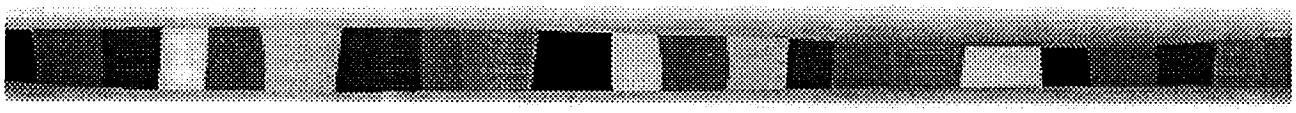
PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

PLC



التحكم المبرمج

Dr. Engineer Magd Nasr
University of Applied Engineering

أساسيات التحكم المبرمج

١-١ مقدمة

صنع أول جهاز تحكم مبرمج في شركة(جنرال موتورز)عام 1986 وكان الجهاز في بادئ الأمر يحل محل المفاتيح الكهرومغناطيسية فقط غير أنة لم يكن قادرا على تحقيق متطلبات الشركة المصنعة ولكنة كان في الحقيقة بادرة خير في صناعة الحاكمات القابلة للبرمجة Programmable Logic Controllers و التي تطورت فيما بعد و انتشرت بكثرة في جميع ميادين الصناعة و في الفترة ما بين (1974 : 1970) و نتيجة للتقدم التقني في صناعة الميكروبروسسيور أصبحت الحاكمات القابلة للبرمجة PLC's أكثر مرونة و ذكاء و اصبح من السهل على الفنيين والمهندسين الذين ليس لهم دراية كلية بعلوم الكمبيوتر و الإلكترونيات الرقمية التعامل معها. بل وأصبحت هذه الأجهزة قادرة على القيام بالعمليات الحسابية و المنطقية و تحسنت لغتها عن ذي قبل.

أما في الفترة ما بين (1979 : 1975) حدث تقدم كبير في صناعة الحاكمات القابلة للبرمجة واشتمل هذا التطور على زيادة سعة الذاكرة و عدد المداخل و المخارج الرقمية بل ارتقى استخدام هذه الأجهزة من التحكم الرقمي إلى التحكم التناظري حيث أصبح من السهل عمل برنامج لاستخدام أجهزة التحكم المبرمج لتحل محل حاكم تناسبي تفاضلي تكاملي PID للتحكم في درجة حرارة غرفة أو سرعة محرك... الخ وكذلك أصبح من السهل تخزين أي برنامج في وحدة ذاكرة خارجية و أصبح من الممكن تغيير البيانات سابقة التخزين أثناء التشغيل . فأصبح بوسع المشغل تغيير ثوابت المؤقتات الزمنية و العدادات ... الخ بدون إيقاف العملية الصناعية كما كان في السابق ونتيجة لتطور علوم الاتصالات في هذه الفترة . أصبح من الممكن استخدام مجموعة من أجهزة التحكم المبرمجة للعمل سويا في شبكة محلية للتحكم في مصنع كما لو كانت جهازا واحدا . وأيضا من الممكن عمل تقارير وافية عن الإنتاج و الصيانة والأعطال بواسطة الوحدات الطرفية مثل الطابعات وتخدم هذه التقارير إدارات المصانع لتحسين معدل الإنتاج ونتيجة لهذه التطورات المذهلة التي حدثت في الفترة الأخيرة حلت أجهزة التحكم المبرمج PLC's محل الميني كمبيوتر Mini Computer في معظم التطبيقات الصناعية .

أما في الثمانينات فتنافست الشركات المصنعة في تطوير صناعة أجهزة التحكم المبرمج وكان

نتيجة التطورات الهائلة في تقنيات صناعة أجهزة التحكم المبرمج PLC's ما يلي :-

١- أصبحت تكلفة الجهاز منخفضة إلى الحد الذي يسمح باستخدامه بدلا من عشرة مفاتيح كهرومغناطيسية ELectromagnetic Relays .

٢- أصبح من الممكن استخدام أجهزة التحكم المبرمج PLC's صغيرة الحجم في التحكم التناظري .

٣- أصبح من الممكن توصيل أجهزة التحكم المبرمج مع أجهزة الدخل التناظرية مثل الإزدواجات الحرارية و أجهزة قياس الرطوبة والانفعال التناظرية ... الخ .

٤- ظهرت أحجام مختلفة من الحاكمات القابلة للبرمجة PLC's فمنها ما يكون عدد مداخلة ومخارجه 10فقط و منها ما يصل عدد مداخلة ومخارجه إلى 8000 . أما سعة ذاكرتها فتبدأ من 1KB (واحد كيلو بايت) .

٥- تم تجزئة أجهزة التحكم المبرمج PLC's إلى أقسام منفصلة Modules بحيث أصبح من الممكن تفصيل جهاز التحكم المبرمج PLC's تبعا لحجم المشروع (العملية الصناعية) .

أما التطورات الهائلة في تقنيات البرمجة لأجهزة التحكم المبرمج PLC's فقد أدت إلى ما يلي :-

١- استخدام لغات يسهل على من ليس له دراية علوم الحاسبات استخدامها .

