامج النظام (System software)

عن طريق معرفة حالةالإشارات على شاشات التحكم HMI أو برامج الاسكادا SCADA أو عن طريق برنامج الـ PLC وتشغيل الكودon-line لقراءة البيانات من الذاكرة مباشرة (input signal).

لذلك عند صيانة هذه الوحدات يجب معرفة طبيعة الكارت Module، كما يمكن معرفة هل الخطأ فى الإشارة نفسها single signal أو الخطأ فى مجموعة كاملة Group signals مما يعنى خطأ فى الـ com المشترك بينهم.

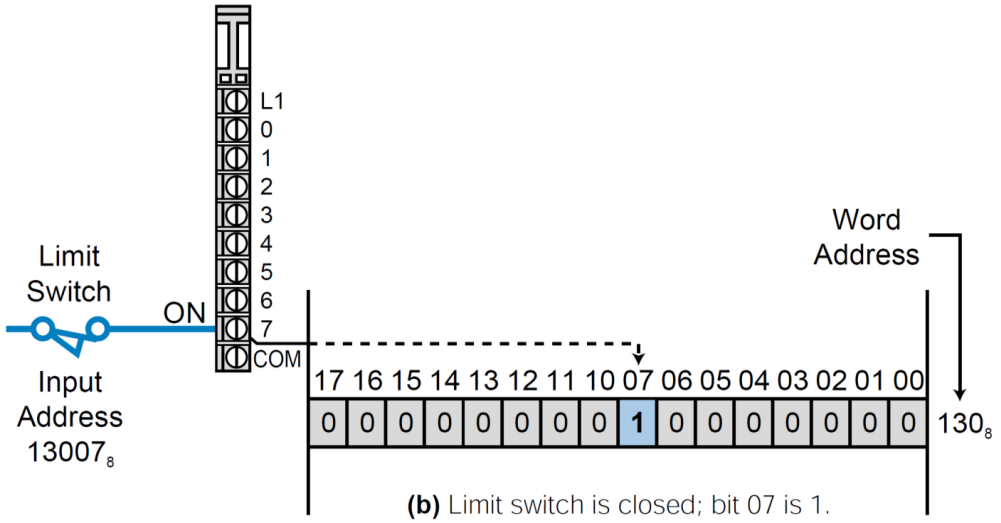
من الأمور الهامة عند إستلام هذه الأنظمة وخاصة التى تتكون من PLC + HMI أو SCADA system ان يتم عرض البيانات الخام Raw data مباشرة على شاشات التحكم (شكل الكارت وقيمة كل إشارة على الكارت) لأنها تساعد بشكل كبير فى أعمال الصيانة وتحديد الاعطال.



(a) Limit switch is open; bit 07 is 0.

يوضح الشكل كيفية تحويل الإشارة من Electrical signal إلي إشارة رقمية (binary 0,1) يتم تخزينها فى الذاكرة فى عنوان معين Memory address .

كما يوضح حالة limit switch والتى تم توصيله على القناة / النقطة الثامنة بكارت الإدخال channel 7 ثم تحويلها للنظام الثنائى وتخزينها فى العنوان 130 : word address فى الخانة الثامنه Bit 07 : address – [Address:130.07 octal] وهذا العنوان هو الذى يتم التعامل به داخل البرنامج.

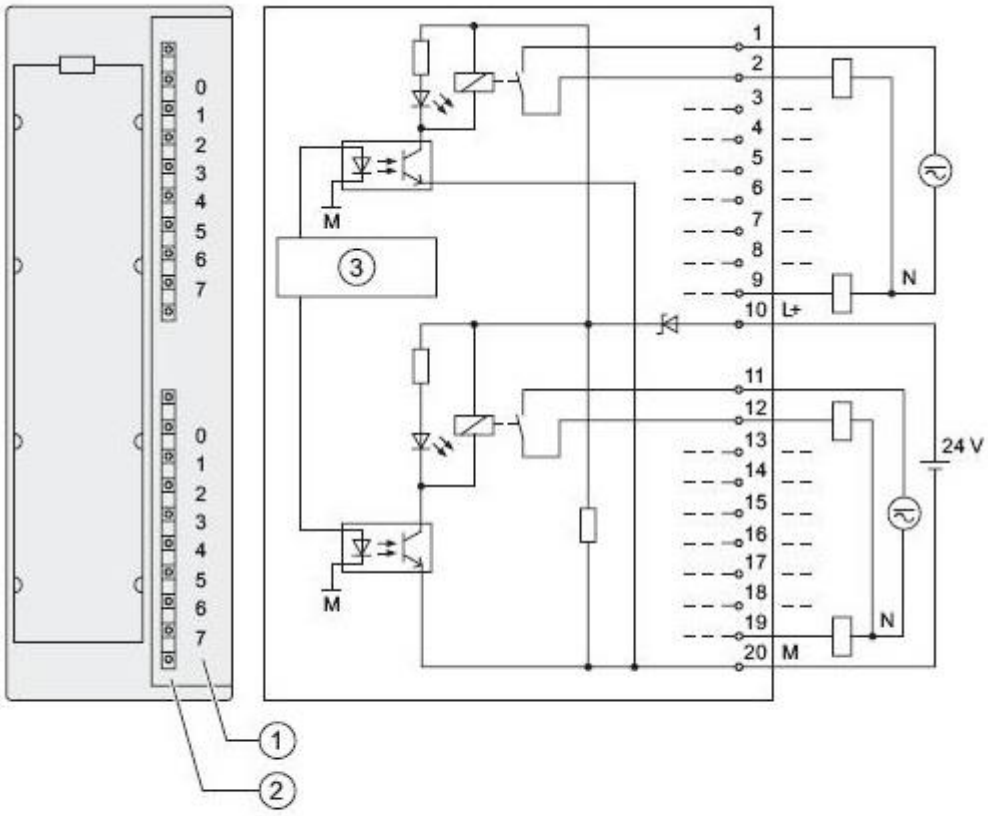


وحدات الإخراج الديجيتال Discrete \ Digital Output Module

هو كارت الكتروني (Module) يقوم بتحويل الإشارات من الشكل الرقمي (Digital system – binary 0,1) المخزنه فى ذاكرة الـ PLC إلي إشارات كهربية Electrical signal عن طريق Relay output (Dry contact) أو Transistor output لتشغيل/إيقاف المكونات الكهربية الملحقة Actuators .

تستخدم كروت لإخراج الإشارات من النوع الديجيتال (Discrete/Digital Signal :ON/OFF) وتكون الأعداد 8 و 16 و 32 إشارة أو حسب كل شركة وحسب المتاح للموديل الخاص بالـ PLC, نوع الإشارة الديجيتال المطلوبة Relay or Transistor output .

يوضح الشكل التالي كارت إخراج إشارات من النوع الديجيتال Digital output module ويحتوى على 16 نقطة إخراج يمكن إستخدامهم لتشغيل المشغلات Actuator أو الأحمال الكهربية المناسبة .ويتم عمل عزل كهربى Interface بإستخدام الريليهات الخارجية بين الإشارات الكهربية الخارجة من كروت الإخراج وبين الأحمال الكهربية



① Channel number
② Status display - green
③ Backplane bus interface

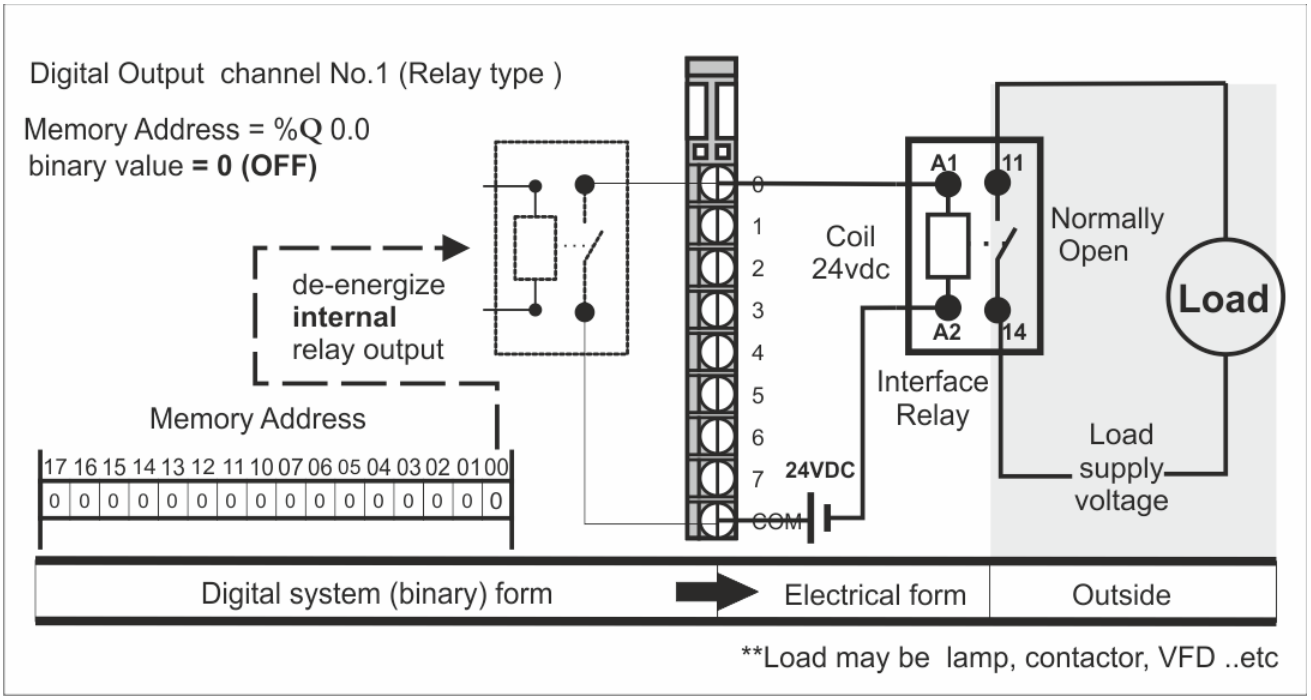
.

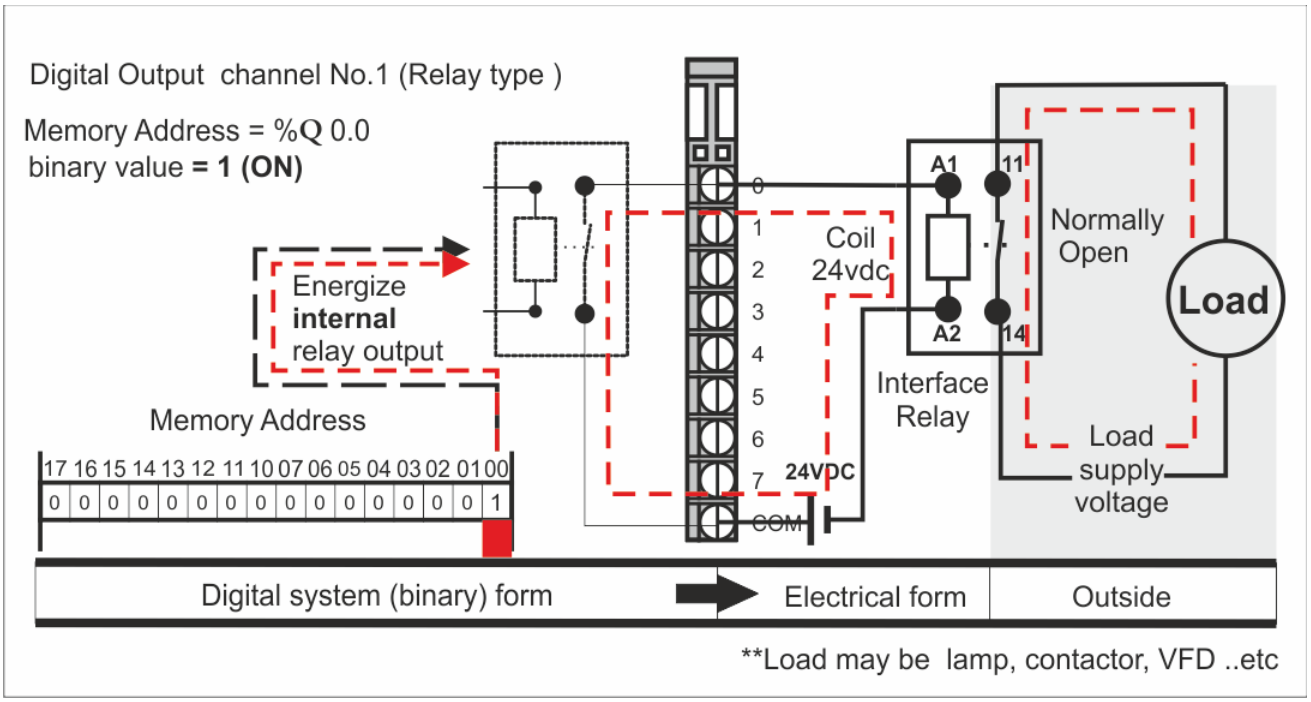
Group 1 : [pin 2 to 10] with common [pin 1] = 8 DO (220VAC)

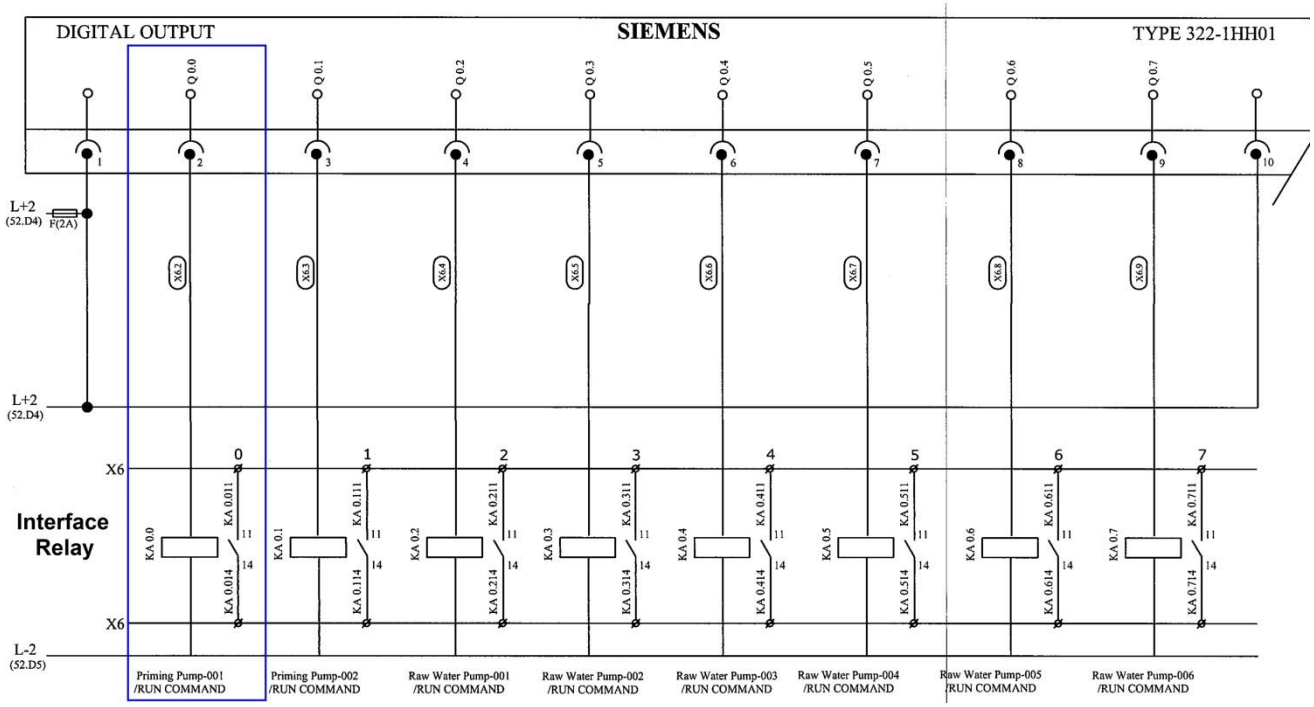
Group 2 : [pin 12 to 20] with common [pin 11] = 8 DO (24VDC)

Wiring and block diagrams DO 16 x Relay

ويتم تجميع بعض الإشارات معاً على COM واحد لعمل مايسمى بـ Group signal ويحب مراعاة ان هذه المجموعة تعمل بجهد تحكم واحد ، ويمكن تقسيم عدد الإشار إلي اكثر من مجموعة حسب طبيعة الكارت.


Digital Output channel No.1 (Relay type)
Memory Address = %Q 0.0
binary value = 0 (OFF)
de-energize
internal
relay output
Memory Address
17 16 15 14 13 12 11 10 07 06 05 04 03 02 01 00
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 2 3 4 5 6 7 COM
24VDC
Coil
24vdc
A1
11
A2
14
Interface
Relay
Normally
Open
Load
Load
supply
voltage
Digital system (binary) form
Electrical form
Outside
**Load may be lamp, contactor, VFD ..etc


Digital Output channel No.1 (Relay type)
Memory Address = %Q 0.0
binary value = 1 (ON)
Energize
internal
relay output
Memory Address
17 16 15 14 13 12 11 10 07 06 05 04 03 02 01 00
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 1 2 3 4 5 6 7 COM
24VDC
Coil
24vdc
A1
11
A2
14
Interface
Relay
Normally
Open
Load
Load
supply
voltage
Digital system (binary) form
Electrical form
Outside
**Load may be lamp, contactor, VFD ..etc



طريقة الفحص

- الفحص الكهربي للتأكد من خروج الإشارة كهربياً

إستخدام المالتيميتر Multi-meter(AVO) فى قياس الجهد الكهربي الخارج على نقاط الكارت.

- الفحص بالعين المجرده

عن طريق ملاحظة لمبات البيان الصغيرة المقابلة لكل إشارة على الكارت نفسه واحيانا نجد لمبة البيان نفسها عاطلة (محروقة) ولكن الإشارة تعمل . لذلك لايتم الاعتماد على هذه الطريقة فقط.

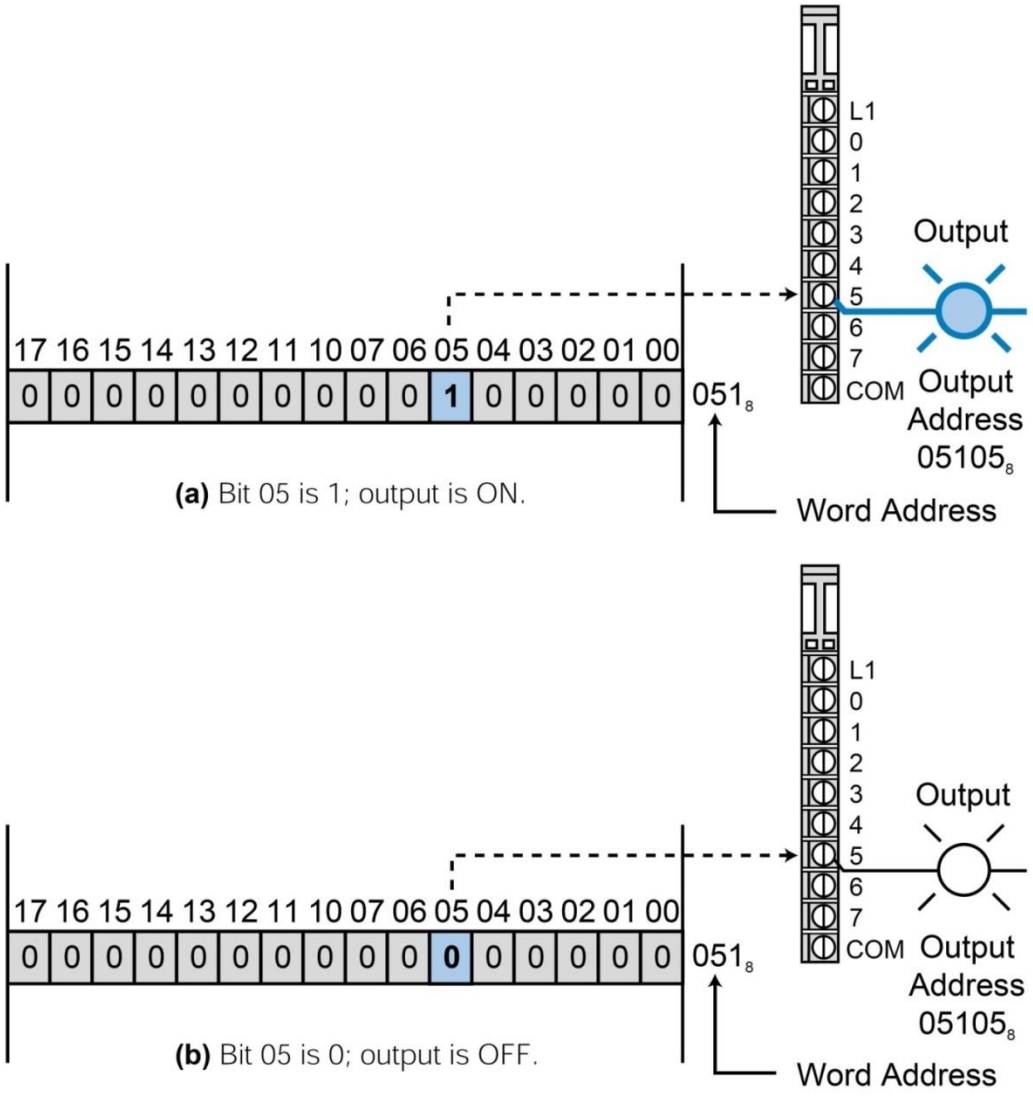
- الفحص عن طريق برامج النظام (System software)

عن طريق أو معرفة حالةالإشارات على شاشات التحكم أو برامج الاسكادا أو عن طريق برنامج الـ PLC وتشغيل الكودon-line لقراءة البيانات من الذاكرة مباشرة (Output signal) .

لذلك عند صيانة هذه الوحدات يجب معرفة طبيعة الكارت Module، كما يمكن معرفة هل الخطأ فى الإشارة نفسها single signal أو الخطأ فى مجموعة كاملة Group signals مما يعنى خطأ فى الـ com المشترك بينهم.

من الأمور الهامة عند إستلام هذه الأنظمة وخاصة التى تتكون من PLC + HMI أو SCADA system ان يتم عرض البيانات الخام Raw data مباشرة على شاشات التحكم (شكل الكارت وقيمة كل إشارة على الكارت) .لأنها تساعد بشكل كبير فى أعمال الصيانة وتحديد الاعطال.

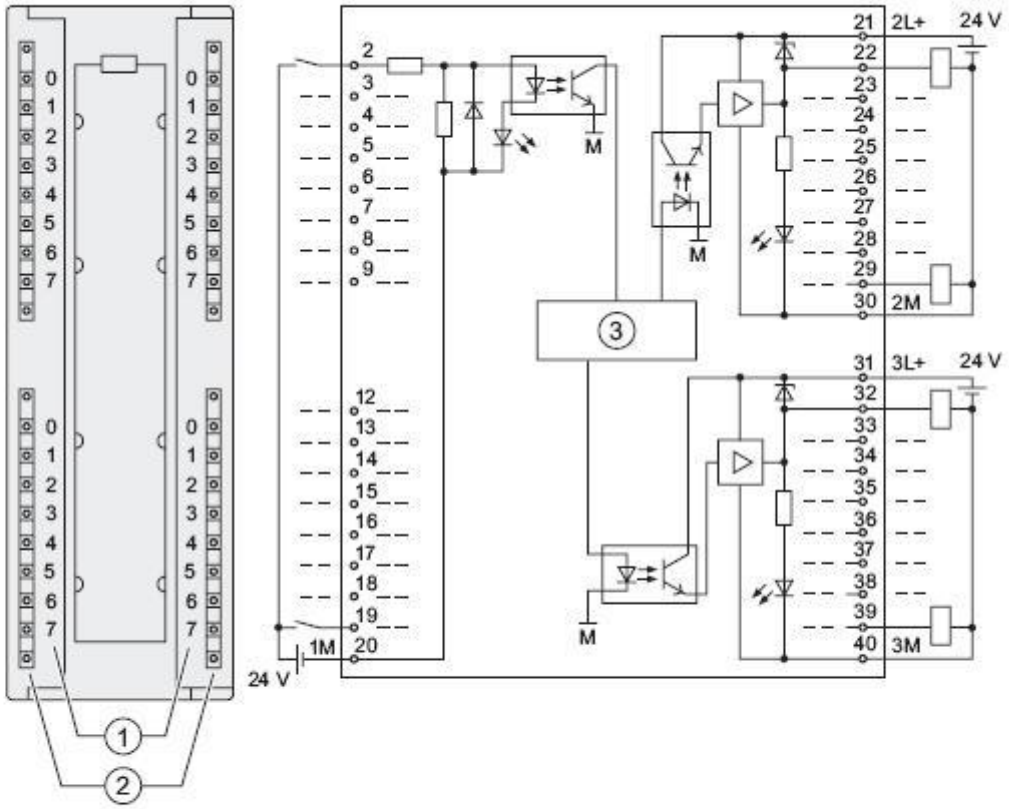
ويوضح الشكل التالى كيفية تحويل الإشارة الرقمية (binary 0,1) التى تم تخزينها فى الذاكرة فى عنوان معين بعد تنفيذ برنامج الـ PLC (على سبيل المثال حسب قيمة المتغير الداخلى : word address 051 و Bit address : 05 – [Address:051.05 octal] فإنه يتم تشغيل لمبة الإشارة إذا كانت القيمة =1 أو إيقاف لمبة الإشارة إذا كانت القيمة =0 . حيث تم توصيل لمبة الإشارة على الـ Channel 05 على كارت الإخراج digital output module).



Field output connected to a bit in the output table.

وهناك أيضاً بعض الكروت التى تحتوي علي عدد من إشارات الدخلDigital Input signals وأيضاً عدد من إشارت الإخراج Digital Output Signals.

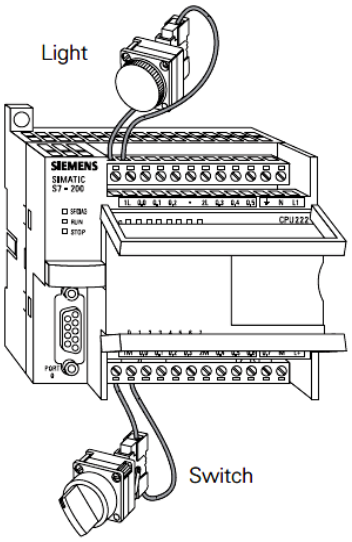
Wiring and block diagram of SM 323; DI 16/DO 16 x DC 24 V/0.5 A

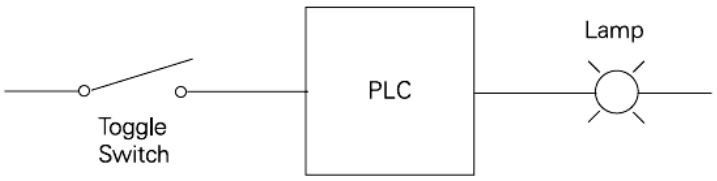


① Channel number
② Status displays - green
③ Backplane bus interface

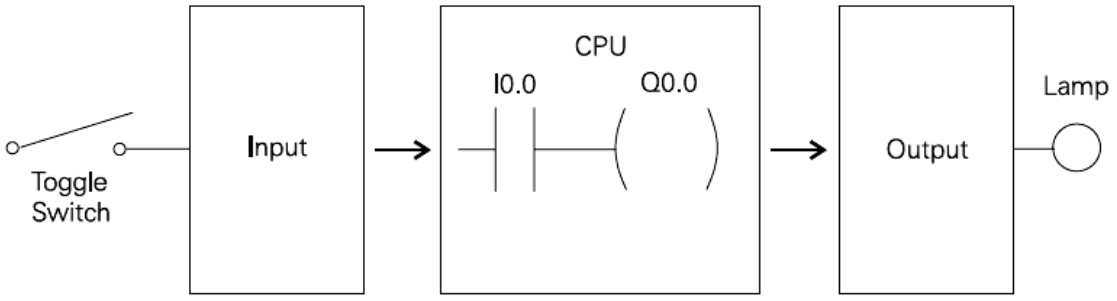
مثال :- كيفية إستخدام وحدة PLC لتشغيل لمبة بيان عن طريق مفتاح toggle switch ؟

وفى هذه الحالة يتم توصيل الـ Toggle/Selector switch على Digital input Module وأيضاً يتم توصيل لمبة الإشارة Lamp على Digital Output Module ويحتوى PLC CPU على برنامج Project code لتشغيل لمبة البيان عند الضغط علي مفتاح toggle switch.





