برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

المسار الوظيفي لوظيفة مهندس صيانة كهرباء – درجة ثانية

اجهزه التحكم والمراقبة

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

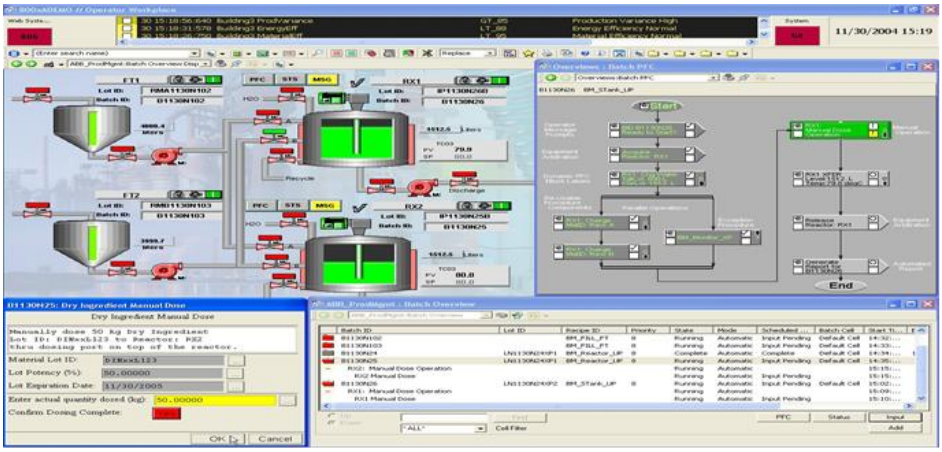
المحتويات

S C A D A التحكم الإشرافي وتجميع البيانات ٢
تكوين نظام السكادا:..... ٤
مكونات نظام السكادا بالتفصيل ٦
أولاً أجهزة القياس ومصادر الإشارات والمعلومات الموجودة بالموقع..... ٧
ثانياً وحدات تجميع البيانات ووضعها على قنوات الاتصال PLCs/RTUs ٨
ثالثاً نظام الاتصال المستخدم لنقل البيانات Communication system ١١
رابعاً وحدة التحكم الرئيسية Master Station حيث يتم معالجة وعرض البيانات..... ١٣
أهم وظائف برنامج السكادا:..... ١٤
الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controllers (PLC)..... ١٥
عالم التحكم الصناعي المبرمج..... ٢١
١. المعالج الدقيق(µP) Microprocessor..... ٢٢
٢. المتحكم الدقيق(µC) Microcontroller ٢٢
٣. الأجهزة الإلكترونية الذكية Intelligent Electronic Devices (IED) ٢٣
٤. الحاسب الشخصي(PC) Personal Computer ٢٣
٥. الحاسب الشخصي الصناعي(IPC) Industrial Personal Computer ٢٥
٦. الحاسب الشخصي المضمن(EPC) Embedded Personal Computer ٢٥
٧. التحكم الرقمي بالحاسب الآلي Computer Numerical Control (CNC)..... ٢٦
الحاكمات المنطقية المبرمجة Programmable Logic Controller (PLC)..... ٢٧
نظم التحكم الموزعة(DCS) Distributed Control System..... ٢٧
التحكم في الحركة والأذرع الآلية Motion Control & Robotic Arm ٢٨
وحدات (شاشات) المشغل Human Machine Interface (HMI) ٣٠
نظم التحكم الإشرافي وتجميع البيانات بالحاسب الآلي Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) ٣٠
وحدة الطرفية البعيدة Remote Terminal Unit (RTU)..... ٣١
مكونات وحدة الـ PLC ٣٢
أولا وحدة مصدر القدرة والرف Power supply & Rack..... ٣٣
ثانياً: وحدة المعالجة المركزيةCPU..... ٣٤
وحدة الذاكرة Memory unit ٣٥
ثالثاً وحدات الدخل والخرج..... ٣٦
وحدات الدخل Input Module ٣٧
وحدات الخرجOutput Module..... ٣٧
جهاز البرمجةProgramming device ٣٨
وحدة المشغل Operator Unit ٣٨
العناصر التي يتم توصيلها مع وحدة الـPLC:..... ٣٩
التعليمات أو الأوامر الرئيسية Basic Instructions ٤٤
طريقة عمل البرنامج (عملية المسح) The Program Scan ٥٤
المؤقتات والعدادات..... ٥٧

S C A D A

التحكم الإشرافي وتجميع البيانات

SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION

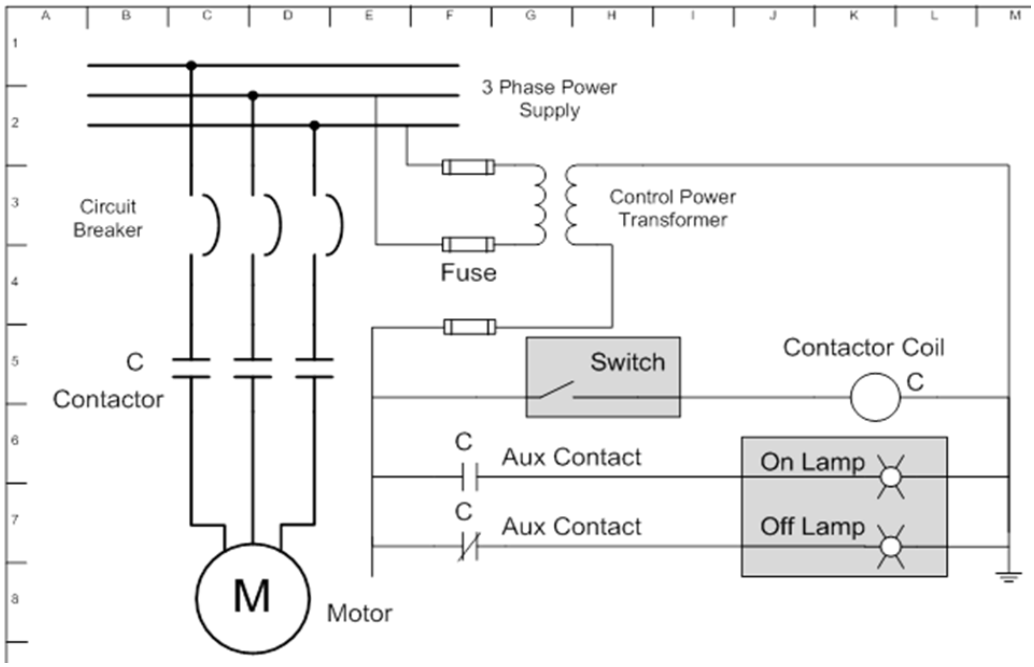


التحكم الإشرافي وتجميع البيانات S C A D A

SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION

تعتبر نظم التحكم الإشرافي وتجميع البيانات (سكادا) من النظم الحديثة التي تقوم بمراقبة العمليات الصناعية والتحكم بها من خلال الحاسب الآلي. حيث يوفر النظام وسيلة مرنة وسهلة لمتابعة حالة عدد كبير من المعدات في اماكن مختلفة (قد تكون متباعدة عن بعضها) ويتيح إمكانية تشغيل هذه المعدات عن بعد والحصول كل المعلومات المطلوبة عنها مما يساعد في إدارة المعدات المطلوبة بأعلى كفاءة ممكنة ومعرفة أماكن الخلل وإصلاحه في أسرع وقت ممكن مما يعني توفير كبير في الوقت والمجهود.

ولفهم نظام الاسكادا نحتاج لفهم بداية هذا النظام حيث أنه يعتبر تطوراً لظم المراقبة التقليدية (لوحات المراقبة) ففي دائرة كهربية بسيطة لتشغيل محرك مثلاً سيكون لدينا مفتاح كهربي لتشغيل وإيقاف المحرك وكذلك سيكون لدينا لمبات إشارة لبيان حالة المحرك (تشغيل – إيقاف).

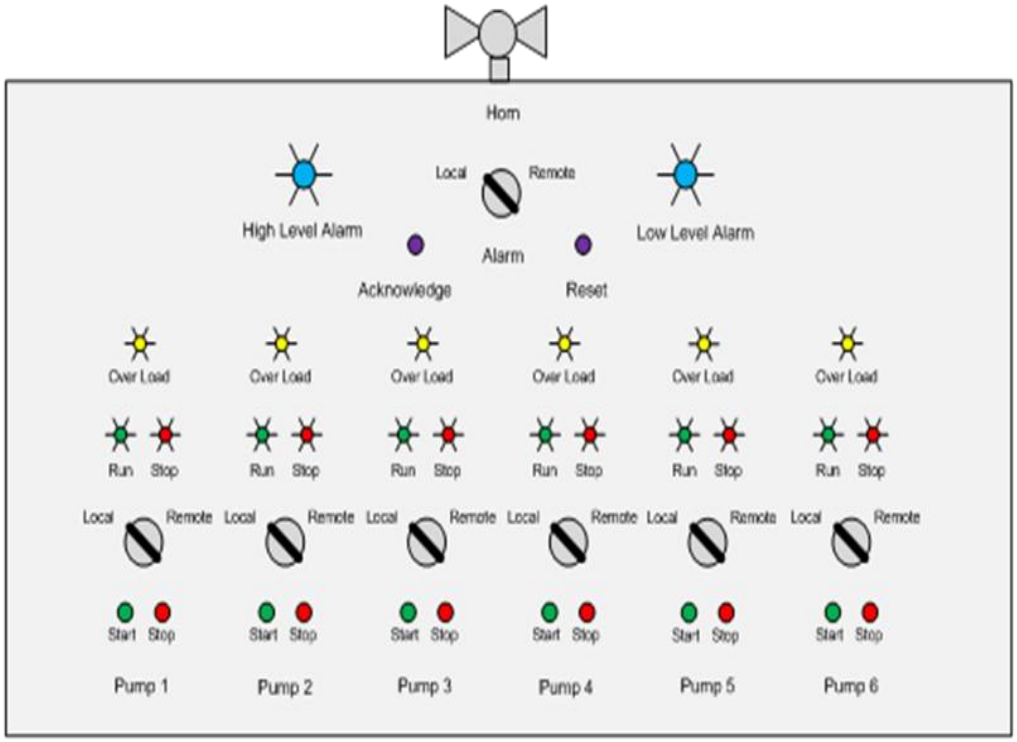


شكل رقم ١ دائرة تحكم ومراقبة لمحرك واحد

والآن إذا قمنا بنقل هذا المفتاح مع لمبتي الإشارة إلى مكان آخر (باستخدام أسلاك طويلة) حيث يمكن للعامل تشغيل المحرك ومعرفة حالته عن بعد فعند إذ نكون قد حصلنا على أبسط نموذج لنظام السكاد !.

والآن إذا افترضنا أن لدينا عدد كبير من المعدات نحتاج لتشغيلها ومعرفة حالتها من مكان مركزي بعيد فإننا نقوم بتكرار الدائرة السابقة مع كل معدة لنحصل في النهاية على لوحة مراقبة وتحكم مركزية يمكن من خلالها تشغيل كل المعدات ومعرفة حالتها وهذه اللوحة هي الأصل التقليدي لنظام السكادا.

ويبين الشكل رقم ٢ إحدى اللوحات والتي تستخدم في التحكم والمراقبة لعدد ٦ طلمبات



شكل رقم ٢

والآن دعنا نفترض أن عندنا عدد كبير جدا من المعدات التي نحتاج لمراقبتها والتحكم فيها (١٠٠٠ معدة مثلاً) ونفترض أن هذه المعدات موجودة في أماكن متفرقة بعيدة عن بعض ونحتاج لمراقبتها جميعاً في مكان مركزي واحد عندئذ سنكتشف أن مثل هذا النظام التقليدي (لوحة المراقبة) لا يمكن أن يوفي بمثل هذا الغرض وذلك لعدة أسباب (تمثل عيوب النظام التقليدي):

١. سيكون كم الاسلاك المطلوب مدها للوحة المراقبة كم كبير جداً مما يجعل الأمر مكلف جداً وغير عملي نظراَ لصعوبة التنفيذ والصيانة بعد ذلك.
٢. سيكون طول الاسلاك كبير جدا (مع العدد الكبير) مما يمثل صعوبة عملية كبيرة وتكلفة عالية ايضاً.
٣. سيكون حجم لوحة المراقبة (التي تعرض كل هذه الإشارات) كبير جداً وغير عملي لتنفيذه.
٤. سيكون إضافة أو تعديل أي إشارة بعد التنفيذ امر صعب للغاية لضرورة التغير في الاسلاك الممدودة وكذلك تغير اللمبات والمفاتيح في لوحة المراقبة وهو امر غير عملي ويتطلب الكثير من الجهد والمال.
٥. سيكون مراقبة كل هذه الإشارات امر شبه مستحيل بالنسبة للعامل الموجود أمام لوحة التحكم.
٦. سيكون نقل الإشارات إلى مكان آخر لمراقبتها منه أيضاً أمر صعب للغاية لضرورة مد أسلاك جديدة للمكان الجديد وإنشاء لوحة مراقبة جديدة به.
٧. سيكون تسجيل البيانات للحصول على تقارير عنها عند الحاجة أمر صعب ويعتمد على العامل البشري (دفاتر وسجلات يدوية) وبالتالي لا يمكن الوثوق بدقته فضلاً عن صعوبة استدعاء هذه البيانات من السجلات بعد ذلك.
٨. سيكون وضع منظومة أمان بحيث تحدد الشخص المسموح له بمعرفة البيانات والتحكم في المعدات امر صعب ويعتمد عل العامل البشري.

فلكل هذه الأسباب بدا وضحاً ضرورة ابتكار نظام جديد يستطيع أداء المهمة المطلوبة بشكل عملي وبتكلفة معقولة وبصورة تسمح بالمراقبة والتحكم بفاعلية فكان ذلك هو نظام السكادا!.

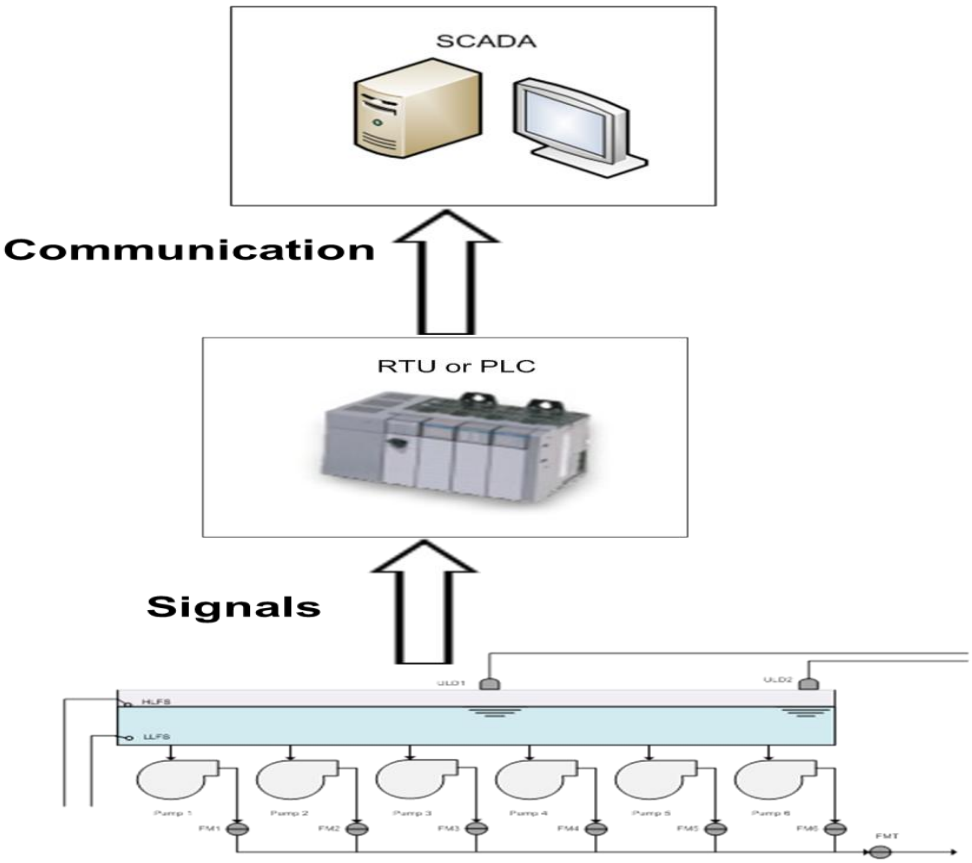
تكوين نظام السكادا:

يتكون نظام السكادا من مجموعة من المكونات الحقيقية Hardware والبرمجية Software كالتالي:

١. يبدأ نظام السكادا من الموقع حيث يقوم بجمع البيانات بواسطة مجموعة من الوحدات وأجهزة القياس المركبة على المعدات لمعرفة حالتها والتحكم بها. وهذه الإشارات قد تكون رقمية (On/Off) مثل حالة المحرك (تشغيل – إيقاف) أو تناظرية Analog مثل سرعة المحرك أو درجة حرارته أو منسوب سائل أو غير ذلك (وهذه المرحلة تشبه ما يحدث مع لوحات المراقبة التقليدية).
٢. تنتقل بعد ذلك الإشارات الموجودة في مكان واحد لوحدة تقوم بتجميع هذه الإشارات وتجهيزها للنقل للسكادا. وهذه الوحدة تسمى اللوحدة الطرفية البعيدة Remote Terminal Unit وتختصر (RTU). كما يمكن استخدام الحاكمات المنطقية المبرمجة (PLC) لنفس هذا الغرض (إذا كانت مستخدمة للتحكم في النظام). ومن هذه الوحدة الطرفية تخرج قناة اتصال واحدة Communication Chanel تحمل كل البيانات المطلوبة وتنقلها لأي مكان يكون مطلوب فيه هذه البيانات.

٣. في النقطة المركزية لنظام السكادا يوضع جهاز حاسب آلي (أو أكثر) يحتوي على برنامج السكادا والذي يقوم باستقبال البيانات القادمة من كل الوحدات الطرفية (عبر قنوات الاتصال) ليقوم بتخزينها وعرضها على الشاشة بشكل حيوي متحرك مع تنبيه المشغل لأي إنذار يحدث في أي إشارة مع إمكانية إصدار تقارير تفصيلية عن أي بيانات مطلوبة.

والشكل التالي يمثل هذه المكونات المختلفة للسكادا:



شكل رقم ٣

ومما سبق يمكننا أن نستنتج مزايا نظام السكادا:

١. القدرة على التعامل مع كمية كبيرة من البيانات والإشارات (رقمية وتناظرية).
٢. القدرة على نقل البيانات لمسافات طويلة ولأكثر من مكان بتكلفة محدودة.
٣. يمكن تصميم وبرمجة عدد كبير من الشاشات مما يتيح عرض كمية كبيرة من البيانات.
٤. سهولة الإضافة والتعديل بعد تنفيذ البرنامج في وقت بسيط وبتكلفة محدودة.
٥. إمكانية التحكم في المعدات بالإضافة لمراقبتها.
٦. إمكانية تمثيل البيانات بصورة رسومية حية تسهل متابعتها.
٧. إمكانية أن يقوم الحاسب الآلي بتنبيه المشغل لأي إنذار أو تغير خطر في الإشارات مما يسهل المتابعة.
٨. إمكانية الحاسب الآلي لتسجيل وتخزين كمية هائلة من البيانات بدقة متناهية مع سهولة استدعائها بعد ذلك.
٩. إمكانية تصميم رسوم بيانية تعرض تغير القيم المطلوبة بشكل آلي مما يسهل متابعتها.
١٠. سهولة عمل مستويات أمان مختلفة تتيح تحديد صلاحيات كل مستخدم.

ويمكننا أن نلاحظ أن هذه المزايا قد حلت أكثر مشكلات نظام المراقبة التقليدي.

ولكن كأي شيء في الدنيا فالسكادا كما لها مميزات فلها عيوب أيضا نذكر منها:

١ بالنسبة لنظام يحتوي على عدد صغير من الإشارات ستكون تكلفة السكادا أكثر بكثير من النظم التقليدية وإن كان هذا الوضع ينعكس عند زيادة عدد الإشارات.

٢ نظام السكادا أكثر تعقيداً بكثير من النظم التقليدية وبالتالي فهو يحتاج لمتخصصين للعمل معه.

٣ يعتمد نظام السكادا على الحاسب الآلي وبالتالي يكون عرضة للتوقف عند حدوث أي عطل في الحاسب الآلي (وهو أمر كثير الحدوث !!) ويمكن تدارك ذلك بوضع أكثر من جهاز ولكن ذلك يرفع التكلفة.

مكونات نظام السكادا بالتفصيل

ذكرنا فيما سبق يتكون من الأجزاء التالية:

١ أجهزة القياس ومصادر الإشارات والمعلومات الموجودة بالموقع Sensors

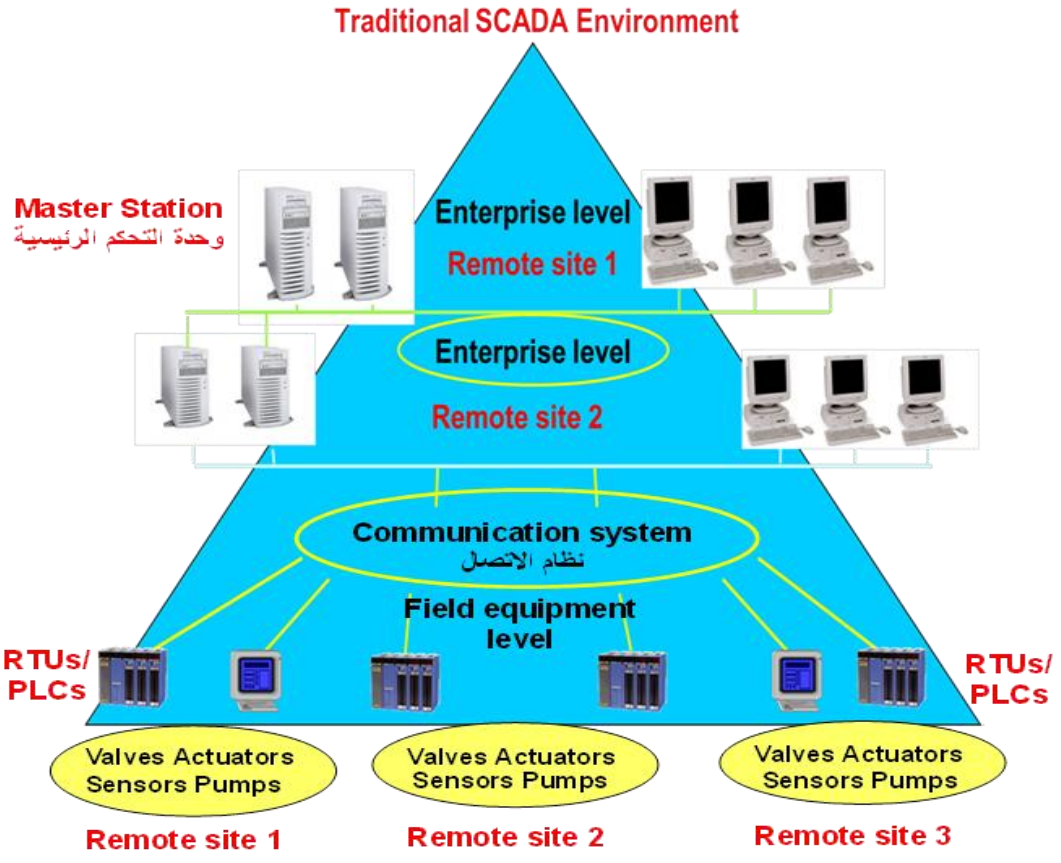
٢ وحدات تجميع البيانات ووضعها على قنوات الاتصال PLCs/RTUs

٣ نظام الاتصال المستخدم لنقل البيانات Communication system

٤ وحدة التحكم الرئيسية Master Station حيث يتم معالجة وعرض البيانات

وقد تتصل السكادا بأجهزة خادمة على المستوى المؤسسي Enterprise Level حيث تنقل البيانات الهامة من منظومة السكادا لتدخل في منظومة عمل المؤسسة ككل مثل الحسابات التجارية وغيرها

والشكل التالي يوضح هذه المكونات لنظام السكادا



أولاً أجهزة القياس ومصادر الإشارات والمعلومات الموجودة بالموقع

بداية نظام السكادا تكون من الموقع (المحطة / المصنع) حيث يتم تجميع المعلومات المطلوبة عن الآلات والعمليات لإرسالها للنقطة المركزية (ويتم أيضاً استقبال الإشارات العائدة من النقطة المركزية أو الحاكمات المنطقية PLC للتحكم في المعدات) وهذه الإشارات إما أن تكون منطقية أو تناظرية.

١. الإشارات المنطقية Logical Signals

وتسمى أيضاً هذه الإشارات بالإشارات الرقمية Digital Signals أو المنفصلة Discrete Signals

ويقصد بها الإشارات التي لا تحتمل إلا حالة من إثنين (1/0) ON/Off وعادة يعبر عن ال (1) بوجود الجهد (مثلاً ٢٢٠ فولت أو ٢٤ فولت) ويعبر عن (0) بعدم وجود الجهد.

وهذه الإشارات يمكن أن تعبر عن الكثير من المعلومات مثل:

الأوامر الصادرة من المشغل بتشغيل أو إيقاف معدة أو باختيار حالة تشغيل معينة للمعدة Operation Mode.
ومصدر هذه الإشارات يكون عادة قادم من مفاتيح كبس Pushbuttons أو مفاتيح اختيار Selector Switches

وأيضاً قد تكون هذه الإشارات عبارة عن بيان عن وصول الضغط أو الحرارة أو المنسوب. لقيمة معينة أم لا أو عن حالة محابس مفتوحة أو مغلقة وهكذا. ومصدر هذه الإشارات يكون عادة قادم مفاتيح نهاية أو تقارب / Limit Prox. Switches أو مفاتيح ضغط Pressure Switches أو عوامات Level Switches.

كما قد تكون هذه الإشارات تعبر عن حالة تشغيل أو إيقاف معدة أو حدوث عطل أو لا... ومصدر هذه الإشارات يكون عادة قادم من ريليهلت أو من نقاط مساعدة على الكونتاكتور.

٢. الإشارات التنظيرية Analog Signals

وهي الإشارات التي تعبر عن قيمة مقاسة (منسوب – ضغط – حرارة – تصرف...) بقيمة رقمية وليس مجرد وجود أو عدم.

وعادة ما تستخدم القيم الآتية لتعبير عن القيمة المقاسة (4–20 mA , 0 –20 mA , 0–10 V) حيث تناظر كل قيمة للجهد أو التيار قيمة للكمية المقاسة

ومصدر هذه الإشارات يكون عادة قادم من أجهزة قياس تصرف أو منسوب أو ضغط أو حرارة أو غيرها

ثانياً وحدات تجميع البيانات ووضعها على قنوات الاتصال PLCs/RTUs

بعد توليد الإشارات من مصادرها يكون لدينا الكثير جدا من الإشارات (الرقمية والتناظرية) ويكون توصيلها لنقطة المركزية للسكادا (والموجودة عادةً في مكان بعيد عن مصدر الإشارات) أمر شاق وغير عملي – كما سبق بيانه – وبالتالي يكون المطلوب تجميع هذه الإشارات معاً ليتم نقلها على قناة اتصال واحدة ويتم ذلك بوسيلة من إثنين إما بواسطة حاكم منطقي مبرمج PLC أو باستخدام وحدة تجميع طرفية RTU.

٣. تجميع الإشارات بواسطة حاكم منطقي مبرمج PLC

الحاكم المنطقي المبرمج PLC هو في الأصل – كما يظهر من أسمه – هو حدة تحكم بمعنى أنه يتلقى إشارات الدخل (رقمية وتناظرية) لينفذ عليها البرنامج المخزن بداخله لحساب إشارات الخرج التي ستقوم بالتحكم في الماكينة. ولكنه يصلح أيضاً أن يعمل كوحدة لتجميع البيانات فبعد تجميعه للبيانات يمكنه أن يحولها لإحدى قنوات الاتصال والتي تكون عادة موجودة على وحدة المعالجة المركزية CPU أو على وحدة اتصالات مستقلة Communication module.

إلا أن الحاكم المبرمج PLC لا يستخدم عادة لتجميع البيانات للسكادا إلا إذا كان المطلوب القيام بوظائف تحكم (أو مخطط لفعل ذلك في المستقبل) أما إذا كان المطلوب هو فقط تجميع البيانات – بدون القيام بأي وظائف تحكم – فعندئذ يتم استخدام وحدة طرفية بعيدة Remote Terminal Unit (RTU) بدلاً من ال PLC.

ويتكون الحاكم المبرمج PLC من الوحدات الآتية:

أ. الرف ووحدة القدرة Rack and Power Supply

ب. وحدة المعالجة المركزية CPU

ج. كروت الاتصال

د. كروت الدخل الرقمية والتناظرية

هـ. كروت الخرج الرقمية والتنظرية

و. بعض الكروت الخاصة

وهذه الوحدات قد توجد بشكل منفصل Modular بمعنى أن كل وحدة توجد في كارت مستقل ثم يتم تجميع هذه الكروت معاً على الرف Rack للحصول على PLC كامل

وقد توجد بشكل مدمج Compact بمعنى أن كل الوحدات توجد معاً في وحدة واحدة وهذا يكون عادةً مع الحاكمات الصغيرة نسبياً

٤. تجميع البيانات بواسطة وحدة تجميع طرفية بعيدة Remote Terminal Unit (RTU)

الوحدة الطرفية البعيدة RTU تشبه في تركيبها كثيراً الحاكم المنطقي المبرمج PLC فهي تتكون من رف Rack ووحدة تغذية وكروت اتصال وكروت دخل وخرج.