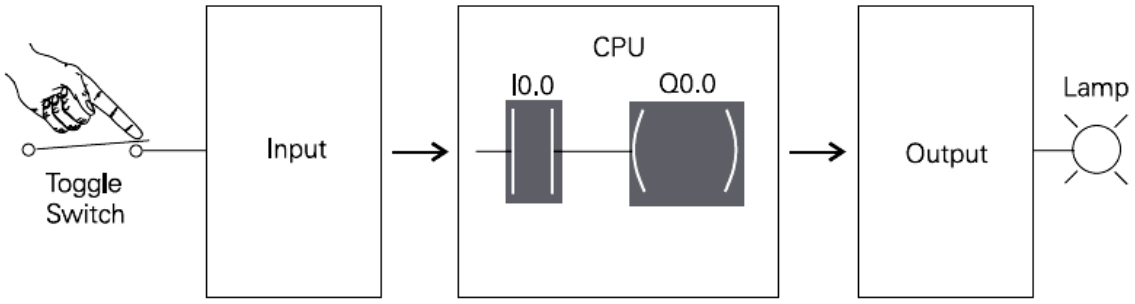
الشكل يوضح إستقبال إشارة من النوع الديجيتال القادمة من Toggle\ Selector Switch – سيليكتور سويتش المتصل على وحدة الإدخال Digital Input Module ودخولها على الـ PLC وعند تنفيذ البرنامج داخل المعالج CPU يقوم بإخراج إشارة لتشغيل أو إيقاف لمبة البيان المتصلة على وحدة الخرج Digital output Module. حسب حالة إشارة الدخل أو وضع السيليكتور.



Toggle switch = I0.0 , Lamp = Q0.0 , Program code : IF I0.0 THEN Q0.0

الشكل السابق يوضح إستقبال إشارة من النوع الديجيتال القادمة من Toggle Switch: Normally open المتصل على وحدة الإدخال Input Module ودخولها على الـ PLC وعند تنفيذ البرنامج الموجود على وحدة المعالجة CPU يقوم بتنفيذ البرنامج (IF I0.0 THEN Q0.0) بإخراج إشارة

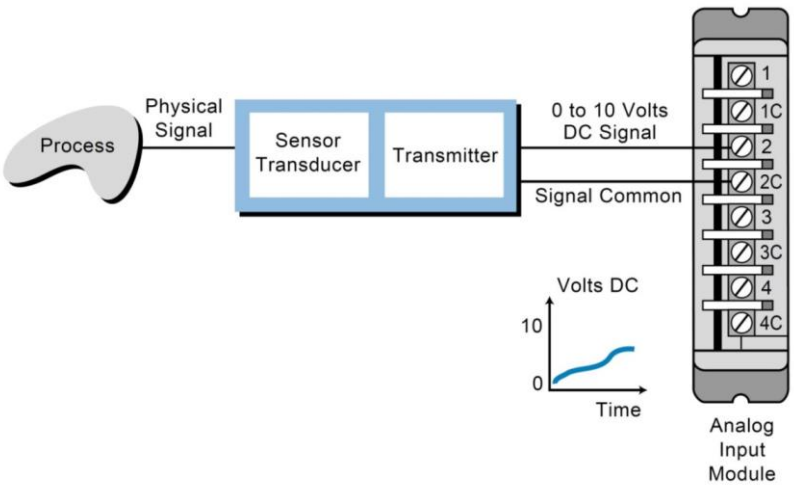
لإيقاف لمبة البيان المتصلة على وحدة الخرجoutput Module وفى هذه الحالة تكون قيمة Q0.0= False اى لمبة البيان لاتعمل.



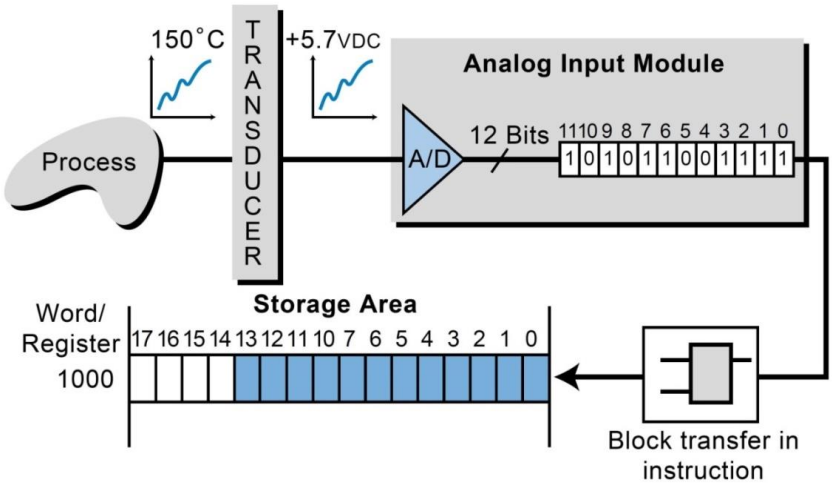
عند الضغط على المفتاح Toggle Switch تتحول حالته من NO إلىClosed ويتم بتنفيذ البرنامج (IF I0.0 THEN Q0.0) بإخراج إشارة لتشغيل لمبة البيان المتصلة على وحدة الخرج output Module وفى هذه الحالة تكون قيمة Q0.0= True اى ان لمبة البيان تعمل.

وحدات الإدخال التناظرية Analog Input (AI) Module

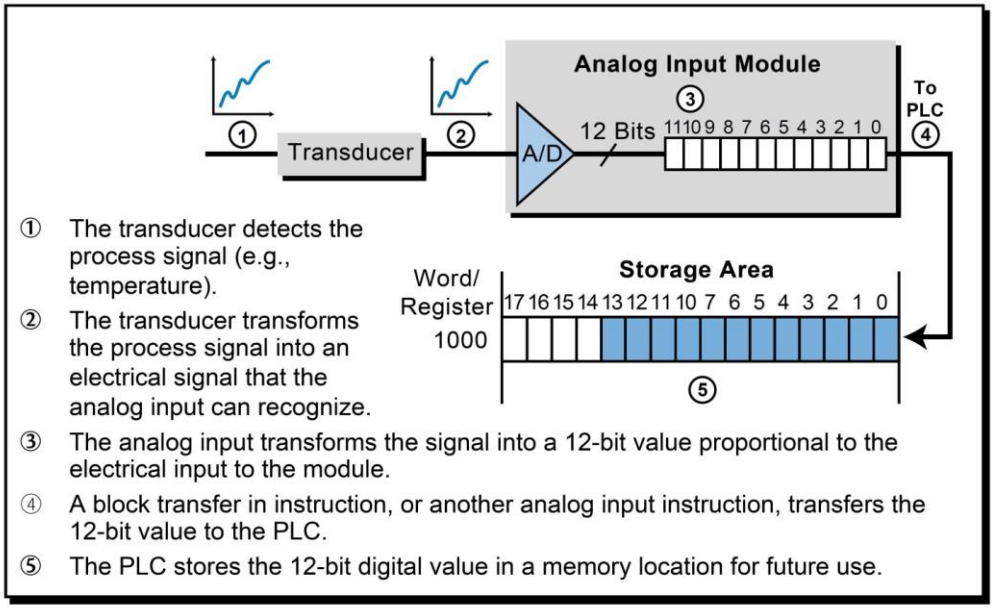
عبارة عن كارت **إدخال** بستقبل الإشارات التناظرية (الانالوج) Analog signal وتحويلها إلي قيم عددية فى شكل ثنائى (binary 0,1) بإستخدام Analog digital converter والتى ينتج عنه القيمة العددية الخام Raw value ثم يتم تخزينها داخل الذاكرة حتى يمكن إستخدامها داخل برنامج الـ PLC .



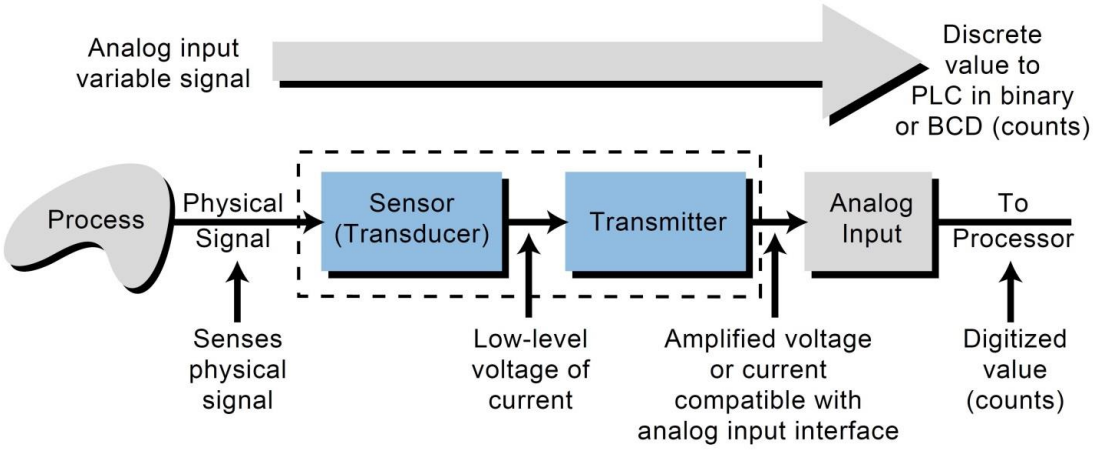
Conversion of an analog signal by a transmitter and transducer.



Multibit instruction.



Steps in converting an analog signal to binary format.



Transformation of an analog signal into a binary or BCD value.

تعتبر أجهزة القياس المختلفة هى المصدر الأساسى للإشارات الانالوج مثل (الضغط Pressure s و المنسوب Level و التصرف Flow) بالإضافة إلي Potentiometers و نسبة فتح محبس التحكم Feedback valve position

Analog Inputs
Flow transducers
Humidity transducers
Load cell transducers
Potentiometers
Pressure transducers
Vibration transducers
Temperature transducers

Devices used with analog input interfaces.

طريقة الفحص

- الفحص الكهربي للتأكد من توصيل الإشارة كهربياً

يتم التأكد من مسار الإشارة mA loop والتأكد من مصدر الإشارة (مثل إشارة الضغط Pressure signal mA) , وهنا يتضح أهمية Loop diagram الذي يوضح مسار الإشارة من المصدر (Instrumentation Devices) حتى الوصول لنظام التحكم (PLC). وفى حالة فقد إشارة الدخل يمكن حقن mA Injection كمصدر موازى (بديل) لمصدر الإشارة من جهاز القياس (الضغط مثلا) مع مراعاة تأثير ذلك على النظام.

- الفحص عن طريق برامج النظام (System software)

يتم معرفة قيمة الإشارات على شاشات التحكم HMI أو برامج الاسكادا SCADA أو عن طريق برنامج الـ PLC (project code) وتشغيل الكودon-line لقراءة البيانات من الذاكرة مباشرة .

لذلك عند صيانة هذه الوحدات يجب معرفة طبيعة الكارت Moduleوطبيعة الإشارات نفسها ونوعها والـ Scale الخاص بها فى النظام.

من الأمور الهامة عند تنفيذ أو إستلام هذه الأنظمة وخاصة التى تتكون من PLC + HMI أو SCADA system ان يتم عرض البيانات الخام raw data كما هى بالذاكرة وإستخدام جداول قيم الخطأ الخاصة بالإشارات الانالوج مثل (cut wire , overshoot , undershoot ..etc) وأيضاً عرض الـ process data كما يتم عرضها على شاشات التحكم مثل (l/s , bar ...etc) (شكل الكارت وقيمة كل إشارة على الكارت) .لأنها تساعد بشكل كبير فى أعمال الصيانة وتحديد الاعطال.

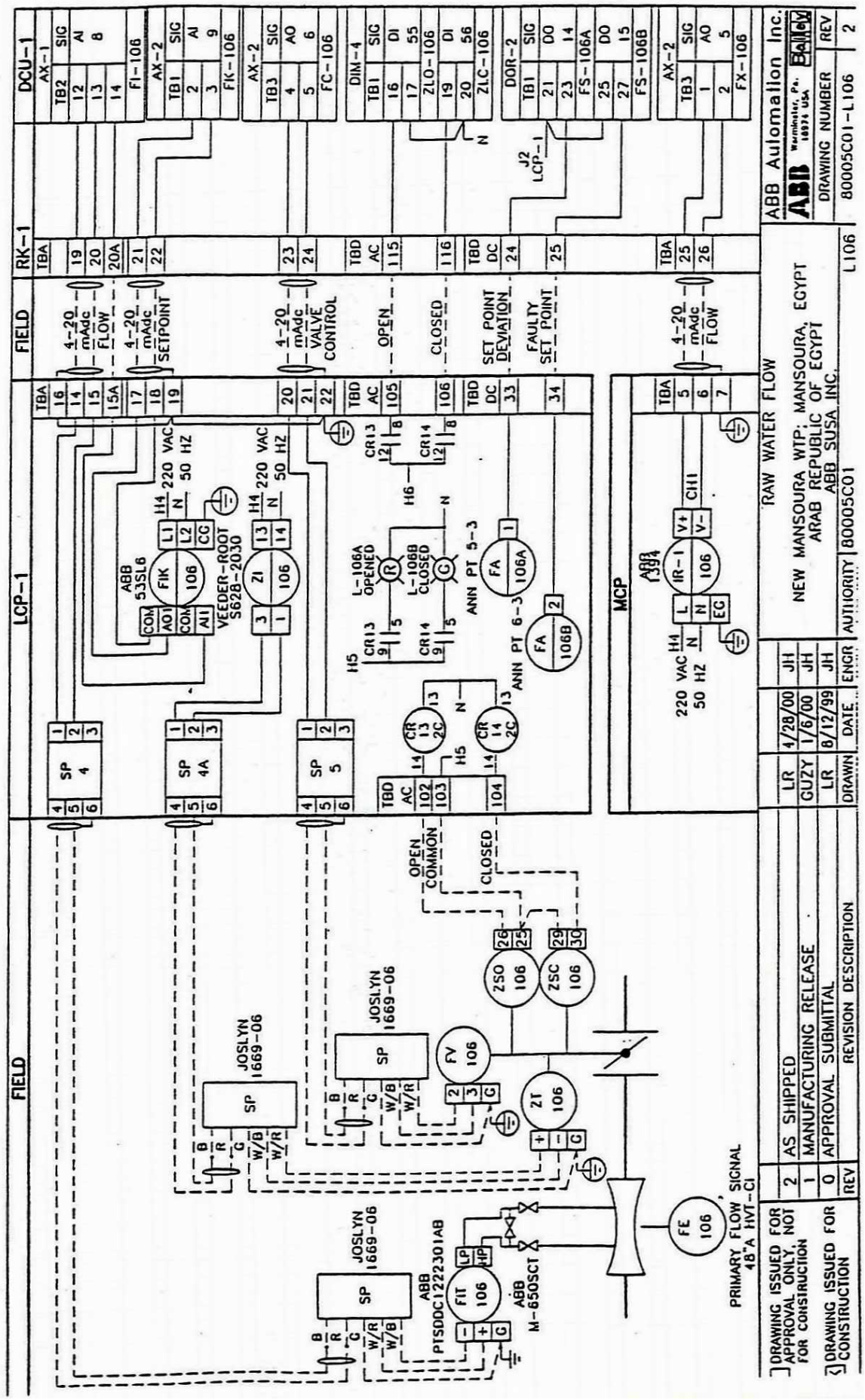

DCU-1
RK-1
FIELD
LCP-1
MCP
RAW WATER FLOW
NEW MANSOURA WTP; MANSOURA, EGYPT
ARAB REPUBLIC OF EGYPT
ABB SUSA INC.
ABB Automation Inc.
Bailey
DRAWING NUMBER
80005C01-L106
AUTHORITY
DRAWN
ENGR
DATE
REVISION DESCRIPTION
AS SHIPPED
MANUFACTURING RELEASE
APPROVAL SUBMITTAL
DRAWING ISSUED FOR APPROVAL ONLY, NOT FOR CONSTRUCTION
DRAWING ISSUED FOR CONSTRUCTION
PRIMARY FLOW SIGNAL 48"A HVT-C1
FE 106
FIT 106
FV 106
FAULTY SET POINT
SET POINT DEVIATION
OPEN
CLOSED
4-20 mAdc FLOW
4-20 mAdc SETPOINT
4-20 mAdc VALVE CONTROL
4-20 mAdc FLOW
220 VAC 50 HZ
JOSLYN 1669-06
ABB 53SL6
VEEDER-ROOT S628-2030
ANN PT 5-3
ANN PT 6-3

Table C- 5 Current measuring ranges 0 to 20 mA and 4 to 20 mA

Values		Current measuring range		
dec	hex	0 to 20 mA	4 to 20 mA	
32767	7FFF	>23.52 mA	>22.81 mA	Overflow
32511	7EFF	23.52 mA	22.81 mA	Overshoot range
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	Rated range
20736	5100	15 mA	16 mA	
1	1	723.4 nA	4 mA + 578.7 nA	
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			Undershoot range
-4864	ED00	-3.52 mA	1.185 mA	
-32768	8000	<- 3.52 mA	< 1.185 mA	Underflow

ويمكن إستخدام القيم فى معرفة حالة الإشارة وهل هذه القيمة فى الحالة الطبيعية ام تعبر عن خطأ فى الإشارة (انقطاع الأسلاك , القيمة الادنى من المدى , القيم الاعلى مند المدى , القيم الصحيحة داخل المدى).

C.3 Measured values for wire break diagnostic

Measured values on diagnostic event "wire break", dependent on diagnostics enables

Error events initiate a diagnostics entry and trigger a diagnostics interrupt if configured accordingly.

Table C- 6 Measured values for wire break diagnostic

Format	Parameter assignment	Measured values		Explanation
S7	• "Wire break" diagnostics enabled • "Overflow/Underflow" diagnostics enabled or disabled ("Wire break" diagnostics takes priority over "Overflow/Underflow" diagnostics)	32767	7FFF$_H$	"Wire break" or "Open circuit" diagnostic alarm
	• "Wire break" diagnostics disabled • "Overflow/Underflow" diagnostics enabled	-32768	8000 $_H$	• Measured value after leaving the under-shoot range • Diagnostic alarm "Low limit violated"
	• "Wire break" diagnostics disabled • "Overflow/Underflow" diagnostics disabled	-32768	8000 $_H$	Measured value after leaving the undershoot range

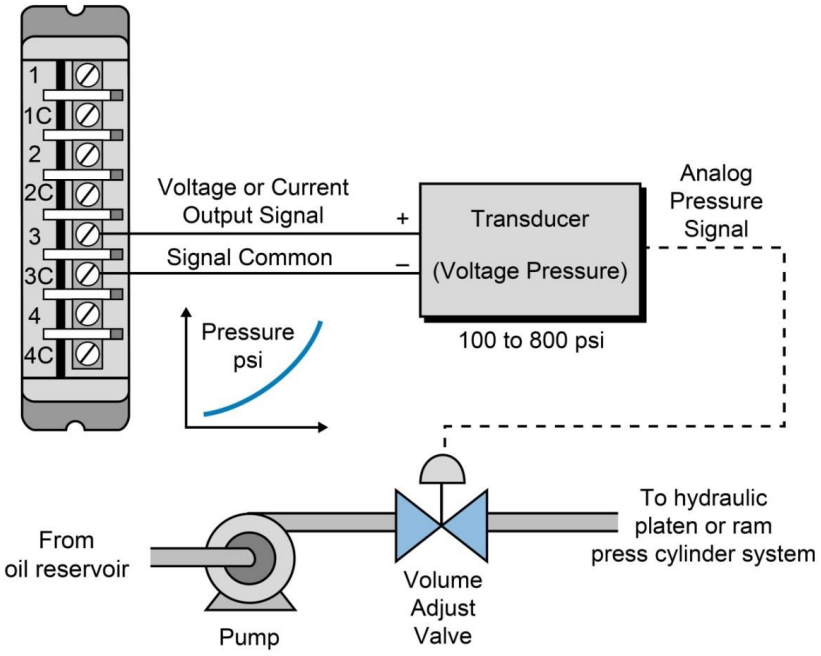
والمقصود بعملية الـ Scaling:هو تحويل القيمه من المدى الكهربي 4-20mA (electrical unit) إلي مدى تشغيلى 0-10 bar (Process unit). وبذلك يكون min value = 4mA = 0 bar و Max value = 20mA = 10 bar . أو التعبير عنها 0-100% وذلك لتسهيل التعامل معها داخل البرنامج Project code وأيضاً عرضها بالشكل الصحيح للمستخدم فى حالة وجود

شاشة HMI أو نظام SCADA ويتم إستخدام دوال جاهزة داخل برامج الـ PLC لعمل ذلك , ثم يتم إستخدام القيم داخل برنامج المشروع .

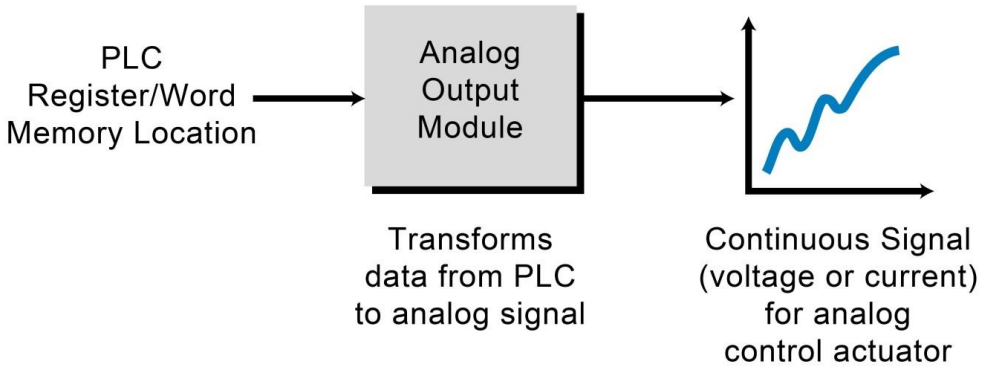
$\text{Percentage} = \left(\frac{14.4\text{ mA} - 4\text{ mA}}{20\text{ mA} - 4\text{ mA}}\right).100\%$ $\text{Percentage} = \left(\frac{10.4\text{ mA}}{16\text{ mA}}\right).100\%$	4 mA 8 mA 12 mA 16 mA 20 mA 0% 25% 50% 75% 100%

وحدات الإخراج التناظرية Analog Output (AO) Module

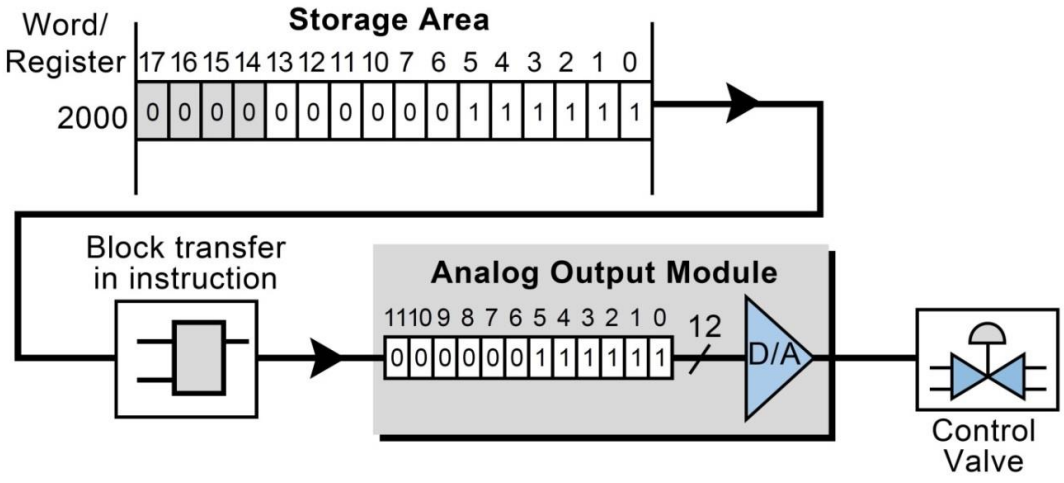
عبارة عن كارت **إخراج** الإشارات التناظرية (الانالوج) Analog signal وحيث يتم تحويل القيم العددية الموجودة فى ذاكرة وحدة الـ PLC فى شكل ثنائى (binary 0,1) بإستخدام Digital to Analog converter والتى ينتج عنه إشارات كهربية مثل 4–20mA لتشغيل الوحدات الخارجية مثل مشغلات المحابس التى تعمل بنسبة فتح أو إلي مبينات رقمية أو وحدات مغيرات السرعة لتحديد قيمة التردد ...الخ .



Representation of a volume adjust valve.



Conversion of register data to an analog signal.



Decimal	Binary	
0	0000 0000 0000	Valve Closed
4095	1111 1111 1111	Full Open

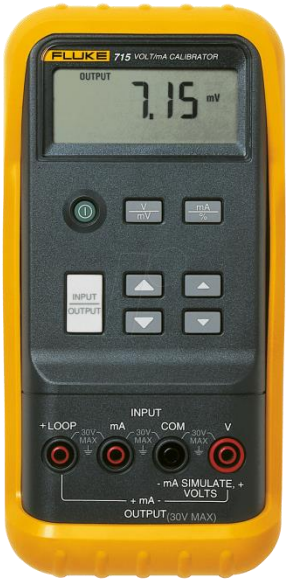
Block transfer of register contents to an analog output module.

طريقة الفحص

- الفحص الكهربي للتأكد من دخول الإشارة كهربياً

يتم التأكد من مسار الإشارة mA loop و وهنا تتضح أهمية Loop diagram الذي يوضح مسار الإشارة من نظام التحكم (Analog output module) حتى للمشغل الخارجى (مثل محبس التحكم بنسبة) ويتم قياس الإشارة الانالوج التى يقوم كارت الـ Analog output بإخراجها, ولذلك يستخدام الافوميتر Multi meter – AVO meter لقياس mA أو V أو mV حسب نوع الإشارة. ويجب مراعاة تأثير قيمة 0mA على النظام عند قياس إشارة الـ mA والتى

تحدث عند إستخدام الافوميتر لانه يلزم فلك احد طرفى الأسلاك الواصلين بكارت الانالوج (mA Loop) مما يتسبب فى إرسال قيمة 0mA فى هذه اللحظة. ولكن عند إستخدام clamp mA meter فإنه لايلزم فك الأسلاك لأن طريقة القياس تتم من خلال مرور السلك فقط داخل Clamp mA core فقط وهذا يعتبر أفضل وامن.



- الفحص عن طريق برامج النظام (System software)

يتم معرفة قيمة الإشارات على شاشات التحكم HMI أو برامج الاسكادا SCADA أو عن طريق برنامج الـ PLC (project code) وتشغيل الكودon-line لقراءة البيانات من الذاكرة مباشرة ومقارنتها بالقياس الكهربي للإشارة.

- الفحص الكهربي والفحص بإستخدام النظام مكملين لبعض البعض.

عند صيانة هذه الوحدات يجب معرفة طبيعة الكارت Moduleوطبيعة الإشارات نفسها ونوعها والـ Scale الخاص بها فى النظام.

من الأمور الهامة عند تنفيذ أو إستلام هذه الأنظمة وخاصة التى تتكون من PLC + HMI أو SCADA system ان يتم عرض البيانات الخام raw data كما هى بالذاكرة وأيضاً عرض الـ process data كما يتم عرضها على شاشات التحكم مثل (نسبة فتح المحبس ... الخ) (شكل الكارت

وقيمة كل إشارة على الكارت) .ويتم أيضاً إضافة امكانية إخراج قيم معينة للاختبار mA Hand control test (من الممكن ان تكون نسب مئوية يحددها المسئول عن الصيانة أو نسب معروفة , 0% 25% , 50% , 75% , 100%). لأن ذلك يساعد بشكل كبير فى أعمال الصيانة وتحديد الاعطال.

وحدة المعالجة المركزيه (Central Processing Unit – CPU)

وهي عبارة عن معالج دقيق وهي مركز إتخاذ القرارات لوحدة الـ PLC. و تحتوي كذلك على ذاكرة النظام. وتقوم وحدة المعالجة المركزيةCPU بما يلي:-

- إستقبال ومعالجة الإشارات المنطقية المرسلة من وحدات الدخل
- إتخاذ القرارات المناسبة حسب التعليمات المخزنة في ذاكرة البرنامج.
- إصدار أوامر التحكم لوحدات الخرج حسب تعليمات البرنامج المخزنة في الذاكرة
- تقوم وحدة الـ CPU بتنفيذ العمليات المنطقية والحسابية مثل العد، التوقيت، مقارنة البيانات

يتم اختيار وحدة الـ CPUبناءاً على حجم التطبيق ويتمثل ذلك فى الأتي :-

- سرعة المعالج (سرعة تنفيذ الأمر والبرنامج) SCAN cycle, Execution time, Instruction time
- سعة الذاكرة الداخلية (Memory size – RAM,ROM,EEPROM)
- عدد نقاط الدخل والخرج / وعدد الكروت Max I/o signal & Max Module limit
- منافذ الإتصال المتاحة Communication Ports & special modules
- دعم لغات البرمجة المختلفة PLC Programming Languages (IEC 61131-3)

PLC Programming Languages (IEC 61131-3)

- Structure text (ST)
- Instruction list (IL)
- Ladder Logic Diagram (LAD)
- Function block diagram (FBD)
- Sequential function chart (SFC)

يوجد العديد من ماركات وحدات التحكم المبرمج PLC على سبيل المثال لا الحصر :

- SCHNEIDER ELECTRIC
- ABB
- Siemens
- Omron
- VIPA
- Allen-Bradley (AB)
- Mitsubishi
- WAGO
- BECKHOFF

Technical specifications of CPU 31x
9.2 CPU 312

Technical specifications	
Digital channels	
• Inputs	256
• Outputs	256
• Inputs, of those central	256
• Outputs, of those central	256
Analog channels	
• Inputs	64
• Outputs	64
• Inputs, of those central	64
• Outputs, of those central	64
Hardware configuration	
• Racks, max.	1
• Modules per rack, max.	8

Execution times	
• for bit operation, min.	0.1 µs
• for word operations, min.	0.24 µs
• for fixed-point arithmetic, min.	0.32 µs
• for floating-point arithmetic, min.	1.10 µs

Technical specifications of CPU 31x
9.3 CPU 314

Technical specifications	
Digital channels	
• Inputs	1024
• Outputs	1024
• Inputs, of those central	1024
• Outputs, of those central	1024
Analog channels	
• Inputs	256
• Outputs	256
• Inputs, of those central	256
• Outputs, of those central	256
Hardware configuration	
• Racks, max.	4
• Modules per rack, max.	8

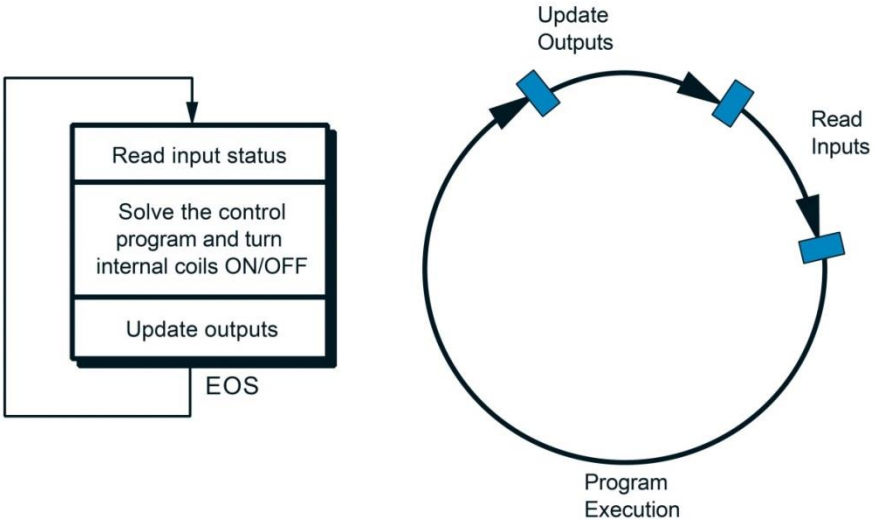
Execution times	
• For bit operation, min.	0.06 µs
• For word operations, min.	0.12 µs
• For fixed-point arithmetic, min.	0.16 µs
• Minimum for floating-point arithmetic	0.59 µs

Reference: s7300_cpu_31xc_and_cpu_31x_manual_en-US_en-US.pdf

- GE Fanuc
- LS
- DELTA

كيفية عمل وحدة الـPLC (PLC Operation)

تقوم وحدة التحكم المبرمج(. PLC) بإجراء عملية مسح مستمر (SCAN cycle) للبرنامج.



PLC total scan representation.

و تتكون هذه العملية (SCAN cycle) من ثلاثة خطوات رئيسية وهي كالتالي:

▪**الخطوة الأولى** :قراءة حالة وقيم إشارات الدخل (Read input state) – حيث تقوم وحدة الـ PLC بفحص حالة كل إشارة دخل وذلك لتحديد ما إذا كانت في حالة (ONأو OFF)وكذلك قيم إشارات الإدخال التماثلية ثم تقوم بتخزين البيانات في الذاكرة (قراءة الحالة الكهربية electrical state/value ثم تخزينها في الذاكرة للنظام الرقمي digital system في شكل ثنائي (binary 0,1).

"يتم كتابة قيم وحدات الإدخال فى الذاكرة Input module data write into Memory "

▪**الخطوة الثانية** :تنفيذ البرنامجُ Execute program– حيث تقوم وحدة الـ PLC بتنفيذ البرنامج وإستخدام حالة أو قيمة الإشارة المخزنه بالذاكرةMemory في الشكل الثنائي (binary 0,1) ويتم تنفيذ البرنامج طبقاً للترتيب الذي تم كتابته به حيث يتم تنفيذ الاوامر من السطر الاول من اعلي ثم الذي يليه إلي اسفل وكل سطر يتم تنفيذه من بدايته في اقصي اليسار حتي نهايته في اقصي اليمين.ويتم تجزين نتائج الاوامر والعمليات داخل الذاكرة Memory .

"يقوم برنامج PLC بقراءة أو كتابة قيم المتغيرات من خلال الذاكرة PLC program read from/write to the memory"

وطالما ان عمل الـ PLC أو SCAN cycle في خطوة التنفيذ Execution فإنه لايتم الإلتفات إلي التغيرات الكهربية الطارئة في قيم وحالات إشارات الدخل Input module ولن يشعر بها البرنامج في هذه الخطوة كما في الشكل التالي

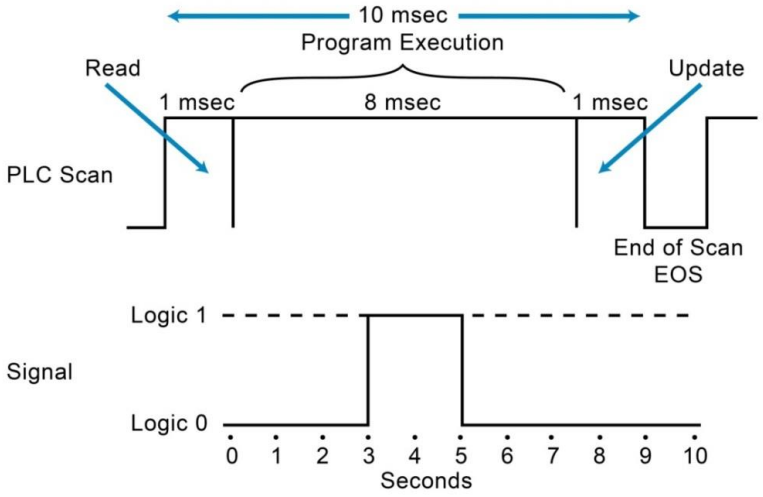
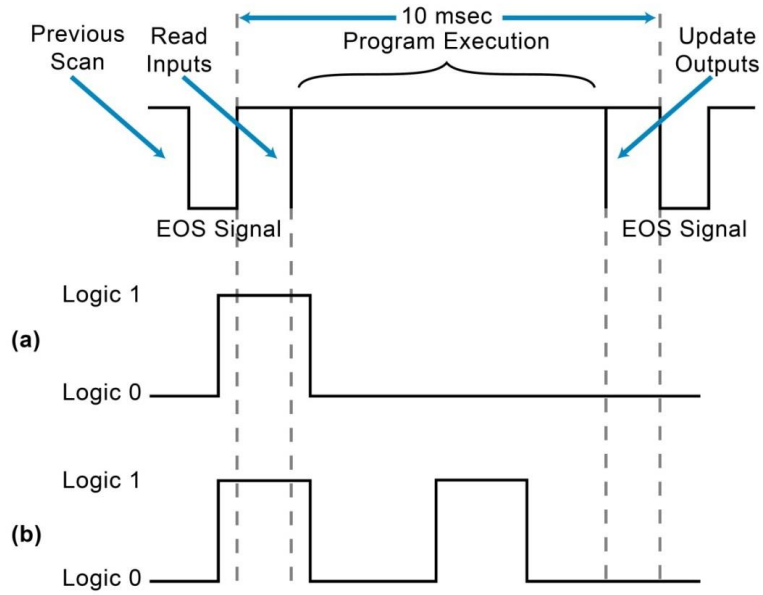


Illustration of a signal that will not be detected by a PLC during a normal scan.



(a) Single-pulse and **(b)** double-pulse signals.

ويوضح الشكل السابق تأثير زمن تنفيذ البرنامج Program execution علي التعامل مع إشارات الدخل ذات السرعات العالية High speed signal .

بالإضافة إلي إنه في حالة تعديل القيم أوالحالة لإشارات الخرج المخزنه فى الذاكرة في شكلها الرقمي(binary 0,1) والذي يتم اثناء تنفيذ الاوامر والتعليمات البرمجيه فإنه لايتم عمل تعديل للقيم/الحالة الكهربية الخاصة بكروت الخرج output module طبقاً لقيمتها الحالية حتي يتم الانتهاء من تنفيذ البرنامج والانتهاء من تنفيذ البرنامج execution program.

▪**الخطوة الثالثة** :تحديث حالةاو قيمة إشارات الخرج كهربياً Update output– حيث تقوم وحدة الـ PLCبتحديث الحالة أو القيمة الكهربية لإشارات الخرج output module طبقاً لاخر قيمة تم تعديلها بعد الانتهاء من مرحلة الـ execution program والتي تم تخزينها في الذاكرة memory وتحويلها من الشكل الرقمي (binary 0,1) إلي الشكل الكهربي علي كروت الإخراج output module

"يتم تحديث قيم المتغيرات لوحدات الإخراج من الذاكرة Output module read from memory"

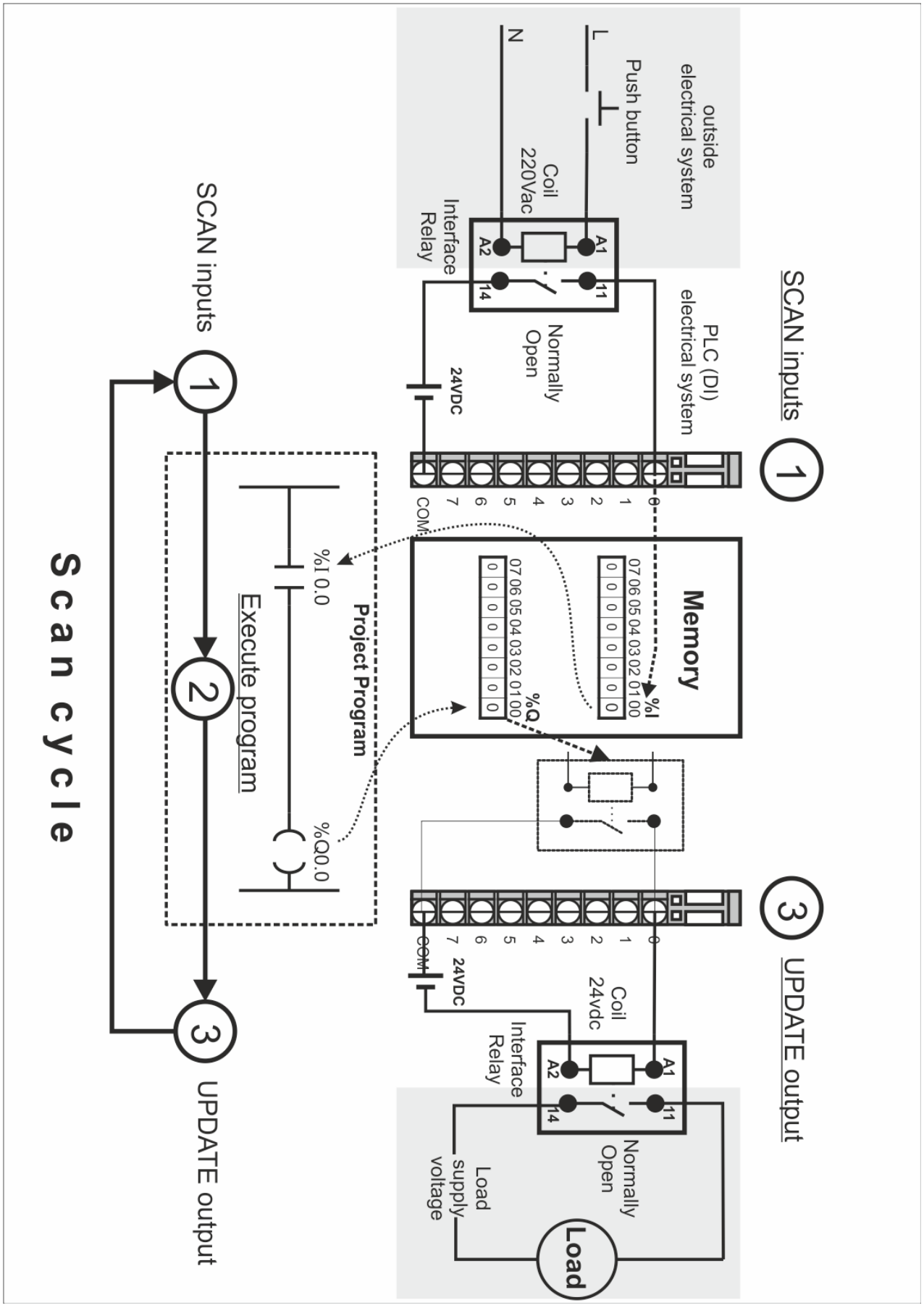
- **زمن المسح (SCAN cycle time)** : هو الزمن المستهلك في عمل دورة كاملة وتنفيذ الثلاث خطوات كاملة (Read input , execute program and update output) ويكون عادة بالملي ثانية(ms).
- **زمن تنفيذ البرنامج (Program execution time)** : هو الزمن المستهلك لتنفيذ جميع الاوامر البرمجيه للبرنامج (الخطوة الثانية فقط execute program) ويكون عادة بالملي ثانية(ms)
- **زمن تنفيذ الأمر (Instruction execution time)** : هو الزمن المستهلك لتنفيذ أمر برمجي واحد فقط من الاوامر البرمجية الأساسية لوحدة المعالج CPU – ويكون عادة بالمايكروثانيه(µs).

Technical specifications of CPU 31x
9.2 CPU 312

Execution times	
• for bit operation, min.	0.1 µs
• for word operations, min.	0.24 µs
• for fixed-point arithmetic, min.	0.32 µs
• for floating-point arithmetic, min.	1.10 µs

Technical specifications of CPU 31x
9.3 CPU 314

Execution times	
• For bit operation, min.	0.06 µs
• For word operations, min.	0.12 µs
• For fixed-point arithmetic, min.	0.16 µs
• Minimum for floating-point arithmetic	0.59 µs


SCAN inputs
1
outside electrical system
Push button
L
N
Coil 220Vac
Interface Relay
A2
A1
14
11
Normally Open
24VDC
PLC (DI) electrical system
COM
7 6 5 4 3 2 1 0
Memory
%I
07 06 05 04 03 02 01 00
%Q
07 06 05 04 03 02 01 00
Project Program
%I 0.0
Execute program
%Q0.0
SCAN inputs
1
2
3
UPDATE output
Scan cycle
3
UPDATE output
COM
24VDC
Coil 24vdc
Interface Relay
Normally Open
Load supply voltage
Load

وحدة الذاكرة Memory unit

هى الوحدة المسئولة عن تخزين البيانات داخل الـ PLC . وتقوم جميع وحدات الـ PLC بالتعامل معها.

- يتم كتابة قيم وحدات الإدخال فى الذاكرة Input module data write into Memory
- يقوم برنامج PLC بقراءة أو كتابة قيم المتغيرات من خلال الذاكرة PLC program read from/write to the memory.
- يتم تحديث قيم المتغيرات لوحدات الإخراج من الذاكرة Output module read from memory
- تقوم وحدات الإتصال بقراءة أو كتابة قيم المتغيرات بالذاكرة Communication modules read from/write to memory.

أنواع وحدات الذاكرة

- الذاكرة العشوائية (Random Access memory – RAM)
- ذاكرة قابلة للقراءة فقط (Read Only Memory – ROM)
- EPROM Erasable Read Only Memory
- EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
- Flash EPROM

كما يتم تقسيم الذاكرة لبعض وحدات الـ PLC كالأتي :

1. Load memory: يتم تخزين كود البرنامج والبيانات الأساسية فى هذا الجزء من الذاكرة كما يتم تحميله عند بدء تشغيل CPU وعمل RUN وأنواع ه كالتالى :-
   - داخلى internal : حزء داخلى يتم تخزين كود المشروع به
   - خارجى External : جزء خارجى Micro Memory Card (MMC) يتقوم الـ PLC بتحميل كود المشروع من عليه.وبدون MMC لايمكن تشغيل الـ PLC
2. Working memory: منطقة تنفيذ الكود وتحتوى على العديد من العناوين التى يمكن إستخدامها ثناء تنفيذ كود المشروع.

3. System memory: هذا الجزء من الذاكرة يحتوى على جميع المتغيرات الخاصة بالنظام مثل معرفة first cycle أو real date/time أو عنواين input, output, timers, counters...الخ , ولايتم إستخدام تلك العناوين الخاصة حيث انا محجوزة للنظام.ومايتم عليها هو الإستخدام لقراءة أو كتابة القيم فقط داخل البرنامج
4. Retentive memory: يتم إستخدام هذا الجزء من الذاكرة عن إستخدام متغيرات variables داخل البرنامج مع الاحتفاظ بالقيم حتى فى حالة انقطاع الكهرباء وتوقف الـ PLC ويكون مناسب عند إستخدامه للمتغيرات الخاصة بالأعدادات الخاصة بالعملية Process أو يكون مناسبد عند إستخدام العددات التجميعية مثل الـ totalizer flow ...الخ.
5. وهناك بعض أنواع الـ PLC التى تسمح بتشغيل بعض مناطق داخل الذاكرة momentary (مؤقته) أو retentive (دائمة) من خلال اومار برمجيه تسمح ببذلك ويجب مراعاة ذلك اثناء انشاء كود البرنامج.

In the event of a failure of the power supply, the controller copies the retentive data with its buffer energy from the controller's work memory to a non-volatile memory. After restarting the controller, the program processing is resumed with the retentive data. Depending on the controller, the data volume for retentivity has different sizes

التمثيل الرقمى Binary & Octal & Decimal & Hexadecimal

يتم تمثيل جميع البيانات داخل نظام الـ PLC فى الشكل الثنائى (0,1) Binary , ولكن يمكن أيضاً إستخدام الشكل الثنائى لتمثيل البيانات والارقام فى الشكل العشرى Decimal أو Hexadecimal.

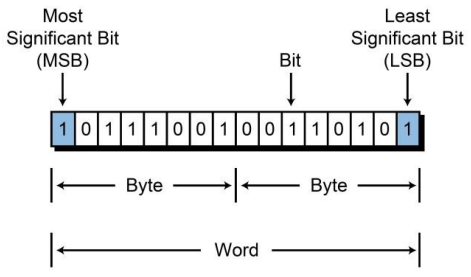
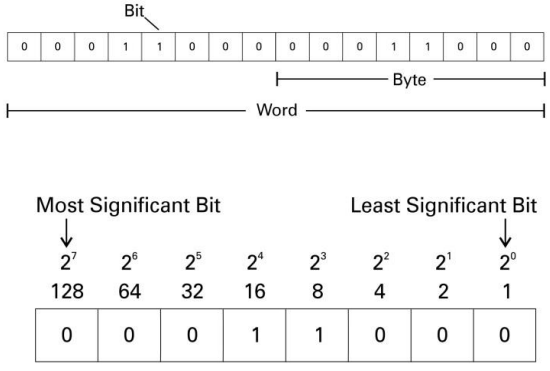


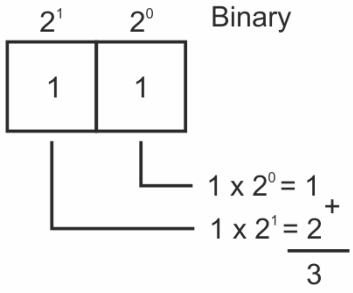
Figure 2-4. One word, two bytes, sixteen bits.

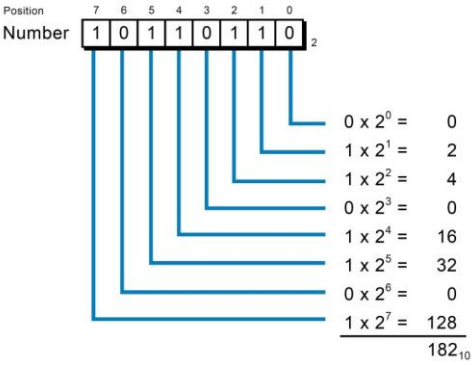


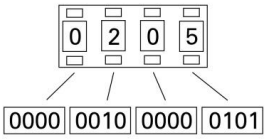
1. التمثيل الثنائي للبيانات Binary representation

- 2 digits : 0,1
- Base : 2
- weight : Power of base 2

....	2^3	2^2	2^1	2^0
....	8	4	2	1





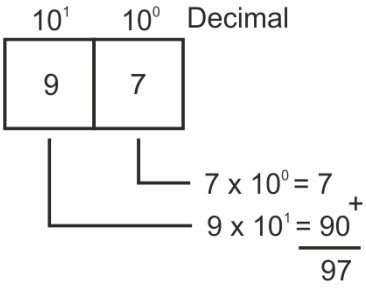


Decimal Numbers	BCD Numbers
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

2. التمثيل العشري للبيانات Decimal representation

- 10 digits : 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
- Base : 10
- Weight : Power of base 10

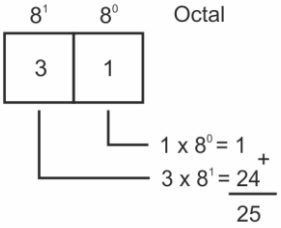
....	10^3	10^2	10^1	10^0
....	1000	100	10	1



3. التمثيل الثماني للبيانات Octal representation

- 8 digits : 0,1,2,3,4,5,6,7
- Base : 8
- Weight : Power of base 8

....	8^3	8^2	8^1	8^0
....	512	64	8	1



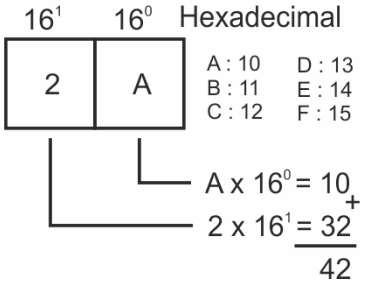
4. التمثيل السداسي عشر للبيانات Hexadecimal representation

- 16 digits :

0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

- Base : 16
- Weight: Power of base 16

....	16^3	16^2	16^1	16^0
....	4096	256	16	1

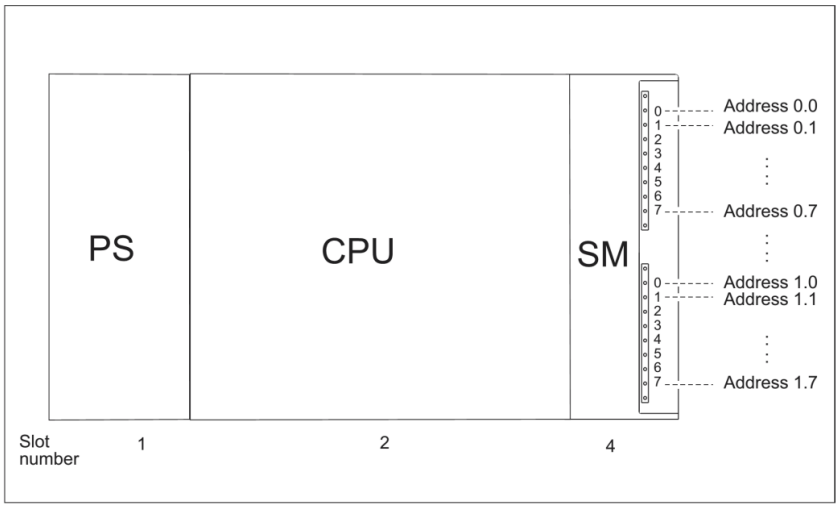


Decimal	Binary	BCD	Hexadecimal
0	0	0000	0
1	1	0001	1
2	1	0010	2
3	11	0011	3
4	100	0100	4
5	101	0101	5
6	110	0110	6
7	111	0111	7
8	1000	1000	8
9	1001	1001	9
10	1010	0001 0000	A
11	1011	0001 0001	B
12	1100	0001 0010	C
13	1101	0001 0011	D
14	1110	0001 0100	E
15	1111	0001 0101	F
16	1 0000	0001 0110	10
17	1 0001	0001 0111	11
18	1 0010	0001 1000	12
19	1 0011	0001 1001	13
20	1 0100	0010 0000	14
.	.	.	.
.	.	.	.
126	111 1110	0001 0010 0110	7E
127	111 1111	0001 0010 0111	7F
128	1000 0000	0001 0010 1000	80
.	.	.	.