وهذه الوحدات قد توجد منفصلة Modular أو مدمجة Compact كما هو الحال مع ال PLC

ولكن الفارق الرئيسي هنا هو أن المطلوب هو فقط تجميع وإرسال البيانات للوحدة المركزية للسكادا بدون القيام بأي وظائف تحكم وبالتالي فالوحدة الطرفية RTU عادةً لا يوجد بها وحدة معالجة مركزية CPU (وقد يوجد في بعض الطرازات المتقدمة وحدة تحكم لتجهيز وتخزين البيانات والتحكم في إرسالها وأحياناً قد يمكنها القيام ببعض وظائف التحكم البسيط).

وإذاً فالخلاصة أن ال PLC هو في الأصل وحدة تحكم ويمكنه القيام ببعض وظائف الاتصال البسيطة أما الوحدة الطرفية RTU فهي وحدة اتصال وقد تقوم أحياناً ببعض وظائف التحكم البسيطة.

ملحوظة: قد تستخدم أحياناً وحدات طرفية RTU لتجميع البيانات وإرسالها لحاكم منطقي PLC مركزي كبير يتحكم في كل وظائف المحطة أو المصنع. وهذا الحاكم هو من يقوم بالإتصال بالسكادا.

والجدول التالي يوضح المقارنة بين ال PLC وال RTU

وجه المقارنة	PLC	RTU
الغرض الرئيسي له	وحدة تحكم	وحدة إتصال
وحدة المعالجة المركزية CPU	موجودة دائماً وهي أهم وحدة فيه	غير موجودة عادةً
قنوات الإتصال	محدودة (قناة واحدة أواثنين)	متعددة (قد تصل لأكثر من ٦ قنوات)
البرمجة	يجب برمجته للقيام بوظائف التحكم	عادة لا تتم برمجتها (وقد تبرمج أحياناً للتحكم في وظائف الاتصال)
القدرة على تخزين البيانات عند فقد الاتصال ثم إعادة إرسالها	لا يمكن ذلك عادة إلا ببرمجة معقدة وذاكرته غير معدة لذلك	معد لذلك ويمكن التحكم فيه ببرمجة بسيطة جدا
الوقت والتاريخ للبيانات Time Stamp	غالباً لا ترسل البيانات مع بيان لوقت وتاريخ حدوثها	غالباً ترسل البيانات مع وقت وتاريخ حدثها
الطاقة اللازمة	عدة يستهلك طاقة كبيرة (لأنه يوجد في مركز المصنع فلا حاجة للتوفير الطاقة)	عادة تستهلك طاقة بسيطة جداً وقد تعمل بعض الطرازات بالطاقة الشمسية وذلك لأنها توجد عادة في أماكن متطرفة

ثالثاً نظام الاتصال المستخدم لنقل البيانات Communication system

نظام السكادا هو بالأساس نظام للمراقبة والقياس عن بعد Telemetry وبالتالي فنقل البيانات عبر قنوات الإتصال يمثل جزء أساسي من منظومة السكادا.

ونقل البيانات قد يحدث في أكثر من جزء من السكادا فبالإضافة للاتصال الأساسي (بين وحدات تجميع البيانات وخادمات السكادا) قد يحدث الاتصال بين أجهزة القياس (القادرة على الاتصال) ووحدات التحكم وقد يحدث بين وحدات التحكم وبعضها البعض ويحدث بين وحدات التحكم ووحدات التعامل مع المشغل HMI وقد يحدث بين خادمات السكادا ووحداتها الأخرى وقد يحدث بين خادمات السكادا والخدمات المؤسسية.

ولاختيار طريقة الاتصال المناسبة يجب أن نراعي ما يلي:

١. تكوين شبكة السكادا والمساحة الجغرافية التي تشغلها (البعد بين النقاط الطرفية والنقطة المركزية وطريقة توزيعها وطبيعة الأرض والتضاريس ووجود الموانع الطبيعية....)
٢. كمية البيانات المطلوب نقلها (وترتبط بعدد النقاط المطلوب مراقبتها والبيانات المطلوبة في كل نقطة)
٣. سرعة نقل البيانات (وذلك يرتبط بالسرعة الكلية لتحديث البيانات في منظومة السكادا response time وهو الزمن من تغير الحالة في الموقع إلى أن يتم رؤيتها في النقطة المركزية) وهذه السرعة ترتبط بالتطبيق ومدى سرعة تغيره فمثلاً مراقبة شبكة صرف صحي لا تتغير تغير يذكر خلال عشر دقائق لن تكون بالسرعة المطلوبة لمراقبة شبكة كهرباء تتغير في ملي ثانية !!.
٤. مدى السرية فحساسية البيانات المنقولة مثلاً قد تمنع استخدام الشبكات العامة مثل النت.

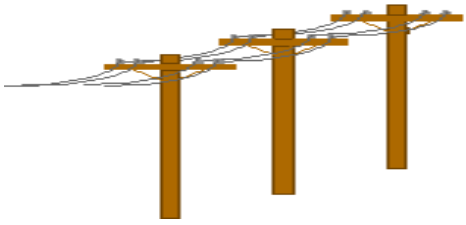
٥. الاعتمادية المطلوبة لنقل البيانات فبعض الطرق ينقطع ويتأخر فيها الإتصال كثيراً وبعضها تكون ذات اعتمادية عالية (وبالطبع تكلفة عالية أيضاً).

٦. مدى توفر الشبكات العامة مثل التليفون الأرضي وشبكة النت وشبكة التليفون المحمول

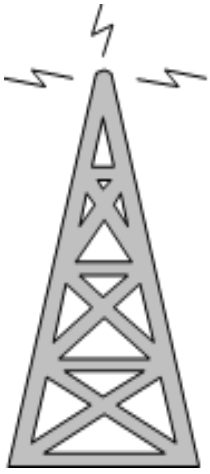
ولبناء منظومة الاتصال يجب معرفة ما يلي:

١. هل سيتم نقل البيانات من خلال شبكة واسعة تمتد لمسافات كبيرة WAN (قد تشمل محافظة أو دولة بأكملها). أم أنها ستكون في منطقة محدودة LAN (داخل محطة واحدة أو مصنع مثلاً).

٢. في حالة الشبكة الواسعة يجب معرفة هل سيتم استخدام شبكات معلومات عامة (مثل شبكة التليفونات الأرضية أو المحمولة أو شبكة النت) أم سيتم بناء شبكة خاصة للمؤسسة وهو – وإن كان حل أكثر إعتمادية وسرية إلا أنه أعلى تكلفة بمراحل من استخدام شبكة عامة.



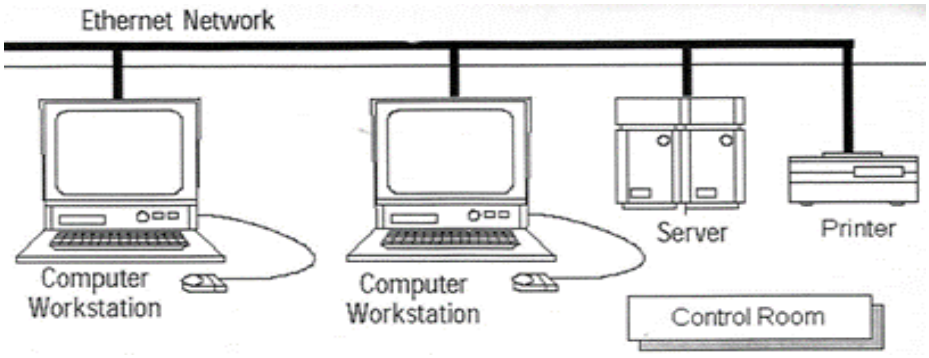
٣. الوسط المادي Media الذي يتم خلاله النقل والذي قد يكون أسلاك نحاسية أو كبلات ألياف زجاجية أو الهواء في حالة الاتصالات اللاسلكية. واختيار الوسط المناسب يعتمد على المسافة وجغرافية المكان والسرعة وكمية البيانات والاعتمادية بالإضافة طبعاً إلى التكلفة كما سبق.



٤. نوع أجهزة تجميع البيانات (PLC & RTU) المستخدمة وكذلك نوع برنامج السكادا المستخدم لأن ذلك سيحدد أنواع البروتوكولات العاملة على الشبكة.

رابعاً وحدة التحكم الرئيسية Master Station حيث يتم معالجة وعرض البيانات

تعتبر وحدة التحكم الرئيسية هي قلب نظام السكادا حيث تصل البيانات المنقولة من وحدات تجميع البيانات (عبر قنوات الاتصال) – تصل هذه البيانات إلى أجهزة الكمبيوتر التي تحتوي على برنامج السكادا حيث يتم تخزين هذه البيانات وعرضها على المشغل وتلقي أوامر المشغل لتوصيلها إلى وحدات التحكم (الموجودة في الموقع) عبر قنوات الإتصال.



ووحدة التحكم الرئيسية قد تكون عبارة عن جهاز كمبيوتر واحد يؤدي جميع الوظائف المطلوبة وقد تتوزع الوظائف على عدد كبير من الأجهزة الخادمة وأجهزة العمل وأجهزة البرمجة. وقد تقع كل هذه الأجهزة في مكان واحد أو تتوزع في عدة مواقع ترتبط فيما بينها بشبكة اتصال.

ملحوظة:

تعتبر شاشات التشغيل Human Machine interface (HMI) نموذج مصغر من وحدات السكادا الرئيسية إلا أنها تختلف في أن لها جهاز خاص بها (Hardware) وهو الشاشة وليست مجرج برنامج على جهاز كمبيوتر عادي مثل السكادا والهدف من ذلك تسهيل وجودها في لوحة التشغيل الخاصة بالماكينة.

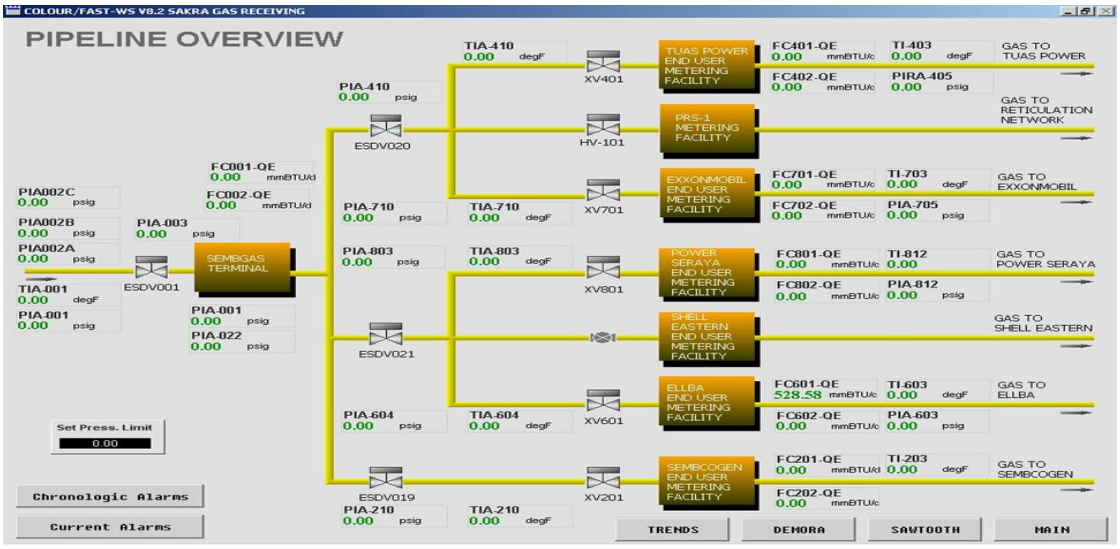
والجدول التالي يبين المقارنة بين SCADA و HMI

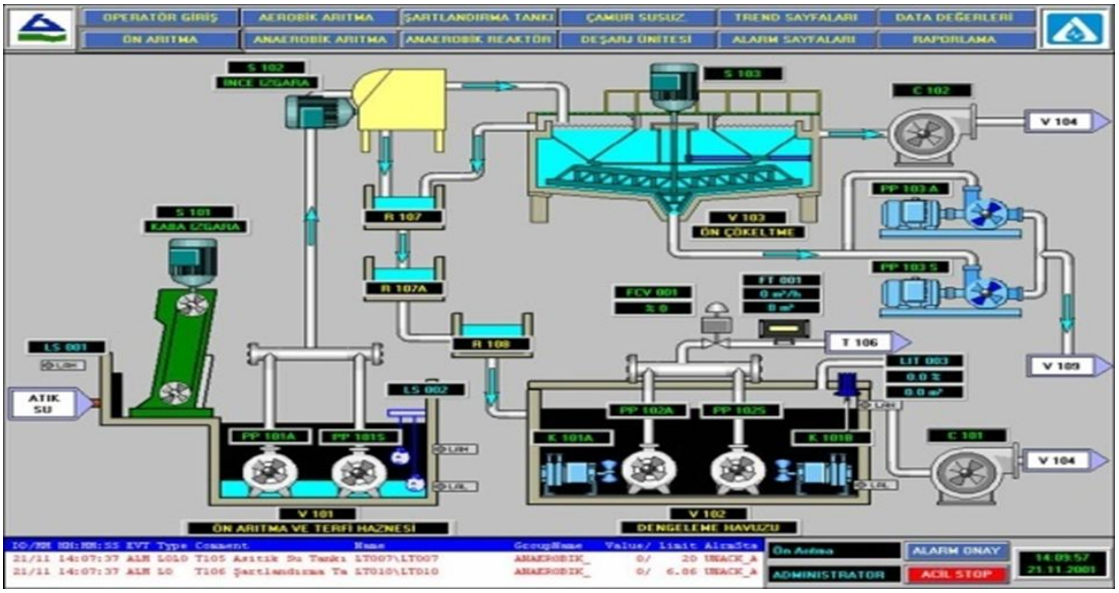
	HMI	SCADA
الجهاز	جهاز خاص مستقل	حاسب آلي
عدد ال PLC المتصل بها	عادة واحد	عادة أكثر من واحد
المكان	بجوار الآلة	غرفة تحكم بعيدة عن الآلات
الوظيفة	نقل أوامر المشغل وعرض البيانات	عرض وتخزين وتحليل البيانات

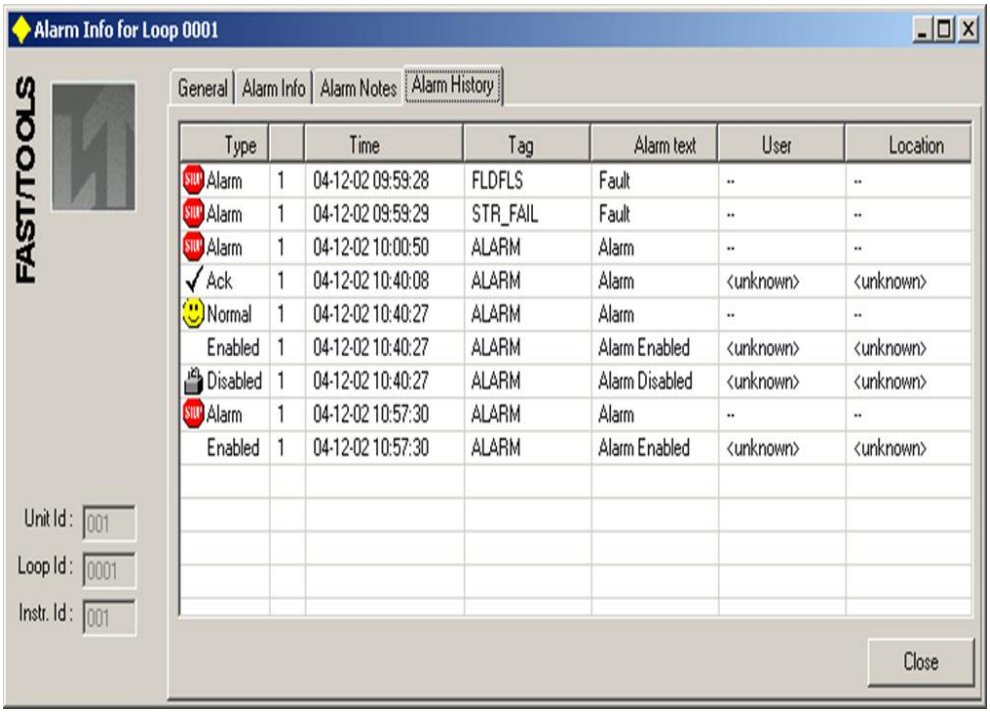
أهم وظائف برنامج السكادا:

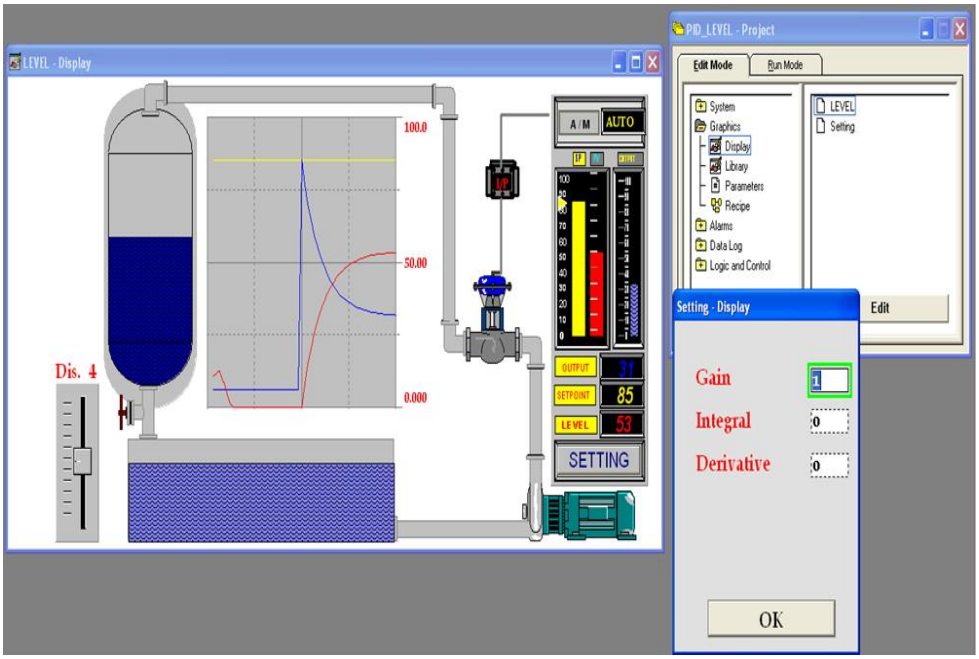
يقوم برنامج السكادا (الموجود على أجهزة الكمبيوتر في وحدة التحكم الرئيسية) بعدة وظائف أهمها ما يلي:

١. الاتصال مع وحدات تجميع البيانات (عبر قنوات الاتصال) للحصول على المعلومات المطلوبة. وقد يتم ذلك مباشراً (في حالة معرفة البرنامج لبروتوكول الاتصال المستخدم) أو بواسطة برامج وسيطة (مثل OPC Sever) في حالة عدم معرفة البرنامج للبروتوكول المستخدم.
٢. تجهيز البيانات وإدخالها في قاعدة بيانات تسمى عادةً Tag Data Base لتسهيل استخدامها بعد ذلك.
٣. تجهيز وعرض الواجهة الرسومية التي سيتعامل معها المشغل لمعرفة حالة المعدات.
٤. تلقي أوامر المشغل وإرسالها لـPLC لإصدار أوامر التحكم في المعدات
٥. إصدار الإنذارات لتنبيه المشغل لحدوث مشكلة في المعدات
٦. تسجيل قيم المتغيرات والأحداث الهامة للعودة لها فيما بعد (البيانات التاريخية)
٧. عرض الرسوم البيانية التي تساعد المشغل على معرفة تطورات التشغيل
٨. تحليل البيانات وإصدار التقارير
٩. تحديد صلاحيات المستخدمين والسلطات الممنوحة لكل منهم









الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controllers (PLC)

الجزء الأول المبادئ

مقدمة

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله وبعد،

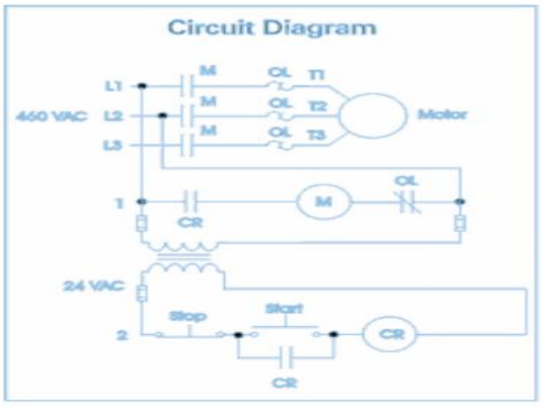
فلا شك أن الكهرباء قد صارت عصب من أهم أعصاب الصناعة الحديثة فأغلب الآلات والعمليات الصناعية هذه الأيام صارت يتم إدارتها والتحكم فيها من خلال نظم كهربية. والنظم الكهربية الموجودة في هذه الآلات تقوم بوظيفتين أساسيتين:

- **الأولى:** نقل وتوزيع الطاقة الكهربية وتوصيلها إلى الوحدات التي ستستفيد بها (مثل: المحركات – السخانات – نظم الإنارة...) بشكل سليم وآمن وهذه تسمى نظم القوى الكهربية.
- **الثانية:** التحكم في كيفية تشغيل هذه الوحدات بحيث تحقق الغرض منها (مثلاً: التحكم في تشغيل وإيقاف المحركات وفي سرعتها...) وهذه تسمى نظم التحكم الكهربية.

وموضوعنا اليوم يدور حول واحد من أهم وأحدث نظم التحكم الكهربية ألا وهو نظام الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controllers أو ما يسمى اختصارا PLC وقبل أن نشرع في دراسة هذا النظام والتعرف عليه يجب علينا أولا أن نلقي نظرة على نظم التحكم التقليدية والتي يفترض أن يحل ال PLC محلها.

نظم التحكم التقليدية Hard-Wired Control

قبل تصميم واختراع أجهزة ال PLC كانت معظم عمليات التحكم تتم بتوصيل مجموعة من المفاتيح والمرحلات (الريليهات) مع بعضها البعض حسبا الشكل



وكان ذلك يعتبر تقدما كبيرا مقارنا بنظم التحكم اليدوي Manual Control والتي كانت تعتمد على الإنسان لتنفيذ منطق التحكم وكان لهذه الطريقة اليدوية الكثير من العيوب حيث لأنها كانت معرضة لخطأ الإنسان ونسيانه وتكاسله فكان ظهور التحكم الكهربي الآلي Automatic Control يمثل ثورة في هذا المجال حيث تستمر هذه الدوائر في العمل بشكل ثابت بدون خطأ أو نسيان أو تكاسل.

- وتعتمد هذه الدوائر على مجموعة من المجسات التي تركب على الماكينة لمعرفة حالتها (وهذه تحل محل حواس الإنسان في التحكم اليدوي) وتسمى وحدات الدخل.

- ومجموعة من المرحلات (الريليهات) التي تحمل منطق التحكم (وهذه تحل محل العقل البشري) وتسمى وحدات التحكم أو وحدات المنطق.
- ومجموعة من وحدات تشغيل المحركات (Contactors) (وهذه تحل محل يد الإنسان التي كان سيشغل بها المحرك) وتسمى وحدات الخرج.

بداية ظهور الـ PLC:

ومع مرور الوقت وتعقد العمليات الصناعية بدأ يظهر أن هذه النظم التقليدية غير مناسبة فهي غير مرنة ولا تسمح بتعديل التصميم بسهولة وهي كبيرة الحجم وكثيرة التكاليف وكلما كان النظام أكبر كان احتمل حدوث أعطال فيه أكثر وكان تحديدها يحتاج الكثير من الوقت الذي تتوقف فيه المعدة عن العمل مما يضيع الكثير من الجهد والمال.

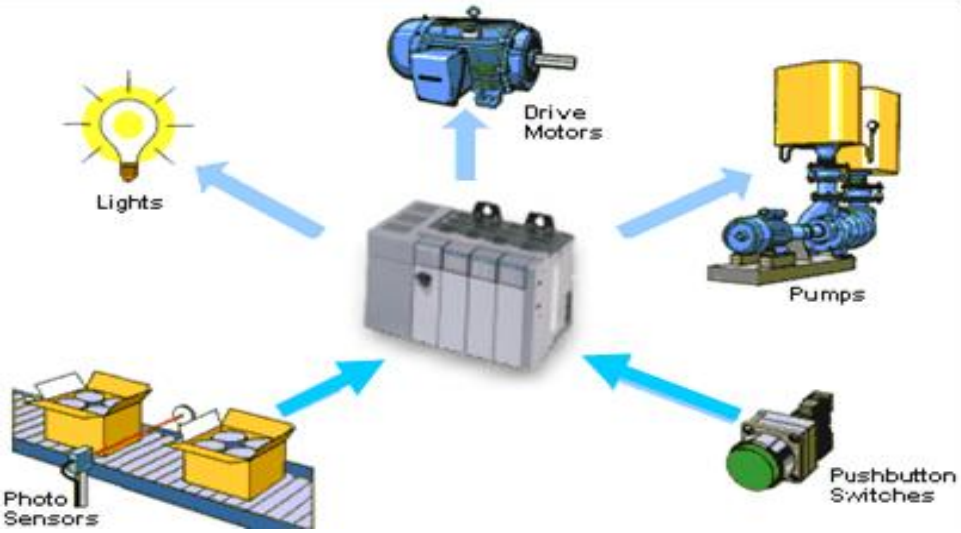
وكما هي العادة دائما إذا تعلق الأمر بالمجال الاقتصادي الذي يبحث العاملون فيه عن الربح وتخفيض التكاليف، تم توظيف الباحثين لابتكار أجهزة مرنة لديها القابلية لتغير الوظيفة ولديها القدرة على العمل لساعات طويلة بدقة متناهية، وهذا حصل خلال ثورة الكمبيوتر ودخوله للعديد من المجالات الصناعية والتجارية فتم تصميم أجهزة التحكم القابلة للبرمجة PLC التي تشبه في وظيفتها دماغ الإنسان البشري ولكن مع القدرة على العمل لمدة ٢٤ ساعة متواصلة وبدون أخطاء أو نسيان أو تكاسل.

وقد كانت بدايات ذلك في سنة ١٩٦٨ عندما وضع مهندسو شركة جنرال موتورز المواصفات المطلوبة لأول جهاز تحكم يحل محل نظام الريليهات القديم ويعتمد على تكنولوجيا الكمبيوتر. وقد فازت بالعملية شركة بدفورد فقامت بتأسيس شركة جديدة لتحقيق هذا لهدف وكان أسمها MODICON " Modular Digital Control " وفي سنة ١٩٦٩ كان ظهور أول جهاز PLC وكان يسمى " 084 " (إشارة إلى أنه كان المشروع رقم ٨٤ لهم !!) وقد باعوا منه أكثر من ألف وحدة. وفي سنة ١٩٧١ بدأت شركة Allen–Bradley في إنتاج جهازها الجديد "PLC 1774" وقد قاموا بتسمية جهازهم هذا "Programmable Logic Controller". ثم بدأ الأمر ينتشر تدريجياً ولم تدخل الثمانينيات إلا وال PLC قد صار واحداً من أهم وسائل التحكم في الصناعة الحديثة.

تعريف عام بالحاكم المنطقي المبرمج PLC

- الحاكم المنطقي المبرمج هو جهاز ينتمي إلى عائلة الحاسوب وهو عبارة عن معالج دقيق يستخدم للتحكم في الآلات والعمليات الصناعية المختلفة.
- والحاكم المنطق المبرمج يأخذ مدخلاته من مجموعة من المفاتيح تمثل رغبات المشغل بالإضافة لمجموعة من المجسات التي تعطي حالة الآلة.
- وهذا الحاكم له القدرة على تخزين التعليمات (البرنامج) لينفذ وظائف التحكم المختلفة مثل التوقيت، العد ، معالجة البيانات ، الحساب والاتصال وغيرها.
- وفي النهاية يقوم الحاكم بالتحكم في مجموعة من المخرجات التي تقوم بدورها بالتحكم في المحركات وغيرها من المعدات ليتم عن طريقها التحكم في العمليات المطلوبة وبالإضافة لذلك قد يعطي الحاكم مجموعة من الإشارات التي تبين حالة الآلة للمشغل.

يبين الشكل التالي وحدة PLC



التحكم الصناعي المبرمج Programmable Industrial Control

يقصد بالتحكم الصناعي المبرمج ذلك النوع من التحكم الذي يتم فيه السيطرة على الآلة أو العملية الصناعية المطلوب التحكم فيها بواسطة وحدة تحكم قابلة للبرمجة (Programmable Controller). وهي وحدة يمكن أن تعمل وفقاً لمجموعة من الأوامر والتعليمات (تسمى البرنامج Program) يتم كتابتها لتحقيق غرض التحكم المطلوب. وبالتالي فمن الممكن تغير أداء وحدة التحكم بتغير البرنامج (Software) دون الحاجة لإجراء أي تغيرات على المكونات الحقيقية الصلبة (Hardware) لوحدة التحكم. وغالباً ما يعتمد هذا النوع من التحكم على المعالج الدقيق (Microprocessor) كأساس لوحدة التحكم.

مميزات التحكم المبرمج

يتمتع التحكم المبرمج بمجموعة من المميزات تجعله يتفوق على التحكم التقليدي منها:

١. **المرونة:** يمكن ببساطة وسرعة عمل أي تغيرات مطلوبة في منطق التحكم للنظام وذلك بمجرد تغير أوامر البرمجة دون الحاجة لإجراء أي تغيرات مادية في وحدة التحكم وذلك بخلاف نظم التحكم التقليدية والتي لا يمكنها ذلك إلا بالفك وإعادة التوصيل بالمنطق الجديد.

٢. **إمكانية النمو والتوسع المستقبلي:** تستطيع وحدة التحكم المبرمجة أن تنمو ببساطة لتستوعب أي توسعات مستقبلية وذلك بإضافة المزيد من أوامر البرمجة إليها وذلك بخلاف نظم التحكم التقليدية والتي لا يمكنها ذلك إلا بإضافة مكونات مادية جديدة.

٣. **المشابهة:** يمكن استخدام نفس وحدة التحكم في ماكينات مختلفة ويمكن نقل الوحدة من ماكينة إلى أخرى وكل المطلوب سيكون تغير البرنامج الموجود في ذاكرة الوحدة ولاشك أن هذا أسهل بكثير من بناء دائرة مستقلة لكل ماكينة كما يحدث في دوائر التحكم التقليدي. وذلك أيضاً أفضل بالنسبة لرصيد قطع الغيار وللخبرة المطلوبة في التعامل مع الوحدات.

٤. **سرعة ودقة الأداء:** تستطيع وحدة التحكم المبرمج أن تستجيب للتغيرات الحادثة في المعدة وأن تعطي إشارات الخرج المطلوبة بشكل أسرع وأكثر دقة بكثير من النظم التقليدية وذلك لاعتمادها على المعالج الدقيق.

٥. **وظائف التحكم:** يستطيع النظام المبرمج أداء العديد من الوظائف المتطورة كالعمليات الحسابية المعقدة مثلاً والتي تعجز النظم التقليدية عن أدائها.
٦. **المراقبة وتسجيل البيانات:** يمكن بسهولة عمل اتصال بين وحدة التحكم المبرمج وبين وحدة مراقبة أو جهاز كمبيوتر لمراقبة وتسجيل كل ما يحدث في المعدة. كما يمكن نقل البيانات بعد ذلك لأي مكان نريده وكل ذلك لا يمكن مع النظم التقليدية.
٧. **الاعتمادية:** نظم التحكم المبرمج أكثر تحملا واعتمادية وأقل أعطالا من النظم التقليدية حيث أن تحويل الريليهات والتيمرات وغيرها إلى منطق برمجي يجنبنا مشاكل الوحدات التالفة ومشاكل التوصيلات المفكوكة وغيرها من مشاكل نظم التحكم التقليدية.
٨. **زمن التوقف (الأعطال):** عند حدوث عطل في النظم التقليدية فإن تحديد وإصلاح العطل عادة ما يستغرق زمنا طويلا وأما في نظم التحكم المبرمجة فالكثير من الأعطال يمكن تشخيصها وإصلاحها بسرعة كبيرة والنظام في الخدمة (وذلك بفضل نظام تتبع وتحديد الأعطال المتكامل الموجود فيه) وحتى عندما نضطر لخروج النظام من الخدمة فإن ذلك يكون لمدة قصيرة نظرا لسهولة استبدال الوحدات التالفة بوحدات جديدة في زمن قصير جدا.
٩. **الحجم:** مقارنةً بنظام تحكم تقليدي يحتوي على العشرات أو المئات من الريليهات والتيمرات لاشك أن النظام المبرمج سيكون أصغر بكثير في الحجم مما يوفر في المساحة المطلوبة لوحدة التحكم.
١٠. **السعر:** في نظام تحكم بسيط يحتوي على بضع ريليهات فإن النظام التقليدي سيكون أرخص من النظام المبرمج ولكن مع تعقد النظام فإن تكلفة نظم التحكم التقليدية قد تزيد بكثير عل تكلفة نظام التحكم المبرمج.

عيوب نظم التحكم المبرمجة

بالرغم من كل المميزات السابقة إلا أن التحكم المبرمج – كأي شيء آخر – له بعض العيوب أو لنقل محددات الاستخدام وفيما يلي أهم هذه العيوب:

التكلفة:

ذكرنا أن التحكم المبرمج قد يكون أقل تكلفة من نظم التحكم التقليدية الكبيرة المعقدة ولكنه قطعا ليس كذلك بالنسبة لنظام تحكم تقليدي بسيط وصغير. وهنا يجب ملاحظة أن تكلفة الوحدة المبرمجة ليست فقط هي ثمن شرائها بل تشمل التكلفة أيضاً تكلفة برمجتها وتكلفة الخبرة الفنية المطلوبة للتعامل معها بالإضافة إلى تكلفة إصلاحها أو إستبدالها في حالة التلف ويجب أيضاً ملاحظة أن الوحدة المبرمجة ستحل فقط محل الريليهات والتيمرات (وليس محل باقي مكونات اللوحة التقليدية والتي ستظل كما هي مع التحكم المبرمج مثل القواطع والكونتاكتورات والحساسات وغيرها) وبالتالي فليس من الحكمة استبدال نظم التحكم التقليدية الصغيرة (كالتي تحتوي على بضع ريليهات مثلا) بوحدة تحكم مبرمجة مكلفة إلا إذا كان هناك مبرر قوي لفعل ذلك !.

الصعوبة:

التعامل مع نظم التحكم المبرمجة يحتاج خبرة خاصة ومهارات معينة قد لا تكون موجودة بسهولة عند أطقم الصيانة الذين اعتادوا التعامل مع نظم التحكم التقليدية مما يتطلب إعادة تدريبهم وتأهيلهم للتعامل مع هذا النظام أو تعيين آخرين مؤهلين لهذا العمل.

المركزية:

ذكرنا أن نظم التحكم المبرمجة أكثر اعتمادية من النظم التقليدية ولكن هناك نقطه هامة يجب ملاحظاتها وهي أن هذه النظم غالباً ما تكون نظم مركزية أي أن المنشأة بالكامل قد تكون مرتبطة بنظام واحد وهذا يهدد بتوقف المنشأة كلها فجأة عند توقفه عن العمل فمثلا لو كان هناك PLC يتحكم في خمس طلمبات فسوف تتوقف جميعها عن العمل عند توقفه بخلاف النظم التقليدية حيث يكون لكل طلمبة دوائر تحكم مستقلة فلا يؤثر توقف إحداها على الأخرى. ويتم معالجة ذلك العيب بعمل نظام تحكم يدوي بديل للمعدات يلجأ إليه في الطوارئ (عند توقف التحكم المبرمج عن العمل). وأيضا وفي الأماكن الحساسة (التي لا تتحمل توقف النظام المبرمج عن العمل) يتم استخدام وحدتي تحكم تعملان معا بالتوازي بحيث تحل إحداهما محل الأخرى فورا عند توقفها عن العمل إلا أن ذلك بالطبع يضاعف التكلفة !!

الحساسية:

تعتمد أغلب نظم التحكم المبرمج على الدوائر الإليكترونية وهذه الدوائر معروفة بحساسيتها لسوء التغذية الكهربية فلو كانت الشبكة الكهربية في المنشأة تحتوي على الكثير من التوافقيات أو الاندفاعات المفاجئة في الجهد مثلاً فسوف يؤدي ذلك إلى تلف الدوائر المستخدمة في وحدات التحكم المبرمج بخلاف دوائر التحكم التقليدي والتي تكون عادةً أكثر تحملاً لسوء التغذية الكهربية. وبالطبع يمكن تركيب مرشحات ومثبتات للجهد لحماية الوحدات الحساسة إلا أن ذلك يزيد أيضاً من التكلفة.

ومما سبق يمكننا أن نستنتج متى يكون من المناسب استخدام التحكم المبرمج ومتى يكون الأنسب استخدام التحكم التقليدي

فالأنسب استخدام التحكم المبرمج إذا كنا نحتاج لتغيير منطق التحكم كثيراً أو كان النظام كبير ومعقد أو يحتاج وظائف تحكم متقدمة أو يحتاج سرعة أو دقة عالية أو نحتاج لجمع البيانات عن النظام ومراقبتها عن بعد أو نحتاج أن يكون حجم نظام التحكم صغير

والأنسب استخدام التحكم التقليدي إذا كان منطق التحكم صغير وبسيط وثابت ولا نحتاج سرعة أو دقة عالية أو مراقبة للنظام عن بعد وكذلك في حالة عدم وجود التمويل الكافي أو الخبرات الفنية المطلوبة للتعامل مع التحكم المبرمج وأيضاَ عند سوء التغذية الكهربية

الجدول التالي يوضح مقارنة بين نظام التحكم اليدوي والتحكم الآلي التقليدي والتحكم المبرمج (PLC والحاسب الشخصي)

وحدات الدخل	حواس الإنسان كالعين والأذن والتي يراقب بها الماكينة	مجسات مركبة في الماكينة المراد التحكم فيها	مجسات مركبة في الآلة ومتصلة بوحدات الدخل في ال PLC	لوحة أزرار – فأرة وغيرها من وحدات الدخل للحاسب الآلي
وحدات الخرج	يد الإنسان والتي يقوم بتشغيل المحرك بها	وحدات تشغيل للمحركات Contactors	وحدات تشغيل للمحركات متصلة بوحدات الخرج في ال PLC	شاشة – طابعة وغيرها من وحدات الخرج للحاسب الآلي
وحدة المنطق والتحكم	عقل الإنسان والذي يقرر به ما يجب عمله في الماكينة	مجموعة من (الريليهات) والتي تبنى بحيث تحقق منطق التحكم المطلوب	معالج دقيق يبرمج بما يجب عمله للتحكم في الماكينة	معالج دقيق يبرمج ببرامج الحاسب الآلي المطلوبة لأداء مهامه كالحسابات والرسم وغيرها
البيئة	يعمل في البيئة الصناعية ولكن هناك أماكن خطرة يصعب عمله بها	يعمل في البيئة الصناعية	يعمل في البيئة الصناعية	لا يعمل في البيئة الصناعية (هناك أنواع خاصة للبيئة الصناعية ولكنها غالية السعر)
المرونة وقابلية التوسع	مرن وقابل للتوسع	غير مرن وغير قابل للتوسع	مرن وقابل للتوسع	مرن ولكن هناك صعوبة في توسعه
سرعة ودقة الأداء	بطيء وغير دقيق	متوسط السرعة والدقة	سريع ودقيق	دقيق ولكنه غير سريع
الإعتمادية	قد ينسى أو يتكاسل	يعتمد عليه ولكنه كثير الأعطال	يعتمد عليه	قد يتوقف عن العمل وقد يرتبك أداءه
تسجيل البيانات	يقوم بالتسجيل اليدوي ولا يوثق بدقة هذه البيانات	يصعب تسجيل البيانات منه	يحصل على البيانات بدقة ويمكن توصيله بحاسب عادي للتسجيل والعرض	قادر على تسجيل البيانات وعرضها بكفاءة تامة

عالم التحكم الصناعي المبرمج

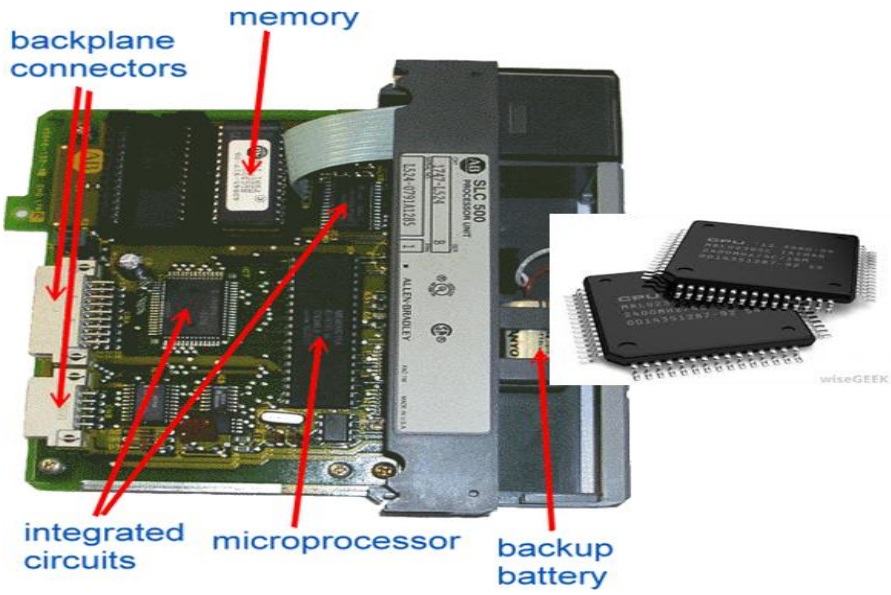
يضم عالم التحكم الصناعي المبرمج العديد من الأنظمة والتي صمم كل منها ليناسب تطبيق معين ومن المناسب معرفة هذه الأنظمة إجمالاً والتطبيق المناسب لكل منها قبل أن نبدأ في الدراسة التفصيلية لنظام التحكم المنطقي المبرمج PLC كأحد أهم هذه النظم وأكثرها استخداما في التطبيقات الصناعية.

وسنعرض في ما يلي – باختصار – للأنظمة الآتية:

μP – μC – IED – PC – IPC –EPC – CNC – PLC – DCS – MC– HMI – SCADA – RTU

١. المعالج الدقيق Microprocessor (µP)

المعالج الدقيق هو عبارة عن شريحة إلكترونية تحتوي على الآلاف أو الملايين من الترنزيستورات وهو مصمم بحيث يستطيع أن يقوم بتنفيذ الأوامر التي تكتب له بلغة خاصة تسمى لغة الآلة (البرنامج). وهو يقوم بتنفيذ هذه المهمة بسرعة عالية جدا قد تصل لعدة ملايين من الأوامر في الثانية الواحدة وبدقة عالية جداً.



وبالرغم من أن المعالج الدقيق يعتبر الأساس الذي بنيت عليه أغلب وحدات التحكم المبرمج إلا أنه لا يمكن استخدامه مباشراً في التحكم بل يجب أن يبنى حوله نظام يوفر له التغذية الكهربية المناسبة ووسيلة الارتباط بوحدات الدخل والخرج والذاكرة وغير ذلك من الوحدات اللازمة لتشغيله كما يحدث مثلاً عند بناء جهاز الحاسوب.

وأغلب طرازات المعالج الدقيق بنيت لأغراض عامة إلا أن هناك طرازات معينة بنيت لأغراض خاصة مثل معالج الإشارات الرقمية Digital Signal Processor (DSP) والذي بني خصيصاً للتعامل مع الإشارات الرقمية.

٢. المتحكم الدقيق Microcontroller (µC)

المتحكم الدقيق هو شريحة إلكترونية أخرى مثل المعالج الدقيق وهو في الحقيقة عبارة عن معالج دقيق (بسيط نسبياً) مضاف إليه ذاكرة وواجهة للدخل والخرج ووحدات أخرى مساعده.

وهو يكون مجهز ومبرمج عادةً لأداء مهمة تحكم محددة لا يمكن تغيرها. وبالرغم من أنه تم إضافة العديد من الوحدات المساعدة له إلا أنه لايزال لا يستخدم مفرداً بل يحتاج تجهيزات معه لكي يقوم بعمله لذلك فهو يستخدم داخل الأجهزة المعد للتحكم فيها فيما يسمى بالأنظمة المضمنة Embedded Systems

وهو يوجد في العديد من الأشياء من حولنا مثل لعب الأطفال وغسالة الملابس والسيارات الحديثة ويوجد في الصناعة أيضاً في العديد من الأجهزة والمعدات مثل مغيرات السرعة وأجهزة القياس وغيرها.

يتضح مما سبق أن كلاً من المعالج الدقيق والمتحكم الدقيق هي شرائح إلكترونية صممت لتؤدي دورها بمساعدة دوائر ووحدات أخري وليست نظام متكامل جاهز للعمل فوراً وبالتالي فليست مناسبة للتطبيقات الصناعية (التحكم في آلة أو عملية) بل لابد من بناء أنظمة متكاملة تحتوي على التغذية الخاصة بها ووسائل الدخل والخرج المجهزة للتعامل مع الآلات بحيث يمكن استخدامها مباشراً في التحكم.

٣. الأجهزة الإلكترونية الذكية Intelligent Electronic Devices (IED)

هي نوع من الأجهزة الكهربية المستخدمة في القياس والحماية والتحكم وتحتوي في داخلها على معالج دقيق (أو متحكم دقيق) وهي أجهزة يمكن برمجتها لأداء وظيفة معينة مثل جمع البيانات من حساسات معينة (تيار مثلاً) ثم أخذ قرار تحكم معين (مثل فصل قاطع التيار للحماية من حدوث قصر). وهذه الأجهزة عادة تكون قادرة على الاتصال بغيرها من الأجهزة الذكية ونقل البيانات لها وهذا يكون مفيد جداً عند بناء منظومات التحكم المتكاملة حيث يمكنها تنفيذ جزء من منطق التحكم محلياً مع ارتباطها بالنظام المركزي.

ومن الواضح أن هذه الأجهزة – وإن كانت وحدات متكاملة جاهزة للعمل – إلا أنها صممت لغرض معين لا يمكن أن تؤدي غيره وبالتالي فهي ليست مناسبة للتطبيقات الصناعية العامة (التحكم في آلة أو عملية صناعية) فنحن في الواقع في حاجة لوحدة تحكم (مبنية على معالج دقيق) ومجهزة بكل الوحدات المساعدة (تغذية – دخل – خرج...) بحيث تكون جاهزة للعمل فوراً وبحيث تكون مصممة لتعمل في البيئة الصناعية للتحكم في الآلات بشكل عام (أي لا تكون مصممة لغرض محدد بل يتحدد عملها حسب البرنامج الموضوع لها) فما هي هذه الوحدة إذاً؟

٤. الحاسب الشخصي Personal Computer (PC)

لا ريب أن الكمبيوتر أو الحاسب الشخصي هو جهاز مبني على المعالج الدقيق وهو وحدة متكاملة (مجهز بوحدة التغذية ووحدات الدخل والخرج....) ولا ريب أيضاً أنه مجهز لغرض عام يتحدد حسب ما يوضع فيه من برامج وليس لغرض معين محدد مسبقاً ولكن هل يصلح الكمبيوتر للتحكم في الآلات؟

الواقع أن هذا وإن كان ممكنا من الناحية النظرية إلا أنه عملياً لا يصلح لمجموعة من الاعتبارات نوجزها فيما يلي:

- **وحدات الدخل والخرج:** صمم الحاسب العادي للتعامل مع الإنسان وبالتالي فهو يتلقى الدخل منه عن طريق لوحة الأزرار والفأرة ويعطيه الخرج عن طريق الشاشة والطابعة بينما المطلوب أن يتلقى الدخل من الماكينة لينفذ عليه عمليات التحكم ثم يعطيها بعد ذلك الخرج ليتحكم فيها وهو ما لم يجهز الحاسب العادي للقيام به.
- **البيئة المحيطة:** صمم الحاسب العادي ليوضع في بيئة مكتبية ذات ظروف بيئية مناسبة بينما وحدة التحكم سوف توضع بجوار الماكينات في بيئة صناعية تحتوي على ظروف صعبة مثل حرارة ورطوبة عاليتان وكذلك اهتزاز وصدمات بالإضافة لمجالات كهربية ومغناطيسية قد تؤثر على عمل الحاسب العادي الذي لم يعد للتعامل مع مثل هذه الظروف (صحيح أن هناك حاسب صناعي مصمم لتعامل مع هذه الظروف ولكنه بالطبع أغلى ثمنا بكثير من الحاسب المكتبي العادي).
- **المرونة والقابلية للتوسع:** الحاسب العادي محكوم بعدد معين من كروت التوسع التي يمكن تركيبها فيه وبعد اكتمالها لن يكون توسعته أمرا سهلاً والوحدة المطلوبة يجب أن تكون مكونة من وحدات يمكن الزيادة عليها متى شئنا بمنتهى السهولة.
- **السرعة:** الكمبيوتر العادي – وإن كان مبني على معالج دقيق سريع جدا – إلا أنه بطبيعة تصميمه يعتمد على نظام متعدد المهام (ويندوز) مما يجعل وقته موزع بين هذه المهام وبالتالي يكون بطيء الاستجابة بحيث يعجز عادةً عن أداء مهام التحكم المطلوبة. ووحدة التحكم المطلوبة يجب أن تصمم لتنفيذ برنامج واحد فقط (هو برنامج التحكم في الماكينة) بشكل متتابع وبسرعة عالية تتناسب مع سرعة عمل الماكينة.
- **الاعتمادية:** يعتبر التوقف عن العمل (التجمد) أمراً مألوف في الحاسب العادي. وأيضا الحاسب العادي معرض للإصابة بالفيروسات وغيرها من البرامج الضارة والتي تجعله غير موثوق به للتحكم في العمليات الصناعية بخلاف وحدة التحكم المطلوبة والتي يجب أن تكون غير معرضة لمثل ذلك.
- **سهولة الاستخدام ولغات البرمجة:** صمم الحاسب الشخصي بحيث يتم برمجته بلغات برمجة مثل البيسك والسي والجافا وغيرها وهي لغات لم تصمم للتطبيقات الصناعية ويصعب على مهندسو التحكم التعامل معها والمطلوب أن تصمم وحدة التحكم بحيث يتم برمجتها بنفس الكيفية التي كانت تصمم بها دوائر التحكم التقليدية القديمة وبالتالي لا يجد المهندسون أي صعوبة في التعامل معها.

من كل ما سبق يتضح أن الحاسب الشخصي مصمم للأغراض المكتبية وليس هو الجهاز المناسب لعمليات التحكم الصناعي فالجهاز المطلوب وإن كان يشبه الحاسب الشخصي في كونه جهاز متكامل مبني على المعالج الدقيق ومصمم لغرض عام ولكنه يختلف عنه في كونه معد للعمل في البيئة الصناعية ومجهز بوحدات دخل وخرج صالحة

للتعامل مباشراً مع الآلات ومصمم بحيث يمكن أن يتوسع بسهولة وهو سريع بحيث يستطيع أن يستجيب فوراً للتغيرات التي تحدث في الآلة ويعتمد عليه بحيث لا يتوقف فجأة مسبباً خسائر كبيرة للمنشأة وأخيراً يجب أن يكون سهل البرمجة بحيث تشبه برمجته دوائر التحكم التقليدية. وهذا الجهاز هو ببساطة ال PLC !

ملحوظة:

بالرغم من كل ما سبق إلا الحاسب الشخصي يتفوق على ال PLC في قدرته على **تخزين ومعالجة وعرض البيانات** حيث أن ال PLC لم يعد لتخزين ومعالجة كمية كبيرة من البيانات (لأنه لا يحتوي عل قرص صلب) وكذلك ليس له واجهة رسومية لعرض البيانات على المستخدم ولكن ذلك عادة ما يعالج بتوصيل ال PLC بوحدة HMI أو بحاسب عادي ليقوم هو بتخزين ومعالجة وعرض البيانات عند الحاجة لذلك. وكذلك يستخدم الحاسب الشخصي في التحكم عندما يكون مطلوب إجراء العديد من العمليات الحسابية المعقدة حيث أن قدرته على ذلك أكبر بكثير من قدرة ال PLC.

٥. الحاسب الشخصي الصناعي Industrial Personal Computer (IPC)

ذكرنا أن الحاسب الشخصي العادي غير مصمم للبيئة الصناعية إلا أن هناك طراز خاص من الحاسب الشخصي مصمم للعمل في البيئة الصناعية فهو مصمم ليتحمل العمل في درجات حرارة عالية وفي وجود الرطوبة والاهتزازات والتشويش الكهرومغناطيسي وتذبذب التغذية الكهربية وغير ذلك من الظروف التي تتواجد في البيئة الصناعية.

وهذا الجهاز وإن كان يستطيع العمل في البيئة الصناعية إلا أنه لايزال غير مناسب للتحكم في العمليات الصناعية (لباقي الأسباب التي ذكرت في الحاسب الشخصي) ولذلك فهو يستخدم في المواضع التي نحتاج فيها وجود حاسب شخصي في بيئة صناعية مثل الاحتياج لوضع شاشة سكادا في الموقع وليس في المكتب

٦. الحاسب الشخصي المضمن Embedded Personal Computer (EPC)

يختلف الحاسب المضمن عن الحاسب الشخصي العادي أو الصناعي في أنه مصمم لكي يضمَّن داخل نظام آخر ليؤدي غرض معين في التحكم في هذا النظام وهو في ذلك يشبه تضمين المتحكم الدقيق إلا أن المتحكم مجرد شريحة أما هذا فهو حاسب متكامل ولكن بإمكانيات وحجم مضغوط ليناسب الغرض المطلوب منه.

والحاسب المضمن يوجد في الكثير من الأشياء مثل السيارات الحديثة والسفن والطائرات والأجهزة الطبية. والحاسب المضمن عادة يستخدم إصدار خاص من ويندوز يسمى Windows CE وهو إصدار خاص للأجهزة المضمنة.

وهناك طراز من الحاسب المضمن مكون على شكل ال PLC ومصمم ليتحكم في الماكينات مثله وهو يتميز عن ال PLC التقليدي بأنه لا يحتاج حاسب آخر لبرمجته ويمكن أن يوصل به شاشة كمبيوتر عادية وليس HMI حيث

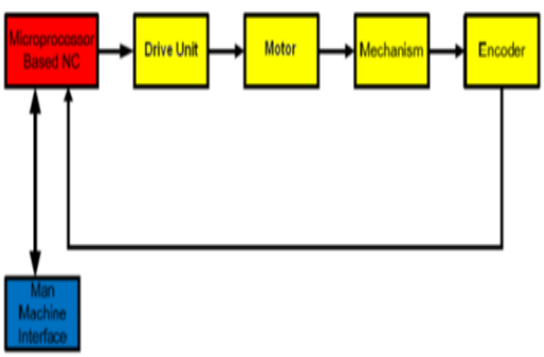
يحتوي هو على برنامج العرض ويمكنه أن يقوم بأداء وظائف حسابية أعقد بكثير مما يستطيعه ال PLC وأيضاً يستطيع تشغيل برامج الكمبيوتر العادية مثل ورد وإكسل !!. ولكنه يظل يعتمد على نظام أكثر تعقيداً من ال PLC وبالتالي فهو أقل سرعة واعتماديه من ال PLC وأيضاً فله قدرة محدودة على التوسع وعدد محدود من نقاط الدخل والخرج.

وفي الحقيقة هو يقع في منتصف الطريق بين الحاسب الشخصي وال PLC. أو هو PC في ثياب PLC !!

٧. التحكم الرقمي بالحاسب الآلي Computer Numerical Control (CNC)

التحكم الرقمي بالحاسب الآلي (CNC) هو أحد نماذج التحكم الذي يحتاج لإجراء العديد من العمليات الحسابية المعقدة وبالتالي فهو يحتاج لقوة الحاسب الآلي. وهو ينتمي لنظم التحكم في الحركة Motion Control.

ويتم استخدام ماكينات ال (CNC) في عمليات التصنيع حيث يتم تصميم الجزء المراد تصنيعه باستخدام أحد برامج التصميم بالحاسب الآلي Computer Aided Design (CAD) ثم يتم تحويل هذا التصميم إلى سلسلة من الأوامر التي تتحكم في الحركات (بلغة تسمى G – Code) ثم يبدأ برنامج التحكم في التصنيع Computer Aided Manufacturing (CAM) في تنفيذ هذه الأوامر لتصنيع الجزء المراد حيث يتم التحكم في الموضع وسرعة الحركة واتجاهها لكل من المادة الخام وأداة القطع في سلسلة متتابعة من الحركات ينتج عنها في النهاية الجزء المراد تصنيعه.

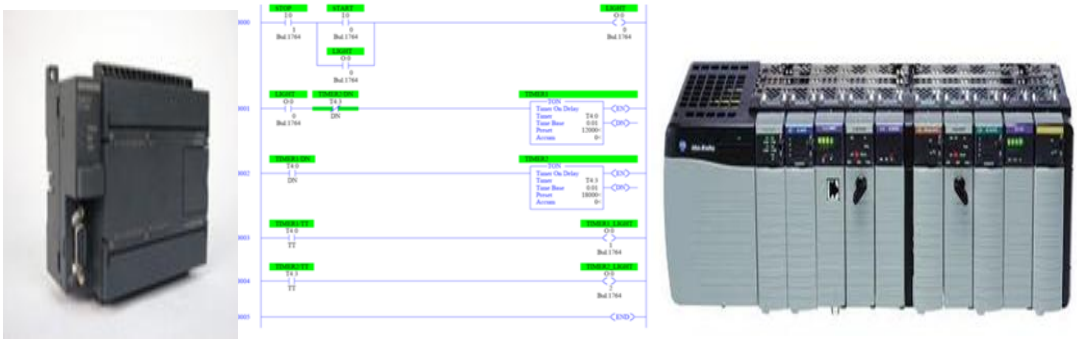


اتضح لنا – حتى الآن – أننا في حاجة لجهاز متكامل (وليس مجرد شريحة إلكترونية) وأن هذا الجهاز يجب أن يكون مصمم لغرض عام وليس لغرض واحد محدد وأدركنا كذلك أن الحاسب الشخصي وإن كان مصمم لغرض عام إلا أنه غرض مكتبي غير مناسب للتطبيقات الصناعية (وإن كان بعض نظم التحكم الصناعي يمكن أن تعتمد عليه) وإذا فنحن في حاجة لجهاز متكامل مصمم لغرض صناعي عام.

وفي الحقيقة يوجد عدة أجهزة صممت لغرض التحكم الصناعي العام وكل منها صمم ليخدم مجال بعينه من مجالات التطبيقات الصناعية وأهم هذه الأجهزة هي: PLC – DCS – MC وسنستعرض كل منها فيما يلي.