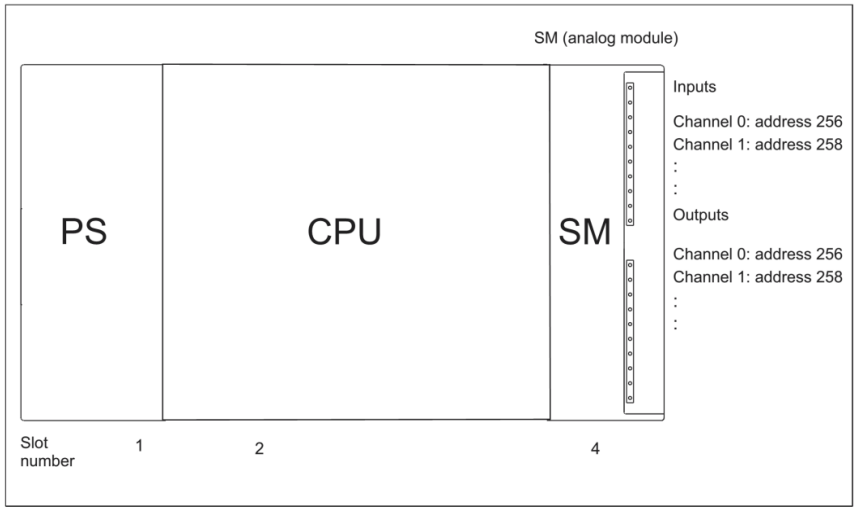
عنونة إشارات الدخل والخرج Addressing

من الضرورى معرفة عنوان كل الإشارات التى تتصل بكروت الاداخال والإخراج ، يتم التعامل فى البرنامج من خلال تلك العناوين ، كما يتم عمل اسم نصى tag name لها عن طريقة برنامج البرمجة PLC Development program لتسهيل الإستخدام داخل البرنامج.

ويتم تجميع وحدة الCPU وكروت الإدخال والإخراج معا فى ترتيب معين ، وتختلف العناوين بإختلاف الترتيب ونوع الإشارات Digital & Analog، وعند الانتهاء من البرنامج يلزم فى حالة الصيانة الالتزام بهذا الترتيب .وكل شركة منتجة لها طريقتها فى عملية عنونة الإشارات I/O memory allocation لذلك يلزم مراجعة الكتالوجات الخاصة بها.



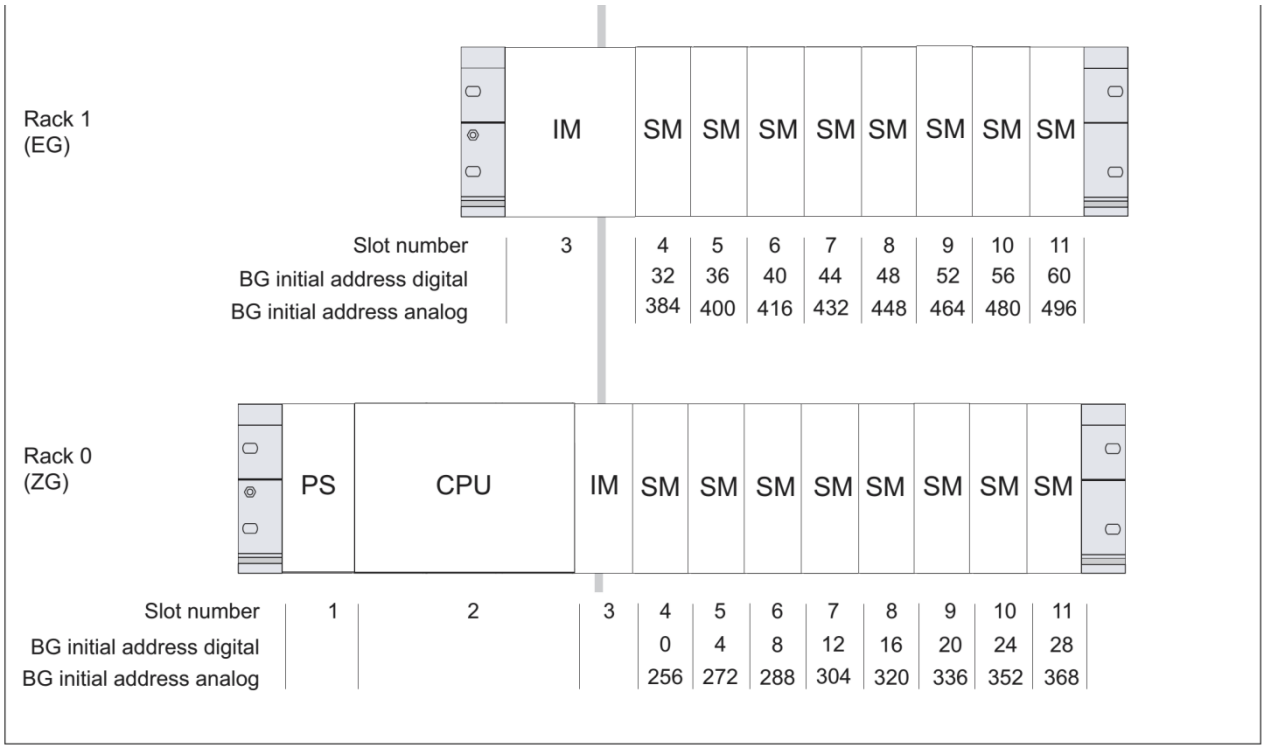
I/O Addresses of a digital module in Slot 4



I/O addresses of an analog module in Slot 4

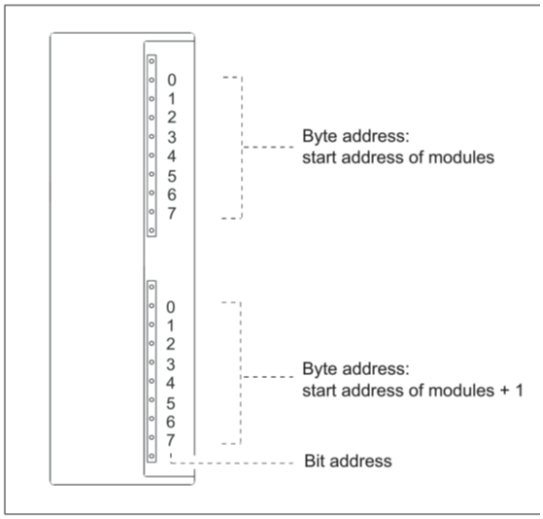
English Mnemonics	German Mnemonics	Description	Data Type	Address Range
I / O signal - Digital signal				
I	E	Input bit	BOOL	0 to 65535.7
IB	EB	Input byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
IW	EW	Input word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
ID	ED	Input double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
Q	A	Output bit	BOOL	0 to 65535.7
QB	AB	Output byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
QW	AW	Output word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
QD	AD	Output double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
Peripheral I / O - Analog signal				
PIB	PEB	Peripheral input byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
PIW	PEW	Peripheral input word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
PID	PED	Peripheral input double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
PQB	PAB	Peripheral output byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
PQW	PAW	Peripheral output word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
PQD	PAD	Peripheral output double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532

ويتم إستخدام الرموز كما بالجدول السابق مع كل نوع من الإشارات الحقيقة الموجودة علب كروت الاداخال أو إخراج وهذا الترميز يختلف بإختلاف الشركات المصنعة لوحدات الـ PLC لذلك يلزم مراجعة كتيبات التعليمات الخاصة بذلك .



S7-300 slots and the associated module start addresses

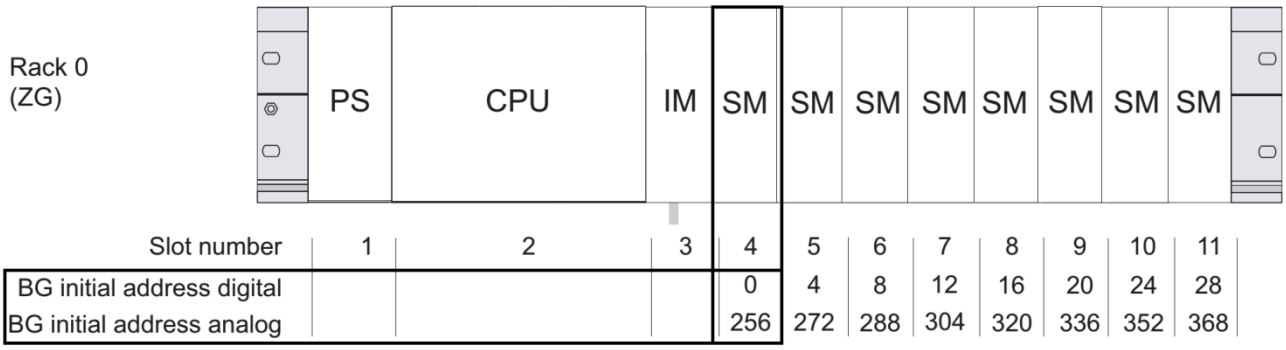
عند إستخدام الكارت الديجيتال Digital Input (DI) المكون من 16 Digital input كما بالرسم. وتم تركيبه فى الـ Slot No.4 فإنه طبقاً للـ Addressing كما بالشكل تكون عناوين الإشارات كالتالى:-



Addresses of the I/O of digital modules

Byte addresses : Start addresses of module = I0							
7	6	5	4	3	2	1	0
I0.7	I0.6	I0.5	I0.4	I0.3	I0.2	I0.1	I0.0
I1 = Byte addresses : Start addresses of module + 1							
7	6	5	4	3	2	1	0
I1.7	I1.6	I1.5	I1.4	I1.3	I1.2	I1.1	I1.0

(Addressing system تختلف من شركة لاخرى).

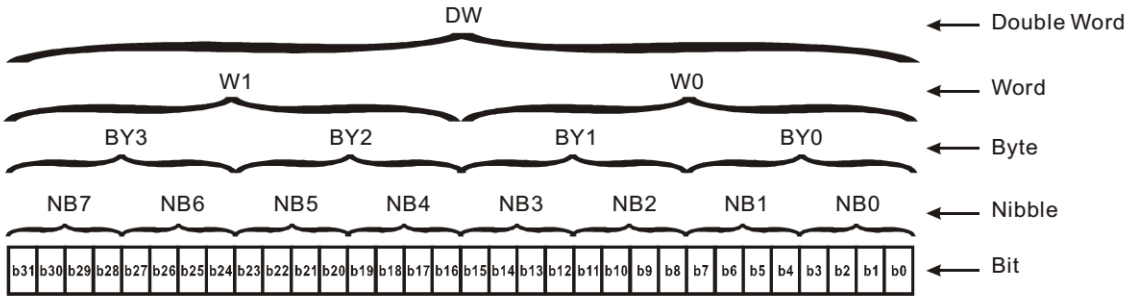


Slot number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BG initial address digital				0	4	8	12	16	20	24	28
BG initial address analog				256	272	288	304	320	336	352	368

S7-300 slots and the associated module start addresses

أنواع المتغيرات PLC variable types

يوجد العديد من أنواع المتغيرات (الرقمية , النصية , الزمنية ..الخ) ويتم إستخدامها حسب نوع القيمة المطلوبة واقصى قيمه لها حتى يمكن للمتغير تخزين هذه القيمة .



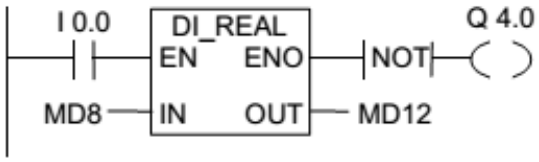
أنواع المتغيرات علي سبيل المثال كالأتي.

1. **Boolean (Bool) :** يستخدم للتعامل مع قيمة True or falseفقط , يمكن ان يتعامل مع النوع Bit لأنها قيمه 0 أو 1 فقط .
2. **Byte:** يستخدم للتعامل مع البيانات التى تتكون من 8 bit معا, ويستطيع التعامل الرقمى من (Decimal: 0 to 255) أو (Hexadecimal: 00 to FF). اما إذا زادت القيمة عن ذلك يتم إستخدام متغير اخر ذو سعة اكبر
3. **WORD:** يستخدم للتعامل مع البيانات التى تتكون من 16 bit أو 2 byte, يستطيع التعامل مع (Hexadecimal: 0000 to FFFF) أو كما بالجدول.
4. **DWORD (double word):** يستخدم للتعامل مع البيانات التى تتكون من 32 bit أو 4 Byte أو 2 Word, يستطيع التعامل مع (Hexadecimal: 0000 to FFFF) .
5. **INT (integer):** يستخدم للتعامل مع الارقام الصحيحة والتى يمكن تمثيلها بـ 16 bitفى النظام الثنائى. ونجد إنه يتشابه مع المتغير من النوع WORD ولكنهه مخصص للارقام الصحيحة.
6. **DINT (Double integer):** يستخدم للتعامل مع الارقام الصحيحة والكبيرة والتى يمكن تمثيلها بـ 32 bitفى النظام الثنائى. ونجد إنه يتشابه مع النوع DWORD ولكن مخصص للارقام فقط.
7. **REAL (Floating point number):** يستخدم للتعامل مع الارقام الحقيقية ذات الكسورالعشرية.

ويمكن التحويل من نوع لاخر بإستخدام دوال مخصصة لذلك مثل (integer to double integer , integer to real , word to double word) ..الخ. وتختلف هذه الدوال من شركة لاخرى فمنها من

يعتمد التحويل المباشر (الذاتى) ومنها من يلزم المبرمج من إستخدام دوال التحويل اثناء كتابة الكود.ولكن يجب مراعاة التحويل من رقم ذو سعة اعلى إلي نوع ذو سعة اقل لأن ذلك يؤثر على البيانات والقيم.

DI_REAL (Convert Double Integer to Floating-Point) reads the content of the IN parameter as a double integer and converts it to a floating-point number. The result is output by the parameter OUT. ENO always has the same signal state as EN.



If I0.0 is "1", then the content of MD8 is read as an double integer and converted to a floating-point number. The result is stored in MD12. The output Q4.0 is "1" if the conversion is not executed (ENO = EN = 0).

وعادة نستخدم دوال التحويل Convert من متغير لاخر لانه عند إستخدام الاوامر instructions أو الدوال functions المختلفة يلزم إستخدام أنواع متغيرات variable types متطابقة مع نوع المدخلات والمخرجات لهذه الاوامر والتعليمات والدوال.

كما يجب معرفة عناوين المتغيرات Variable address والسعة المناسبة له variable capacity (number of bits , byte , word …etc.) حتى لايحدث تداخل مع متغيرات اخرى أو إستخدام عناوين اخرى اثناء إستخدامها داخل البرنامج.

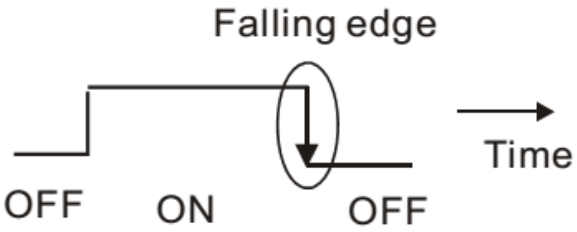
يتم إستخدام المتغيرات المناسبة للقيم بدون زيادة أو نقص حتى يتم الاستفادة القصوى من الذاكرة دون استهلاكها بشكل غير مناسب مثل تخصيص متغير DINT لرقم يتغير من 0 إلي10 فقط وهكذا.

Type and Description	Size in Bits	Format Options	Range and Number Notation (lowest to highest values)	Example in STL
BOOL (Bit)	1	Boolean text	TRUE/FALSE	TRUE
BYTE (Byte)	8	Hexadecimal number	B#16#0 to B#16#FF	L B#16#10 L byte#16#10
WORD (Word)	16	Binary number	2#0 to 2#1111_1111_1111_1111	L 2#0001_0000_0000_0000
		Hexadecimal number	W#16#0 to W#16#FFFF	L W#16#1000 L word#16#1000
		BCD	C#0 to C#999	L C#998
		Decimal number unsigned	B#(0,0) to B#(255,255)	L B#(10,20) L byte#(10,20)
DWORD (Double word)	32	Binary number	2#0 to 2#1111_1111_1111_1111_ 1111_1111_1111_1111	L 2#1000_0001_0001_1000_ 1011_1011_0111_1111
		Hexadecimal number	W#16#0000_0000 to W#16#FFFF_FFFF	L DW#16#00A2_1234 L dword#16#00A2_1234
		Decimal number unsigned	B#(0,0,0,0) to B#(255,255,255,255)	L B#(1, 14, 100, 120) L byte#(1,14,100,120)
INT (Integer)	16	Decimal number signed	-32768 to 32767	L 101
DINT (Double integer)	32	Decimal number signed	L#-2147483648 to L#2147483647	L L#101
REAL (Floating-point number)	32	IEEE Floating-point number	Upper limit +/-3.402823e+38 Lower limit +/-1.175495e-38	L 1.234567e+13
S5TIME (SIMATIC time)	16	S7 time in steps of 10ms (default)	S5T#0H_0M_0S_10MS to S5T#2H_46M_30S_0MS and S5T#0H_0M_0S_0MS	L S5T#0H_1M_0S_0MS L S5TIME#0H_1H_1M_0S_0MS
TIME (IEC time)	32	IEC time in steps of 1 ms, integer signed	T#24D_20H_31M_23S_648MS to T#24D_20H_31M_23S_647MS	L T#0D_1H_1M_0S_0MS L TIME#0D_1H_1M_0S_0MS
DATE (IEC date)	16	IEC date in steps of 1 day	D#1990-1-1 to D#2168-12-31	L D#1996-3-15 L DATE#1996-3-15
TIME _OF_DAY (Time)	32	Time in steps of 1 ms	TOD#0:0:0.0 to TOD#23:59:59.999	L TOD#1:10:3.3 L TIME_OF_DAY#1:10:3.3
CHAR (Character)	8	ASCII characters	A', 'B' etc.	L 'E'

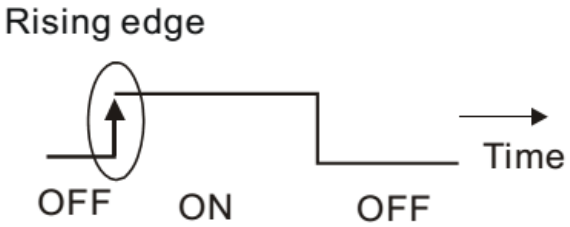
الرموز المستخدمة Symbol

Ladder – Contacts symbol

---| |---	Normally open contact	State equal to "1" if the state of signal changes from high "0" to low "1"
---| / |---	Normally closed contact	State equal to "0" if the state of signal changes from high "0" to low "1"
"IN" —|N|— "M_BIT"	Negative(Failing) edge detection	State equal to "1" if the state of signal changes from high "1" to low "0" for one cycle only.

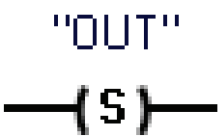


---(P)--- "IN" —|P|— "M_BIT"	Positive(Rising) edge detection	State equal to "1" if the state of signal changes from low "0" to high "1" for one cycle only.



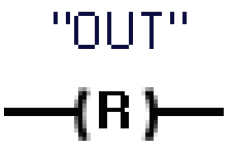
Ladder –coils symbols

"OUT" —( )—	Output coil	When coil is activated, then the data value at the OUT address is set to 1.
"OUT" —(/)—	Invert (NOT) Output coil	When coil is activated, then the data value at the OUT address is set to 0.



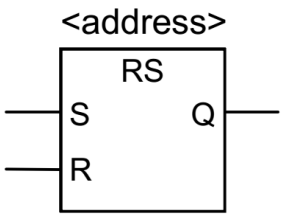
Set coil

When S (Set) is activated, then the data value at the OUT address is set to 1. When S is not activated, OUT is not changed



Reset coil

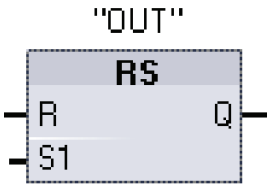
When R (Reset) is activated, then the data value at the OUT address is set to 0. When R is not activated, OUT is not changed.

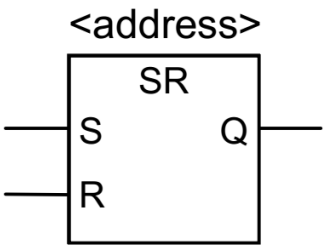


Reset-Set Flip Flop

RS (Reset-Set Flip Flop) is reset if the signal state is "1" at the R input, and "0" at the S input. Otherwise, if the signal state is "0" at the R input and "1" at the S input, the flip flop is set

The RS flip flop executes first the reset instruction then the set instruction at the specified <address>

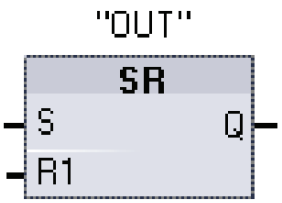




Set-Reset Flip Flop

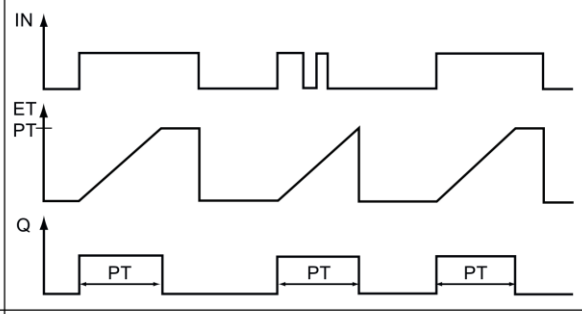
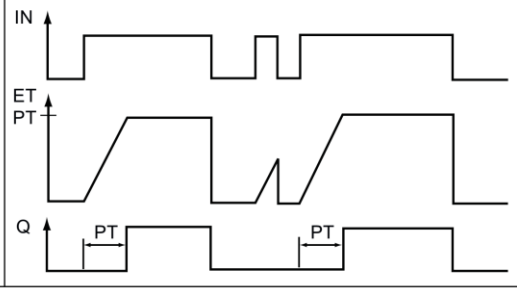
SR (Set-Reset Flip Flop) is set if the signal state is "1" at the S input, and "0" at the R input. Otherwise, if the signal state is "0" at the S input and "1" at the R input, the flip flop is reset.

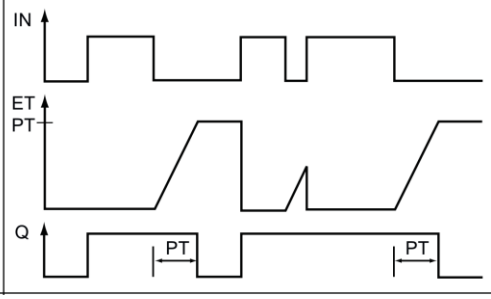
The SR flip flop executes first the set instruction then the reset instruction at the specified <address>



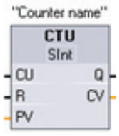
Box/Function (timer, counter)

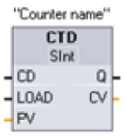
LAD / FBD boxes	LAD coils	SCL	Description
IEC_Timer_0 TP Time IN Q PT ET	TP_DB TP "PRESET_Tag"	"IEC_Timer_0_DB".TP(IN:=_bool_in_, PT:=_time_in_, Q=>_bool_out_, ET=>_time_out_);	The TP timer generates a pulse with a preset width time.
IEC_Timer_1 TON Time IN Q PT ET	TON_DB TON "PRESET_Tag"	"IEC_Timer_0_DB".TON (IN:=_bool_in_, PT:=_time_in_, Q=>_bool_out_, ET=>_time_out_);	The TON timer sets output Q to ON after a preset time delay.
IEC_Timer_2 TOF Time IN Q PT ET	TOF_DB TOF "PRESET_Tag"	"IEC_Timer_0_DB".TOF (IN:=_bool_in_, PT:=_time_in_, Q=>_bool_out_, ET=>_time_out_);	The TOF timer resets output Q to OFF after a preset time delay.

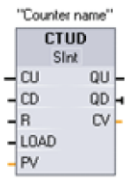
Timer	Timing diagram
TP: Pulse timer The TP timer generates a pulse with a preset width time.	
TON: ON-delay timer The TON timer sets output Q to ON after a preset time delay.	

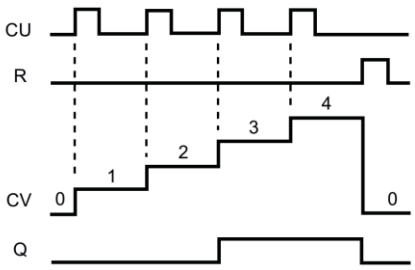
Timer	Timing diagram
TOF: OFF-delay timer The TOF timer resets output Q to OFF after a preset time delay.	

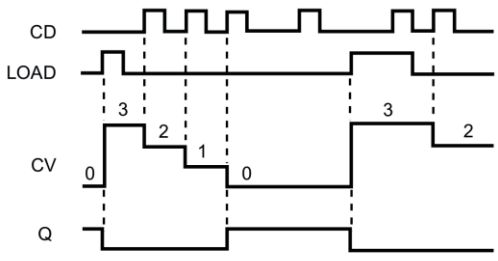
LAD / FBD	SCL	Description

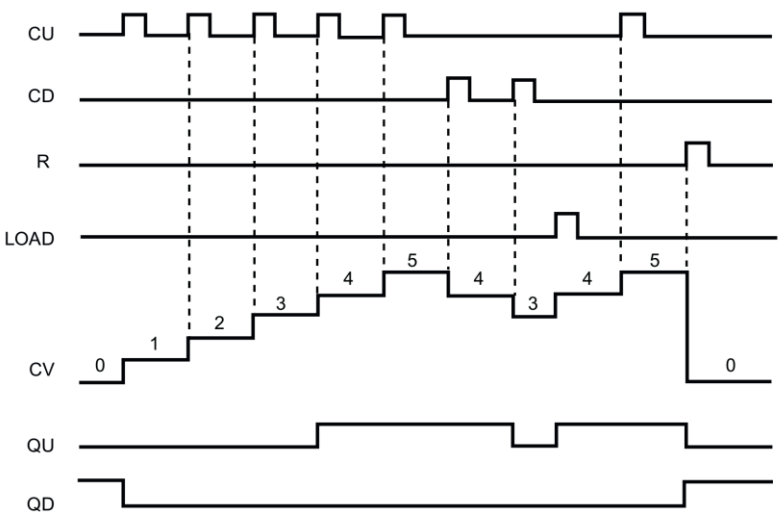
	`"IEC_Counter_0_DB".CTU(`
	`CU:=_bool_in,`
	`R:=_bool_in,`
	`PV:=_int_in,`
	`Q=>_bool_out,`
	`CV=>_int_out);`
		Use the counter instructions to count internal program events and external process events. Each counter uses a structure stored in a data block to maintain counter data. You assign the data block when the counter instruction is placed in the editor.
		• CTU is a count-up counter
		• CTD is a count-down counter
		• CTUD is a count-up-and-down counter

	`"IEC_Counter_0_DB".CTD(`
	`CD:=_bool_in,`
	`LD:=_bool_in,`
	`PV:=_int_in,`
	`Q=>_bool_out,`
	`CV=>_int_out);`	

	`"IEC_Counter_0_DB".CTUD(`
	`CU:=_bool_in,`
	`CD:=_bool_in,`
	`R:=_bool_in,`
	`LD:=_bool_in,`
	`PV:=_int_in,`
	`QU=>_bool_out,`
	`QD=>_bool_out,`
	`CV=>_int_out);`	

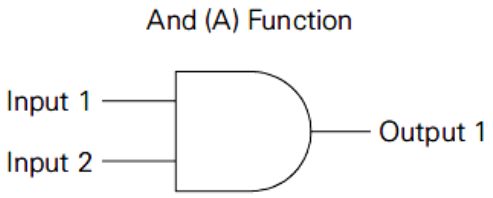
Counter	Operation
The CTU counter counts up by 1 when the value of parameter CU changes from 0 to 1. The CTU timing diagram shows the operation for an unsigned integer count value (where PV = 3). • If the value of parameter CV (current count value) is greater than or equal to the value of parameter PV (preset count value), then the counter output parameter Q = 1. • If the value of the reset parameter R changes from 0 to 1, then the current count value is reset to 0.	