الحاكمات المنطقية المبرمجة Programmable Logic Controller (PLC)

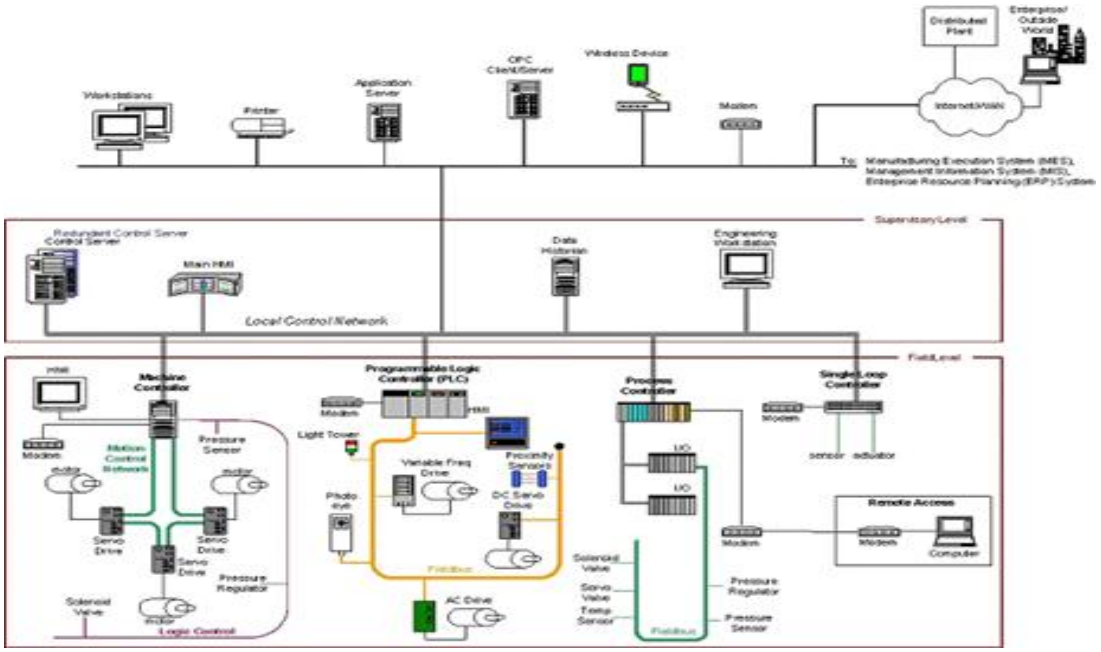
تعتبر الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC هي أكثر نظم التحكم الصناعي انتشارا وقد صممت بالأساس لتكون بديل عن نظم التحكم التقليدية (والتي تعتمد على الريلاي لبناء منطق التحكم) وبالتالي فقد صممت بالأساس – وكما يظهر من اسمها – لتتعامل مع الإشارات المنطقية أي التي لها وضعين فقط (توصيل – فصل أو 1–0) ولكنه سرعان ما اكتسبت القدرة على التعامل مع الإشارات التناظرية وازدادت وظائفها وقدراتها بشكل كبير بحيث تجاوزت بمراحل قدرات نظم التحكم التقليدية. والمجال الأصلي الذي صمم ال PLC ليتعامل معه هو التحكم في الآلات Machine Control إلا أنه – ومع نمو قدراته – صار يغطي أغلب مجالات التحكم الصناعي.



وتتراوح طرازات ال PLC ما بين نماذج بسيط مدمجة تتعامل مع بضعة إشارات إلى نماذج ضخمة معقدة تتعامل مع ألوف الإشارات. ويتم برمجة ال PLC بعدة لغات صممت لتسهيل بناء منطق التحكم أشهرها المخطط السلمي Ladder diagram والذي يشبه إلى حد كبير دوائر التحكم التقليدية مما يسهل على مهندسي التحكم عملية البرمجة.

نظم التحكم الموزعة Distributed Control System (DCS)

نظام التحكم الموزع هو نظام تحكم صناعي صمم بالأساس للتحكم في العمليات الصناعية مثل الضغط والحرارة والمنسوب (وليس التحكم في الآلات مثل ال PLC) وهو يعتبر تطور للحاكم التناسبي التكاملي التفاضلي PID (وليس تطور للتحكم بواسطة الريلاي) أي أن الأساس في تشغيله هو الإشارات التناظرية Analog وليس الإشارات المنطقية مثل ال PLC (وإن كان بالطبع يستطيع التعامل معها) وهو أيضاً نظام متكامل وليس مجرد جهاز.



والجدول التالي يوضح بعض أوجه المقارنة بين ال DCS وال PLC

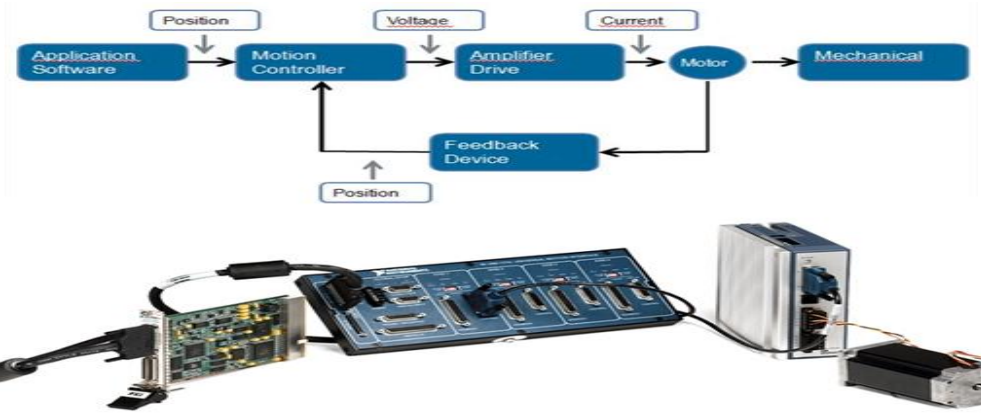
	PLC	DCS
الأصل الذي تطور عنه	الريلاي	PID Controller
الإشارات (الأصل في تصميمه)	منطقية	تناظرية
التطبيق	التحكم في الآلات	التحكم في العمليات
الوحدة	جهاز	نظام
قاعدة البيانات	منفصلة لكل جهاز	واحدة للنظام بالكامل

وقد أتاح التطور الحادث في ال PLC فضلاً عن رخص ثمنه بالنسبة لل DCS لبعض الشركات بناء أنظمة من عدد من ال PLC متصلة معاً في شبكة وهذه الأنظمة وإن كانت ليست DCS حقيقي إلا أنها تستطيع أداء أغلب وظائف ال DCS وهذه الأنظمة تسمى الأنظمة الشبيهة بال DCS.

التحكم في الحركة والأذرع الآلية Motion Control & Robotic Arm

ذكرنا من قبل أن ال CNC هو أحد نظم التحكم في الحركة Motion Control والحقيقة أن التحكم في الحركة هو أحد التطبيقات الصناعية الهامة حيث يتم التحكم في الموضع من خلال وحدات تحكم خاصة يتم برمجتها لتعطي الأمر المطلوب للمكبر (Drive) الذي يتحكم في تشغيل المحرك (وغالباً ما يكون المحرك من نوع السيرفو Servo)

ليتم أداء الحركة المطلوبة ثم يتم معرفة ما تم بواسطة إشارات مرتجعة من حساست خاصة (Encoder) ليتم تصحيح أي خطأ في الموضع وهكذا.



وتعتبر الأذرع الآلية Robotic Arm أحد أهم تطبيقات التحكم في الحركة.

وبالرغم من وجود وحدات تحكم متخصصة في التحكم في الحركة إلا أن أغلب أجهزة ال PLC الحديثة صار لديها القدرة على أداء وظائف التحكم في الحركة بكفاءة تامة!

وهكذا نرى أن ال PLC وإن كان مصمم لتطبيق التحكم في الآلات إلا أنه صار مع الوقت قادراً 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 ال HMI & SCADA لأداء هذه المهمة.

وحدات (شاشات) المشغل Human Machine Interface (HMI)

تعتبر وحدات (شاشات) المشغل HMI وحدات مساعدة (إختيارية) يتم توصيلها مع ال PLC حتى تتيح للمشغل إمكانية إصدار الأوامر للماكينة وضبط الإختيارات المطلوبة بالإضافة إلى مراقبة حالة وقيمة المتغيرات الخاصة بالماكينة (وهو أمر لا يتيحه ال PLC عادة). وتعتبر ال HMI تطوراً من أزرار التشغيل ولمبات الإشارة التقليدية (كما أن ال PLC هو تطور عن لوحات التحكم التقليدية المحتوية على الريليهات).

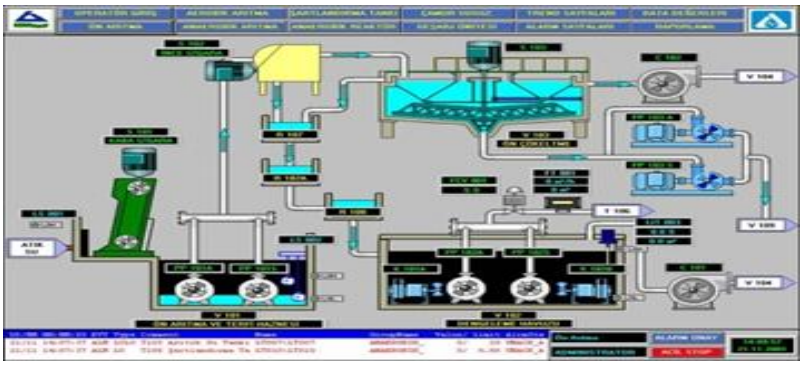
وال HMI ليس مجرد شاشة بل هو جهاز متكامل يحتوي على معالج دقيق خاص به وذاكرة وهكذا ويتم برمجته بواسطة برنامج مستقل على الحاسب الآلي وهذا البرنامج مختلف عادةً عن برنامج ال PLC وإن كان مرتبط به من خلال عناوين الذاكرة.

وتتراوح طرازات ال HMI بين شاشات صغيرة جداً ذات لون واحد ولا تحتوي إلا على نصوص مكتوبة إلى شاشات كبيرة جداً متعددة الألوان تحتوي على نصوص ورسوم وتعمل بالأزرار ولمس الشاشة إلا أنه يظل ذو قدرة محدودة على تخزين ومعالجة البيانات نظراً لأنه لا يحتوي على قرص صلب ويستخدم عادةً معالج دقيق بسيط ذو قدرات محدودة.

وال HMI تتصل عادةً بجهاز PLC واحد وإن كان من الممكن ربطها مع أكثر من PLC من خلال شبكة.

نظم التحكم الإشرافي وتجميع البيانات بالحاسب الآلي Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)

يعتبر نظام التحكم الإشرافي وتجميع البيانات SCADA هو نموذج موسع جداً من شاشات المشغل HMI حيث يقوم بنفس الوظيفة وهي تحقيق الاتصال بين الإنسان والآلة. ولكن – وخلافاً لـHMI – فإن السكادا ليس لها جهاز خاص بل هي عبارة عن برنامج يوضع على الحاسب الآلي ويستخدم للمراقبة والتحكم في الماكينات والعمليات الصناعية (وأحياناً للمراقبة فقط).



والسكادا عادة ما توضع في غرفة تحكم خاصة بها وليس بجوار الماكينات (وإن كان من الممكن وضعها بحوار الماكينات باستخدام حاسب آلي صناعي IPC). وهي عادةً لا تراقب ماكينة واحدة بل تراقب مصنع بأكمله وقد تراقب عدة مواقع بعيدة عن بعضها كأن تراقب محطات المياه أو الكهرباء في مدينة أو حتى في دولة بأكملها فيما يسمى نظام القياس والمراقبة عن بعد Telemetry وعندئذ تكون متصلة بعدد كبير من وحدات ال PLC عبر شبكات اتصال واسعة وتستخدم عدد كبير من الشاشات الكبيرة والصغيرة لمراقبة كل التفاصيل.

والسكادا لا تكتفي بمجرد عرض البيانات بل تقوم بتخزينها وعمل تاريخ لها وتحليلها وإعداد التقارير وغير ذلك من الوظائف المتقدمة التي تجاوز بمراحل إمكانيات شاشات المشغل HMI العادية.

والجدول التالي يمثل مقارنة بين ال HMI وال SCADA

	HMI	SCADA
الجهاز	جهاز خاص مستقل	حاسب آلي
عدد ال PLC المتصل بها	عادة واحد	عادة أكثر من واحد
المكان	بجوار الآلة	غرفة تحكم بعيدة عن الآلات
الوظيفة	نقل أوامر المشغل وعرض البيانات	عرض وتخزين وتحليل البيانات

ولكن هل تحتاج حقاً السكادا لـPLC في عملها؟ الحقيقة أن السكادا تحتاج الـPLC في أمرين:

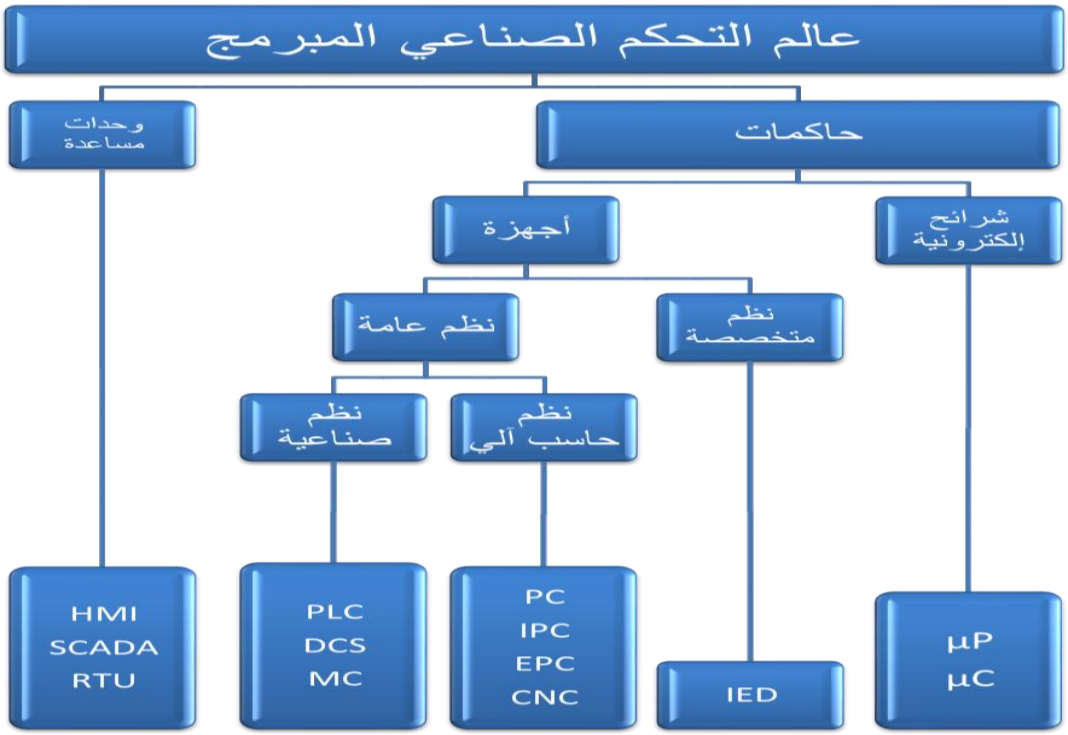
الأول عملية التحكم فهي في الحقيقة لا تقوم بوظائف التحكم الصناعي الحقيقية بل فقط – إن كان فيها تحكم أصلاً – تقوم بتلقي الأوامر من المشغل وإبلاغها لـPLC ليقوم هو بتنفيذ وظائف التحكم المطلوبة !. وأما الأمر الثاني الذي تحتاج فيه السكادا لـPLC فهو تجميع البيانات من الموقع وتحويلها لصورة يمكن للسكادا التعامل معها وهذه المهمة يمكن أن يؤديها بدلاً من الـPLC – إن لم يكن التحكم مطلوب – وحدة طرفية بعيدة RTU.

وحدة الطرفية البعيدة Remote Terminal Unit (RTU)

الوحدة الطرفية البعيدة RTU هي وحدة لتجميع البيانات تستخدم مع كل من ال PLC والسكادا حيث تقوم بتجميع البيانات من الموقع وتحويلها من شكلها التقليدي (والذي يحتاج عدد كبير من الأسلاك) إلى شكل يمكن تحميله على قناة اتصال مما يقلل جداً عدد الأسلاك المطلوبة ويسهل عملية الإتصال.

وال RTU قد تكون وحدة واحدة مدمجة وقد تكون مكونه من وحدات (مثلها في ذلك مثل ال PLC) وهي تحتوي عادة على وحدات دخل وخرج منطقية وتناظرية بالإضافة للعديد من قنوات الاتصال. وال RTU لا تقوم عادة بأي وظائف تحكم بل كل مهمتها تجميع ونقل البيانات من وإلى الماكينات!

الشكل التالي يمثل تلخيص لعالم التحكم الصناعي المبرمج

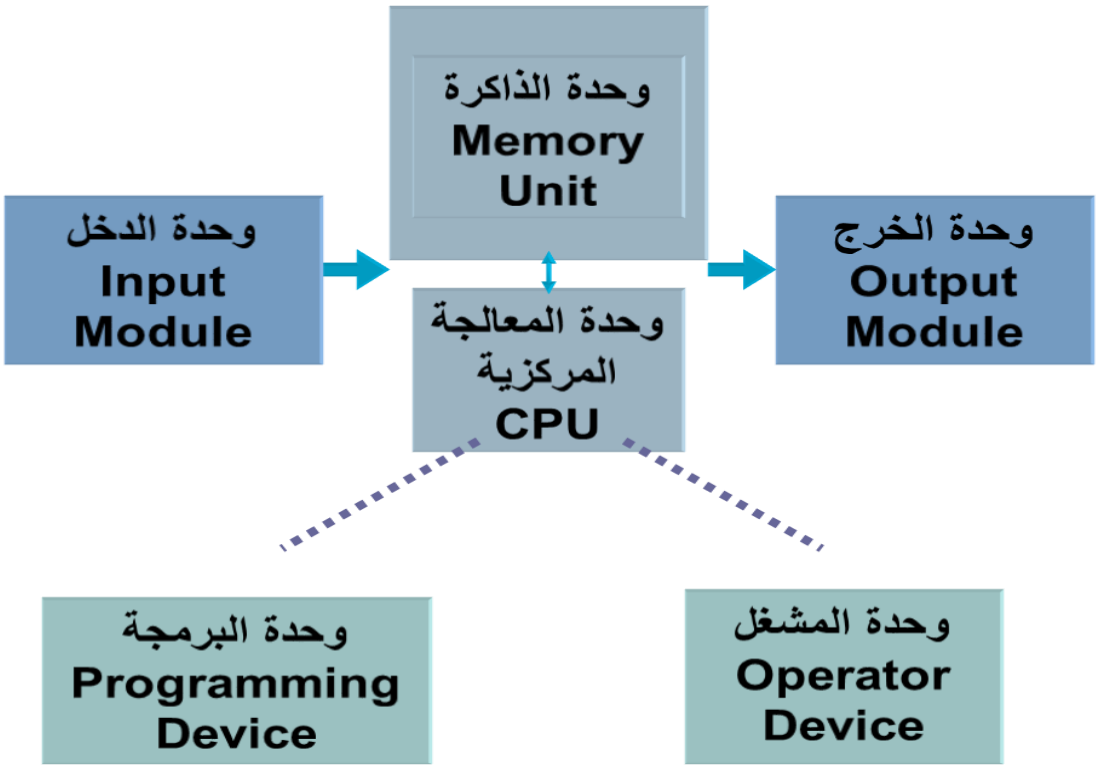


مكونات وحدة الـ PLC

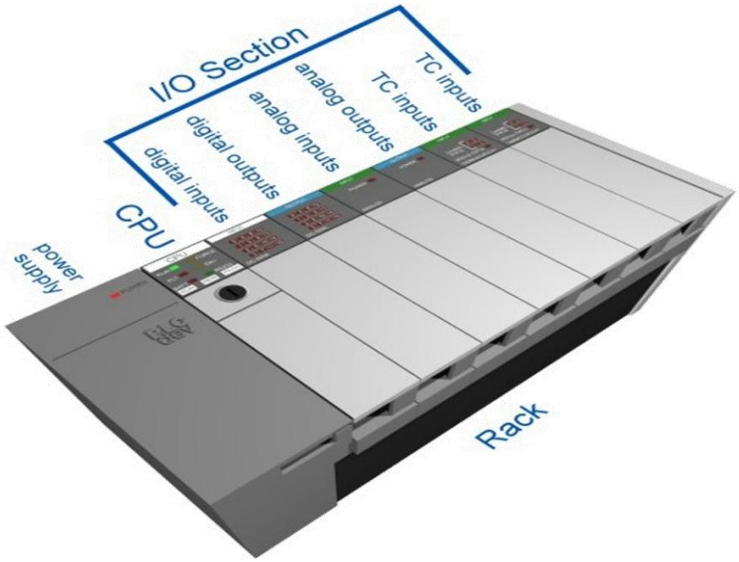
تتكون وحدة الـ PLC من المكونات الرئيسية التالية:

- وحدة مصدر القدرة والرف Power supply & Rack
- وحدة المعالجة المركزية CPU
- وحدات الدخل Input module
- وحدات الخرج Output module
- جهاز البرمجة Programming Device
- وحدة المشغل Operator unit

يبين الشكل التالي مكونات وحدة الـ PLC



وتوضح الصورة التالية الشكل الحقيقي لإحدى وحدات الـ**PLC**

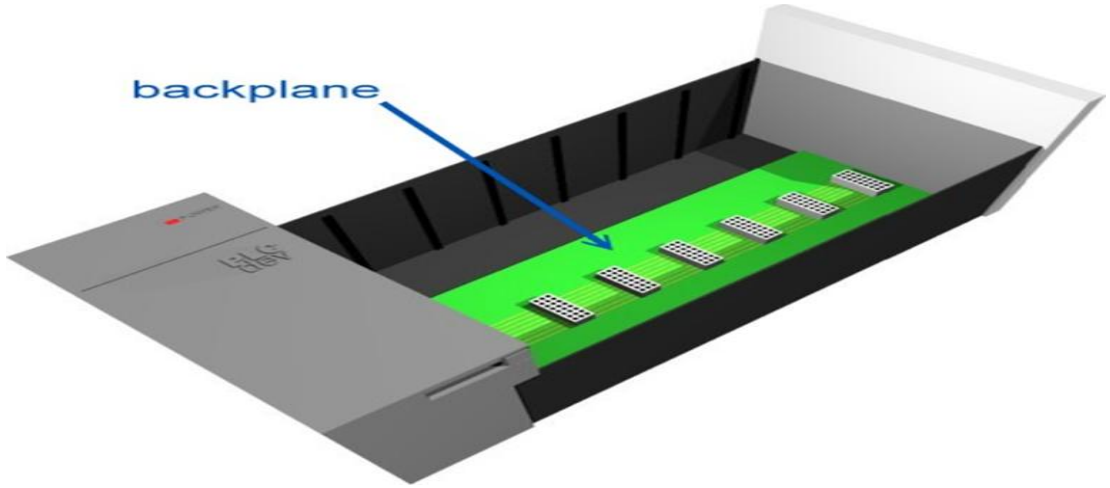


أولا وحدة مصدر القدرة والرف Power supply & Rack

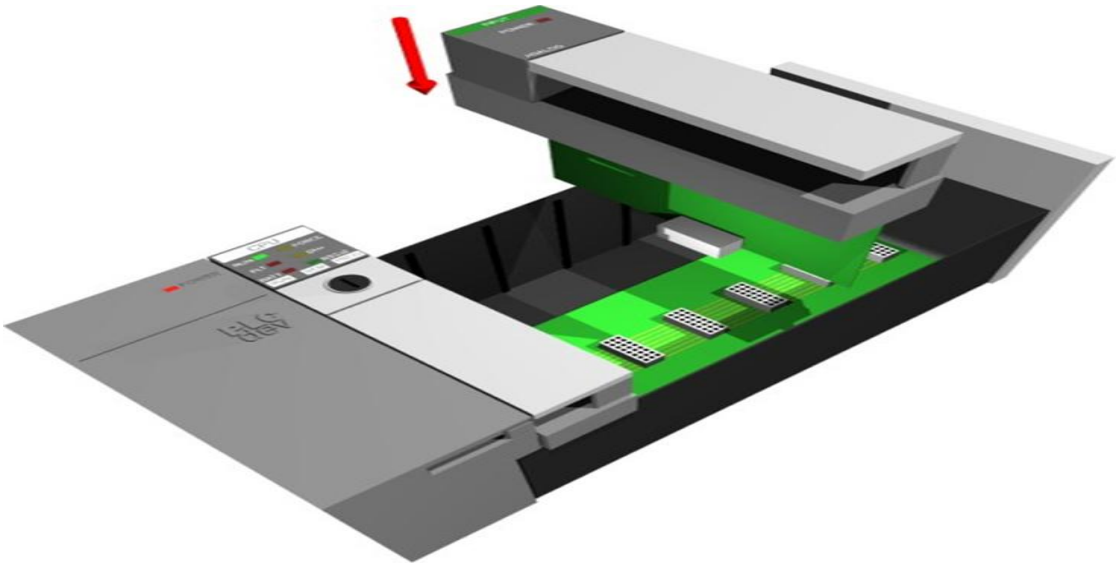
تقوم وحدة مصدر القدرة Power supply unit بتجهيز الطاقة الكهربية التي تحتاجها باقي وحدات الـPLC وتقوم بتوصيل هذه الطاقة لها عن طريق توصيلات خاصة موجودة في داخل الرف Rack. ويجب أن تختار قدرة هذه الوحدة بحيث تكون كافية لتغذية كل الوحدات بدون مشاكل ويمكن حساب ذلك بجمع الطاقة الكهربية المطلوبة لكل وحدة مع زيادة نسبة احتياطية تسمح بإضافة وحدات أخرى عند الاحتياج مستقبلا. ويعتبر الرف RACK هو العلبة الفارغة التي يتم تركيب باقي الوحدات فيها وهو مصمم بحيث يسمح بفك وتركيب الوحدات فيه بسهولة ويسر.

ويجب اختيار الرف RACK المناسب بحيث يستوعب كل الوحدات المطلوبة. ويمكن عند الاحتياج (عند كثرة عدد وحدات الدخل والخرج) استخدام أكثر من رف RACK ويتم التوصيل بينهم بواسطة كابل خاص. ولابد عندئذ من استخدام وحدة قدرة مستقلة لكل رف Rack. ويحتوي الرف Rack على التوصيلات والأسلاك المطلوبة لنقل الطاقة والبيانات بين الوحدات المختلفة.

يبين الشكل التالي صورة وحدة القدرة **Power supply unit** وكذلك صورة للرف **Rack** فارغاً



يبين الشكل التالي طريقة تركيب الوحدات المختلفة في داخل الرف **Rack**

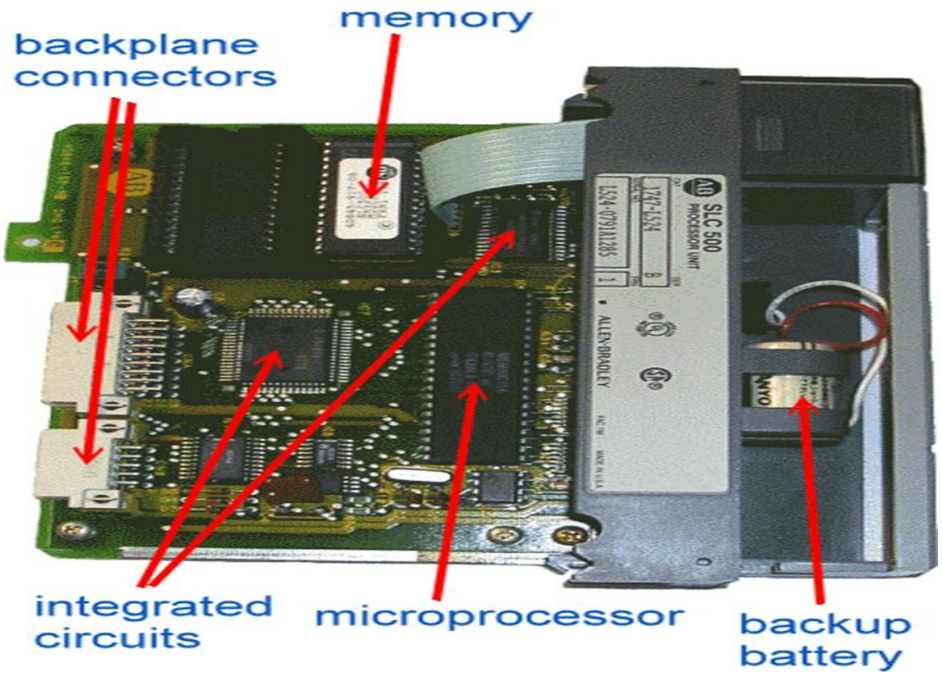


ثانياً: وحدة المعالجة المركزية CPU

وهي عبارة عن معالج دقيق وهي مركز اتخاذ القرارات لوحدة ال PLC. وتحتوي كذلك على ذاكرة النظام. وتقوم وحدة المعالجة المركزية CPU بما يلي:

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

وتوضح الصورة التالية الشكل الحقيقي لإحدى وحدات ال **CPU**



ويلاحظ وجود مجموعة من لمبات الإشارة على واجهة وحدة ال CPU وذلك لبيان حالة الوحدة وكونها في حالة تشغيل للبرنامج أو في حالة عطل وكذلك حالة قنوات الاتصال وحالة البطارية وكذلك بيان أن هناك إجبار Force لبعض إشارات الدخل أو الخرج.

وكذلك يوجد مفتاح على واجهة الوحدة يمكن عن طريقه التحكم في حالة الوحدة وكونها في وضع البرمجة أو التشغيل أو التحكم عن بعد (من الحاسب الآلي).

ويلاحظ أيضا وجود منافذ الاتصال على واجهة الوحدة والتي يتم عن طريقها توصيل قنوات الاتصال بين وحدة ال CPU وبين جهاز الكمبيوتر أو وحدة المشغل حيث أن من مهام وحدة ال CPU القيام بعمليات الاتصال (أحياناً تستخدم وحدات منفصلة للتعامل مع عمليات الاتصال).

وحدة الذاكرة Memory unit

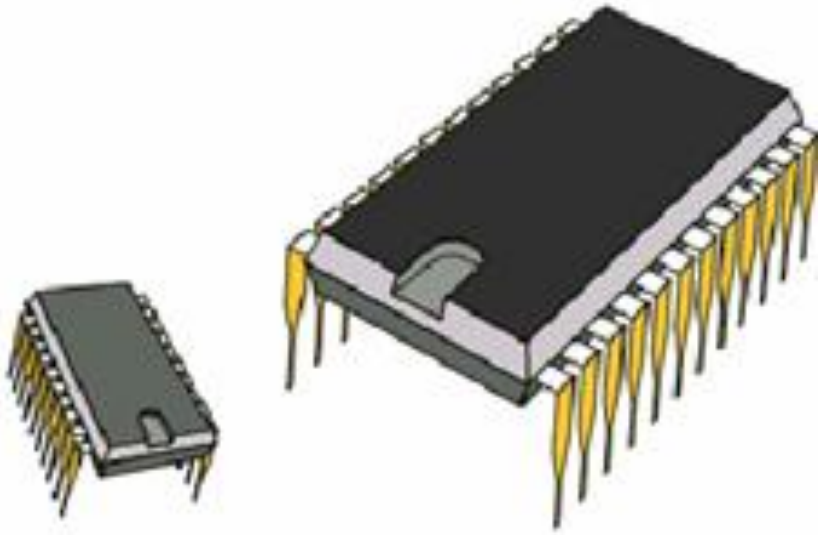
يوجد نوعين رئيسيين من الذاكرة في وحدة الـPLC :

- **الذاكرة العشوائية (RAM)** وهي الذاكرة التي يمكن إدخال البيانات (DATA) لها مباشرة من أي عنوان (Address). كما أنه يمكن كتابة وقراءة البيانات من هذه الذاكرة. وهي ذاكرة غير دائمة أي مؤقتة يعني هذا أن

البيانات المخزنة فيها ستفقد في حالة فقد الطاقة الكهربية المشغلة لها ولذلك يتم تركيب بطارية لتجنب فقد البرنامج والبيانات المخزنة فيها في حالة فقد الطاقة الرئيسية المشغلة لها.

- **ذاكرة القراءة فقط (ROM)** وهي الذاكرة التي يمكن قراءة البيانات منها ولكن لا يمكن كتابة البيانات فيها. هذه الذاكرة تستخدم لحماية البيانات أو البرامج المخزنة فيها من المحو، وهي ذاكرة دائمة وهذا يعني أن البيانات المخزنة فيها لن تفقد في حالة فقد الطاقة الكهربائية. تنقسم هذه الذاكرة إلى:

- **ذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة والمسح (EPROM)** وهي ذاكرة للقراءة فقط ولكن يمكن مسح البيانات منها وذلك بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية لتصبح جاهزة لاستقبال بيانات جديدة بواسطة كاتب بيانات خاص بها.
- **ذاكرة القراءة فقط القابلة للمسح والبرمجة إلكترونياً (EEPROM)** وهي كذلك ذاكرة للقراءة فقط ولكن يمكن ان يتم مسح البيانات المخزنة بها وذلك بوضعها على (صيغة عدم الحماية) (Unprotected Mode) ومن ثم إدخال بيانات جديدة لها.

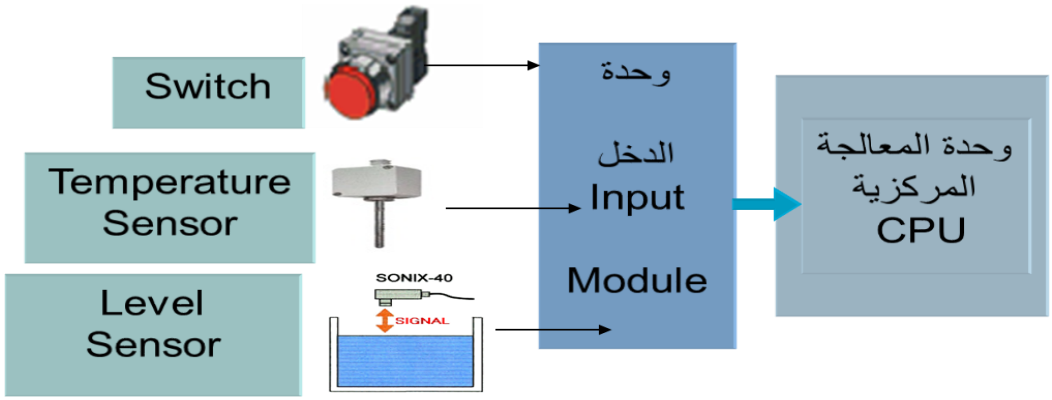


ثالثاً وحدات الدخل والخرج

لابد لوحدة ال PLC من أن تحتوي على مجموعة من وحدات الدخل والخرج يتم من خلالها تلقي وإرسال الإشارات للآلة المراد التحكم فيها

وحدات الدخل Input Module

يتم توصيل وحدة الدخل بمجموعة من العناصر الحقيقية الموجودة في الآلة المراد التحكم فيها مثل المفاتيح الكهربائية والمجسات ومقاييس الحرارة والوزن ومجسات مستوى السوائل وغيرها حيث تقوم وحدة الدخل باستقبال الإشارات الرقمية والتماثلية المرسلة من هذه العناصر وتقوم بتحويلها إلى إشارات منطقية يمكن إن تتعامل معها وحدة المعالجة المركزية.



وتنقسم وحدات الدخل إلى قسمين أساسين:

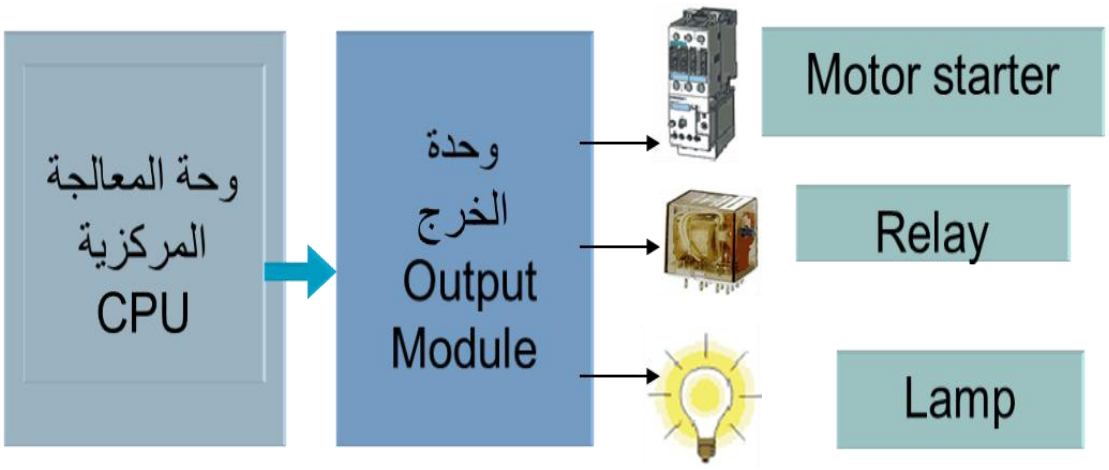
- وحدات الدخل الرقمية Digital Input Module
- وحدات الدخل التماثلية Analog Input Module

كما توجد وحدات دخل متخصصة للتعامل مع أنواع معينة من الإشارات مثل وحدات قياس الحرارة Thermocouples.

ويلاحظ وجود مجموعة من لمبات الإشارة على واجهة وحدة الدخل الرقمي تمثل كل منها إشارة من الإشارات الداخلة للوحدة بحيث يمكن معرفة وجود الإشارة من عدمه بدون حاجة للقياس مما يسهل عملية تحديد الأعطال.

وحدات الخرج Output Module

تقوم وحدة الخرج باستقبال تعليمات التحكم المنطقية المرسلة من وحدة CPU وتحويلها إلى إشارات رقمية أو تماثلية يمكن استخدامها للتحكم في مجموعة منوعة من الأجهزة (مشغلات) (Actuators)



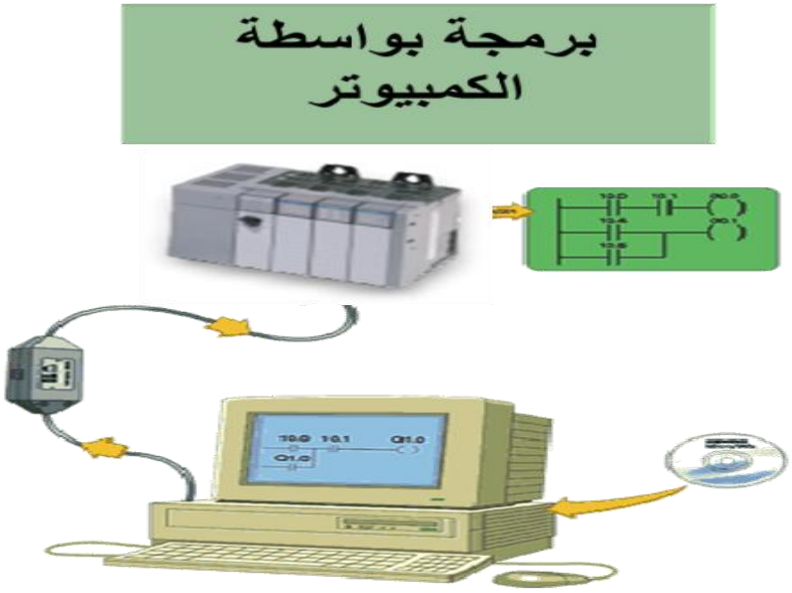
وتنقسم وحدات الخرج أيضا إلى قسمين أساسين:

- وحدات الخرج الرقمية Digital Output Module
- وحدات الخرج التماثلية Analog Output Module

ويلاحظ وجود مجموعة من لمبات الإشارة على واجهة وحدة الخرج الرقمي تمثل كل منها إشارة من الإشارات الخارجة من الوحدة بحيث يمكن معرفة وجود الإشارة من عدمه بدون حاجة للقياس مما يسهل عملية تحديد الأعطال.

جهاز البرمجة Programming deviceوهو جهاز كمبيوتر يتم توصيله بوحدة الـPLC ويستخدم فيما يلي:

- يتم كتابة البرنامج فيه.
- يتم بواسطته نقل البرنامج إلى وحدة الـPLC.
- يتم بواسطته متابعة تشغيل البرنامج ومراجعة قيم المدخلات والمخرجات.



وحدة المشغل Operator Unit

تتيح هذه الوحدة للمشغل ما يلي:

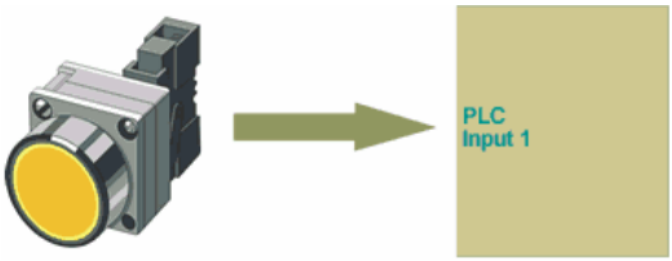
- عرض معلومات العمليات المختلفة المتحكم فيها.
- إدخال عوامل جديدة (Parameters) أو تعديل العوامل المستخدمة

العناصر التي يتم توصيلها مع وحدة الـPLC:

لا يمكن التعامل مع أجهزة PLC على أنها أجهزة مستقلة يمكن فهمها بدون معرفة بعض العناصر والوحدات التي تستخدم معها في المجال الصناعي ويمكن تقسيم هذه الوحدات إلى قسمين: المجسات والمشغلات وكل من هذين القسمين له نوعان رقمي وتماثلي وفيما يلي بيان هذه الأنواع

المجسات Sensors

المجس هو عبارة عن عنصر يقوم بتحويل الحالة الفيزيائية إلى إشارة كهربائية ليتم استعمالها في وحدة الـ PLC. ويتم توصيل المجس بوحدة الدخل لوحدة الـ PLC. وأبسط مثال للمجس هو المفتاح الضاغط كما بالشكل.



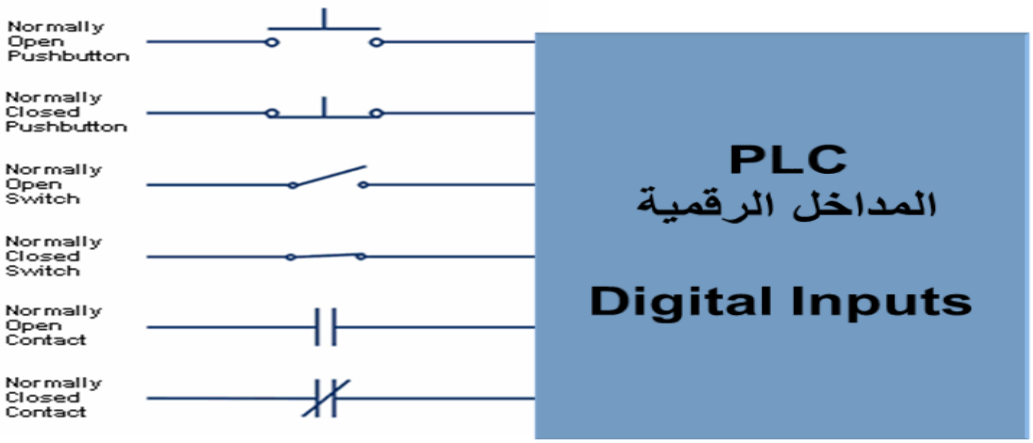
أنواع المداخل لوحدة PLC

يوجد نوعين من المداخل لوحدات الـ PLC ويتم تعريفها كما يلي:

- مداخل رقمية Digital Inputs
- مداخل تماثلية Analog Inputs

المداخل الرقمية Digital Inputs

تتعامل المداخل الرقمية مع الإشارات الصادرة من المجسات التي تكون إما في الحالة (ON) أو (OFF) مثل:مفاتيح ضغط الزر Pushbuttons Switchesالمفاتيح الحدية Limit Switchesالملامسات المفتوحة Normally Open Contactsالملامسات المغلقة Normally Closed Contacts يبين الشكل التالي العناصر التي توصل بالمداخل الرقمية لوحدة الـ **PLC**

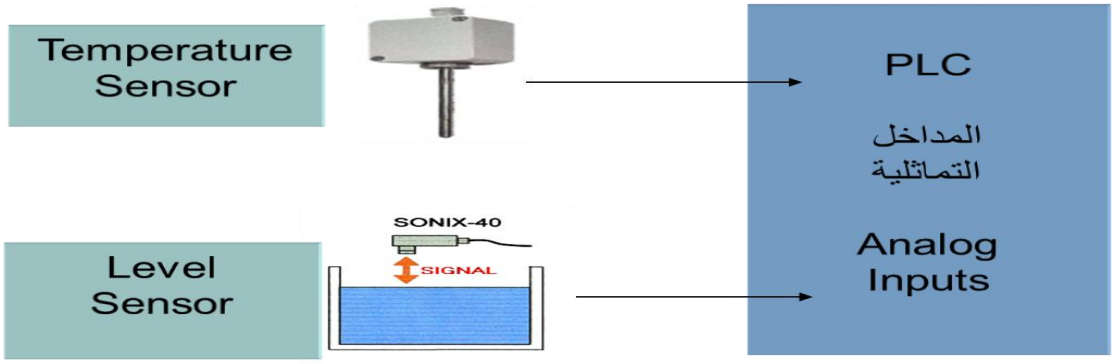


المداخل التماثلية Analog inputs

تتعامل المداخل التماثلية مع المجسات التي تتحسس القيم المتغيرة مثل مجسات قياس درجة الحرارة ومستوى السوائل والسرعة وذلك بعد تحويل الحالة الفيزيائية للقيمة المقاسة إلى إشارة كهربية متغيرة بأحدي الصور التالية:

- من 0 إلى 20mA أو من 4 إلى 20mA.
- من 0 إلى10V.

يبين الشكل التالي العناصر التي توصل بالمداخل التماثلية لوحدة الـ PLC



المشغلات Actuators

- المشغل عبارة عن أداة تقوم بتحويل الإشارة الكهربائية الصادرة من وحدة الـ PLC إلى حالة فيزيائية. من أمثلة المشغلات القاطع الكهرومغناطيسي للمحرك الكهربي.
- يتم توصيل المشغلات بوحدة الخرج لوحدة الـ PLC.

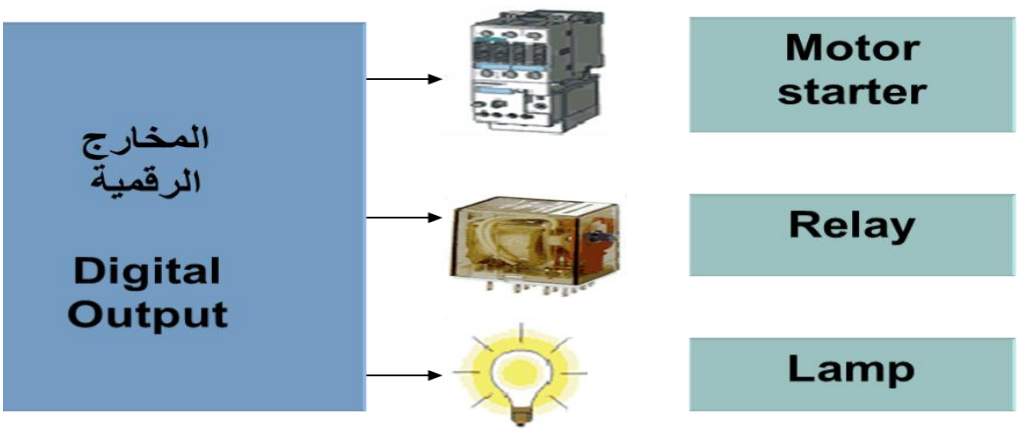
أنواع المخارج لوحدة PLC

يوجد نوعين من المخارج لوحدات الـ PLC ويتم تعريفها كما يلي:

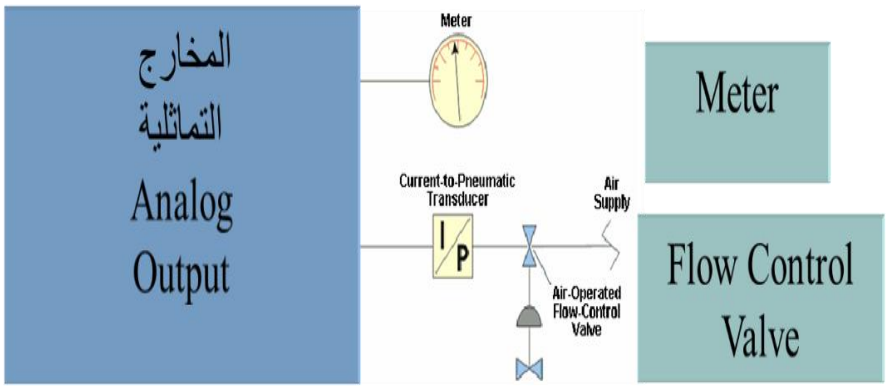
- مخارج رقمية Digital Outputs
- مخارج تماثلية Analog Outputs

المخارج الرقمية Digital Outputsوهي المخارج التي تكون حالة أشارتها إما ON أو OFF

- المصابيح وملفات المرحلات والقواطع الكهربية هي أمثلة من المشغلات التي توصل بالمخارج الرقمية لوحدة الـ PLC



المخارج التماثلية **Analog Outputs** يتم فيها تحويل الإشارة المنطقية المرسلة من وحدة المعالجة المركزية إلى إشارة تماثلية (0–10 V أو 4–20mA أو 0–20mA) ومن ثم ترسل الإشارة التماثلية إلى الأجهزة التي يتم التحكم بها والتي تتعامل مع هذا النوع من الإشارات مثل مقياس السرعة، درجة الحرارة، الوزن وصمامات التحكم في التدفق الموصلة مع المخارج التماثلية لوحدة PLC و كذلك وحدات التحكم في سرعة المحركات.

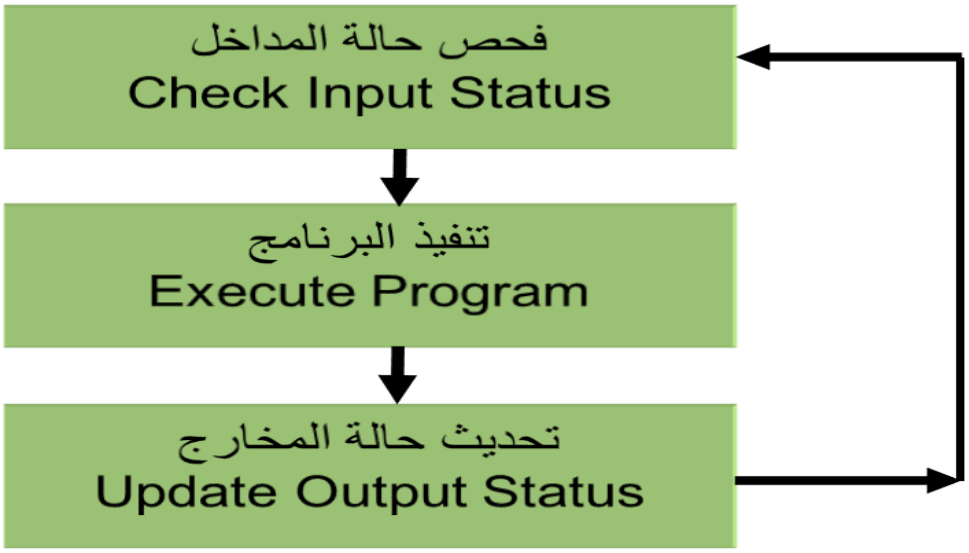


كيفية عمل وحدة الـ PLC Operation PLC

تعمل وحدة الـ PLC بإجراء عملية مسح مستمر (Scanning) للبرنامج. يمكن اعتبار ان عملية المسح تتكون من ثلاثة خطوات رئيسية مهمة (حقيقةً توجد أكثر من هذه الخطوات ولكن تعتبر هذه الخطوات هي الأهم) وهي كالتالي:

- **الخطوة الأولى:** فحص حالة المداخل – حيث تقوم وحدة الـ PLC بفحص حالة كل مدخل وذلك لتحديد ما إذا كانت في وضعية (ON أو OFF) وكذلك قيم المداخل التماثلية ثم تقوم بتخزين البيانات في الذاكرة لاستعمالها في الخطوة التالية.
- **الخطوة الثانية:** تنفيذ البرنامج – حيث تقوم وحدة الـ PLC بتنفيذ البرنامج بعد تحديد حالة المداخل وقراءة أوامر البرنامج المترتبة على كل حالة من حالات كل مدخل ومن ثم تخزين نتائج التنفيذ لاستخدامها في الخطوة التالية.
- **الخطوة الثالثة:** تحديث حالة المخارج – حيث تقوم وحدة الـ PLC بتحديث حالات المخارج وفقاً لأوامر البرنامج الصادرة في الخطوة الثانية.
- بعد الانتهاء من الخطوة الثالثة تقوم وحدة الـ PLC بالرجوع للخطوة الأولى لتعيد نفس الخطوات بصورة مستمرة.
- يعرف زمن المسح الواحد على أنه الزمن الذي تأخذه وحدة الـ PLC لتنفيذ الخطوات الثلاث المذكورة سابقاً

يبين الشكل التالي مخطط للخطوات الرئيسية التي تقوم بها وحدة الـ **PLC**



برمجة وحدة الـ **PLC Programming** يتكون البرنامج من مجموعة من التعليمات لإنجاز مهمات محددة، وتوجد عدة طرق مختلفة للبرمجة مثل:

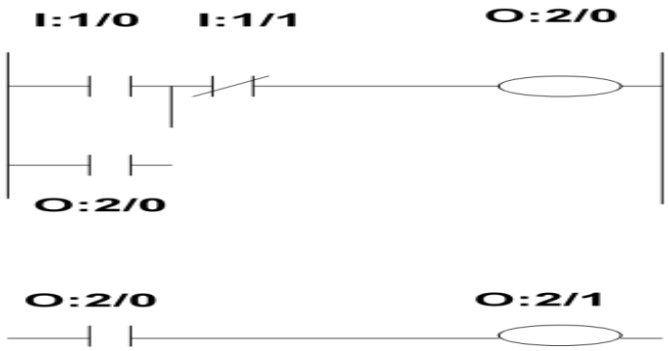
- السلم المنطقي (Ladder Logic)
- قوائم الإجراءات (Statement Lists)
- المخططات الصندوقية الوظيفية (Function Block Diagrams)

السلم المنطقي Ladder Logic

- السلم المنطقي (LAD) هو واحد من لغات البرمجة المستعملة لبرمجة وحدات الـ PLC.
- يستخدم السلم المنطقي رموز تشابه الرموز المستخدمة في الرسوم التخطيطية التي تصف المكونات المادية لعناصر التحكم لدائرة ما.
- الرموز الموجودة على الطرف الأيسر من السلم المنطقي تمثل المداخل (Input) والرموز الموجودة على الطرف الأيمن تمثل المخارج (Outputs).

مخطط السلم المنطقي Ladder Logic Diagramيبين الشكل التالي نموذج لمخطط السلم المنطقي

- الخط العمودي الأيسر يمثل الخط الحي (+)
- الخط العمودي الأيمن يمثل الخط المتعادل
- الرموز التي في كل درجة من درجات السلم تمثل عناصر التحكم
- مخطط السلم المنطقي يقرأ من اليسار إلى اليمين ومن الأعلى إلى الأسفل
- ليمر التيار (منطقي) من اليسار إلى اليمين يجب أن تكون الحالة المنطقية للعناصر في المسار بين العمودين (١) أي (حقيقي – True) وبالتالي يتم تفعيل المخارج
- في حالة وجود الحالة المنطقية (0) اي (False) في المسار فإن التيار (منطق) لن يمر من اليسار إلى اليمين وبذلك فإن المخارج لن تفعل



الرموز المستعملة في مخطط السلم المنطقي Symbolsتتكون لغة البرمجة بالسلم المنطقي لوحدة الـ PLC من مجموعة من الرموز تستخدم لتمثل عناصر التحكم والتعليمات ويجب أن نعلم أن هذه الرموز ليست عناصر فيزيائية بل هي عبارة عن برمجيات (software) وهي كالتالي:

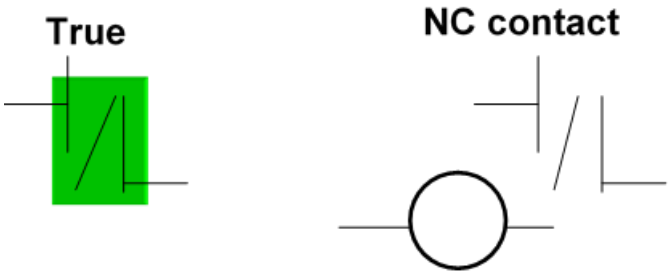
الملامسات (Contacts) وهي من اكثر الرموز المستعملة في البرمجة وتنقسم إلى نوعان:

الملامسات المفتوحة طبيعياً (NO) Normally Open Contacts

تكون الحالة المنطقية لهذا الملامس (حقيقي–True) (مغلق) عندما تكون حالة البت (BIT) الذي يتحكم في هذا الملامس (١)

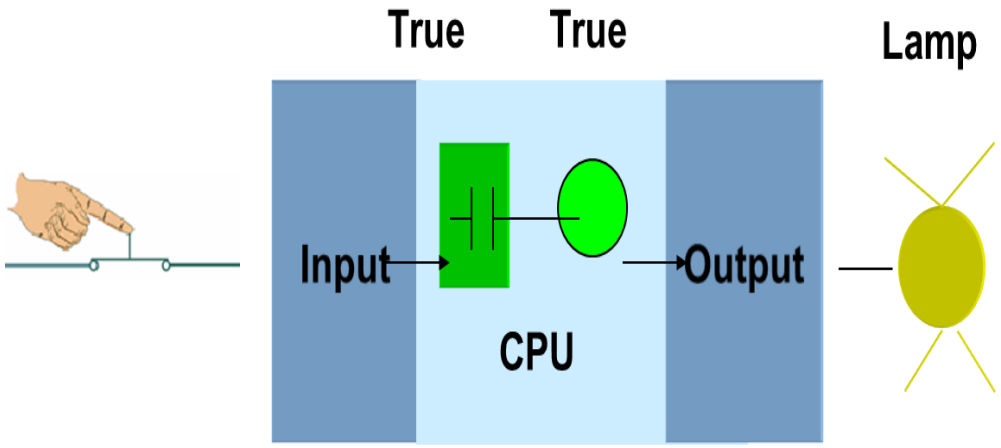
الملامسات المغلقة طبيعياً (NC) Normally Closed Contacts

تكون الحالة المنطقية لهذا الملامس (حقيقي–True) (مغلق) عندما تكون حالة البت (BIT) الذي يتحكم في هذا الملامس (0)



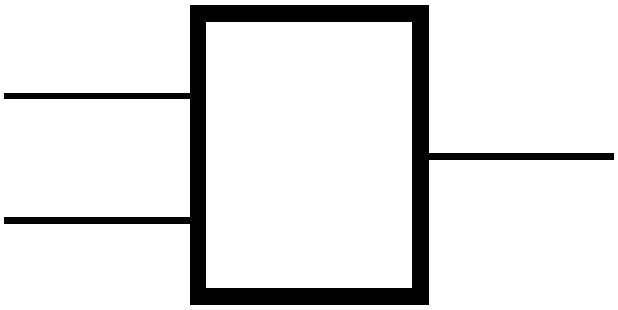
الملفات (Coils)

الملفات تمثل الحاكمات (Relays) التي يتم تفعيلها (energized) عندما تتدفق الطاقة إليها. عندما يتم تفعيل الملف يؤدي ذلك إلى تشغيل المخرج (output) المتعلق بهذا الملف وذلك بتغيير حالة البت (bit) الذي يتحكم في هذا المخرج إلى المنطق 1. كما أنه يمكن ان يكون لهذا الملف عدد من الملامسات contacts المفتوحة والمغلقة (NO & NC) والتي ستتغير حالتها عند تفعيل الملف.