Counter	Operation
The CTD counter counts down by 1 when the value of parameter CD changes from 0 to 1. The CTD timing diagram shows the operation for an unsigned integer count value (where PV = 3). • If the value of parameter CV (current count value) is equal to or less than 0, the counter output parameter Q = 1. • If the value of parameter LOAD changes from 0 to 1, the value at parameter PV (preset value) is loaded to the counter as the new CV (current count value).	

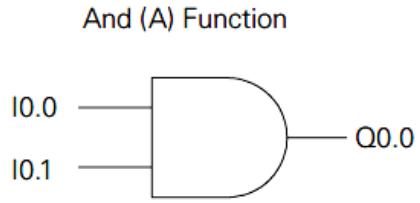
Counter	Operation
The CTUD counter counts up or down by 1 on the 0 to 1 transition of the count up (CU) or count down (CD) inputs. The CTUD timing diagram shows the operation for an unsigned integer count value (where PV = 4). • If the value of parameter CV is equal to or greater than the value of parameter PV, then the counter output parameter QU = 1. • If the value of parameter CV is less than or equal to zero, then the counter output parameter QD = 1. • If the value of parameter LOAD changes from 0 to 1, then the value at parameter PV is loaded to the counter as the new CV. • If the value of the reset parameter R is changes from 0 to 1, the current count value is reset to 0.	

شرح الاوامر البسيطة AND,OR

- **الأمر AND :** أحد العمليات المنطقية Logical Operation التي يتم إستخدامها بكثرة داخل برنامج الـ PLC والتي يلزم تحقيق الشروط معا للحصول علي قيمة الخرج ويمكن صياغتها بالشكل التإلي

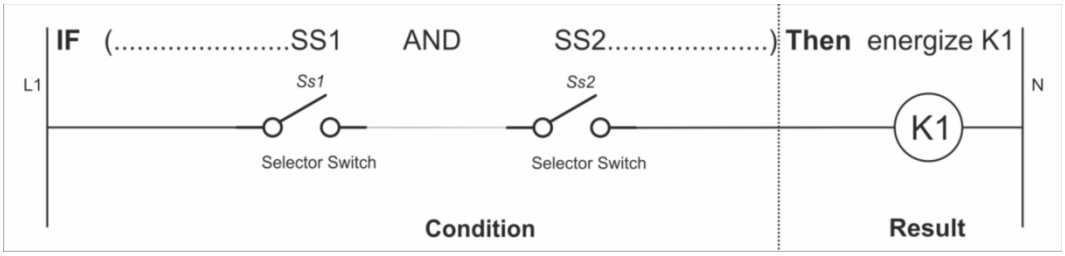


Input 1	Input 2	Output 1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



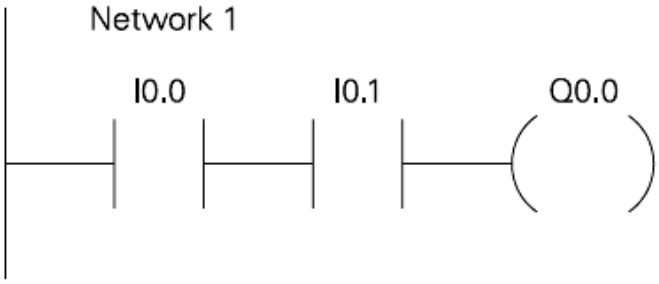
I0.0	I0.1	Q0.0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Logic gate truth table



Classic control circuit

Ladder Diagram Representation



PLC program

LAD

FBD

ST

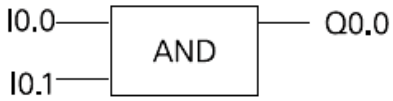
Function

I0.0 AND I0.1

=Q0.0

Function Block Diagram Representation

Network 1

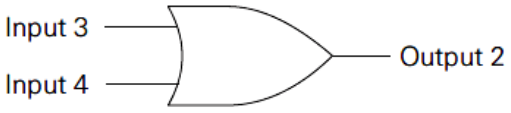


Statement List Representation

```
Network 1
LD    I0.0
A     I0.1
=     Q0.0
```

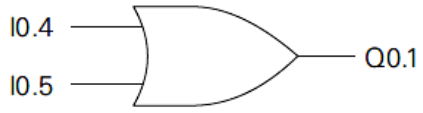
الأمر OR : أحد العمليات المنطقية Logical Operation التي يتم إستخدامها بكثرة داخل برنامج الـ PLC والتي يكتفي تحقيق شرط واحد فقط للحضول علي قيمة الخرج ويمكن صياغتها بالشكل التإلي

Or (O) Function



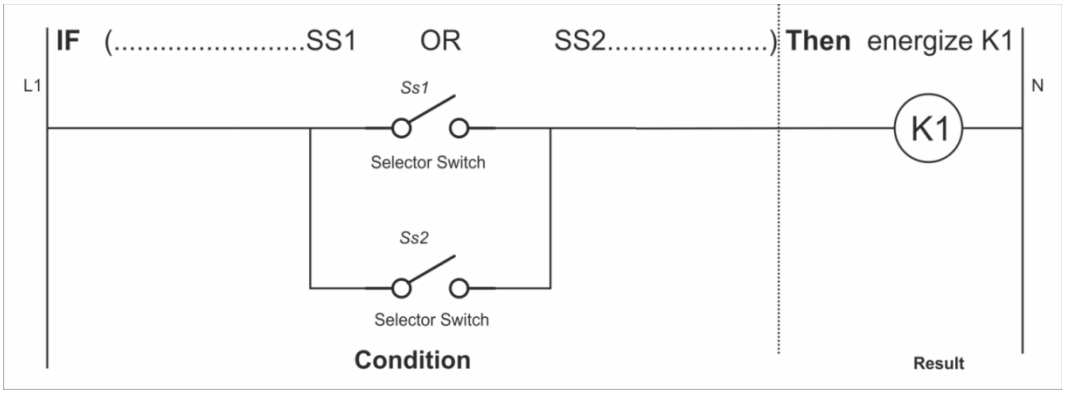
Input 3	Input 4	Output 2
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Or (O) Function



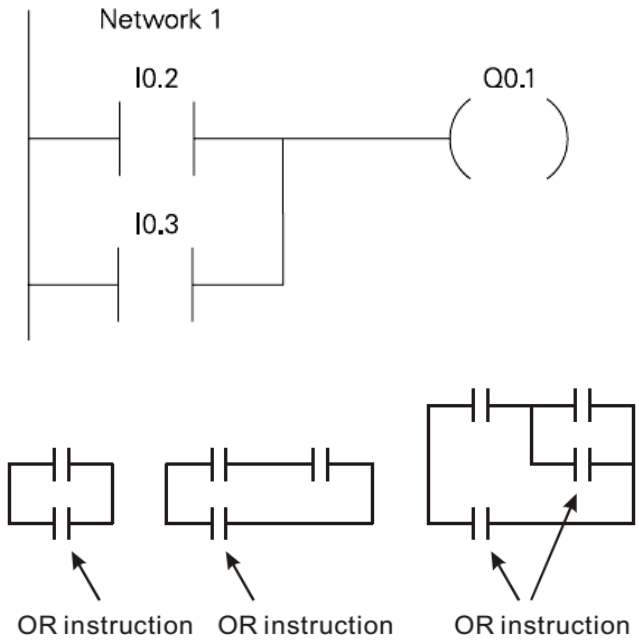
I0.4	I0.5	Q0.1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Logic gate truth table



Classic control circuit

Ladder Diagram Representation



PLC program

LAD

FBD

ST

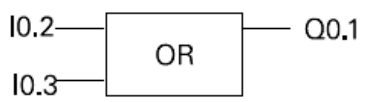
Function

I0.0 OR I0.1

=Q0.0

Function Block Diagram Representation

Network 1



Statement List Representation

```
Network 1
LD    I0.2
O     I0.3
=     Q0.1
```

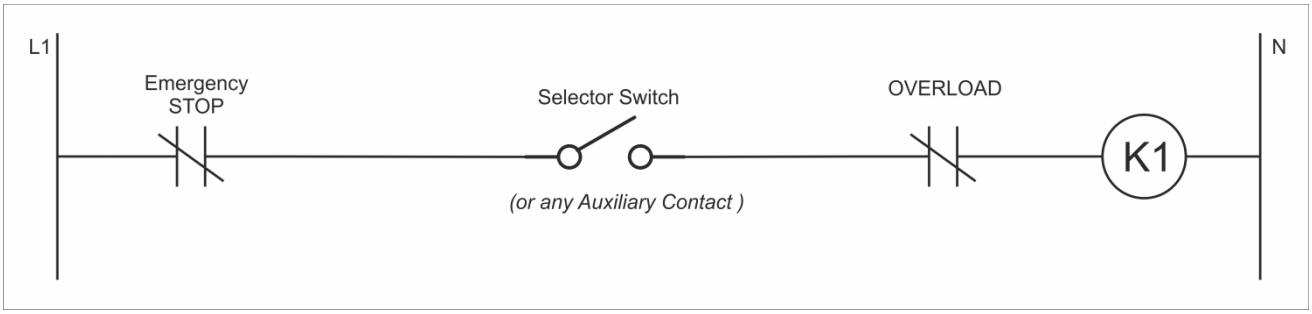
مثال (1) : تشغيل محرك كهربى بإستخدام مفتاح سيليكتور selector switch

طريقة عمل الدائرة:

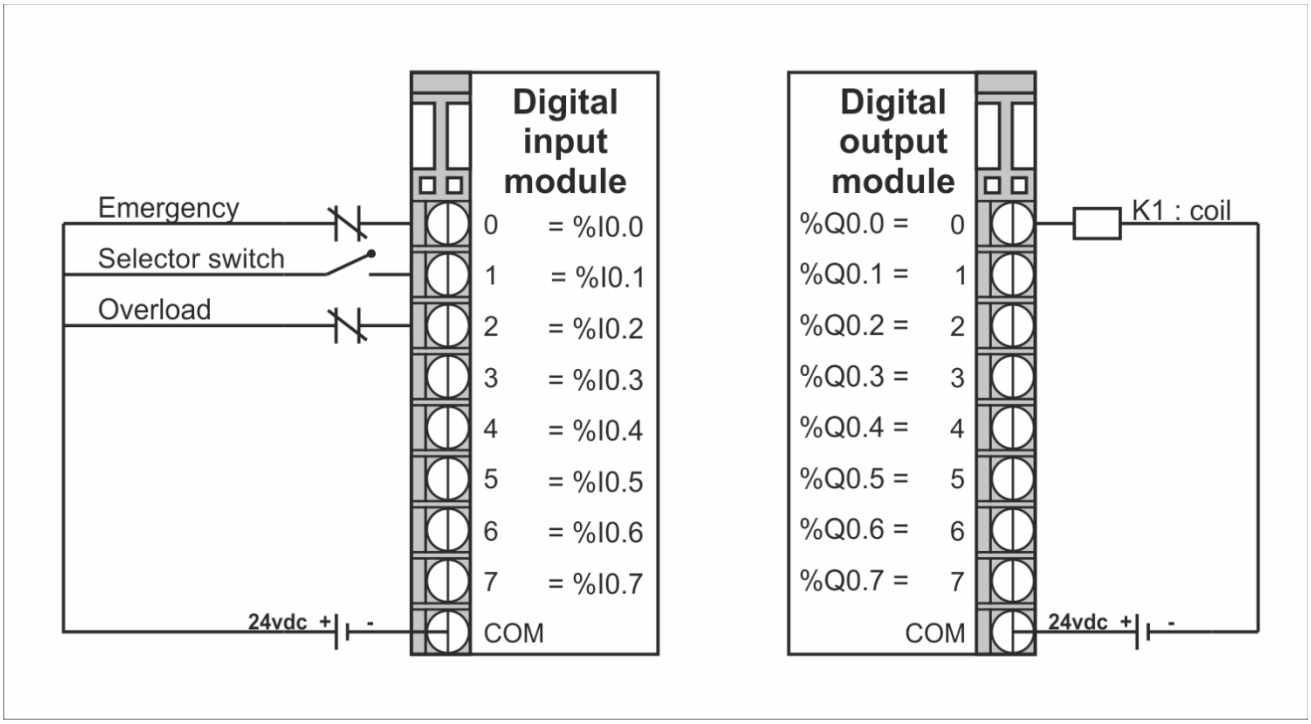
عند تحويل وضع المفتاح / السيليكتور إلي الوضع ON يقوم بتشغيل الكونتاكتور K1 (والذي يقوم بتوصيل التيار الكهربي للمحرك الكهربي) ويستمر في التشغيل. اما عند تحويل وضع المفتاح / السيليكتور إلي الوضع OFF أو حدوث زيادة حمل overload أو الضغط علي مفتاح الطوارئ تتوقف الدائرة عن العمل.

Tag name	Address	Type	Signal source	Description
Emergency	%I0.0	Digital Input	Selector switch (Normally Closed contact)	مفتاح الطوارئ
SS_Start_Stop Selector switch	%I0.1	Digital Input	Selector switch (Normally open contact)	مفتاح التشغيل و الإيقاف ON-OFF selector switch
Overload	%I0.2	Digital Input	Overload (Normally open contact)	ريلاي الحماية ضد زيادة الحمل overload
Motor_run	%Q0.1	Digital output	Signal out from PLC as (Normally open contact) to run contactor	إشارة خرج من الـ PLC تعمل علي تشغيل الكونتاكتور K1 الذي يقوم بتشغيل المحرك

شكل الدائرة Classic Control



توصيل الإشارات علي وحدات الإدخال والإخراج (يجب مراعاة دوائر الـ interface عند التنفيذ)



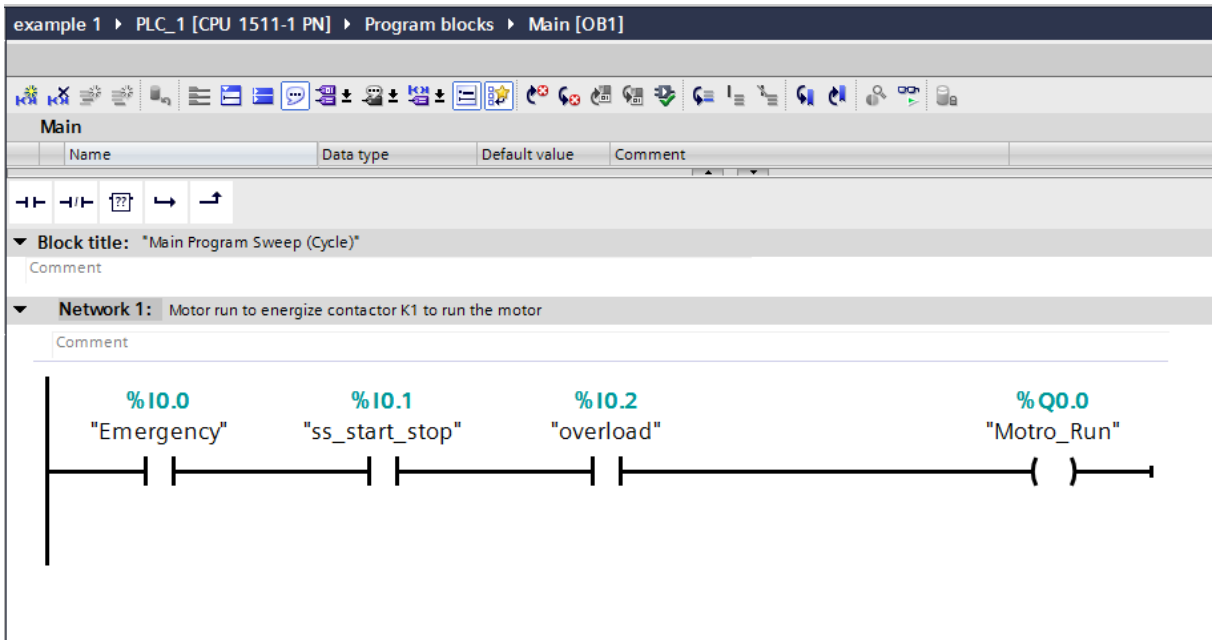
شكل برنامج الـ PLC

General | IO tags | System constants | Texts

	Name	Type	Address	Comment
	Emergency	Bool	%I0.0	Emergency switch (outside contact : normally closed)
	ss_start_stop	Bool	%I0.1	Select switch (outside contact : normally oped)
	overload	Bool	%I0.2	overload device (outside contact : normally closed)
	Motor_Run	Bool	%I0.3	
		Bool	%I0.4	
		Bool	%I0.5	
		Bool	%I0.6	
		Bool	%I0.7	

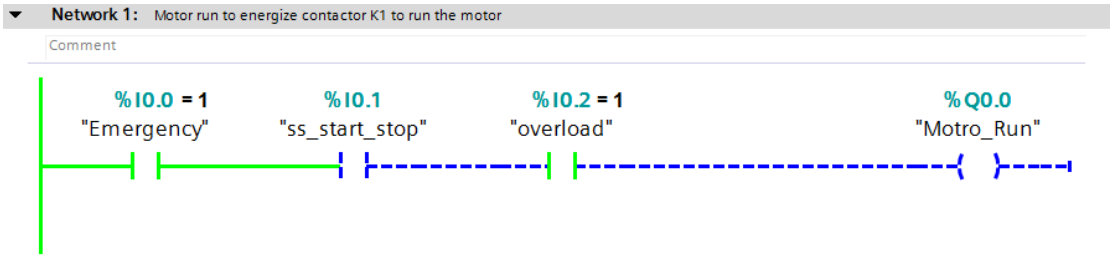
General | IO tags | System constants | Texts

	Name	Type	Address	Comment
	Motro_Run	Bool	%Q0.0	Motor run to energize contactor K1 to run the motor
		Bool	%Q0.1	
		Bool	%Q0.2	
		Bool	%Q0.3	
		Bool	%Q0.4	
		Bool	%Q0.5	
		Bool	%Q0.6	
		Bool	%Q0.7	

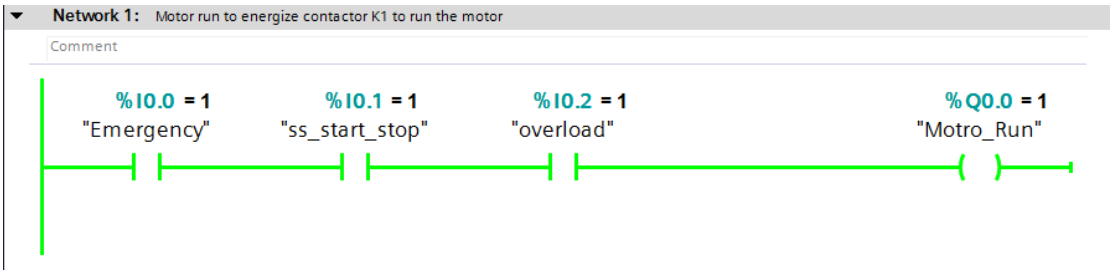


محاكاة تشغيل البرنامج PLC program simulation

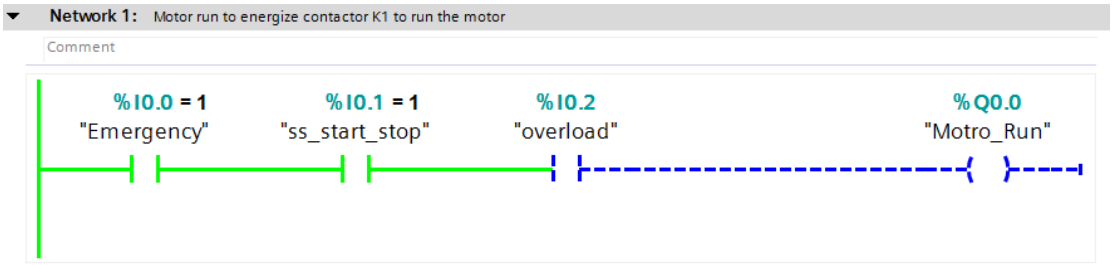
Step 0: initial state



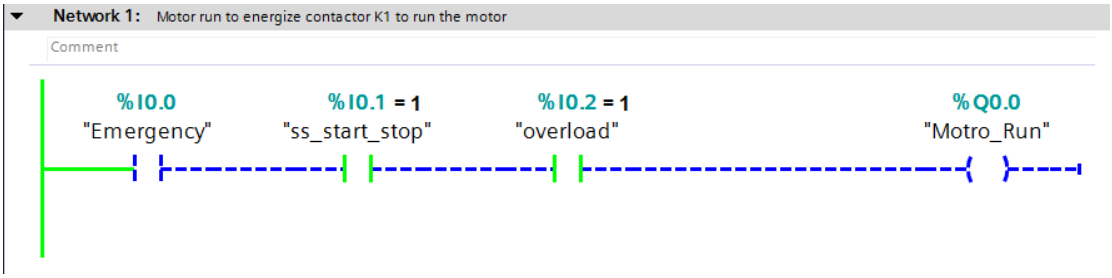
Step 1: on change selector switch position to ON Motor will run



Step 2 : In case of overload (NC to O) after step 1 – Motor will stopped



Step 3 : In case of press Emergency (NC to O) after step 1 – Motor will stopped



مثال (2): تشغيل محرك كهربى بإستخدام زر تشغيل start push button وزر إيقاف stop push button .

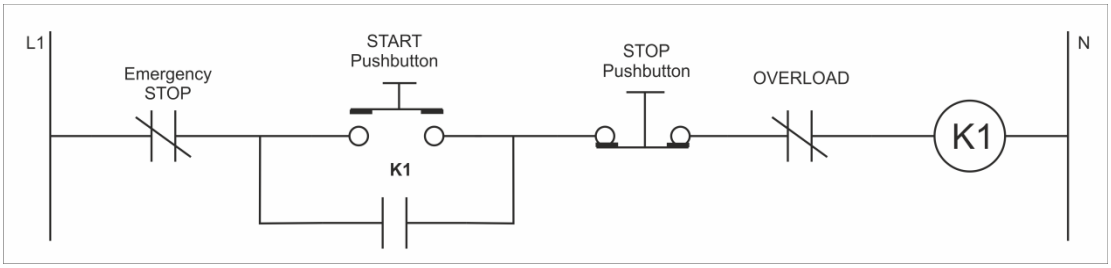
طريقة عمل الدائرة :

عند الضغط علي زر start يقوم بتشغيل الكونتاكتور K1 (والذي يقوم بتوصيل التيار الكهربي للمحرك الكهربي) وتعمل النقطة المفتوحة الموجوده علي الكونتاكتور بعمل مسار تعويض لزر start وعند ترك الزر start تظل الدائرة تعمل (عن طريق المسار التعويضي Latch) وعند الضغط علي زر stop أو حدوث زيادة حمل overload أو الضغط علي مفتاح الطوارئ تتوقف الدائرة عن العمل.

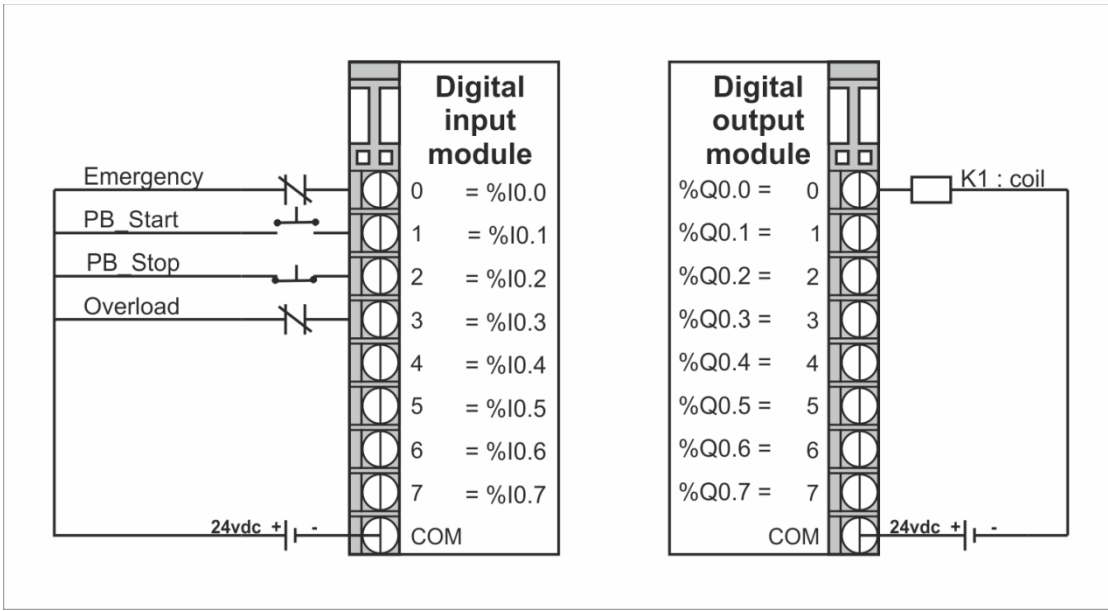
إشارات لإدخال والإخراج المستخدمة مع PLC

Tag name	Address	Type	Signal source	Description
Emergency	%I0.0	Digital Input	Selector switch (Normally Closed contact)	مفتاح الطوارئ
PB_Start	%I0.1	Digital Input	Push button (Normally open contact)	زر تشغيل لحظي
PB_Stop	%I0.2	Digital Input	Push button (Normally closed contact)	زر إيقاف لحظي
Overload	%I0.3	Digital Input	Overload (Normally open contact)	ريلاي الحماية ضد زيادة الحمل overload
Motor_run	%Q0.1	Digital output	Signal out from PLC as (Normally open contact) to run contactor	إشارة خرج من الـ PLC تعمل علي تشغيل الكونتاكتور K1 الذي يقوم بتشغيل المحرك

شكل الدائرة Classic Control



توصيل الإشارات علي وحدات الإدخال والإخراج (يجب مراعاة دوائر الـ interface عند التنفيذ)



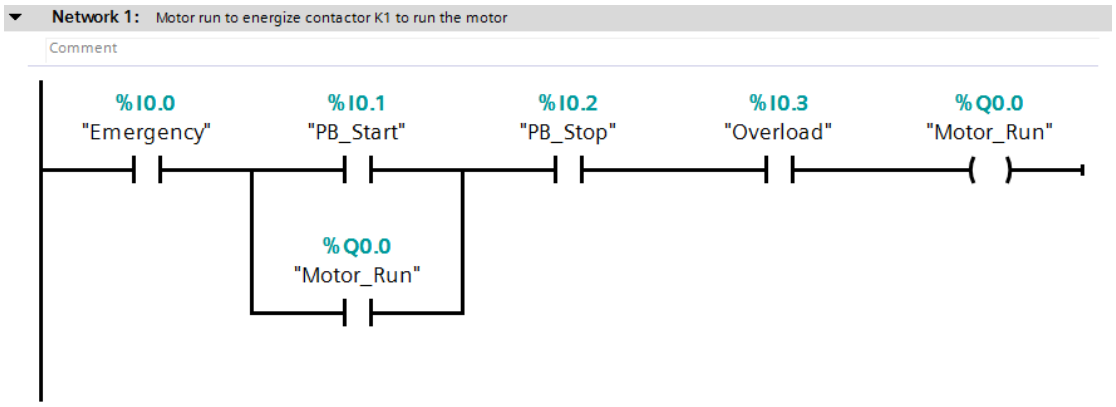
شكل برنامج الـ PLC

General | IO tags | System constants | Texts

	Name	Type	Address	Comment
	Emergency	Bool	%I0.0	Emergency switch (outside contact : normally closed)
	PB_Start	Bool	%I0.1	Start push button (outside contact : normally open)
	PB_Stop	Bool	%I0.2	Stop push button (outside contact : normally closed)
	Overload	Bool	%I0.3	overload device (outside contact : normally closed)
		Bool	%I0.4	
		Bool	%I0.5	
		Bool	%I0.6	
		Bool	%I0.7	