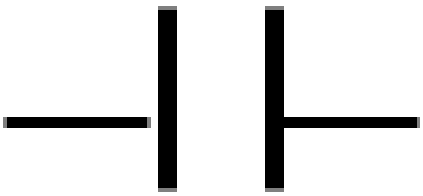


الصناديق (Boxes)

تمثل الصناديق عدة تعليمات أو وظائف والتي يتم تنفيذها عندما تتدفق الطاقة إلى الصندوق. نموذجيا الصناديق تمثل المؤقتات (timers) والعـدادات (counters) والعمليات الحسابية (math operations)



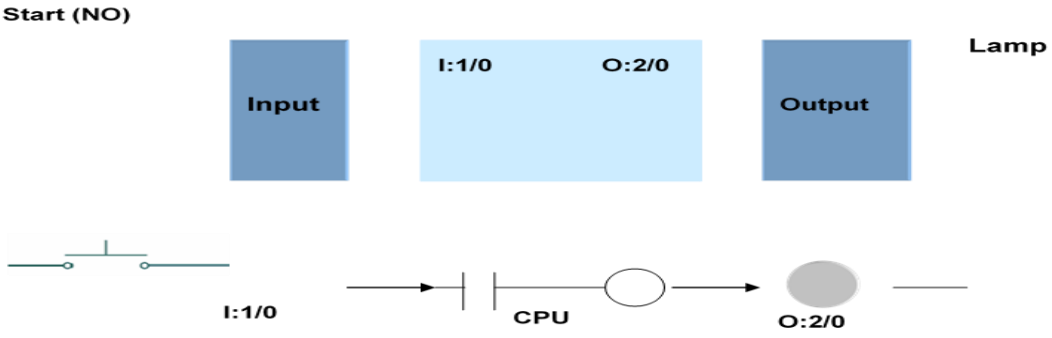
التعليمات أو الأوامر الرئيسية Basic Instructions

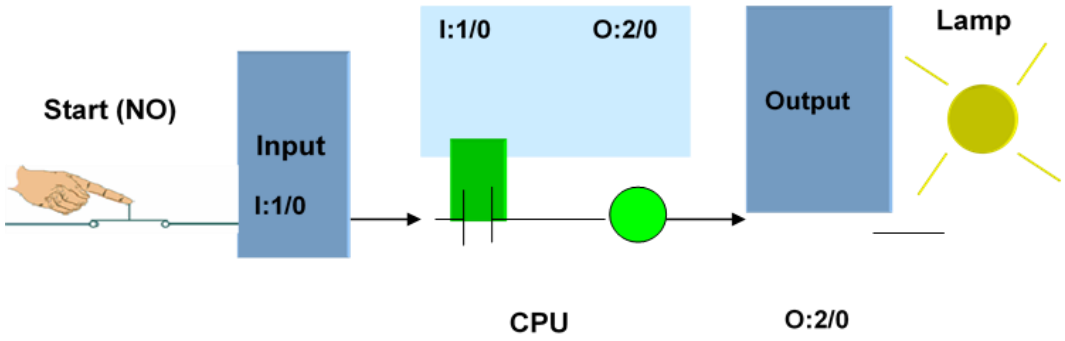


[Examine if Closed] (XIC)

الأمر (XIC) عبارة عن ملامس مفتوح طبيعياً (normally open contact)

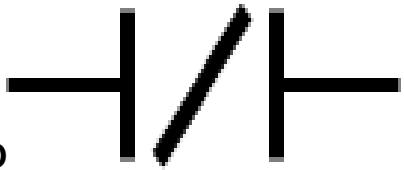
يتم استخدام هذا الملامس عندما تكون إشارة الدخل مطلوب تواجدها لتشغيل هذا الملامس. أي انه عندما يكون العنصر الفيزيائي (مفتاح مثلاً) في وضعية تشغيل فإن الحالة المنطقية لهذا الأمر تكون حقيقي (True)





وضعية التشغيل يمكن ان يشار إليها بالحالة المنطقية (١)

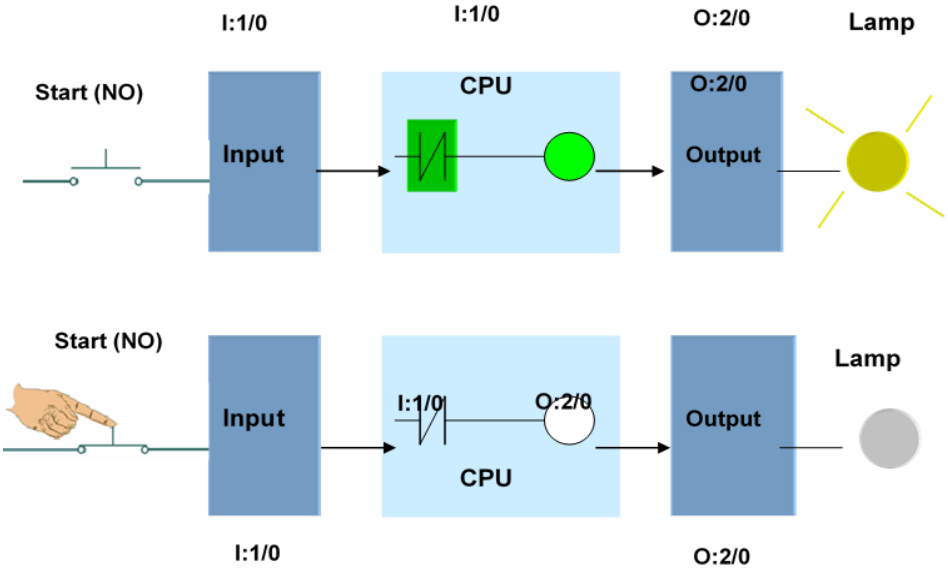
Logic state	XIC
0	False
1	True



[Examine if Open] (XIO)

الأمر (XIO) عبارة عن ملامس مغلق طبيعيا (Normally Closed Contact)

ويستخدم هذا الملامس عندما تكون إشارة الدخل غير مطلوب تواجدها لتشغيل هذا الملامس. أي أنه عندما يكون العنصر الفيزيائي في وضعية إيقاف (off) فإن الحالة المنطقية لهذا الأمر تكون حقيقي (True) والعكس صحيح.

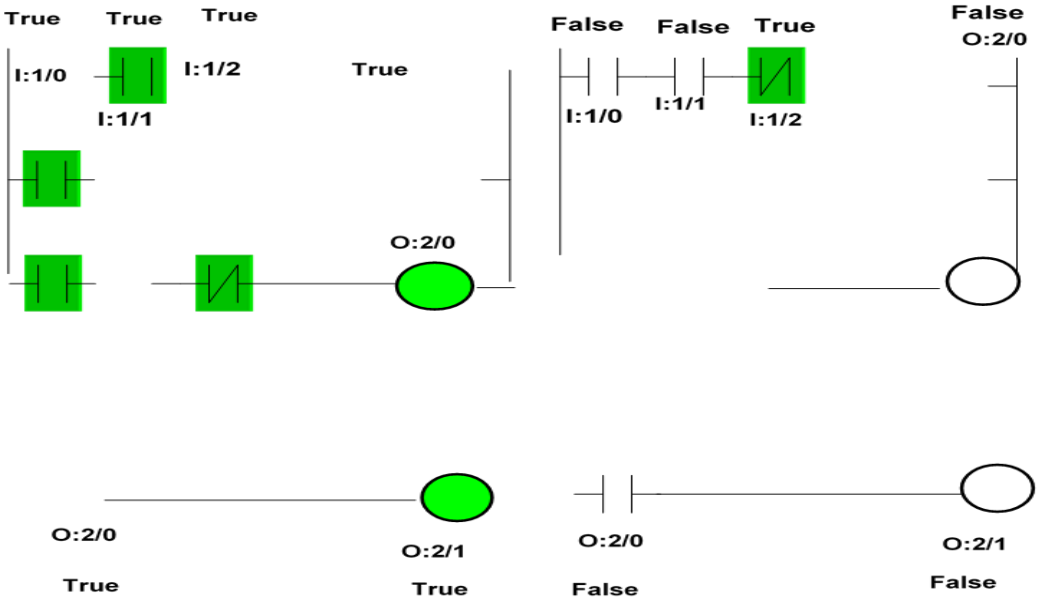


وضعية الإيقاف يمكن ان يشار إليها بالحالة المنطقية (٠)

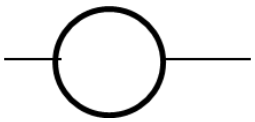
Logic state	XIO
0	True
1	False

الأمر (OTE) [Output Energize] يشبه ملف الحاكمة (Relay) ويسمى بأمرتفعيل الخرج. يتم تفعيل الأمر (OTE) عندما تكون الحالة المنطقية للعناصر التي تسبقه في درجة السلم المنطقي (المداخل) حقيقي (True)

OTEيمكن استخدام هذا الأمر لتفعيل الملفات الداخلية والعناصر الخارجية.



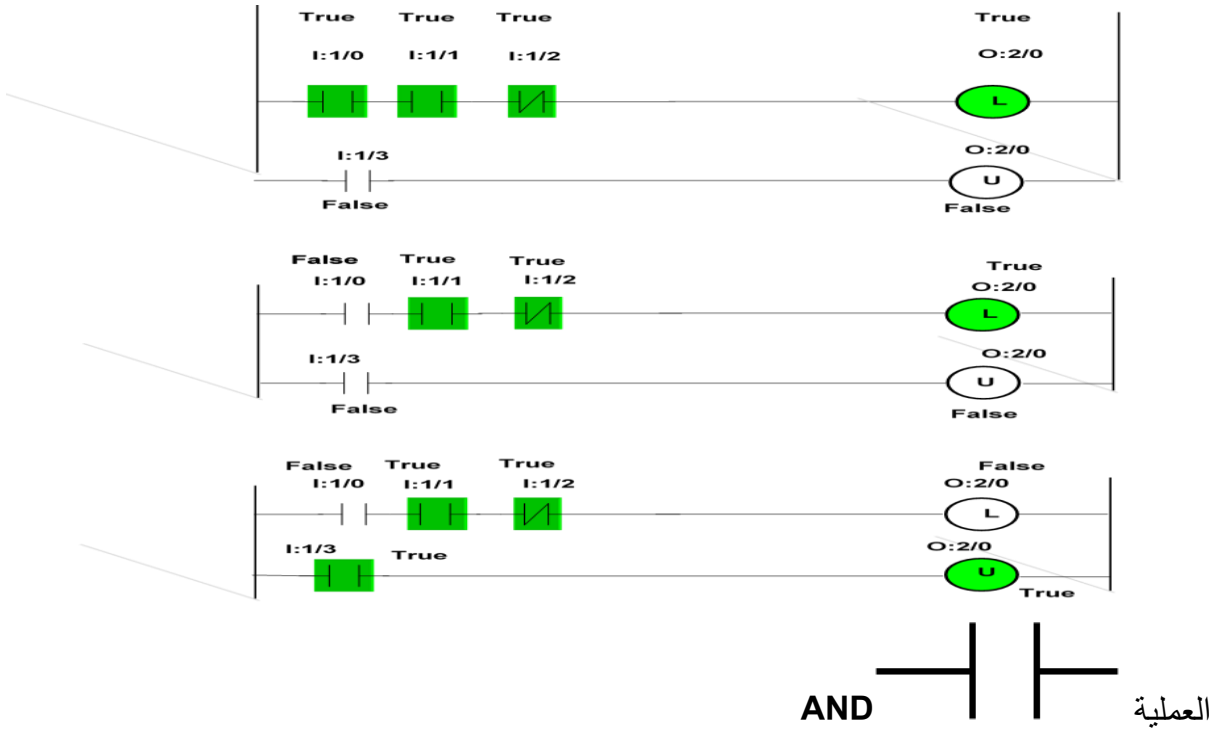
الأمر (OTL) [Output Latch] يشبه ملف الحاكمة (Relay) حيث يتم تفعيله عندما تكون الحالة المنطقية للعناصر التي تسبقه في درجة السلم المنطقي (المداخل): حقيقي (True) إلا أنه بمجرد تفعيله فإنه يحتفظ بوضعه ويستمر مفعلا حتى لو تغيرت الحالة المنطقية للعناصر التي تسبقه إلى: (False)



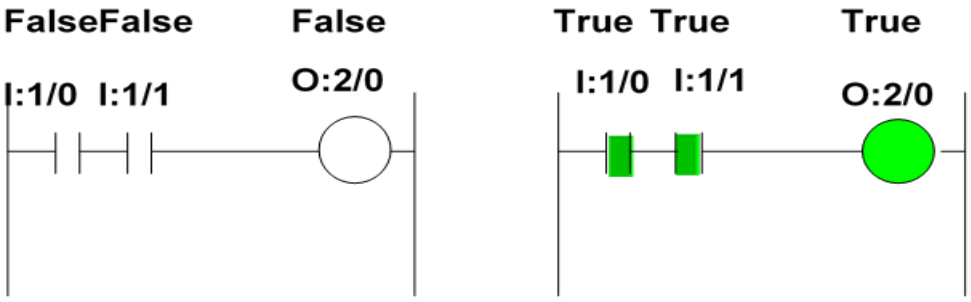
OTL

الأمر (OTU) [Output Unlatch] عند تفعيله هذا الأمر بجعل الحالة المنطقية للعناصر التي تسبقه: حقيقي (True) فإنه يقوم بفصل الملف OTL والذي تم تفعيله بالأمر السابق

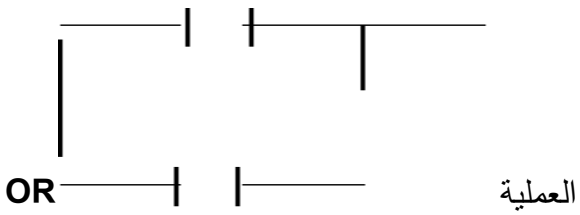
OTU



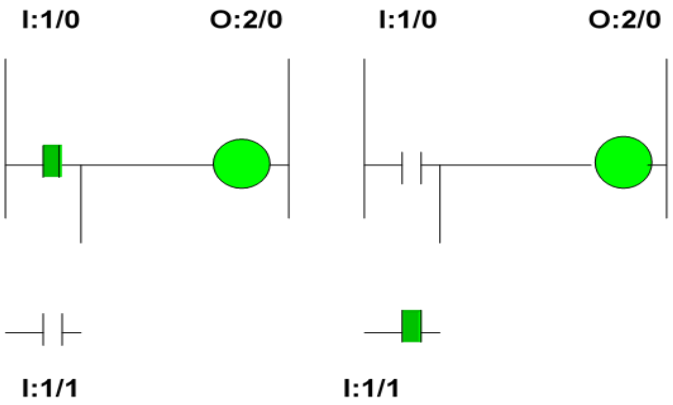
العملية (AND) هي عبارة عن ملامس موصل على التوالي مع ملامس أو أكثر يسبقه على درجة السلم المنطقي. يجب أن تكون الحالة المنطقية لكل الملامسات (حقيقي – True) ليتم تفعيل الخرج



I:1/0	I:1/1	Q:2/0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



العملية (OR) هي عبارة عن ملامس موصل على التوازي مع ملامس اخر أو أكثر على درجة السلم المنطقي. في المثال التالي إذا كانت حالة كلاً من المدخلين (I:1/0 و I:1/1) أو احدهما حقيقي (True) فإن حالة المخرج (O:2/0) ستكون حقيقي (True)

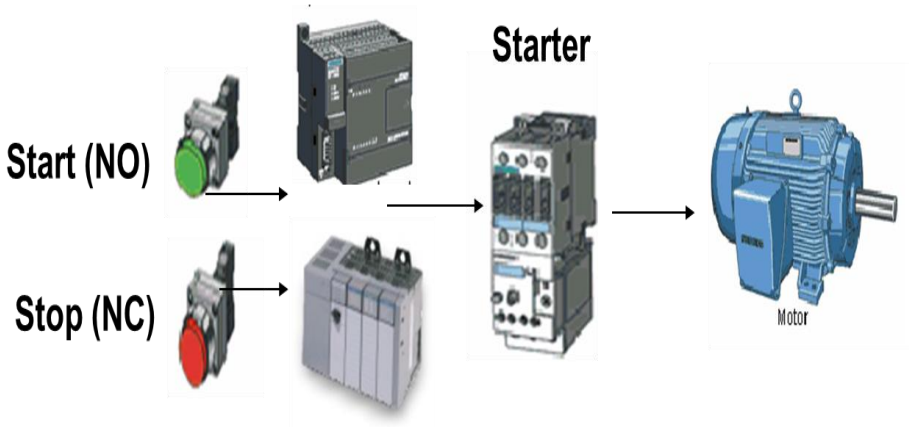


I:1/0	I:1/1	Q:2/0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

تدريبـــات

تدريب ١:

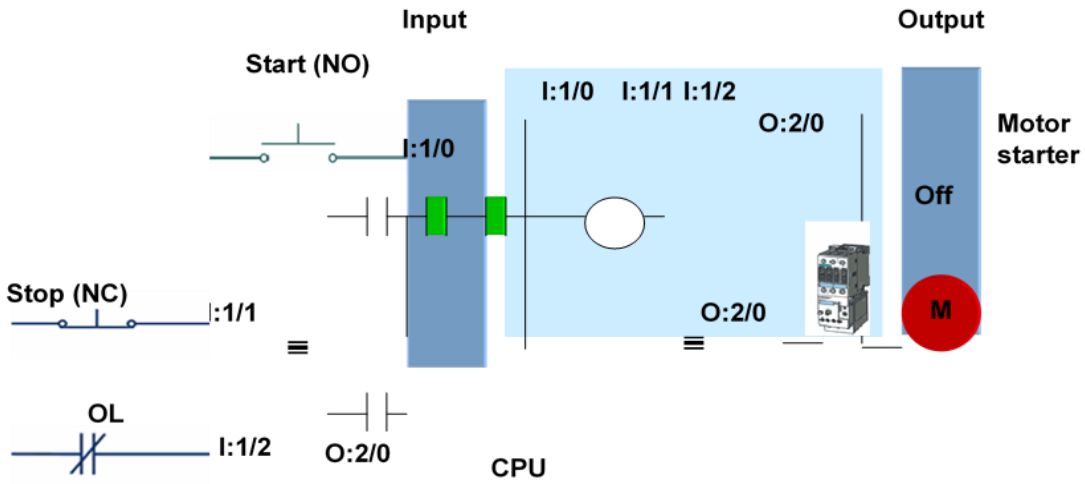
تشغيل وإيقاف محرك بإستخدام مفتاح ضغط زر (pushbutton) مفتوح طبيعياً NO ومفتاح ضغط زر (pushbutton) مغلق طبيعياً NC



- يتم توصيل (NO start pushbutton) إلى المدخل I:1/0
- ويوصل (NC Stop pushbutton) إلى المدخل I:1/1
- ويوصل ملامس عنصر الحماية من الحمل الزائد المغلق طبيعياً (NC overload relay contact) والذي هو جزء من motor starter إلى المدخل I:1/2

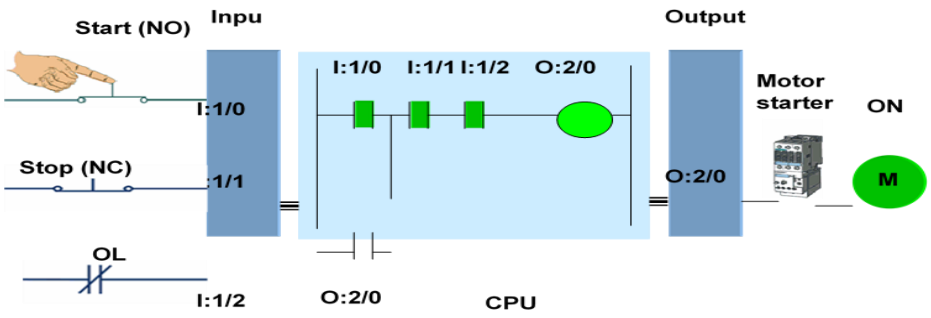
كل من المداخل (I:1/0- I:1/1-I:1/2) تشكل دائرة AND وتستخدم للتحكم في المخرج O:2/0 في الدرجة الأولى من السلم المنطقي. الحالة المنطقية لبت (Bit) المدخل I:1/1 هي منطق ١ (Logic 1) لأن المفتاح-NC Stop pushbutton مغلق، والحالة المنطقية لبت المدخل I:1/2هي منطق ١ Logic 1 لأن ملامسات عنصر الوقاية من الحمل الزائد المغلقة طبيعياً في وضعية مغلق.

المخرج O:2/0 يتم برمجته على نفس درجة السلم المنطقي حيث يتم عن طريق البرمجة إضافة ملامس مفتوح طبيعياً (NO-Contact) مرتبط بالمخرج O:2/0 وذلك لتكوين دائرة OR يتم توصيل الـMotor Starter بالمخرج O:2/0 في وحدة الخرج (Output module)

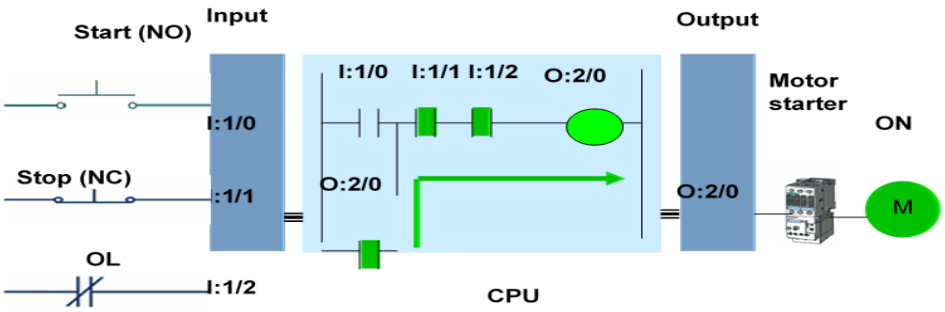


عندما يتم الضغط على زر Start pushbutton تستقبل وحدة الـCPU الأشارة المنطقية Logic 1 من المدخل I:1/0 في وحدة الدخل وهذا يسبب للملامس I:1/0 على السلم المنطقي ان يغلق.

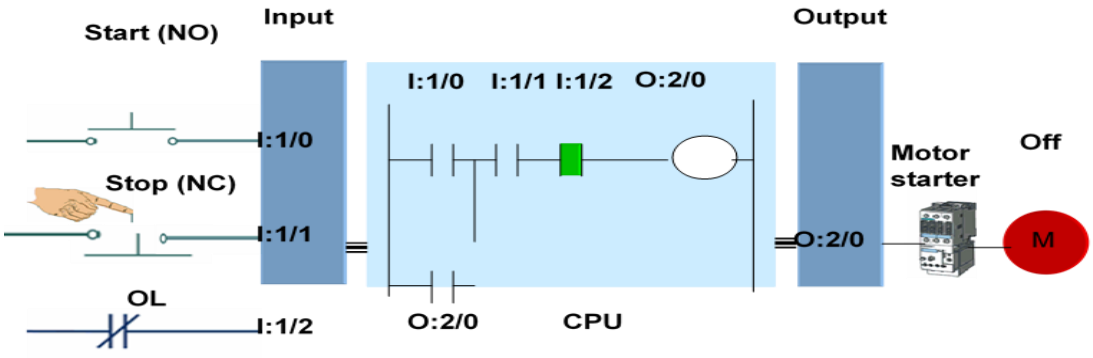
في هذه الحالة أصبحت جميع الملامسات على درجة السلم المنطقية لها الحالة المنطقية Logic 1 وبالتالي تكون الحالة المنطقية للمخرج O:2/0 على السلم المنطقي Logic 1 وبذلك تقوم وحدة الـ CPU بأرسال الحالة Logic 1 إلى المخرج O:2/0 في وحدة الخرج حيث تقوم بتفعيل Motor Starter وبالتالي يشتغل المحرك.



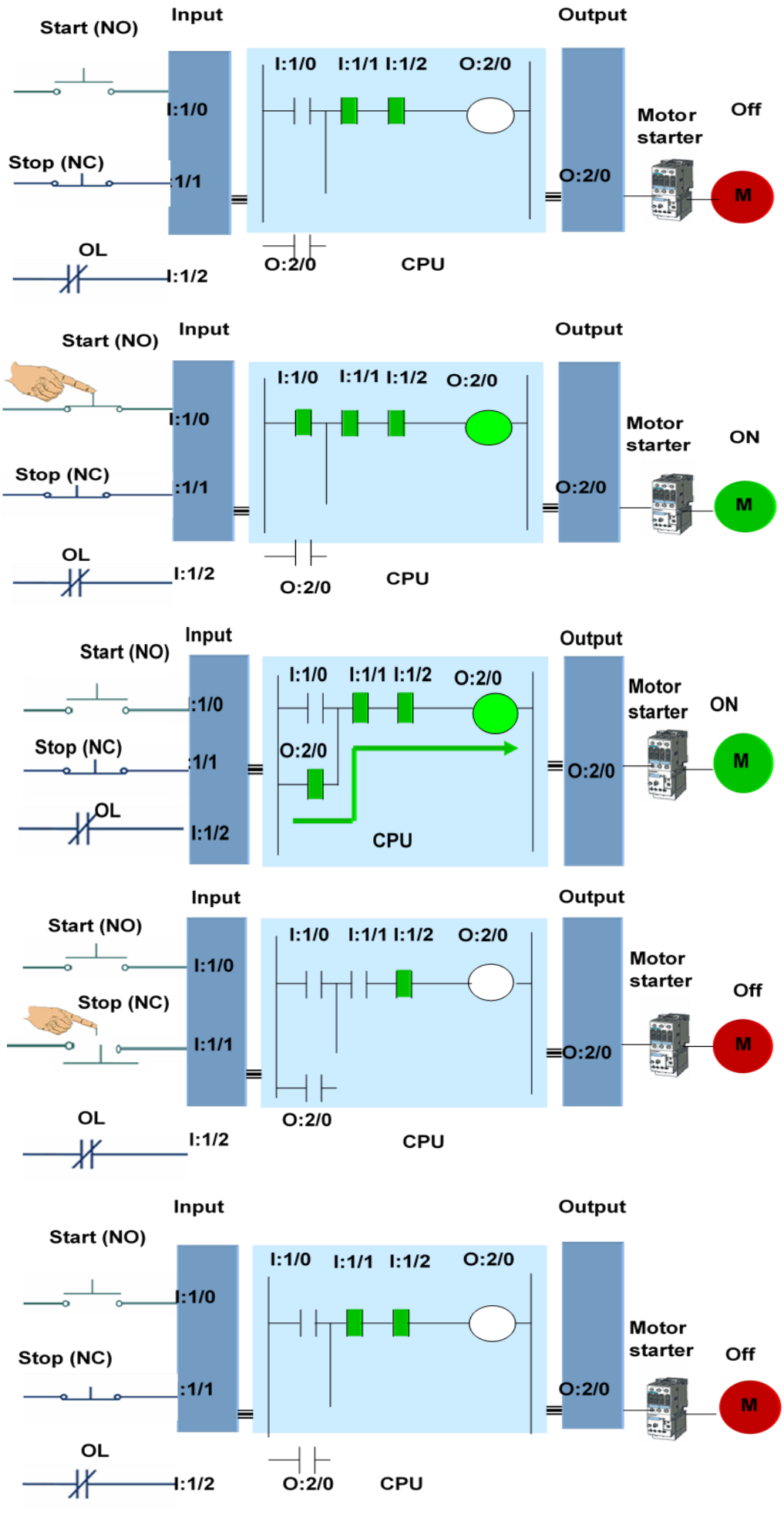
اثناء عملية المسح التالية (Next Scan) فإن الملامس O:2/0 (Input O:2/0) المرتبط بالمخرج O:2/0 سوف يغلق وبالتالي فإن المخرج O:2/0سيستمر في وضعية تشغيل حتى بعد تحرير مفتاح Start pushbutton لأنه لايزال هناك مسار من الحالة المنطقية Logic 1 بين طرفي السلم المنطقي.



سيستمر المحرك في حالة تشغيل حتى يتم الضغط على مفتاح Stop pushbutton وفي هذه الحالة فإن الحالة المنطقية للمدخل I:1/1 ستتحول إلى الحالة Logic 0 (False) الأمر الذي سيقطع مسار الحالة المنطقية Logic 1 بين طرفي السلم المنطقي فتصبح الحالة المنطقية للمخرج O:2/0 في السلم المنطقي Logic 0 وترسل وحدة الـCPU الأشارة المنطقية Logic 0 للمخرج O:2/0 في وحدة الخرج عندها ستوقف المحرك عن العمل.

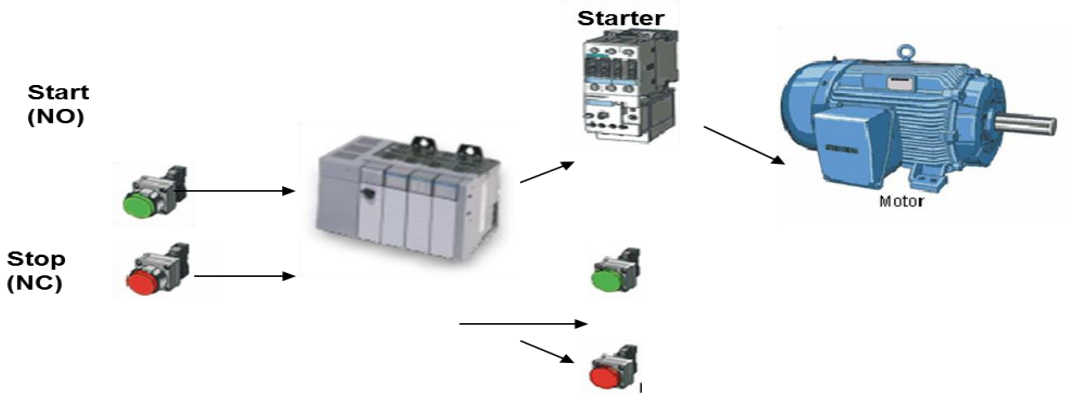


عندما يتم تحرير مفتاح NC Stop pushbutton ستصبح الحالة المنطقية للمدخل I:1/1 حقيقي True وسيبقى البرنامج جاهز حتى يتم ضغط مفتاح NO Start pushbutton مرة اخرى.


Start (NO)
Input
Output
I:1/0
I:1/1 I:1/2
O:2/0
Motor starter
Off
Stop (NC)
O:2/0
M
OL
I:1/2
O:2/0
CPU
Start (NO)
Input
Output
I:1/0
I:1/1 I:1/2
O:2/0
Motor starter
ON
Stop (NC)
O:2/0
M
OL
I:1/2
O:2/0
CPU
Start (NO)
Input
Output
I:1/0
I:1/1 I:1/2
O:2/0
Motor starter
ON
Stop (NC)
O:2/0
O:2/0
M
OL
I:1/2
CPU
Start (NO)
Input
Output
I:1/0
I:1/1 I:1/2
O:2/0
Motor starter
Off
Stop (NC)
O:2/0
M
OL
I:1/2
O:2/0
CPU
Start (NO)
Input
Output
I:1/0
I:1/1 I:1/2
O:2/0
Motor starter
Off
Stop (NC)
O:2/0
M
OL
I:1/2
O:2/0
CPU

التدريب الثاني:

في هذا التدريب سيتم إضافة مصابيح بيان (Indicator Lights) لتبيين حالتي التشغيل والأيقاف للمحرك. في هذا المثال سيتم توصيل مصباح بيان التشغيل بالمخرج O:2/1 و مصباح بيان الأيقاف سيوصل بالمخرج O:2/2

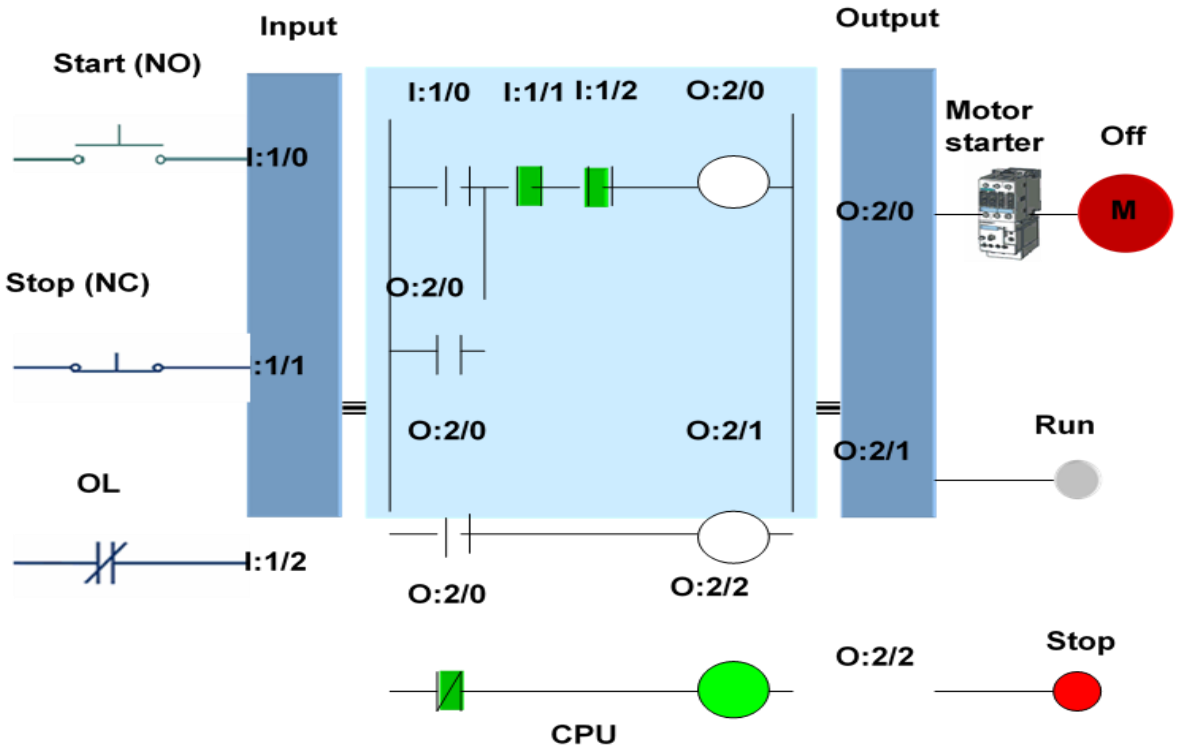


يمكن من خلال السلم المنطقي ملاحظة ان الملامس المفتوح طبيعياً (Input O:2/0) المرتبط بالمخرج O:2/0 موصل في الدرجة الثانية من السلم المنطقي إلى المخرج O:2/1

والملامس المغلق طبيعياً المرتبط بالمخرج O:2/0 موصل في الدرجة الثالثة من السلم المنطقي إلى المخرج O:2/2

في حالة الإيقاف المخرج O:2/0 يكون في حالة Off الملامس المفتوح طبيعياً (Input O:2/0) في الدرجة الثانية من السلم المنطقي يكون مفتوح وبذلك فإن مصباح بيان التشغيل الموصل إلى المخرج O:2/1 يكون في حالة Off.

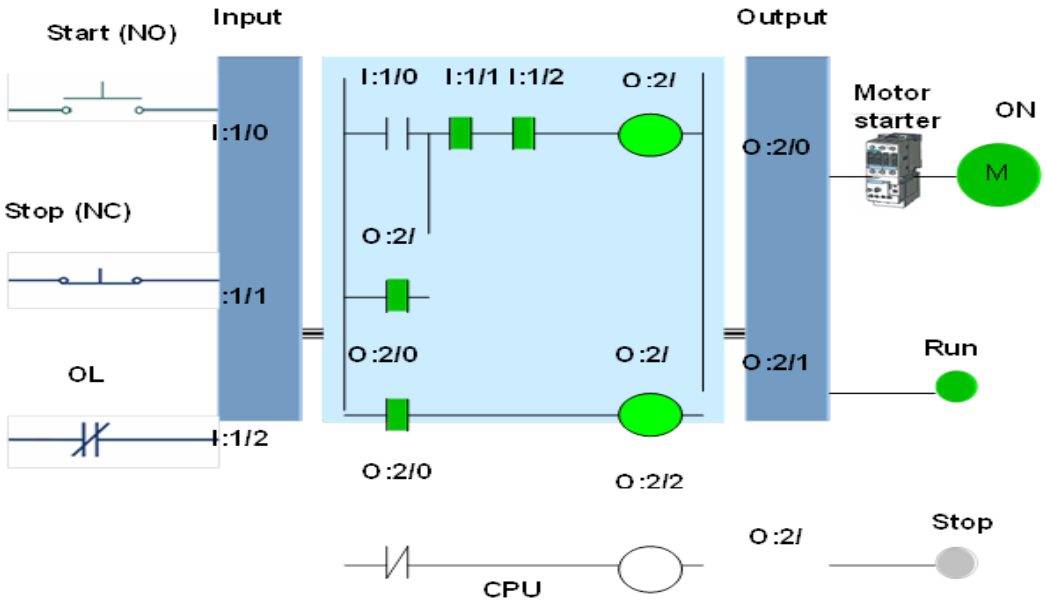
الملامس المغلق طبيعياً (Input O:2/0) في درجة السلم المنطقي الثالثة يكون مغلق وبالتالي فإن مصباح بيان الإيقاف الموصل بالمخرج O:2/2 يكون في حالة ON.



عند الضغط على زر Start pushbutton لحظياً تكون حالة المخرج O:2/0 المنطقية Logic1 حيث يتم تشغيل المحرك.

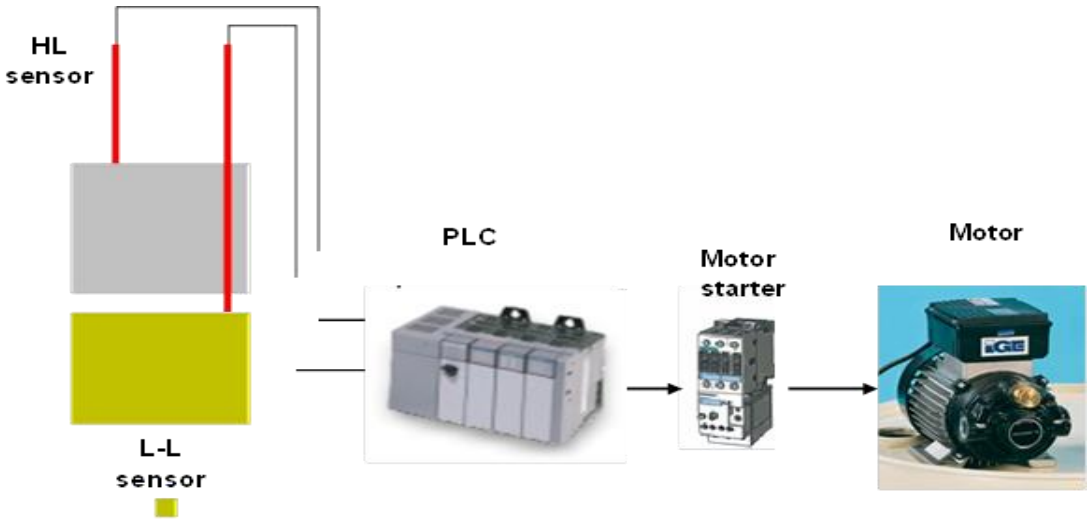
الملامس المفتوح طبيعياً O:2/0 في الدرجة الثانية من السلم المنطقي يتحول إلى الحالة المنطقية Logic 1 (Closed) وبالتالي فإن المخرج O:2/1 يقوم بإنارة مصباح بيان التشغيل.

الملامس المغلق طبيعياً O:2/0 في الدرجة الثالثة من السلم المنطقي يتحول إلى الحالة المنطقية Logic 0 (Open) وبالتالي فإن مصباح بيان الإيقاف الموصل بالمخرج O:2/2 سينطفئ.



التدريب الثالث:

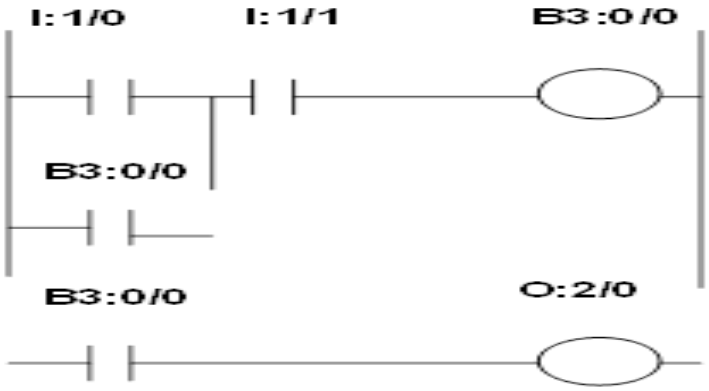
خزان يحتوي على زيت تزليق. يتم تعبئة هذا الخزان بواسطة مضخة. يتم التحكم في مستوى الزيت داخل الخزان بواسطة عدد 2 مجسات كما هو مبين في الشكل التالي



المطلوب هو تشغيل المضخة لتعبئة الخزان حتى يصل مستوى الزيت إلى مجس المستوى العالي (H–L) حيث يتحول إلى الوضعية (ON). عند هذه النقطة يكون المطلوب هو إيقاف المضخة حتى ينزل مستوى الزيت تحت مجس المستوى المنخفض (L–L) حيث يطلب عند هذا المستوى تشغيل المضخة وهكذا تستمر العملية.

في هذا التدريب سنحتاج إلى عدد ٢ مداخل(input) وهي المجسات (sensors) وعدد ١ مخرج Output (المضخة) كلاً المداخلين سيكونان مجسات مستوى من النوع المقفل طبيعياً (Normally Closed Level Sensor) NC عندما لا يكونان مغمورين في السائل سيكونان في وضعية تشغيل ON وعندما يغمران بالسائل يكونان في وضعية إيقاف OFF بدايةً سنعطي لكل عناصر الدخل والخرج عنوان. هذا سيمكن وحدة الـ PLC من معرفة اين تم توصيل هذه العناصر فيزيائياً العناوين موضحة في الجدول التالي:

Inputs	Address	Output	Address	Internal Utility Relay
Low	I:1/0	Motor	O:2/0	B3:0/0
High	I:1/1			

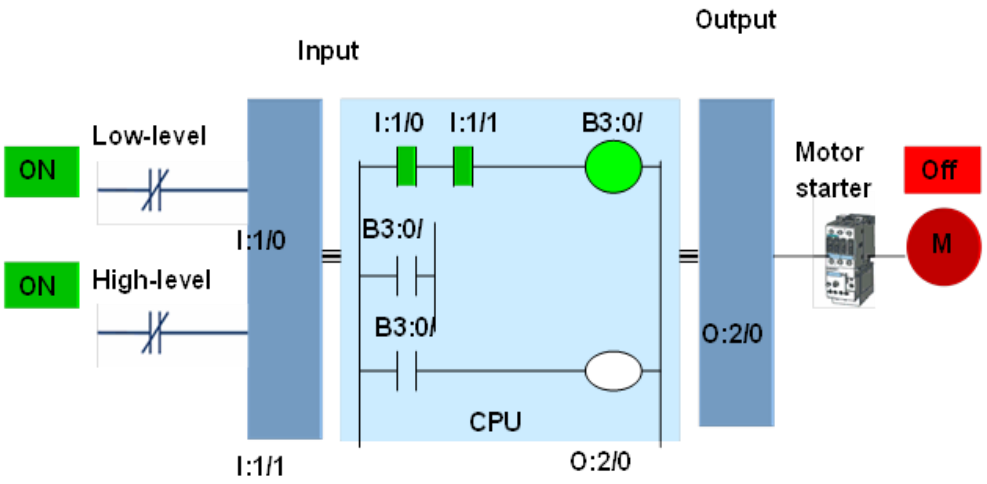


الشكل السابق يبين مخطط السلم المنطقي للعملية المطلوب التحكم فيها

طريقة عمل البرنامج (عملية المسح) The Program Scan

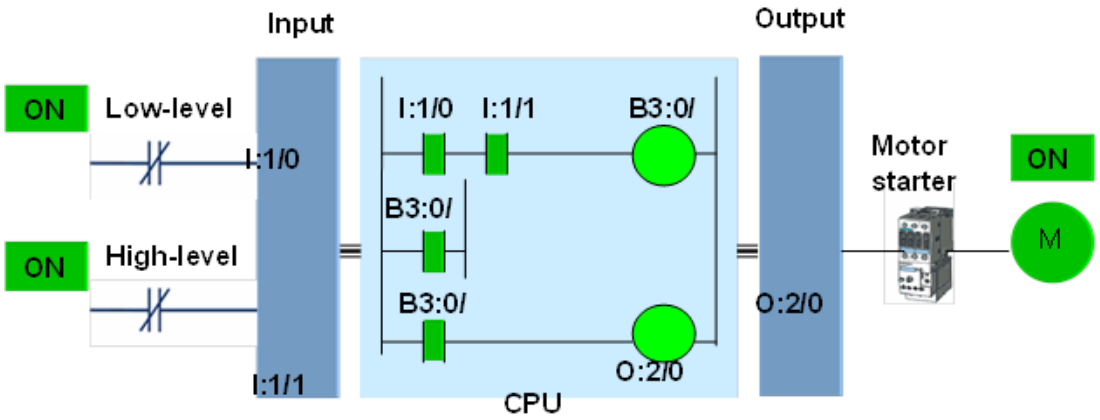
١. عملية المسح الأولى Scan 1

عندما يكون الخزان فارغ في هذه الحالة سيكون المجسين في وضعية تشغيل (ON) وبالتالي ستكون الحالة المنطقية للمدخل (Input– I:1/0) حقيقي (True) وكذلك حالة المدخل (Input–I:1/1) ستكون حقيقي True وتبعاً لذلك ستكون حالة المخرج B3:0/0 حقيقي True

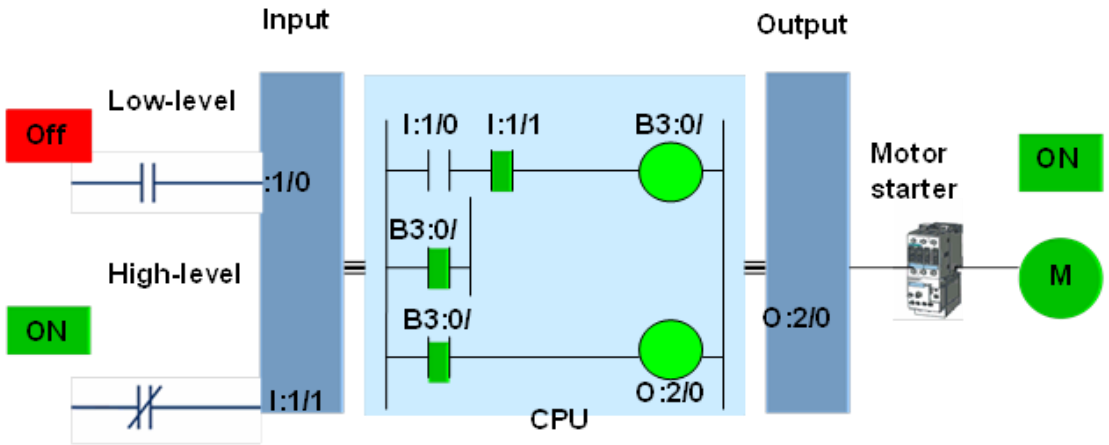


٢. عملية المسح الثانية Scan 2

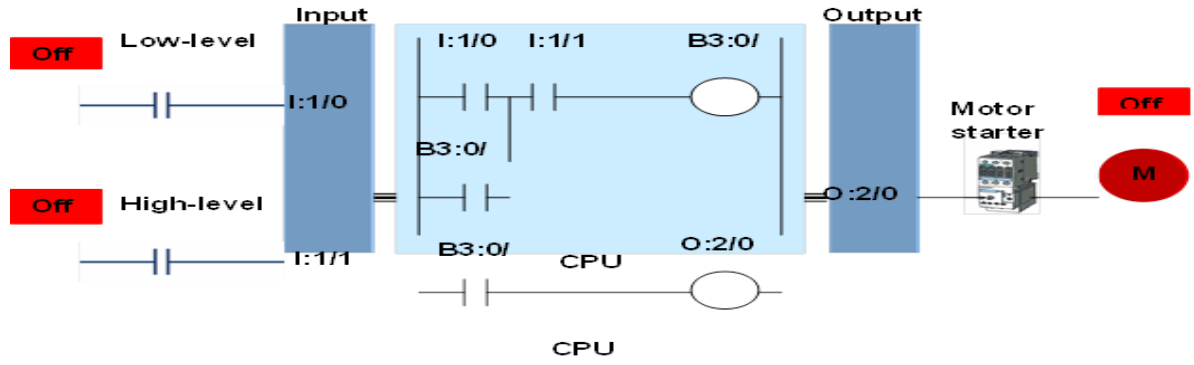
يتم تفعيل المدخل B3:0/0 في كل من درجتي السلم المنطقي وبالتالي يتم تفعيل المخرجO:2/0 وبالتالي يتم تشغيل المحرك لتبدأ المضخة في ملء الخزان



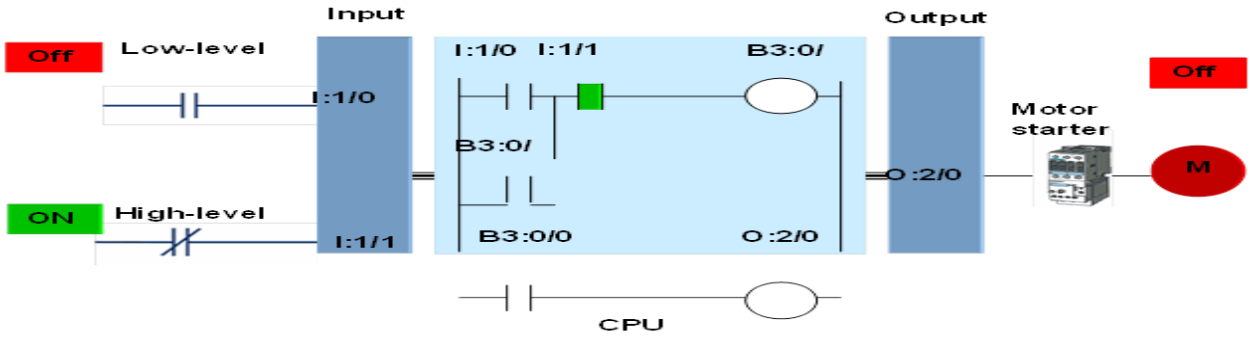
تتكرر عملية المسح عدة مرات مع بقاء الحالة المنطقية للمداخل والمخارج على نفس الحالة حتى يغمر السائل مجس المستوى المنخفض L–L حيث يتغير إلى وضعية الأيقاف Off وبالتالي تتغير حالة المدخل I:1/0 إلى الحالة False إلا أنه بسبب وجود مسار من الحالة المنطقية حقيقي True بين عمودي السلم المنطقي فإنه يستمر تفعيل المخارج وتستمر المضخة في ملء الخزان



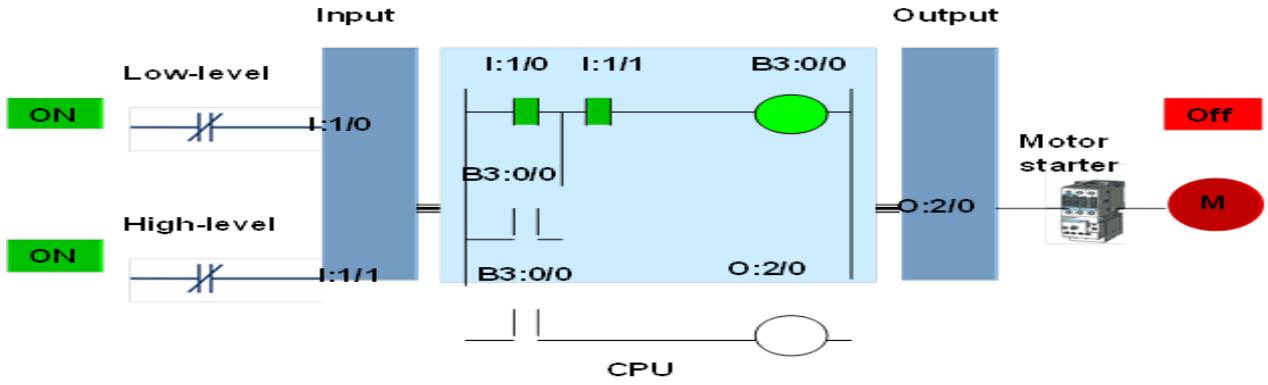
وتتكرر عملية المسح عدة مرات وتستمر المضخة في ملء الخزان حتى يغمر السائل مجس المستوى المرتفع H–L عندها سيتغير إلى وضعية التوقف Off وبالتالي تتغير الحالة المنطقية للمدخل I:1/1 إلى الحالة False وبالتالي سوف لن يكون هناك مسار من الحالة المنطقية حقيقي True بين طرفي السلم المنطقي فتتحول الحالة المنطقية للمخارج إلى الحالة False وحيث أن الحالة المنطقية للمخرج O:2/0 اصبحت False فإنه تبعا لذلك يتوقف المحرك وتتوقف المضخة عن ضخ السائل إلى الخزان

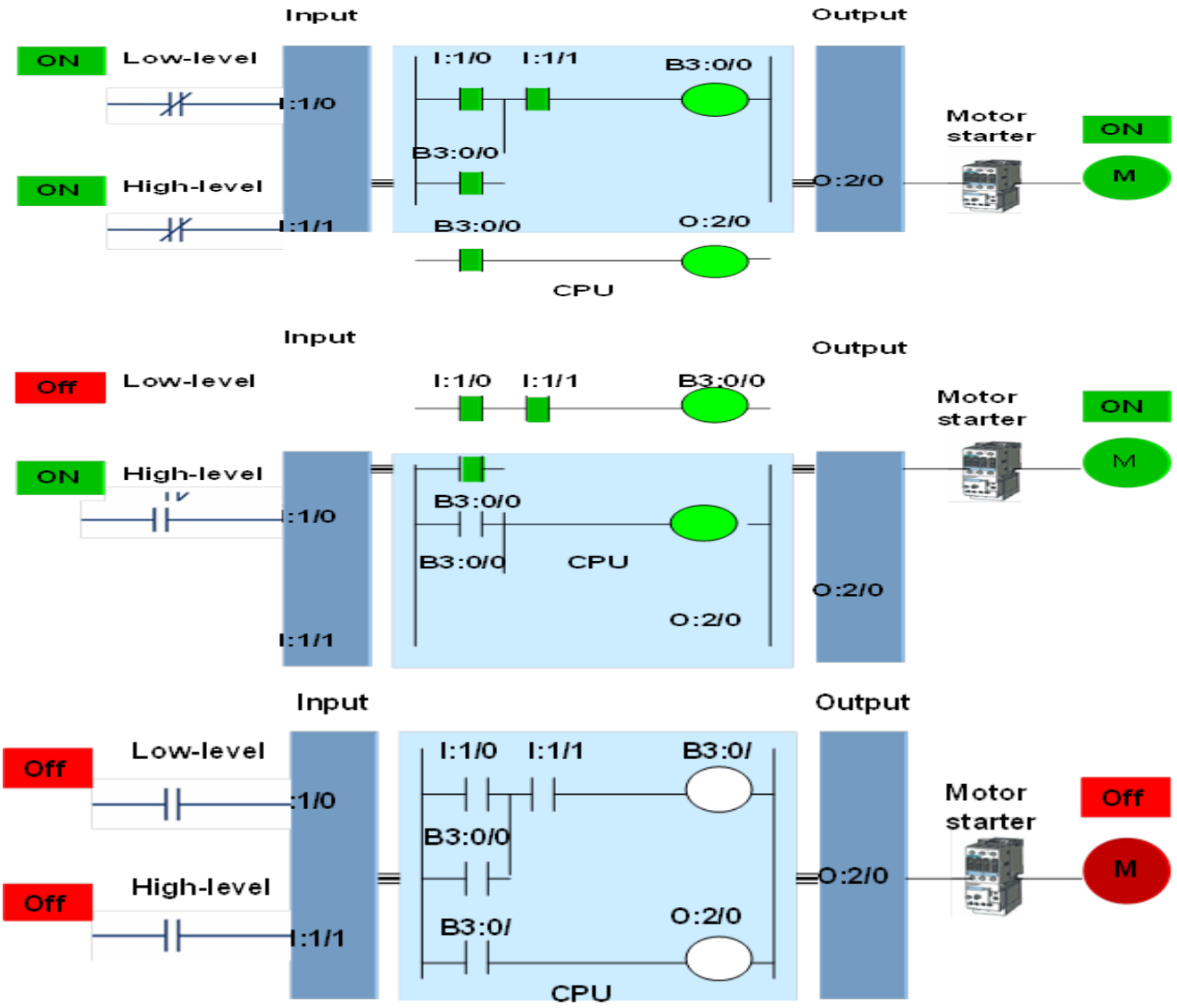


تتكرر عملية المسح عدة مرات ويستمر سحب السائل من الخزان عن طريق فتحة التصريف حتى ينزل مستوى السائل تحت مجس المستوى العالي عندها يتحول إلى وضعية التشغيل ON وبالتالي تتغير الحالة المنطقية للمدخل I:1/1 إلى حقيقي True وبالرغم من هذا فإن المحرك لا يشتغل لأنه لا يوجد مسار مكتمل من الحالة المنطقية True بين طرفي السلم المنطقي



يستمر مستوى السائل في الانخفاض مع بقاء المضخة متوقفة حتى ينزل مستوى السائل تحت مجس المستوى المنخفض L-L عندها يتحول إلى وضعية التشغيل ON وبالتالي تتحول الحالة المنطقية للمدخل I:1/0 إلى الحالة True وبالتالي فإنه سيوجد مسار من الحالة المنطقية True بين طرفي السلم المنطقي الأمر الذي يؤدي إلى تفعيل المخارج كما سبق وبالتالي يشتغل المحرك وتبدأ المضخة في ملء الخزان وهكذا تتكرر نفس الخطوات السابقة.