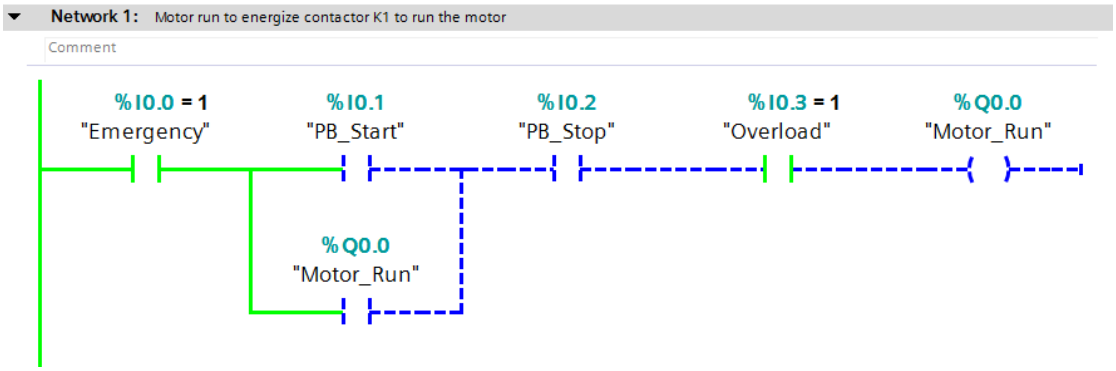
General | IO tags | System constants | Texts

	Name	Type	Address	Comment
	Motro_Run	Bool	%Q0.0	Motor run to energize contactor K1 to run the motor
		Bool	%Q0.1	
		Bool	%Q0.2	
		Bool	%Q0.3	
		Bool	%Q0.4	
		Bool	%Q0.5	
		Bool	%Q0.6	
		Bool	%Q0.7	

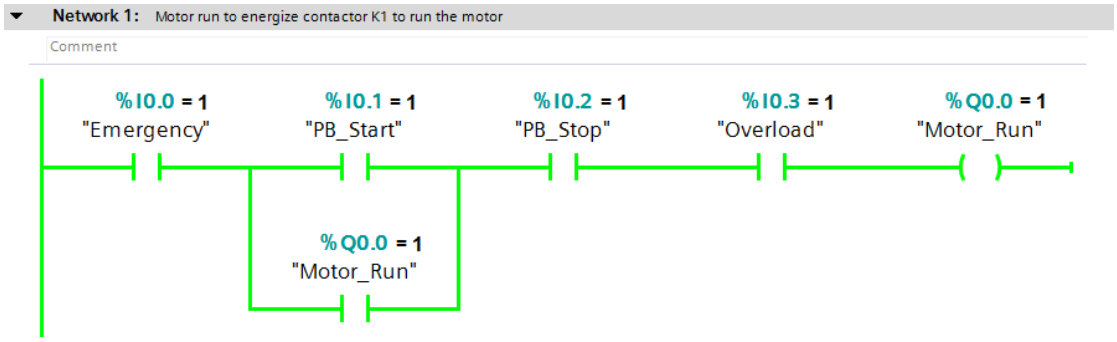


محاكاة تشغيل البرنامج PLC program simulation

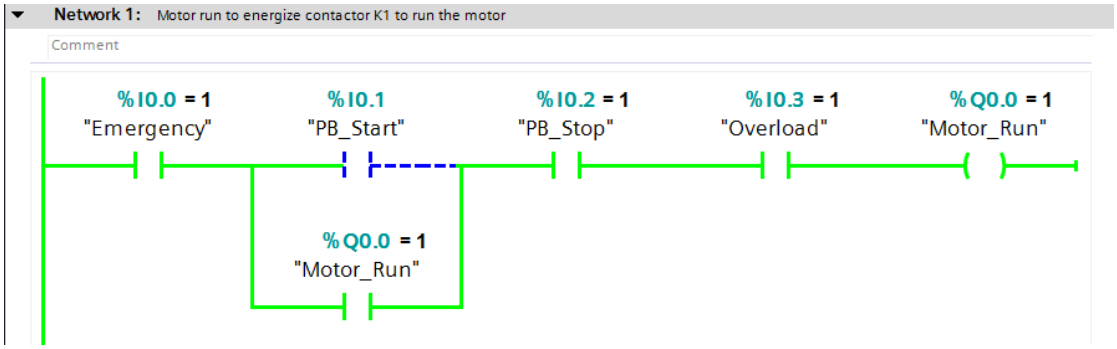
Step 0 : initial state



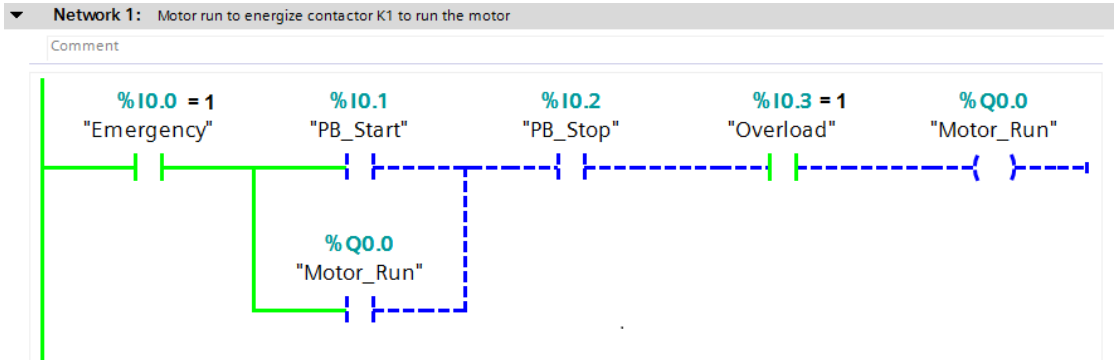
Step 1 : On press PB_start



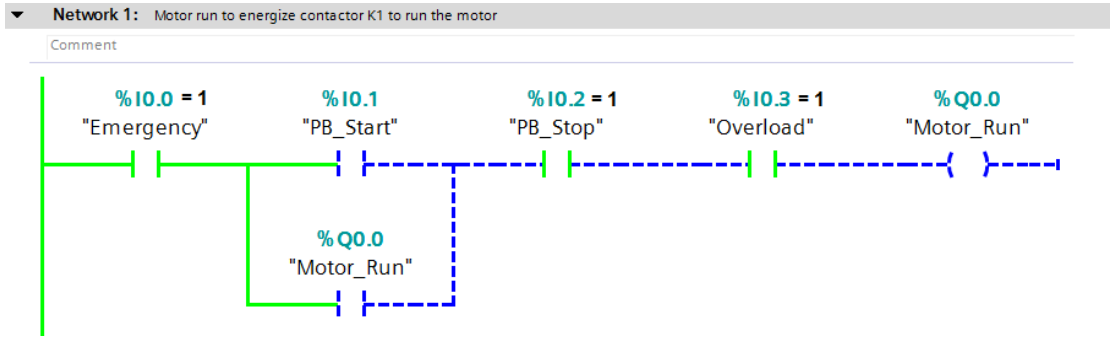
Step 2 : On release PB_Start



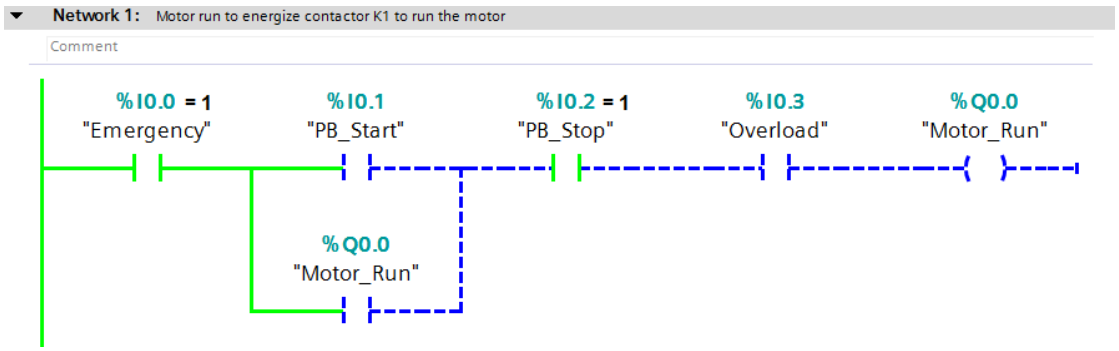
Step 3 : On press PB_stop (NC to O) motor will stopped



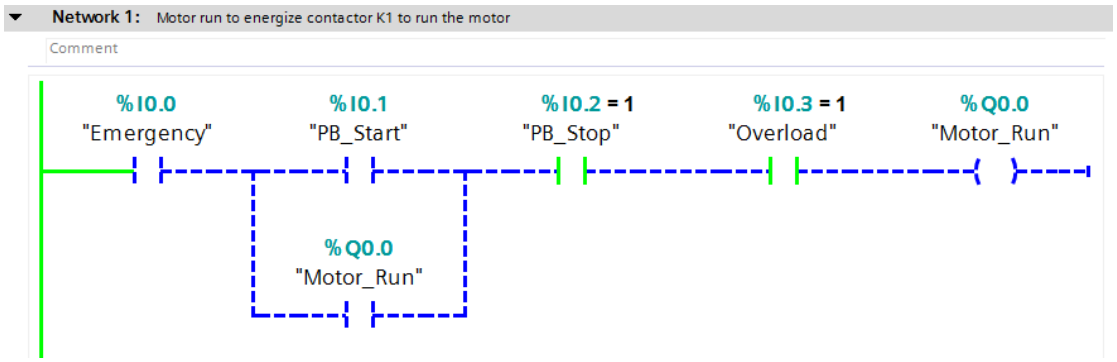
Step 4 : On release PB_stop(return to NC) motor still stopped



Step 5 : In case of overload (NC to O) after step 2 – Motor will stopped



Step 6 : In case of press Emergency (NC to O) after step 2 – Motor will stopped



مثال (3): تشغيل محرك كهربى يعمل بطريقة ستار – دلتا بإستخدام زر تشغيل start push button وزر إيقاف stop push button .

طريقة عمل الدائرة :

تعتبر دائرة تشغيل المحركات الكهربية بإستخدام طريقة البدء (STAR–DELTA) من اشهر طرق بدء التشغيل وتعمل الدائرة كالأتي :-

تتكون الدائرة من عدد 3 كونتاكتورات مناسبة للمحرك الكهربي يتم تشغيل كونتاكتور الرئيسى Main contactor وكونتاكتور الاستار Star Conductor وتسمى هذه التوصيلة star Connection أو مرحل الـ star ثم بعد ذلك يتم إيقاف الكونتاكتور Star وتشغيل كونتاكتور ال Delta , كما أنه هناك الكثير من الاعتبارات الكهربية المهمه والتى يتم مراعاتها فى تصميم دائرة التحكم للحفاظ على المكونات الكهربية ويكون ترتيب التشغيل كالتالى :

Method 1:

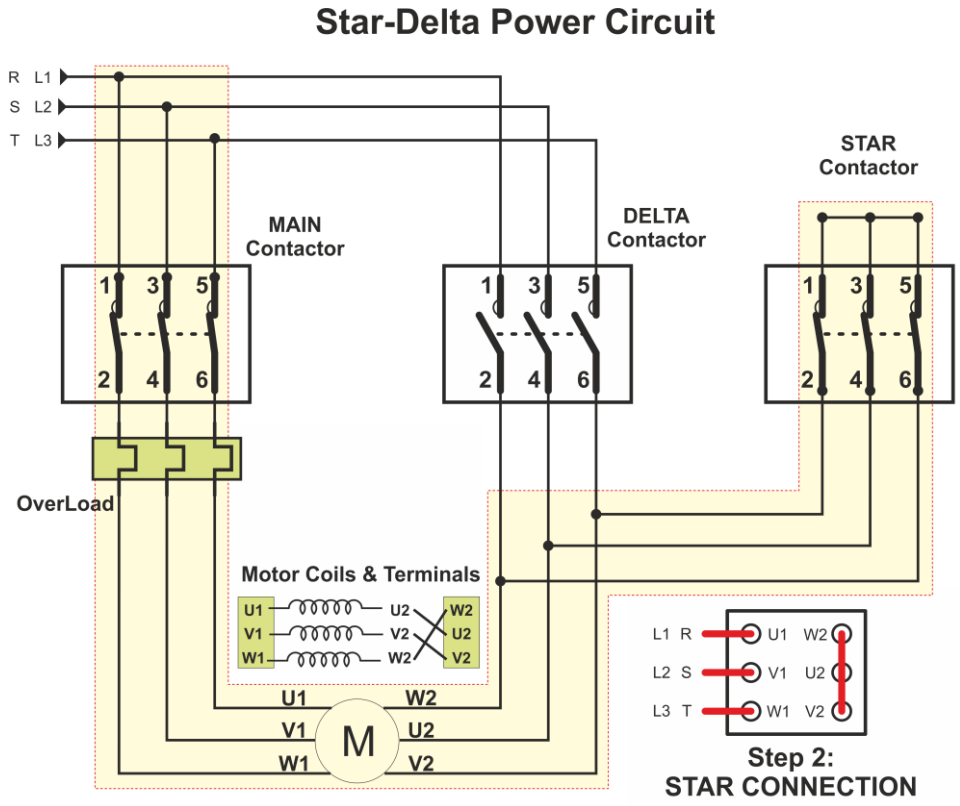
1. START command
2. Energize MAIN and STAR contactor (STAR Stage Connection Complete)
3. Wait Some Time (4-10 S)
4. De-energize STAR Contactor and energize DELTA Contactor with Apply electrical and Mechanical interlock (DELTA Stage Connection Complete)
5. RUNING
6. STOP command

Method 2:

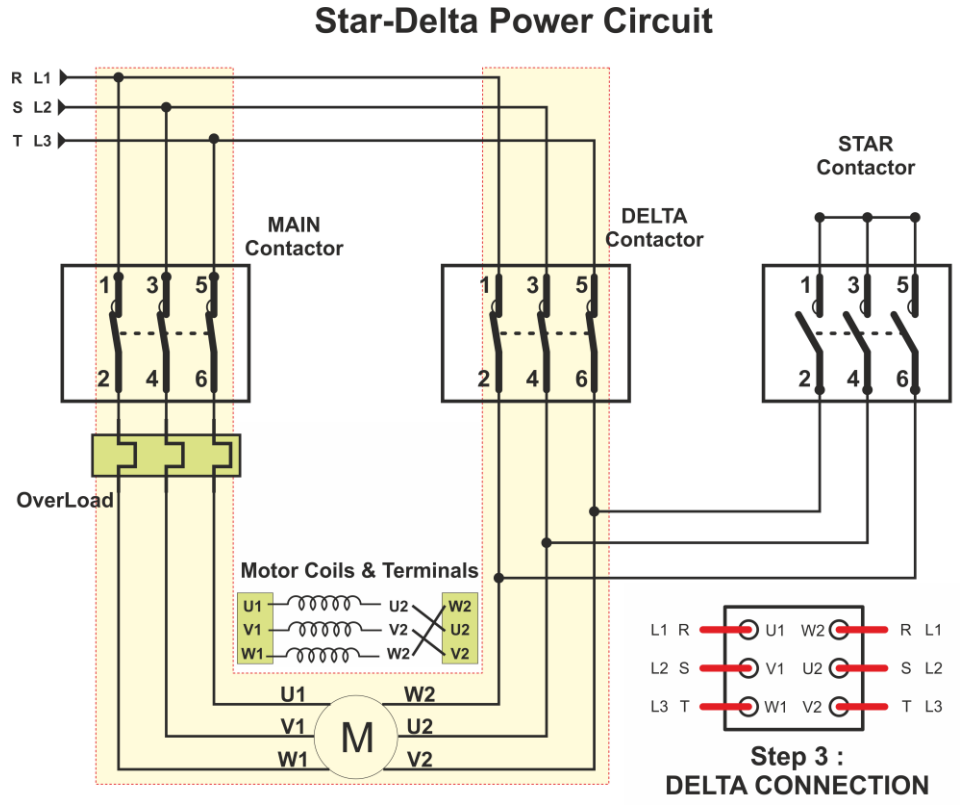
1. START command
2. Energize STAR contactor
3. Energize MAIN contactor (STAR Stage Connection Complete)
4. Wait Some Time (4-10 S)
5. De-energize STAR Contactor with Apply electrical and Mechanical interlock (After ensure STAR contactor OFF you can shift to DELTA Stage)
6. Energize DELTA Contactor (DELTA Stage Connection Complete)
7. RUNING
8. STOP command

إشارات لإدخال والإخراج المستخدمة مع PLC

Tag name	Address	Type	Signal source	Description
Emergency	%I0.0	Digital Input	Selector switch (Normally Closed contact)	مفتاح الطوارئ
PB_Start	%I0.1	Digital Input	Push button (Normally open contact)	زر تشغيل لحظي
PB_Stop	%I0.2	Digital Input	Push button (Normally closed contact)	زر إيقاف لحظي
Overload	%I0.3	Digital Input	Overload (Normally open contact)	ريلاي الحماية ضد زيادة الحمل overload
K_MAIN	%Q0.0	Digital output	Signal out from PLC as (Normally open contact) to run main contactor	إشارة خرج من الـ PLC تعمل علي تشغيل الكونتاكتور الرئيسي main
K_STAR	%Q0.1	Digital output	Signal out from PLC as (Normally open contact) to run star contactor	إشارة خرج من الـ PLC تعمل علي تشغيل الكونتاكتور الاستار star
K_DELTA	%Q0.2	Digital output	Signal out from PLC as (Normally open contact) to run star contactor	إشارة خرج من الـ PLC تعمل علي تشغيل الكونتاكتور الدلتا delta
FAULT	%Q0.3	Digital output	Signal out from PLC as (Normally open contact) to run lamp fault	إشارة خرج من الـ PLC تعمل علي تشغيل لمبة بيان الخطأ fault

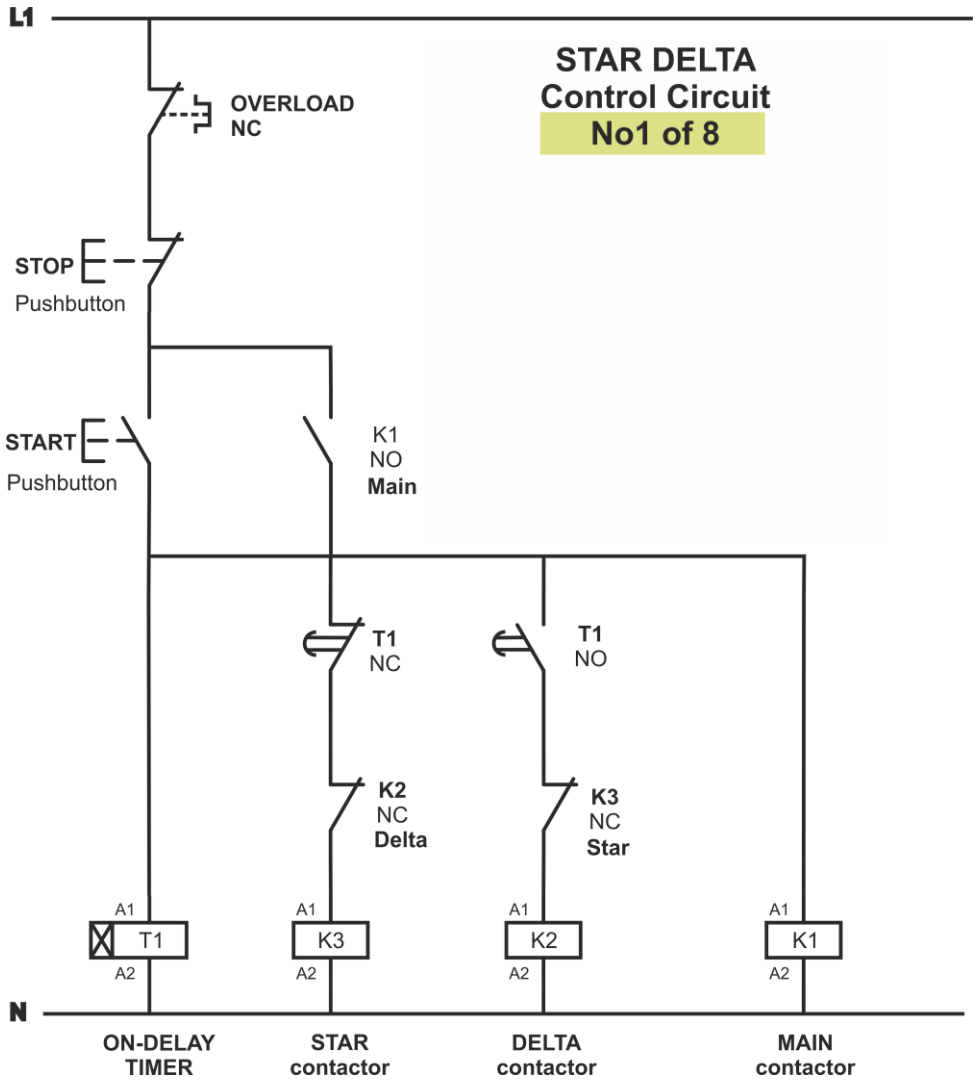


شكل الدائرة الكهربية في حالة التوصيل STAR



شكل الدائرة الكهربية في حالة التوصيل DELTA

شكل الدائرة Classic Control



هناك الكثير من دوائر التحكم الخاصة بتشغيل المحركات star–delta ... للمزيد من دوائر التحكم يمكن الرجوع إلي دورة التحكم الكلاسيكي المستوي الاول.

تعتبر دائرة تشغيل المحركات الكهربية بإستخدام طريقة البدء (STAR–DELTA) من اشر طرق بدء التشغيل وتعمل الدائرة كالأتي :-

تتكون الدائرة من عدد 3 كونتاكتورات مناسبة للمحرك الكهربي يتم تشغيل كونتاكتور الرئيسى Main contactor وكونتاكتور الاستار Star Conductor وتسمى هذه التوصيلة star Connection أو مرحل الـ star ثم بعد ذلك يتم إيقاف الكونتاكتور Star وتشغيل كونتاكتور ال Delta , كما أنه هناك

الكثير من الاعتبارات الكهربية المهمه والتى يتم مراعاتها فى تصميم دائرة التحكم للحفاظ على المكونات الكهربية ويكون ترتيب التشغيل كالتالى :

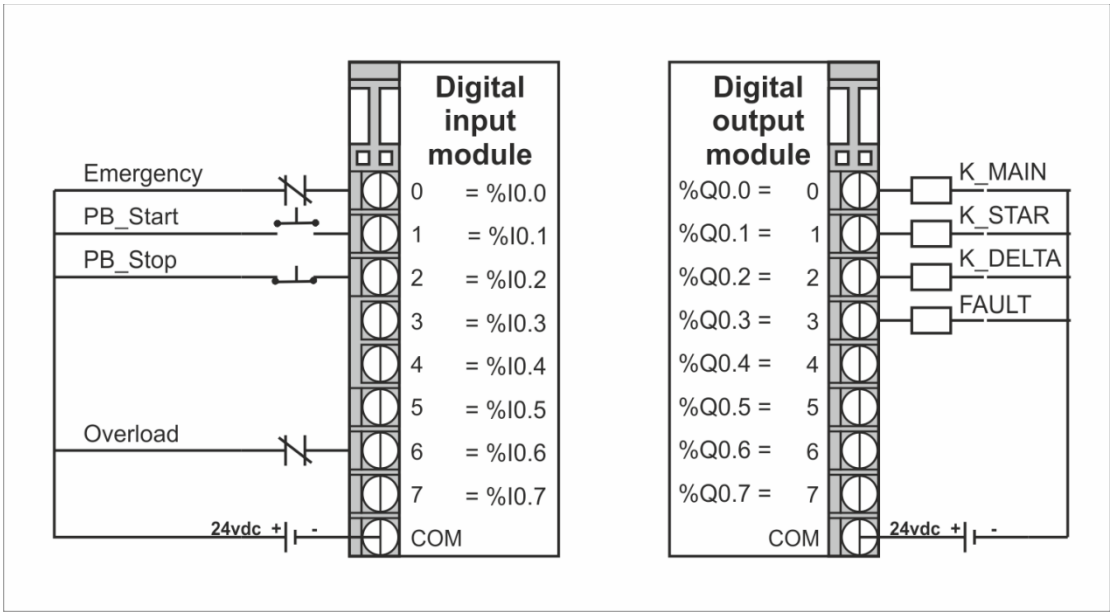
Method 1 :

7. START command
8. Energize MAIN and STAR contactor (STAR Stage Connection Complete)
9. Wait Some Time (4-10 S)
10. De-energize STAR Contactor and energize DELTA Contactor with Apply electrical and Mechanical interlock (DELTA Stage Connection Complete)
11. RUNING
12. STOP command

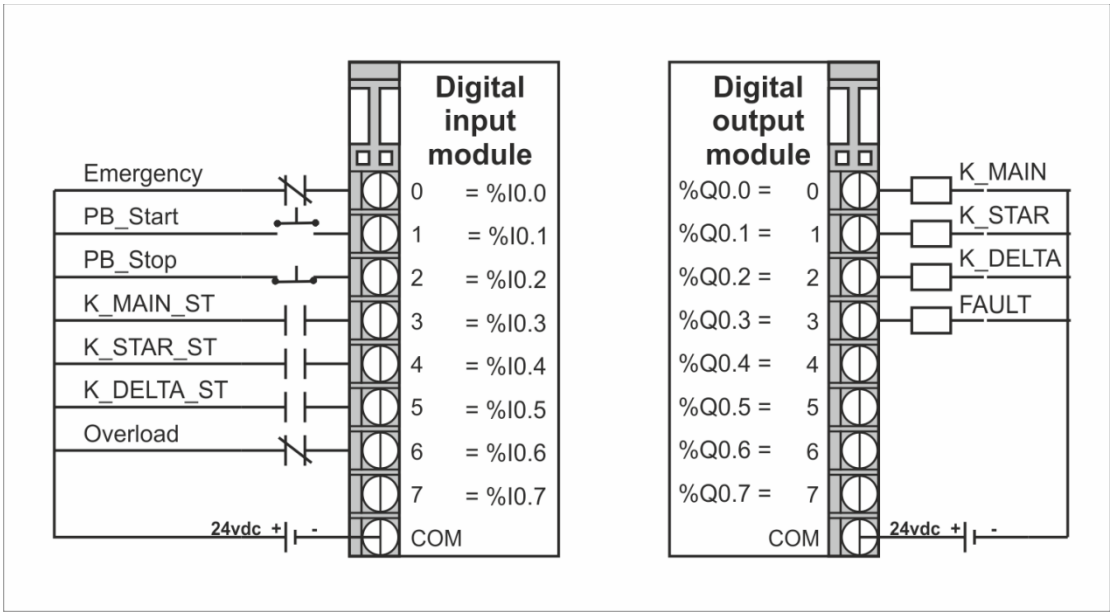
Method 2:

9. START command
10. Energize STAR contactor
11. Energize MAIN contactor (STAR Stage Connection Complete)
12. Wait Some Time (4-10 S)
13. De-energize STAR Contactor with Apply electrical and Mechanical interlock (After ensure STAR contactor OFF you can shift to DELTA Stage)
14. Energize DELTA Contactor (DELTA Stage Connection Complete)
15. RUNING
16. STOP command

توصيل الإشارات علي وحدات الإدخال والإخراج (يجب مراعاة دوائر الـ interface عند التنفيذ)



الشكل التإلي يوضح الدائرة عند إستخدام إشارات الحالة الخاصة بالكونتاكتورات Auxiliary contacts وتوصيلها علي وحدات الإدخال Input module (DI) لوحدة الـ PLC .