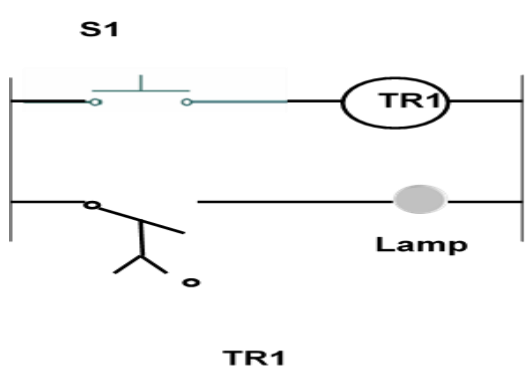


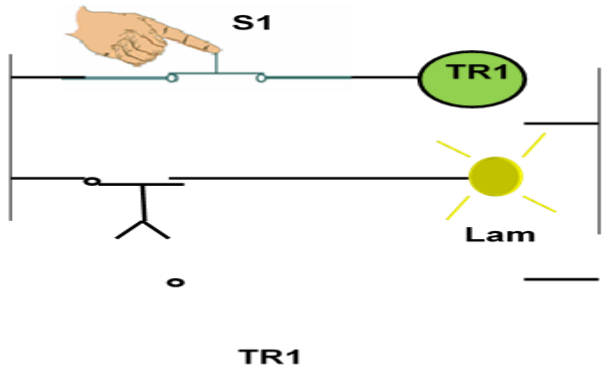


المؤقتات والعدادات

١. المؤقتات (Timers)

تعتبر المؤقتات (Timers) من أهم المكونات الموجودة في الكثير من الدوائر الكهربية ومهمتها التحكم في زمن تشغيل الوحدات المستخدمة في هذه الدوائر ممثل التحكم في زمن الإنارة أو زمن تشغل محرك وسخان أو غير ذلك.
وفيما يلي رسم يوضح كيفية عمل المؤقت في الدوائر الكهربية:





يغلق بعد 10 ثواني

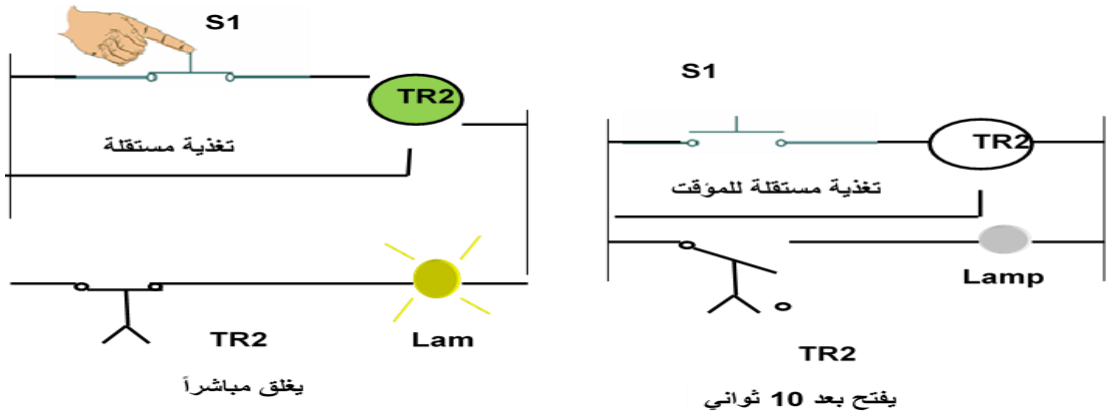
عند الضغط على المفتاح S1 فإن المؤقت TR1 يبدأ في إحتساب الزمن (وإذا انقطعت الإشارة ثم عادت في أثناء ذلك فإنه يبدأ العد من البداية مرة أخرى) فإذا وصل المؤقت لقيمة الزمن المضبوط عليها (وليكن ١٠ ثواني مثلاً) فإنه يتم تفعيله وبالتالي فإنه يغلق نقطة التلامس (المفتوحة طبيعياً NO) الموجودة في السطر الثاني من الدائرة والتي تحمل نفس أسم المؤقت وبالتالي يضيء المصباح المتصل بها (والذي يمثل الخرج في الدائرة).

وهذا النوع من المؤقتات يسمى مؤقت التوصيل المتأخر (**ON Delay Timer**) وذلك لأنه يتأخر توصيله للخرج عن وصول الإشارة إليه بقيمة الزمن المضبوط عليه. وهذا النوع هو الأكثر شيوعاً في الدوائر الكهربية للماكينات نظراً لبساطته حيث يعتمد في التغذية الكهربية له على نفس إشارة الدخل (مثل المرحلات Relays) ولا يحتاج تغذية مستقلة مثل النوع التالي.

وهناك نوع آخر من المؤقتات يسمى مؤقت الفصل المتأخر (OFF Delay Timer)

وهو يفعل بمجرد وصول الإشارة إليه (يعطي الخرج مباشراً بدون أي تأخير) ويبقى كذلك طالما ظلت الإشارة موجودة عليه فإذا انقطعت الإشارة فإنه يقوم باحتساب الزمن المضبوط عليه ثم يفصل الخرج ومن هنا جاء أسمه لأنه يؤخر الفصل لا التوصيل (على العكس من النوع الأول). وهذا النوع يحتاج تغذية مستقلة عن إشارة الدخل وذلك لأنه يستمر في العمل بعد زوال هذه الأشارة.

والشكل التالي يوضح عمل هذا النوع من المؤقتات:

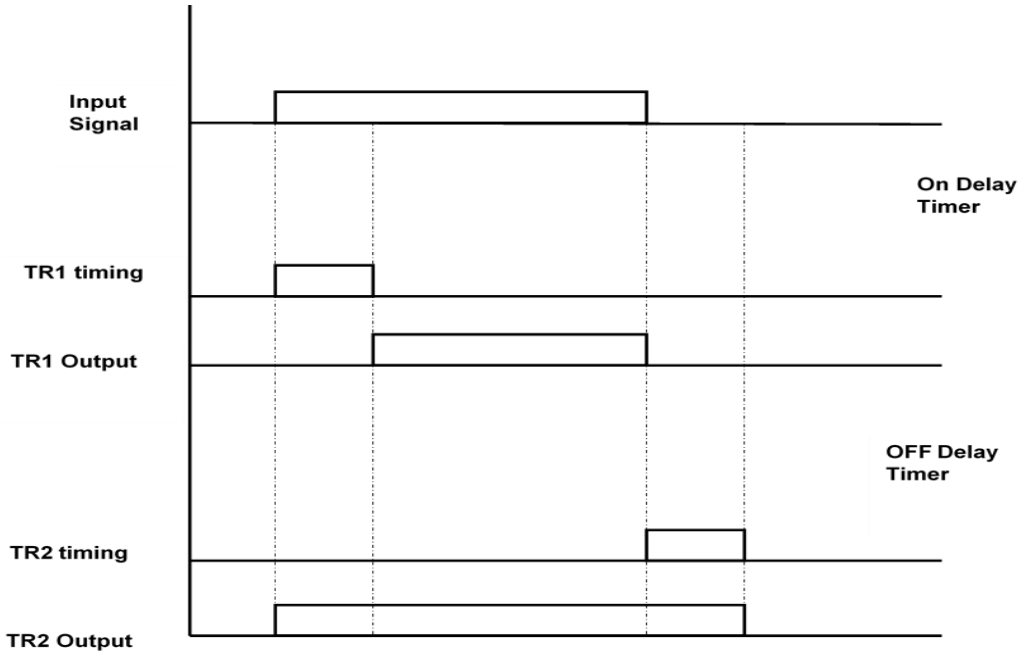


عند الضغط على المفتاح S1 فإن المؤقت TR2 يفعل مباشراً وبالتالي يغلق نقطة التلامس المفتوحة طبيعياً NO الموجودة في السطر الثاني من الدائرة والتي تحمل نفس اسم المؤقت وبالتالي يضيء المصباح المتصل بها (والذي يمثل الخرج في الدائرة) مباشراً (تماما كما يحدث مع المرحلات بدون أي تأخير زمني).

ثم وبعد فصل الإشارة (تحرير المفتاح S1) فإن المؤقت يقوم باحتساب الزمن المضبوط عليه (وليكن ١٠ ثواني مثلاً) ثم يقوم بفصل إشارة الخرج وبالتالي يطفيء المصباح.

ونظراً لاستمرار المؤقت في العمل بعد زوال إشارة الدخل فإنه يحتاج تغذية كهربية مستقلة ليعمل عليها وهذا يجعله أعقد في التوصيل وأغلى في السعر من النوع الأول ولذلك كثيرا من يستخدم النوع الأول بدلاً منه (ويقوم بتقليد عمله بواسطة دائرة خاصة سيتم شرحها فيما بعد). ومن أشهر أمثلة هذا النوع من المؤقتات دائرة الإنارة الأتوماتيكية المستخدمة في سلالم العمارات السكنية.

والرسم التالي يوضح الفرق بين هذين النوعين من المؤقتات:

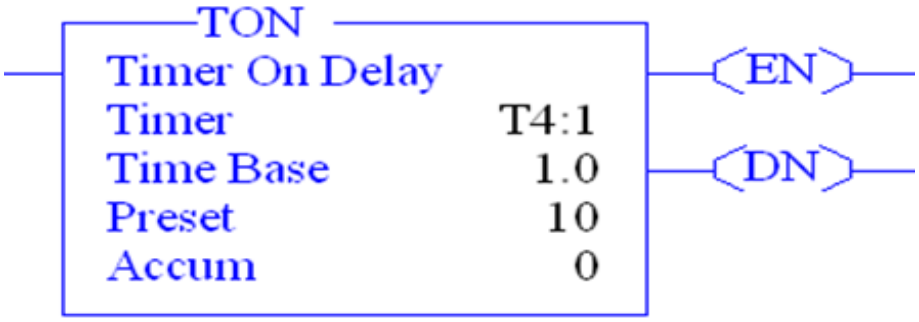


وكما هو واضح من الرسم فإن مؤقت التوصيل المتأخر (ON Delay Timer) يعطي الخرج لفترة زمنية أقل من زمن الإشارة بمقدار الزمن المضبوط عليه حيث يتاخر توصيله بامقدار هذا الزمن ثم يفصل مع زوال الإشارة.

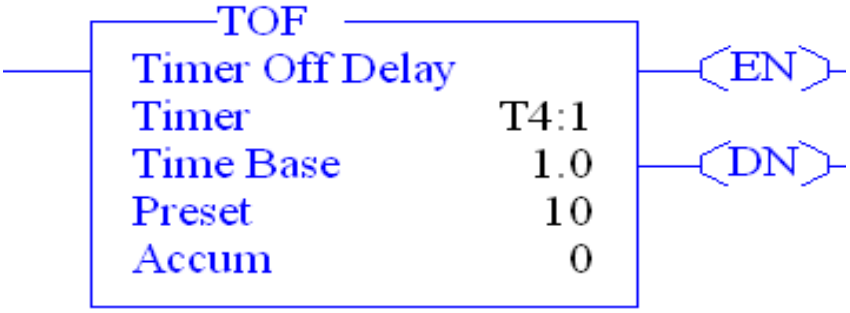
وأما مؤقت الفصل المتأخر (OFF Delay Timer) فيعطي الخرج لفترة زمنية أطول من زمن الإشارة بمقدار الزمن المضبوط عليه حيث يوصل بمجرد وصول الإشارة ثم يستمر في التوصيل بمقدار هذا الزمن بعد زوال الإشارة.

استخدام المؤقتات في برمجة الـ PLC:

يتم تمثيل مؤقت التوصيل المتأخر [TON] (ON Delay Timer) في السلم المنطقي بالشكل التالي:



كما يتم تمثيل مؤقت الفصل المتأخر [TOF] (OFF Delay Timer) في السلم المنطقي بالشكل التالي:



حيث:

[T4:1] تمثل رقم المؤقت في البرنامج (يبدأ ترقيم جميع المؤقتات ب :T4 ثم رقم المؤقت)

[Time Base] تمثل وحدة الزمن حيث يتم اختيار احتساب الزمن بالثانية (1.0) أو بوحدة أصغر من الثانية (0.01 or 0.001)

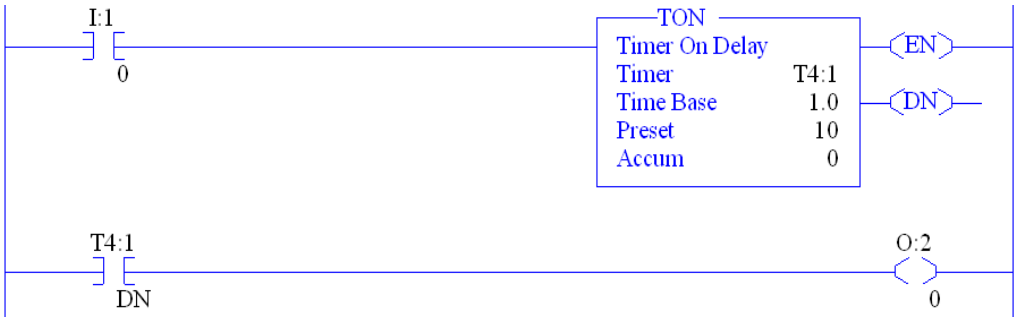
[Preset] تمثل الزمن المبرمج عليه المؤقت (محسوب بالوحدات السابقة)

[Accum] تمثل الزمن التراكمي وهو الزمن الذي قام المؤقت باحتسابه

[EN] تبين وصول الإشارة للمؤقت

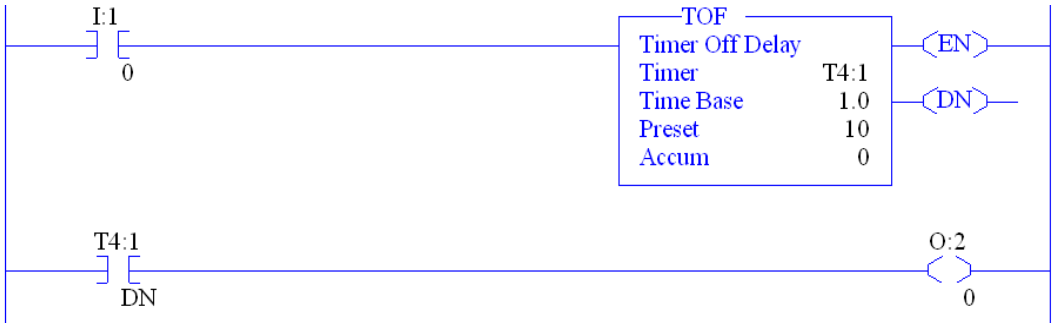
[DN] تبين وصول المؤقت للزمن المبرمج عليه

ويبين الشكل التالي نموذج لاستخدم مؤقت التوصيل المتأخر في السلم المنطقي للبرمجة:



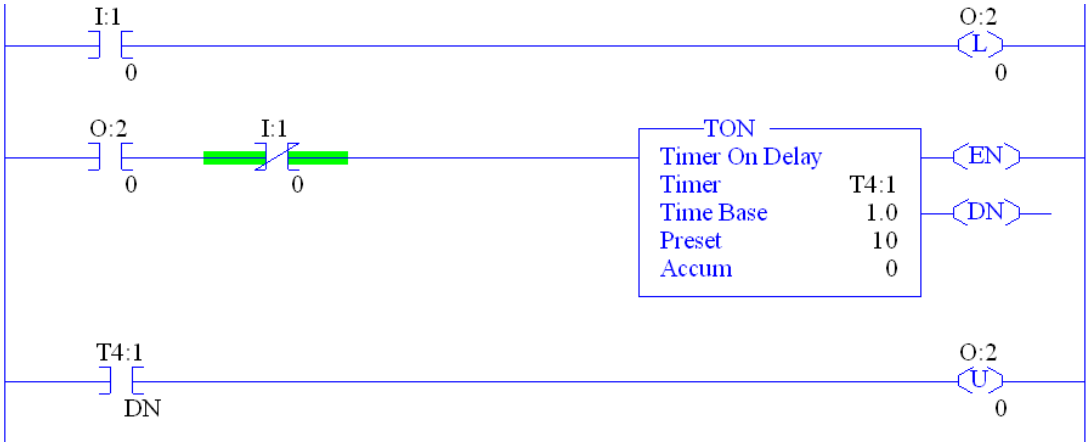
عند دخول إشارة الدخل I:1/0 يبدأ المؤقت T4:1 في احتساب الزمن (ويلاحظ ذلك في Accum) حتى يصل الزمن للقيمة المضبوط عليها مسبقا في Preset فعندئذ يفعل المؤقت ويغلق نقطة التلامس المفتوحة طبيعيا T4:1/DN وبالتالي يفعل الخرج O:2/0

كما يبين الشكل التالي نموذج لاستخدم مؤقت الفصل المتأخر في السلم المنطقي للبرمجة:



عند دخول إشارة الدخل I:1/0 يفعل المؤقت T4:1 مباشراً ويغلق نقطة التلامس المفتوحة طبيعيا T4:1/DN وبالتالي يفعل الخرج O:2/0 و يستمر ذلك (بدون حساب الزمن) طالما ظلت الإشارة موجودة ثم وبمجرد فصل الإشارة يبدأ المؤقت في احتساب الزمن (ويلاحظ ذلك في Accum) مع استمرار تفعيل المؤقت حتى يصل الزمن للقيمة المضبوط عليها مسبقا في Preset فعندئذ يفصل المؤقت وبالتالي يفصل نقطة الخرج O:2/0.

ويمثل الشكل التالي كيفية استخدام مؤقت التوصيل المتأخر لتقليد أداء مؤقت الفصل المتأخر (باستخدام مرحل إضافي)



شرح الدائرة:

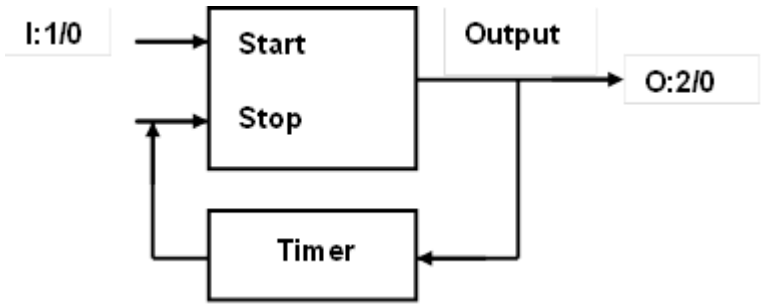
عند توصيل إشارة الدخل (I:1/0) فإن ملف الخرج (O:2/0) يفعل ليعطي الخرج ولكن المؤقت لا يبدأ العمل إلا بعد فصل إشارة الدخل بسبب نقطة التلامس (I:1/0) المغلقة طبيعياً NC

وعند فصل إشارة الدخل يستمر الخرج مفعل لأنه (L) ويبدأ المؤقت في احتساب الزمن (كما يلاحظ من Accum) إلى أن يصل للزمن المضبوط عليه في Preset

وعند وصول المؤقت للزمن المضبوط عليه فإنه يغلق نقطة التلامس المفتوحة طبيعياً (T4:1/DN) والتي تقوم بدورها بفصل إشارة الخرج (O:2/0)

وبمراجعة عمل الدائرة السابقة نجد أنه يماثل عمل مؤقت الفصل المتأخر ولكن باستخدام مؤقت التوصيل المتأخر.

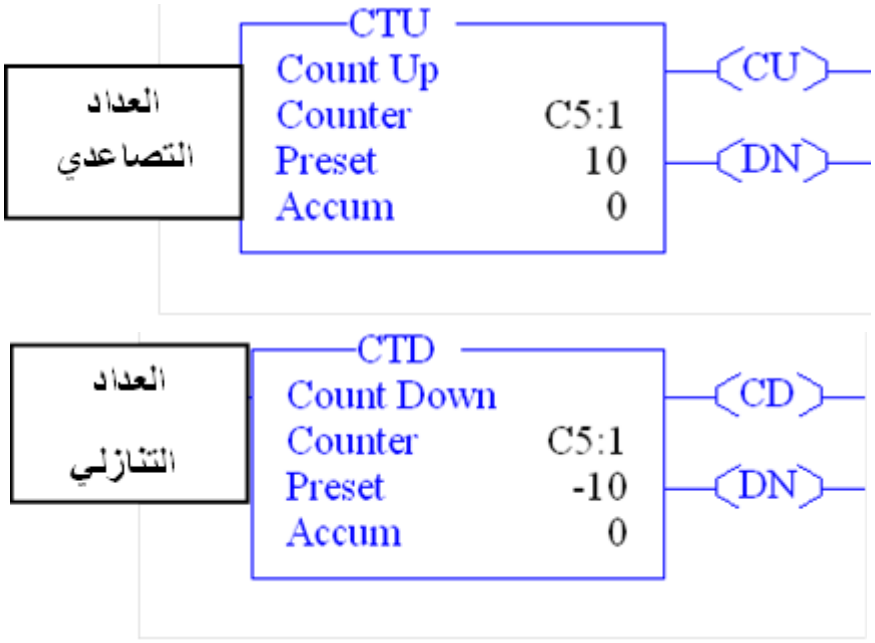
والدائرة في الحقيقة عبارة عن دائرة (تشغيل / إيقاف) تقوم إشارة الدخل بإعطاء إشارة التشغيل لها بينما يقوم المؤقت بإعطاء إشارة الفصل لها كما بالرسم التالي:



٢. العدادات (Counters):

العدادات (Counter) هي مكون آخر هام من مكونات برامج الحاكمات وهي تشبه المؤقتات في كثير من الخصائص إلا أنها تفترق عنها في أنها بدلاً من احتسبها لزمن إشارة الدخل فهي تقوم باحتساب عدد مرات ورود إشارة الدخل فكل مرة ترد فيها الإشارة فإنها تقوم بعد عدة واحدة ومهما طالت مدة الإشارة فإنها لا تقوم بعدة ثانية حتى تزول الإشارة ثم ترد مرة أخرى وهكذا إلى أن يصل العداد إلى العدد المضبوط عليه فعندئذ يفعل العداد ويخرج إشارة الخرج.

وللعدادات نوعين (كما في حالة المؤقتات) وهما العداد التصاعدي والعداد التنازلي والشكل التالي يوضح كيفية تمثيل كلا النوعين في السلم المنطقي.



حيث:

[C5:1] تمثل رقم العداد في البرنامج (يبدأ ترقيم جميع العدادات ب C5: ثم رقم العداد)

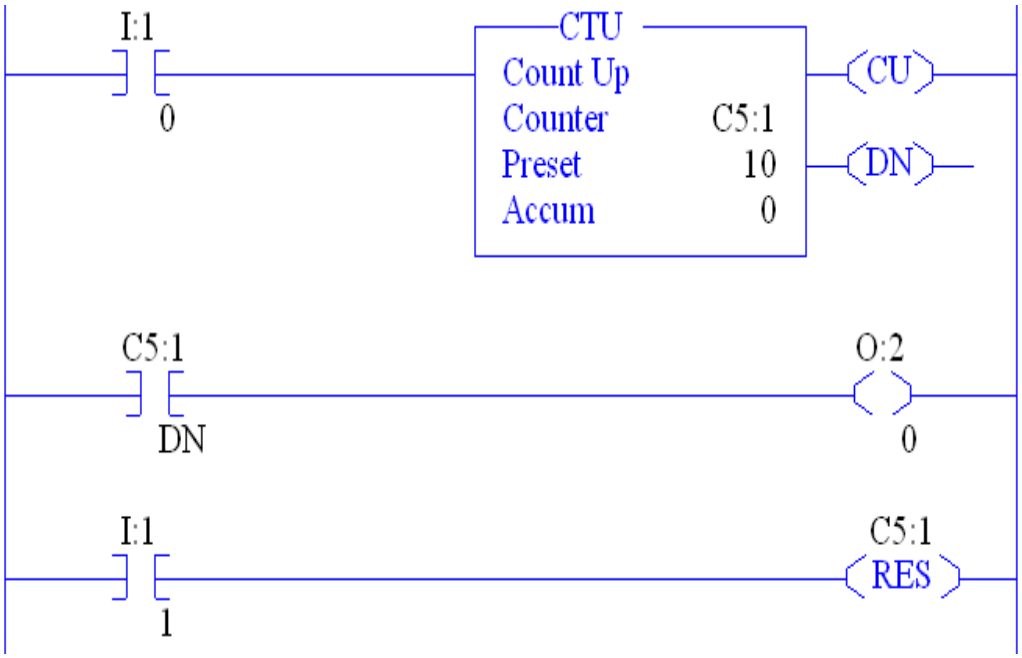
[Preset] تمثل العدد المبرمج عليه العداد

[Accum] تمثل العدد التراكمي وهو العدد الذي قام العداد باحتسابه

[CU] / [CD] تبين وجود إشارة الدخل على العداد

[DN] تبين وصول العداد للعدد المبرمج عليه

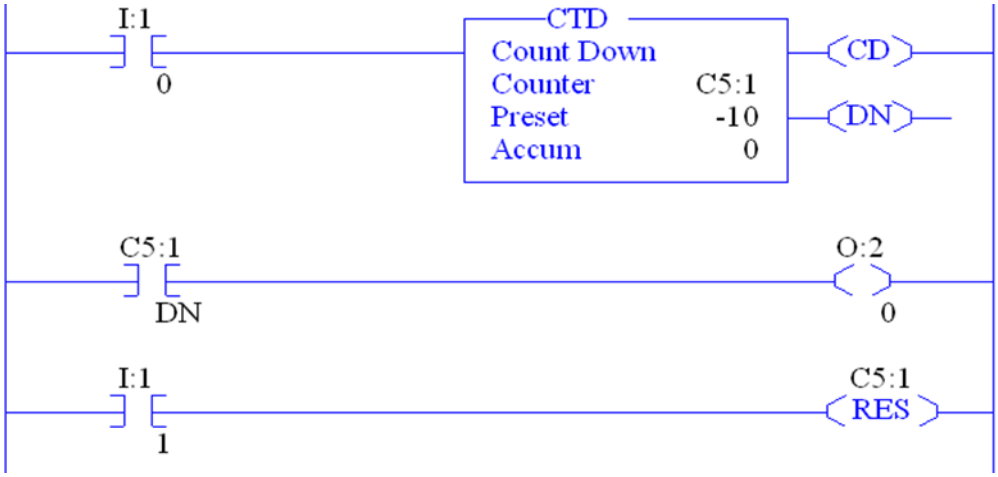
ويبين الشكل التالي نموذج لاستخدم العداد التصاعدي في السلم المنطقي للبرمجة:



عند ورود إشارة الدخل I:1/0 يبدأ العداد C5:1 في احتساب العدد (ويلاحظ ذلك في Accum حيث يتحول من ٠ إلى ١) ولا يقوم بعدة أخرى طالما ظلت الإشارة موجودة فإذا زالت الإشارة (فصلت النقطة I:1/0) ثم عادت للورود مرة أخرى فإنه يقوم بعدة أخرى وهكذا حتى يصل العدد للقيمة المضبوط عليها مسبقا في Preset فعندئذ يفعل العداد ويغلق نقطة التلامس المفتوحة طبيعيا C5:1/DN وبالتالي يفعل الخرج O:2/0

ويلاحظ هنا أنه باستمرار ورود إشارة الدخل فإن العداد يستمر في العد بالرغم من تجاوز القيمة المضبوط عليها (و يستمر الخرج مفعل أيضاً) وهنا يظهر فارق رئيسي بين المؤقت والعداد فالمؤقت يعود زمنه للصفر بمجرد فصل إشارة الدخل عنه ولا يحتاج إشارة خاصة لإعادة تهيئته وأما العداد فإنه لا يعود للصفر بفصل إشارة الدخل عنه (لأنه أصلاً يقوم بعد عدد مرات ورود الإشارة أي عدد مرات الفصل والتوصيل) وبالتالي فالعداد في حاجة لإشارة خاصة لإعادة تهيئته (إعادة عدده التراكمي للصفر) ويتم ذلك من خلال الأمر RES (RESET) والذي يحمل نفس أسم العداد فعند تفعيل إشارة الدخل I:1/1 يفعل الأمر RES وبالتالي يعود العدد التراكمي للعداد Accum إلى الصفر.

ويبين الشكل التالي نموذج لاستخدم العداد التنازلي في السلم المنطقي للبرمجة:



ونلاحظ هنا أنه بمجرد تشغيل البرنامج فإن العداد يكون مفعل ويعطي إشارة الخرج (وذلك لأن Accum تكون أكبر من Preset والتي توضع هنا كرقم سالب وليس موجب لأن العد سيكون تنازلي بدأ من الصفر) وبالتالي فإن الخرج O:2/0 يكون مفعل بمجرد تشغيل البرنامج.

ومع ورود إشارة الدخل I:1/0 يبدأ العداد في العد بشكل تنازلي (سالب). وكما في حالة العداد التصاعدي فإن العداد التنازلي لا يقوم بعدة أخرى حتى تزول الإشارة ثم تعود للورود مرة أخرى. وهكذا يستمر العدد في العد إلى أن يصير Accum أصغر من Preset وعندئذ يزول تفعيل العداد ويفصل نقطة التلامس المفتوحة طبيعيا C5:1/DN وبالتالي يفصل إشارة الخرج O:2/0

وكما في حالة العداد التصاعدي يستمر العداد التنازلي في العد طالما استمر ورود وفصل إشارة الدخل (مع استمرار العداد غير مفعل لأن Accum أصغر من Preset) وبالتالي فلابد من إشارة خاصة I:1/1 لكي تفعل الأمر RES (ويكون له نفس اسم العداد) والذي يقوم بدوره بإعادة تهيئة العداد (إعادة العدد التراكمي Accum له إلى الصفر).

المراجع

- **تم الإعداد 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/ يحي عبد الجواد**	**شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**