شكل برنامج الـ PLC

DI 16x24VDC BA_1 [DI 16x24VDC BA] — Properties

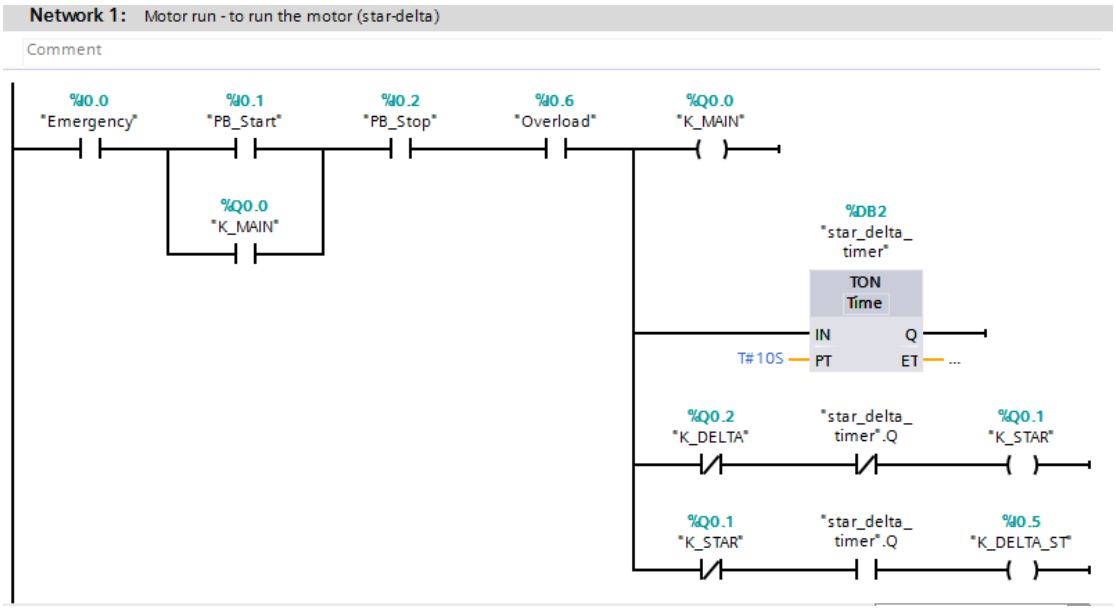
General | IO tags | System constants | Texts

	Name	Type	Address	Comment
	Emergency	Bool	%I0.0	Emergency switch (outside contact : normally closed)
	PB_Start	Bool	%I0.1	Start push button (outside contact : normally open)
	PB_Stop	Bool	%I0.2	Stop push button (outside contact : normally closed)
	K_MAIN_ST	Bool	%I0.3	Real status of main contactor (outside contact : normally open)
	K_STAR_ST	Bool	%I0.4	Real status of star contactor (outside contact : normally open)
	K_DELTA_ST	Bool	%I0.5	Real status of delta contactor (outside contact : normally open)
	Overload	Bool	%I0.6	overload device (outside contact : normally closed)
		Bool	%I0.7	

DQ 8x24VDC/2A HF_1 [DQ 8x24VDC/2A HF] — Properties

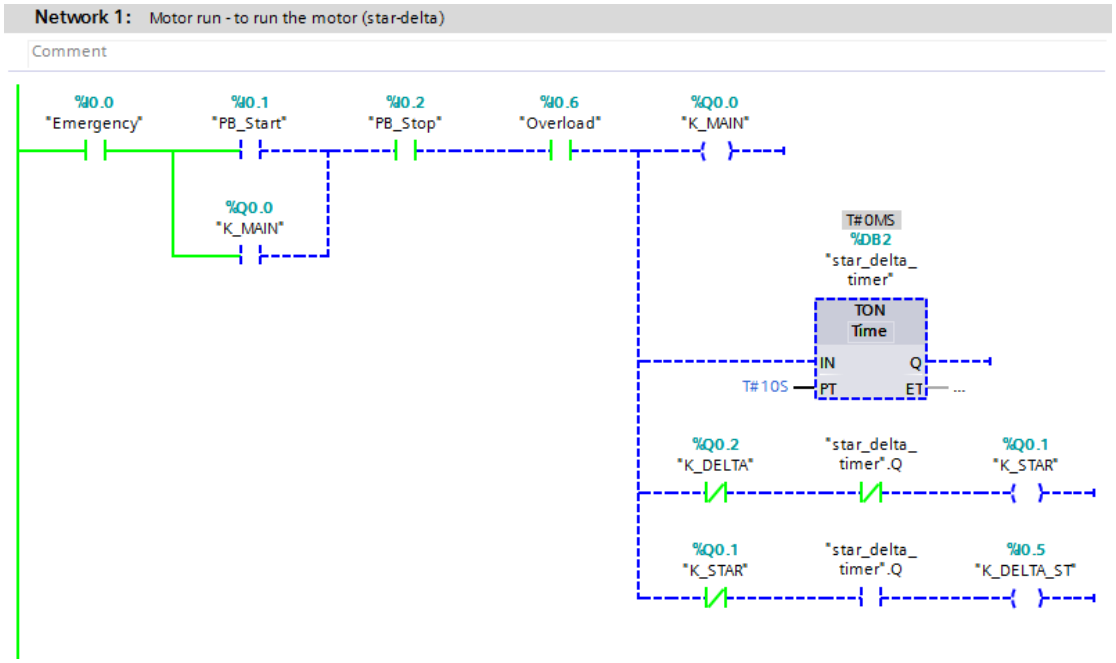
General | IO tags | System constants | Texts

	Name	Type	Address	Comment
	K_MAIN	Bool	%Q0.0	energize MAIN contactor
	K_STAR	Bool	%Q0.1	energize STAR contactor
	K_DELTA	Bool	%Q0.2	energize DELTA contactor
	FAULT	Bool	%Q0.3	energize FAULT relay / lamp
		Bool	%Q0.4	
		Bool	%Q0.5	
		Bool	%Q0.6	
		Bool	%Q0.7	



محاكاة تشغيل البرنامج PLC program simulation

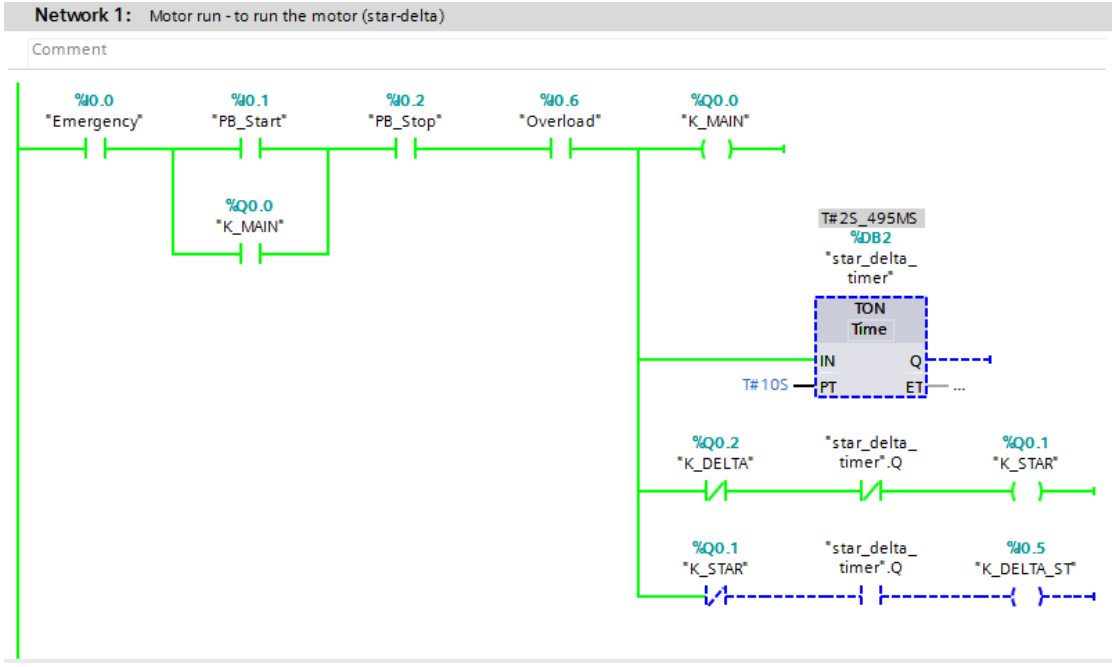
Step 0 : initial state



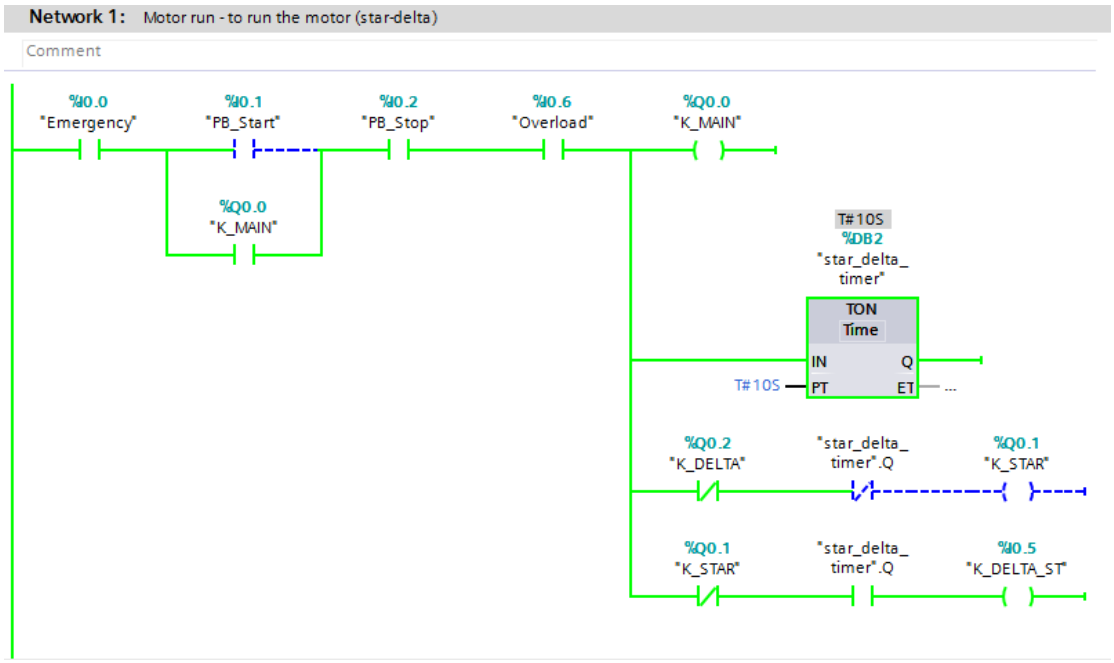
Star_delta_timer = ON-delay timer

Star_delta_timer.Q = auxiliary contact NO,NC

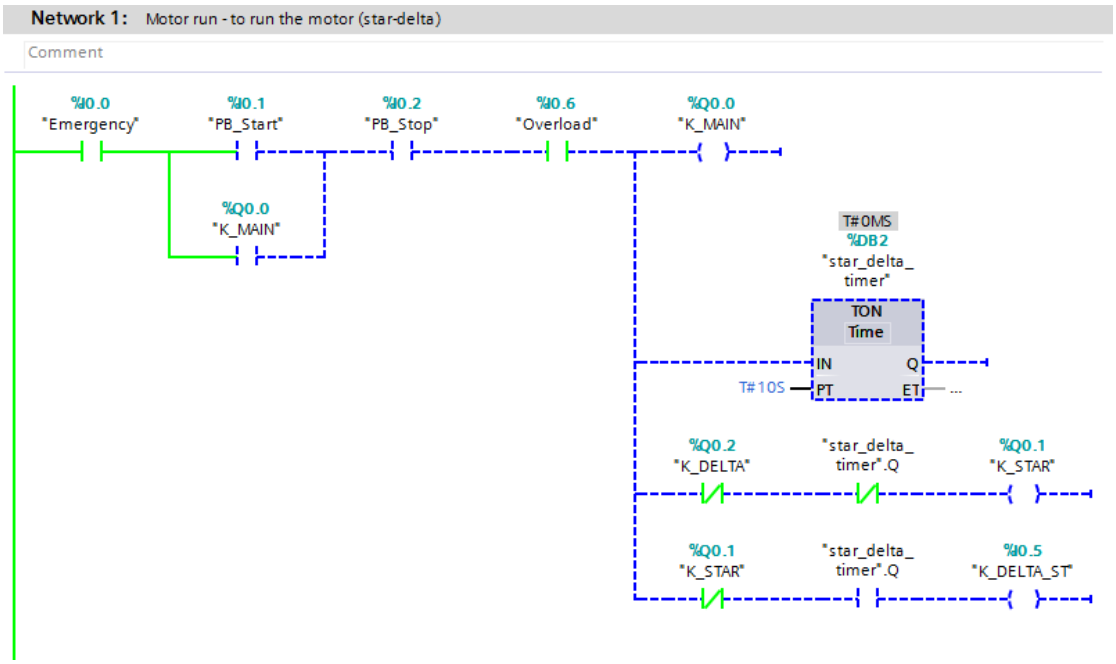
Step 1 : On press PB_Start (push button)



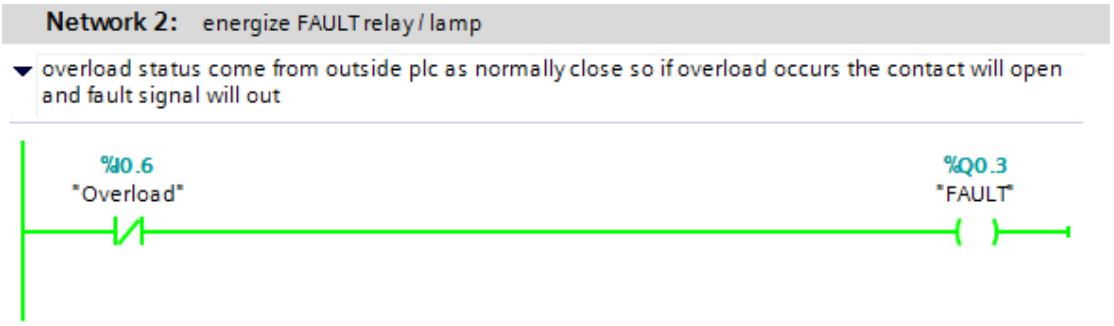
Step 2 : On release PB_Start or timer finished



Step 3 : On press PB_stop (NC to O) motor will stopped, timer will reset



In case of overload: fault relay will energized



إستلام أنظمة التحكم PLC & HMI

1. مراجعة المكونات للوحات والـ PLC:

- يجب التدقيق الجيد فى لوحات التحكم أو المراقبة الموجودة بالمشروع وفحصها والتأكد من عمل كافة مكوناتها الداخلية وتطابقها مع الرسومات التنفيذية
- مراجعة أعمال الترقيم للكابلات والروزتات ومطابقة الرسومات as built بالواقع .
- مراجعة نهايات الكابلات وطريقة العزل الكهربي .
- مراجعة إعداد الإشارة حسب نوع كل إشارة والتأكد من توصيل كافة الإشارة .
- اختبار جميع الإشارات والتأكد من عملها وان وحدات الـ PLC تستجيب لها , وأيضاً شاشات التحكمHMI ان وجدت ونظام الاسكادا على الحاسبات المستخدمة workstation (بمعنى إنه يجب معرفة والتأكد من المسار بالكامل من بداية الإشارة من مصدرها حتى عرضها على الاسكادا).
- ويتم مراجعة نظام تغذية إشارات الدخل أو الخرج أو الانالوج والتأكد من عزل جميع الإشارات .
- يجب التأكد من ان النظام اليدوى يستطيع العمل كاملا بدون إستخدام وحدات الـ PLC (ويتم ذلك بطريقة بسيطة وهى فصل مصدر التغذية عن وحدة الـ PLC واختبار النظام اليدوى بالكامل ولايتم قبول النظام اليدوى إلا إذا تحقق هذا الفحص).
- مراجعة .Model / Serial No المعتمد وبلد المنشأ لوحدة التحكم PLC والكروت الخاصة بها وإعدادها .
- التأكد من تحقيق نسب النقاط الاحتياطية Spare I/O وأيضاً الكروت الاحتياطية spare part module طبقاً لمواصفات المشروع والعرض الفنى المعتمد.
- التأكد من ان جميع مكونات اللوحة (PLC , HMI , relays, pushbuttons ,...etc.)من ماركة واحدة أو مصنع واحد (the same manufacturer) إذا تم النص على ذلك فى المواصفات الفنية
- يتم التأكد من ان جميع المكونات من بلد منشأ مطابق للمواصفات الفنية والشروط الخاصة بالمشروع.
- تقديم جميع الرسومات الفنية التفصيلية التنفيذية As built لهذه اللوحات وارتباطها ببعضها .

"يمكن الرجوع إلي دورة المخططات الهندسية لمعرفة الرسومات وأنواع ها"

2. فحص واختبار أجهزة القياس

- يتم مراجعة طريقة تركيب جهاز القياس طبقاً للمواصفات الفنية وتوصيات المصنع واصول الصناعة بالإضافة إلي الحماية من العوامل المحيطة.
- مراجعة الكابلات المستخدمة فى نقل الإشارات إلي نظام التحكم ، كيفية حمايتها وطريقة تمديدها.
- مراجعة وجود مبينات رقمية digital indicator مناسبة للجهاز فى حال إستخدامها وكيفية ربطها على نظام التحكم.
- مراجعة عمل الجهاز ومقارنة القراءات الناتجه عنه مع طريقة مرجعية يمكن الوثوق بها.
- مراجعة الإشارات الخارجة من الجهاز وإعدادها وكيفية اتصالها بنظام التحكم .
- مراجعة Model/order code/serial no لكل جهاز قياس .
- مراجعة شهادات المنشأ لجميع الأجهزة وشهادات المعايرة لجميع الأجهزة وان تكون سارية حتى انتهاء الضمان (يلزم ان تكون جميع الشهادات اصلية) .
- الكتالوجات الاصلية للأجهزة التى تبين مكونات الجهاز و طريقة التركيب والإستخدام وكيفية البرمجة وتغير الأعدادات وتوضيح الـ order code لكافة مكونات الجهاز والمكونات الاحتياطية spare parts .
- مراجعة مدى القياس والـ scaleالخاصة بقراءة الجهاز ومطابقته للعملية الموجودة ومراجعته مع scale (min, max) الخاص بالإشارات الانالوج Analog output (4-20mA) ومطابقته مع جميع مكونات التحكم التإليه له مثل Digital indicator , Process controller , PLC ., SCADA

3. الاختبارات الخاصة بالعملية طبقاً لفلسفة التحكم والمراقبة

- يلزم مراجعة فلسفة التحكم وتطبيقها على الواقع بدقة.
- يجب تحقيق كافة العمليات التشغيلية بالموقع والتأكد من الحمايات الكاملة لجميع العمليات.
- يلزم اختبار النظام اليدوى اولا مع تحقيق كافة شروط الحماية واختبارها (على سبيل المثال شرط الحماية الخاص بالتشغيل الجاف Dry running واختبار هل تعمل الطلمبات فى حالة عدم وجود المياه ؟ .... الخ)
- مراجعة النظام الاتوماتيك للنظام.

- يجب مراجعة واختبار كافة خطوات ووظائف نظام التحكم الاتوماتيك وتطابقه مع طريقة التشغيل القياسية لكافة الوحدات علي حده وأيضاً المنظومة متكامله معاً.
- يجب التأكد من ان النظام الاتوماتيك لايعتمد على المشغل (على سبيل المثال : يقوم النظام الاتوماتيك بتشغيل المضخات فى عنبر الطلمبات المرشحة بناءاً على قيمة ضغط معين للشبكة "ويتم تعديل قيمته من خلال شاشة التحكم HMI أو نظام الاسكادا SCADA" , وان طلمبات المرشحة يجب **تحضيرها يدويا أولا** ، فى هذه الحالة يجب إضافة منظومة تحضير اتوماتيكية للطلمبات حتى يمكن تحضيرها من خلال النظام الاتوماتيك أو يتم رفض النظام الاتوماتيك بالكامل لانه غير ممكن تطبيقة بصورة سليمة).
- يجب التأكد من ان جميع المتغيرات يمكن تغيرها بواسطة شاشة التحكم HMI وأيضاً من خلال نظام الاسكادا SCADA مثل قيمة الضغط وزمن عدم الاستجابة لاى أمر Time out وقيمة المنسوب واقصى عدد تشغيل متواصل Maximum continuous running time للطلمبة الواحدة وبعده يلزم إيقافها وتشغيل مضخة اخرى لكل مضخة على حده.
- مراجعة عمل النظام الاتوماتيك فى حالة فقد الإتصال Communication Lost مع وحدات التحكم PLCs وأيضاً مع شاشات التحكم HMI & TP أو فقد احد إشارات أجهزة القياس.
  - مثال 1 : اعتماد نظام التحكم الاتوماتيك للطلمبات العكرة فى المأخذ على منسوب المياه فى خزان الإستقبال للمياه العكرة فى المحطة وان عدد الطلمبات التى تعمل تتغير بناءاً على هذا المنسوب لذلك فان تأثير فقد الإتصال فى هذه الحالة من الممكن ان يؤدى إلي التشغيل الكامل للطلمبات الأمر الذى يؤدى إلي زيادة المياه داخل خزان الإستقبال بالمحطة overflow ... وهذا خطأ يلزم معالجته.
  - مثال 2 : اعتماد نظام التحكم الاتوماتيك للطبات العكرة فى المحطة على عدد الفلاتر الموجودة حاليا فى الخدمة ، فى حالة فقد الإتصال بين عنبر

رالمضخات العكرة ونظام التحكم فى الفلاتر فان النظام الاتوماتيك يقوف بإيقاف المضخات العكرة فى هذ الحالة ... وهذا خطأ يلزم معالجته.

- مثال 3 :اعتماد نظام التحكم فى تشغيل طلمبات رافع الصرف الصحي على جهاز قياس منسوب بيارة الإستقبال ، فى حالة توقف جهاز القياس فإنه فى هذه الحالة تتوقف الطلمبات وبذلك يؤدى إلي غرق الرافع لزيادة المياه ببيارة الإستقبال overflow ... وهذا خطأ يجب معالجته
- مثال 4 : اعتماد نظام التحكم الاتوماتيك لضخ الكلور على قراءة جهاز الكلور المتبقى residual chlorine ، فى هذه الحالة يقوم النظام بضخ اقصى قيمة ممكنة لكميات الكلور ويؤدى إلي زيادة الكلور فى محطات الشرب عن القيمة المسموح بها طبقاً لمنظمة الصحة والتى تؤدى إلي اضرار بالغة على صحة الانسان ، لكن فى محطات معالجة الصرف الصحى تؤدى إلي اهدار كميات كبيرة من الكلور.

نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا)

"SCADA system"

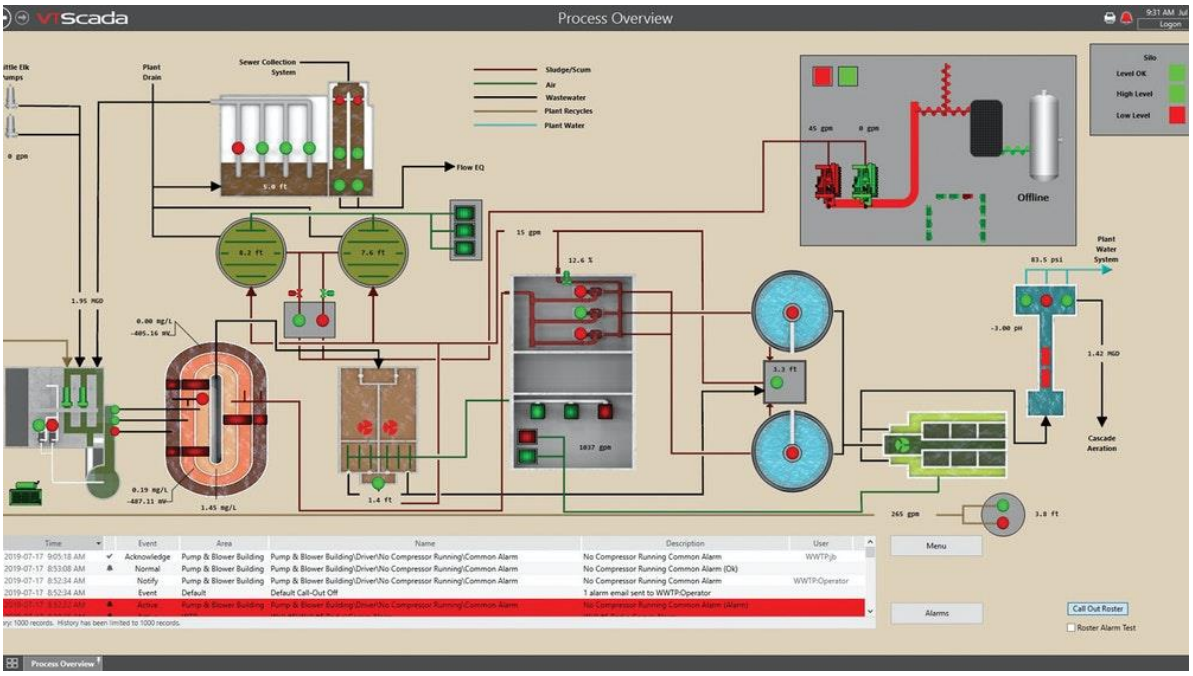
Supervisory control and data acquisition system

نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا – SCADA) :

تعتبر نظم التحكم الاشرافي وتجميع البيانات (SCADA) Supervisory Control and Data Acquisition system من النظم الحديثة التي تقوم بمراقبة العمليات الصناعية و التحكم فيها عن بعد من خلال الحاسب الألي ، حيث يوفر هذا النظام وسيلة مرنة وسهلة لمتابعة حالة عدد كبير من المعدات في أماكن مختلفة ، و يتيح إمكانية تشغيل هذه المعدات عن بعد والحصول كل المعلومات المطلوبة منها ، مما يساعد في إدارة المعدات المطلوبة بأعلى كفاءة ممكنة ، ومعرفة أماكن الخلل و إصلاحه في أسرع وقت ممكن مما يعني توفير كبير في الوقت و المجهود ، وتقوم أنظمة التحكم والمراقبة بتكامل العمل

الموزع على نطاق جغرافى كبير ، وتوفر أنظمة التحكم والمراقبة SCADA الكثير من الإمكانيات مثل عرض وتخزين البيانات واصدار التقارير أليآ والتكامل مع الأنظمة الاخرى .

أنظمة الاسكادا SCADA هي أنظمة خاصة بعمليات التحكم والمراقبة في محطات الشرب والصرف الصحي و محطات توليد الطاقة والمصانع بمختلف مجالاتها ، وحيث ان هذه المنشأت قد تكون كبيرة جدا أو بينها مسافات بعيدة ، لذلك كان لا بد من عمل نظام يسهل عملية الإتصال بين هذه المنشات، بالإضافة إلي الأعداد الكبيرة من الحساسات و أجهزة القياس والعمليات الصناعية التي لا بد من التحكم فيها ومراقبتها، و جمع البيانات الخاصة بها وتحليلها وتكاملها مع الأنظمة الحاسوبية المختلفة. ويتم التكامل مع الأنظمة الحاسوبية الاخرى (مثل الموجودة فى شركات المياه والصرف الصحي وأنظمة الفواتير وبرامج التحليل الهيدروليكى ..الخ) عن طريق تبادل البيانات بين قواعد البيانات (Database system).



وتعتبر أنظمة التحكم والمراقبة الحديثة SCADA system تطورا لأنظمة لوحات المراقبة التقليدية MIMIC panel , حيث كانت لوحات المراقبة التقليدية تحتاج إلي تمديد عدد كبير جدا من الأسلاك (من لوحات التشغيل LCP , MCC حتى لوحة المراقبة MIMIC) ، كما أنه كلما زادت أعداد المعدات فى الموقع فإنها تحتاج إلي مساحات كبيرة داخل حجرة التحكم المركزية بالموقع Central Control Room لمراقبة حالتها أو يتم إهمال العديد من تلك الإشارات ، كما أن إمكانيات تسجيل الاحداث أو الانذارات أو قيم الإشارات نفسها محدودة ومكلفة وكان يتم ذلك بإستخدام Papers Recorder Device . وبسبب محدودية إمكانيات لوحات المراقبة التقليدية MIMIC تم تطوير أنظمة التحكم

والمراقبة للوصول إلي نظام الاسكادا SCADA system يوفر الكثير من الإمكانيات بشكل كبير ويحتوى على كافة متطلبات النظام.

كانت أنظمة المراقبة التقليدية MIMIC Panels مناسبة لأنظمة التحكم التقليدية Classic Control system ، ولكن بعد تطور أنظمة التحكم وتم إستخدام الأنظمة القابلة للبرمجة مثل الـ PLC والتى توفر إمكانيات نقل البيانات بصورة رقمية ، واصبح من الضرورى أيضاً تطور أنظمة المراقبة للوصول إلي الاسكاد.

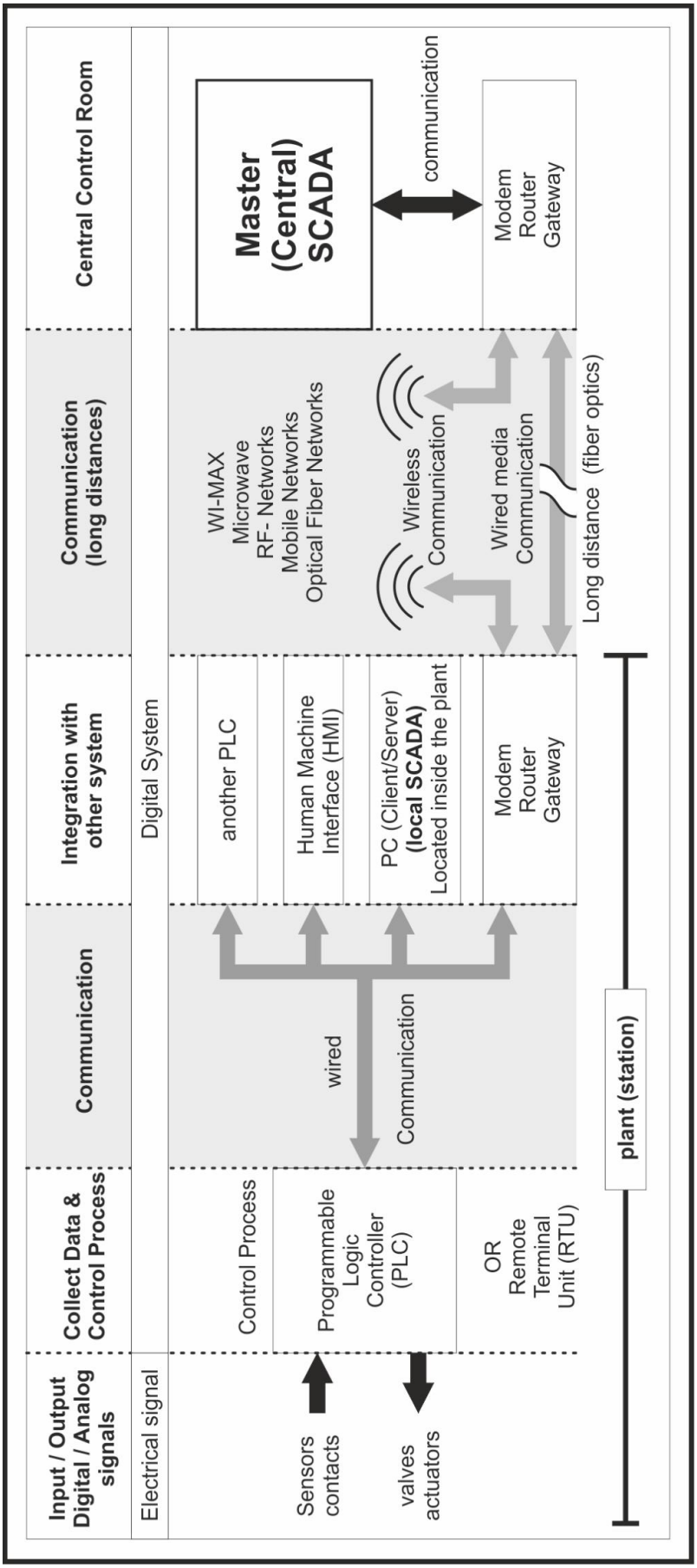
وهنا نجد أن أنظمة التحكم بكافة أنواعها وأنماط تشغيلها تنعكس على الإمكانيات التى يتم إستخدامها فى نظام الاسكادا ، لذلك يلزم معرفة الأنواع المختلفة لأنظمة التحكم ومدى ارتباطها بنظام الاسكادا.

أنظمة التحكم المختلفة وارتباطها بنظام الاسكادا

نظم التحكم المختلفة لكافة المحطات هى التى تحدد إمكانيات نظام التحكم والمراقبة (SCADA) التى يمكن تنفيذها , لذلك يجب معرفة أنواع أنظمة التحكم المختلفة وكيفية تأثيرها على مكونات وإمكانيات نظام الاسكادا التى يتم تنفيذها داخل المحطة والتى يطلق عليها LOCAL SCADA أو التى ترتبط بمنظومة مركزيه تجمع بين مجموعة من المحطات المتباعدة جغرافيا والتى تسمى الاسكادا المركزية CENTRAL SCADA SYSTEM.

مكونات نظام الاسكادا

1. مصادر الإشارات والمعلومات الموجودة بالموقع(Digital & Analog signals) .
2. وحدات تجميع البيانات ووضعها على قنوات االتصالPACs, PLCs, RTUs .
3. نظام الإتصال المستخدم لنقل البيانات system Communication .
4. وحدة التحكم الرئيسية Master station حيث يتم معالجة وعرض البيانات.


Central Control Room
Communication (long distances)
Integration with other system
Communication
Collect Data & Control Process
Input / Output Digital / Analog signals
Digital System
Electrical signal
Master (Central) SCADA
communication
Modem Router Gateway
WI-MAX
Microwave
RF- Networks
Mobile Networks
Optical Fiber Networks
Wireless Communication
Wired media Communication
Long distance (fiber optics)
another PLC
Human Machine Interface (HMI)
PC (Client/Server) (local SCADA) Located inside the plant
Modem Router Gateway
wired
Communication
Control Process
Programmable Logic Controller (PLC)
OR Remote Terminal Unit (RTU)
Sensors contacts
valves actuators
plant (station)

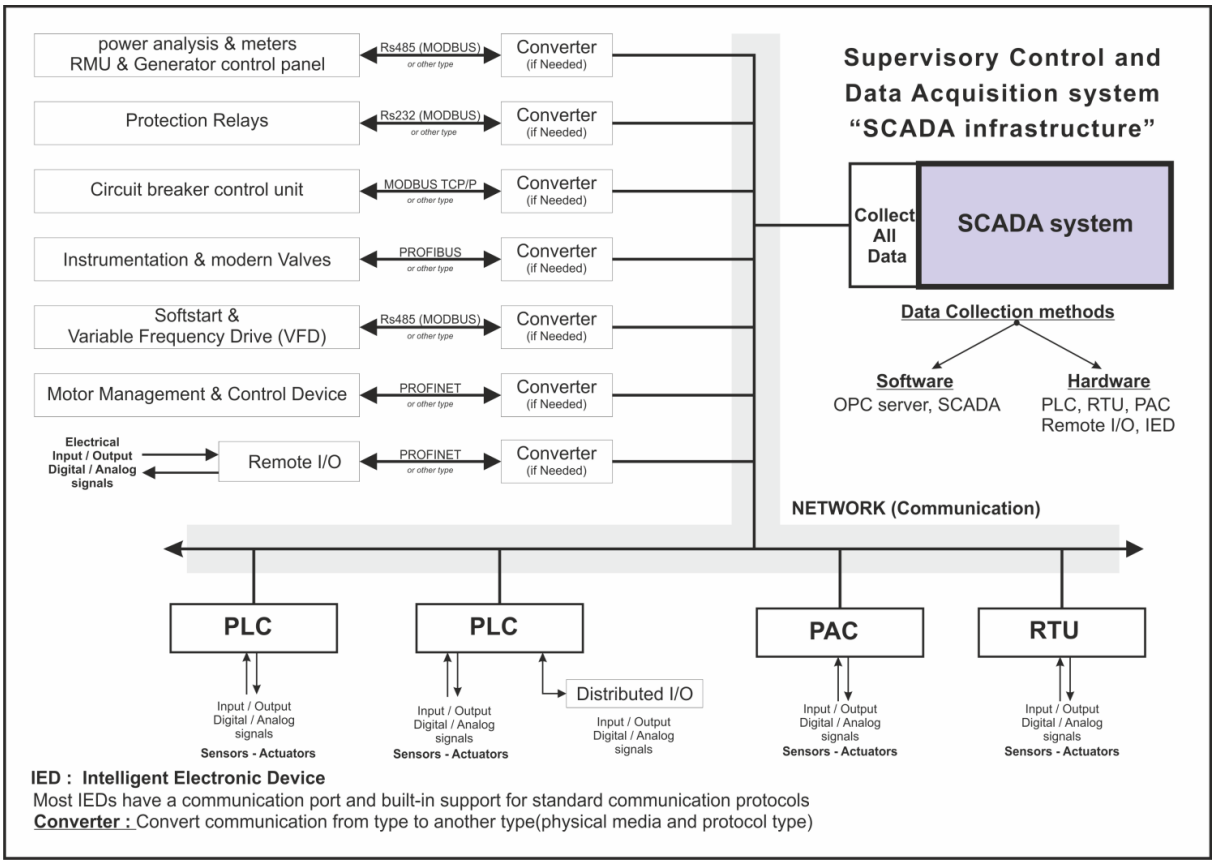
الإشارات الحقلية Field signals

الإشارات الحقلية من النوع الـ Digital أو Analog هى المصدر الأساسى لبيانات نظام الاسكاد

"كلما كانت الاسكادا قادرة على التعامل مع العديد من الإشارات كلما زادت قيمة الاستفادة منها"

وحدات تجميع البيانات Data acquisition units

تقوم بتحول الإشارات من الشكل الكهربي Electrical Signal إلي قيم ومتغيرات داخل الذاكرة Digital system – binary form والتى يمكن نقلها عبر قنوات الإتصالات ، وهذه الوحدة تسمى الوحدة الطرفية البعيدة Remote terminal units (RTU). كما يمكن إستخدام الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC . ومن هذه الوحدة الطرفية تخرج قناة اتصال Communication channel تحمل كل البيانات المطلوبة ونقلها إلي مكان آخر. كما يمكن الحصول على البيانات من خلال الأجهزة الالكترونية الذكية Intelligent Electronic Device (IED) التى تدعم نقل بياناتها عن طريق قنوات الإتصالات المختلفة.



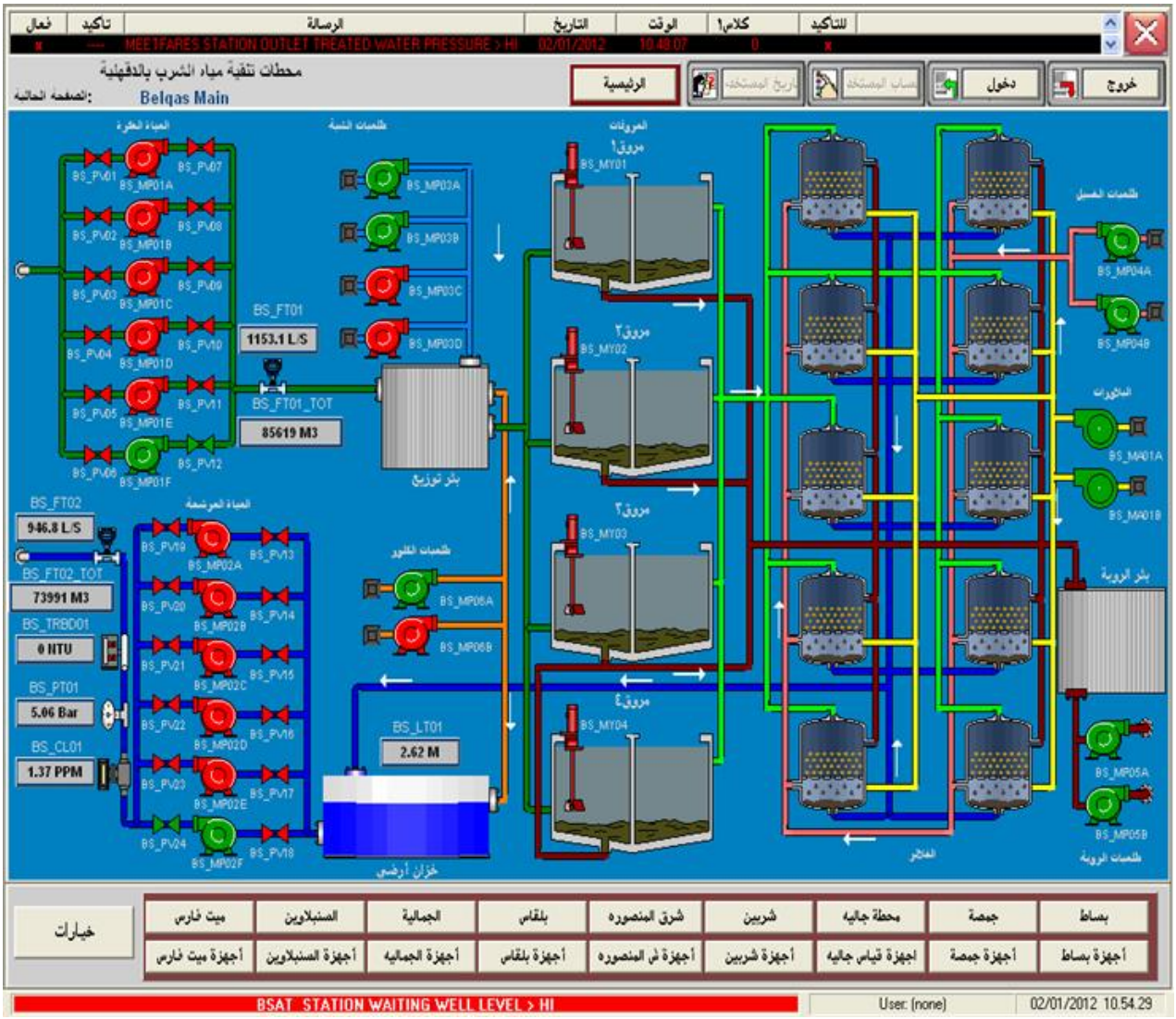
وحدات تجميع البيانات المستخدمة مع أنظمة التحكم والمراقبة

- وحدات الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controller (PLC)
- الوحدات الطرفية البعيدة Remote Terminal Unit (RTU)
- وحدات الإدخال والإخراج البعيدة Remote I/O – Remote Input / output signals
- الأجهزة الالكترونية الذكية Intelligent Electronic Device (IED)

خصائص نظام الاسكادا

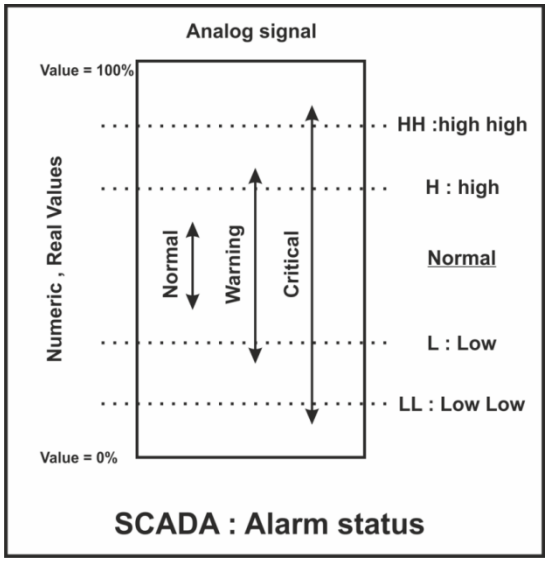
الواجهات الرسوميه Graphical user Interface

عبارة عن شاشات متنوعة Forms – Templatesلعرض البيانات فى شكل رقمى أو رسومات تفاعلية حية تتغير مع تغير البيانات ويتم تقسم الشاشات إليمجموعة من الشاشات التى تعرض البيانات وتفعيل اوامر التحكم لكل منطقة بالمشروع Functional Zone .



الانذارات Alarms :

تعتبر من المقومات الأساسية لنظام السكادا، عباة عن الاحداث التى تعبر عن خطأ أو الوصول إلي قيم حرجة للتشغيل ، يتم تطبيقها على المتغيرات Analog عادة لتحديد نقاط حالة status ، حتى يتمكن المشغل من معرفة حدود العمل ومراقبة الانذارات ومتابعتها ، حيث يتم عرض الانذار Alarm ووقت حدوثه ووقت إستلامة ووقت الانتهاء منه والمستخدم الذى تعامل معه والعديد من البيانات الاخرى فى قائمة الانذارات Alarm List , عند حدوث الانذار ينتظر برنامج الاسكادا من المشغل تأكيد إستلام الانذار Acknowledge ,



و يجب التفريق بين

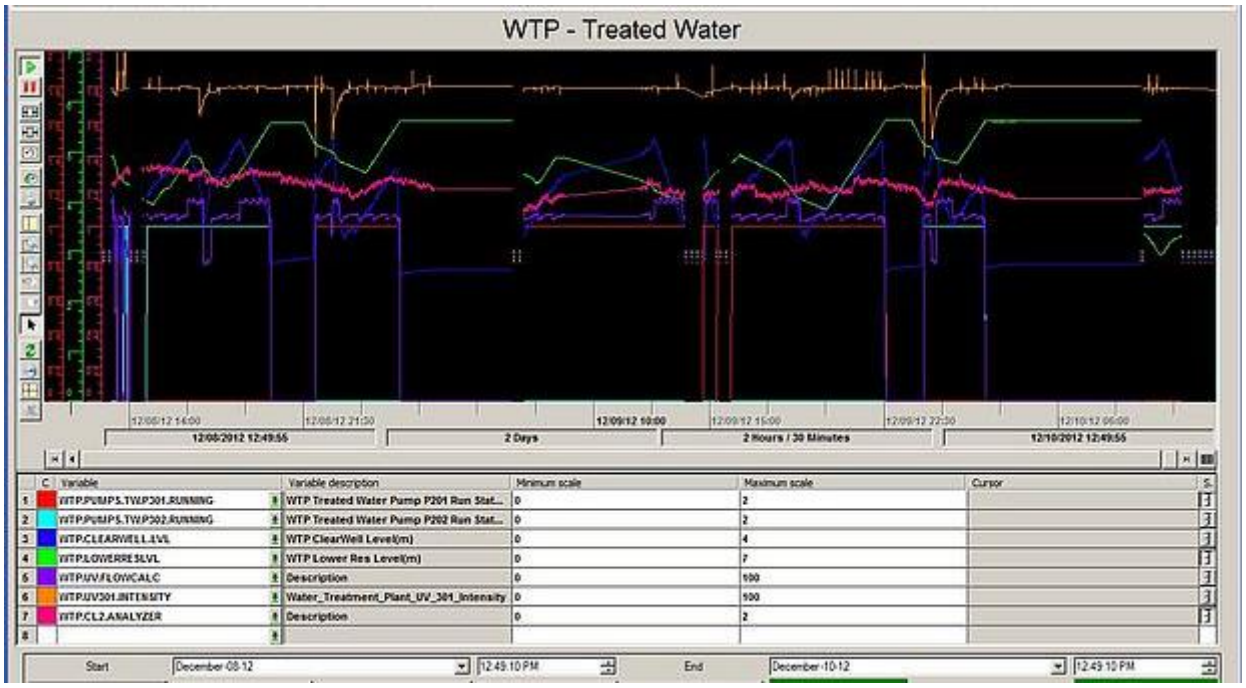
الحدث Event: هو اي عملية تحدث داخل النظام ، فمثلا قتح مشغل كهربى أو تشغيل مضخة أو دخول مستخدم (User login)، فكل ذلك يعتبر حدث event يتم حفظه داخل قاعدة البيانات.

الانذار Alarm : يعبر عن وجود خلل أو مشكلة ما مثل (زيادة درجة حرارة ملفات المحرك أو زيادة درجة حرارة رلمان البلى للمضخة ... الخ)، يعتبر كل انذار حدث و ليس كل حدث انذار .

الرسومات البيانية Trends

تعتبر الرسوم البيانية Trends من الوظائف المهمة والفعالة في أنظمة الاسكادا ، و هي الوسائل المستخدمة لعرض تاريخ البيانات المسجلة على شكل رسم بياني Y,X ويكون عادة محور x– axis هو الزمن Time ومحور y–axis هو قيمة المتغير ،بغرض معرفة التغيرات على قيم أجهزة القياس و اداء الوحدات و تتبع الاعطال ، أو معرفة زمن توقف/ تشغيل المعدات أو الوحدات ، ويسمح بعرض اكثر من رسم بيانى معا فى وقت واحد ، كما يتم استعراض القيمة فى الوقت الحالى in–Real time أو يتم عرض البيانات المخزنه سابقة historical values .

وتوفر برامج الاسكادا المختلفة هذه الوظيفة , ويحب ان يتم تفعيلها بشكل كامل واختبار ذلك خاصة عند إستلام أنظمة الاسكادا بصفة عامة , كما يجب تدريب المستخدمين للنظام على إستخدام هذه الوظائف والتى تعمل على مرونة التعامل مع البيانات وتتبع الاعطال.



التقارير Reports

احد وظائف نظام الاسكادا وهى اداة إخراج البيانات فى هيئة تقارير يمكن تخزينها أو طباعتها ، وهى عبار عن شكل من أشكال عرض البيانات بشكل مترابط وتستخدم فيه العديد من الدوال function التى تسمح بإخراج التقارير بشكل معين ، مثل تقارير الانتاج، أو استهلاك الطاقة الكهربائية، أو كمية المياه المنتجة ، و تساعد في تطوير العملية الصناعية وتحديد كفاءة الوحدات ...الخ .

وتستخدم هذه التقارير فى العرض على السلطات الادارية العليا وتعتبر من الوثائق التى يتم الاعتماد عليها داخل المنشأة لإتخاذ أمر فنى أو ادارى معين.

الوصفات Recipes

احد وظائف وإمكانيات نظام الاسكادا وهى عبارة عن ملف به مجموعة من المتغيرات يتم تغيرها ويتم تحميلها load لتشغيل العملية الصناعية بالقيم الجديدة دفعة واحدة , ويتم انشاء هذه الملفات وتسميتها Rename لتسهيل الوصول إليها فيما بعد ، وتكون هذه الوظيفة مهمة للعمليات التى تعتمد على batch process مثل الصناعات الدوائية حيث ان كل دواء له متغيرات مختلفة عن الدواء الاخر أو التى تحتاج إلي عملية التجربة والخطأ tray and error للوصول إلي اداء مثالى . على سبيل المثال يمكن عمل ملفrecipe به متغيرات لضبط نظام الغسيل فى محطات المياه أو نظام التهوية واعادة

الحمأة فى محطات الصرف الصحي فى الصيف وملف اخر للشتاء أو ملف للوصول إلي جودة معينة وهكذا . وبهذا يمكن اعادة جميع متغيرات النظام إلي القيم الاصلية لها Default values أو أفضل اداء تم الوصول إليه سابقا.

مميزات نظام الاسكادا SCADA

- القدرة على التعامل مع كمية كبيرة من البيانات والإشارات (رقمية وتناظرية).
- القدرة على نقل البيانات لمسافات طويلة و لأكثر من مكان.
- يمكن التعامل مع البيانات (للتحكم والمراقبة) من اي مكان و ليس من موقع واحد فقط.
- يمكن للمشغل Operatorالتفاعل مع البيانات بكل يسر و سهولة.
- يمكن تصميم و برمجة عدد كبير من الشاشات مما يتيح عرض كمية كبيرة من البيانات.
- إمكانية تمثيل البيانات بصورة رسومية حية (تفاعلية) مما يسهل متابعتها.
- أمكانية تعديل متغيرات العملياتprocess variables بوحدات التحكم والمراقبة (PLC,RTU,IED,..etc).
- إمكانية التحكم والمراقبة في المعدات والالات والعمليات الصناعية المتنوعة عن بعد.
- سهولة الإضافة و التعديل بعد تنفيذ البرنامج في وقت بسيط و بتكلفة محدودة.
- إمكانية تصميم رسوم بيانية Trends تعرض تغير القيم المطلوبة بشكل إلي مما يسهل متابعتها.
- إمكانية تنبيه المشغل لكافة الانذارات Alarms أو تغير خطر في الإشارات مما يسهل المتابعة.
- امكانية تسجيل كافة الاحداث Events مم يسهل متباعة الإجراءات الخاصة بالمستخدمين أو النظام.
- تخزين البيانات مع وقت حدوثها (Real time values – values per time stamp) .
- إمكانية تسجيل و تخزين كمية هائلة من البيانات مع سهولة استدعائها بعد ذلك.
- امكانية عمل التقارير Reports بطريقة اتوماتيكية وطباعتها.
- يمكن التكامل مع الأنظمة المؤسسية / الحاسوبية المختلفة (Database system & third party software).

المراجع

- **تم إعداد الإصدار الأول بمشاركة المشروع الألماني GIZ**
- **و مشاركة السادة :-**

مهندس/ أشرف لمعي توفيق	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ السيد رجب شتيا	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
مهندس/ أيمن النقيب	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
مهندس/ خالد سيد أحمد	**شركة مياه القاهرة**
مهندس/ طارق ابراهيم	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ علي عبد الرحمن	**شركة صرف صحي الاسكندرية**
مهندس/ علي عبد المقصود	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ محمد رزق صالح	**شركة مياه وصرف صحي البحيرة**
مهندس/ مصطفي سبيع	**شركة صرف صحي القاهرة**
مهندس/ وحيد أمين أحمد	**شركة مياه القاهرة**
مهندس/ يحيى عبد الجواد	**شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**

- **تم التحديث V2**

بمشاركة السادة :-

➢ **المهندس/ خالد سيد أحمد**	**شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى**
➢ **المهندس / ريمون لطفى زاخر**	**شركة الصرف الصحي بالقاهرة**
➢ **المهندس/ علاء عبد المهيمن الشال**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية**
➢ **المهندس/ محمد عطية يوسف**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
➢ **المهندس/ محمد محمد الشبراوى**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
➢ **المهندس/ محمد صالح فتحى**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
➢ **المهندس/ هانى رمضان فتوح**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
➢ **المهندس/ عادل عزت عبد الجيد**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بنى سويف**
➢ **المهندس /عماد الدين محمد شلبى**	**شركة مياه الشرب بالإسكندرية**

❖ **تمت أعمال التنسيق والإخراج الفني بواسطة كلاً من :**

➢ **الأستاذ/ علاء محمد المنشاوي**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**
➢ **الكيميائى/ محمود جمعه**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)