٢- استخدام لعات عالية المستوى تشبه في نظمها لغة البيسيك Basic .

٣- إمكانية تحديد الأعطال و تعديل البيانات المدخلة أثناء تشغيل العملية الصناعية .

٤- أصبح زمن الاستجابة لأجهزة التحكم المبرمج PLC's يصل إلى ملي ثانية لكل كيلو بايت من برنامج المستخدم .

١-٢ مصطلحات فنية

فيما يلي أهم المصطلحات الفنية في هذا الكتاب :-

١-الإشارة التناظرية Analog Signal

وهي إما أن تكون إشارة جهد أو إشارة تيار و تعطي القيمة العددية للإشارة مدلول عن كمية معينة على سبيل المثال جهد الخرج لمولد تاكو مستمر مثبت على محور دوران المحرك المطلوب قياس سرعته فإذا كان سبة تحويل مولد التاكو 300 RPM/V وكان خرج مولد التاكو 5V يعني هذا أن سرعة المحرك تساوي :-

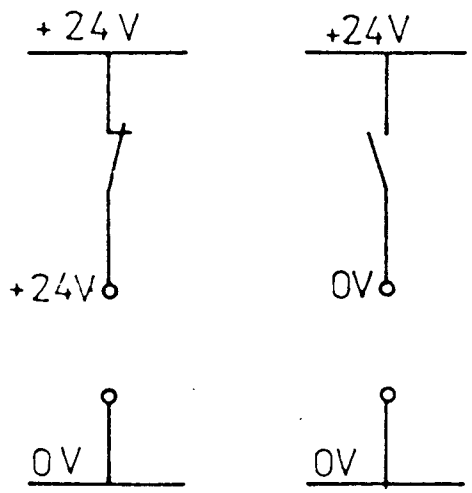
$$N=300*5=1500\ RPM$$

والجدير بالذكر أن إشارات الجهد التناظرية عادة تتراوح ما بين (0 : +10V) أو (0 : 1V) أو

(0 : 5V) أما إشارات التيار التناظرية فعادة تتراوح ما بين (4 : 20 mA) .

٢-الإشارة الرقمية Digital Signal

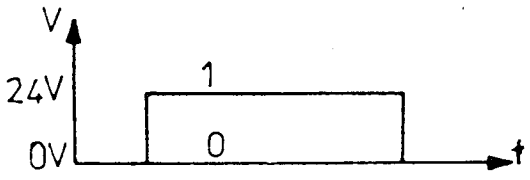
وهي إشارة جهد وتكون قيمة جهد الإشارة الرقمية 0 V أو 24 V على سبيل المثال الجهد المنقول عبر ريشة تلامس فإذا كانت ريشة التلامس مفتوحة كان الجهد المنقول 0 V إذا كانت الريشة مغلقة كان الجهد المنقول 24+V كما هو مبين بالشكل(١-١) .



الشكل (١-١)

٣-حالة الإشارة الرقمية Digital Signal State

فإذا كان جهد الإشارة الرقمية 0 V يقال أن حالة الإشارة 0 أي منخفضة Low و إذا كان جهد الإشارة الرقمية 24 V+ يقال أن حالة الإشارة الرقمية 1 أي عالية High كما هو موضح بالشكل(١-٢) .



الشكل (١-٢)

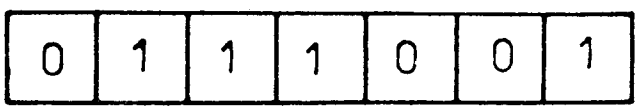
٤-الخانة (البت) BAT

وهو مكان تخزين حالة إشارة رقمية واحدة إما 0 أو 1 كما هو مبين بالشكل (١-٣) .

الشكل (١-٣)

٥-البايت BYTE

يتكون البايت من ثماني خانات 8 Bits يخزن فيهم ثماني إشارات رقمية كما بالشكل (١-٤) .



الشكل (١-٤)

٦-الكلمة WORD

تتكون الكلمة من (16) خانة يخزن فيها حالة (16) إشارة رقمية أي أن الكلمة تتكون من عدد (2) بايت .

٧- المسجلات REGISTER

وهي أماكن لتخزين البيانات في صورة 0 أو 1 وهى تتكون من خانة واحدة أو أربع خانات أو 16 خانة وتوجد المسجلات داخل معالج أجهزة التحكم المبرمج وسيتضح وظيفتها في الباب الثاني .

٨- الأعلام FLAGS

ويطلق عليها أحيانا ريليهات تحكم داخلية Internal Control Relays أو وحدات التخزين الداخلية Markers و يتكون العلم من خانة واحدة Bit و يخزن فيها حالة العمليات الوسيطة في صورة 0 أو 1 و توجد الأعلام في الذاكرة الداخلية لأجهزة التحكم المبرمجة و يستخدم النظام الثماني لترقيم وحدات التخزين الداخلية (الأعلام) على سبيل المثال

F0.0,F0.1,F0.2 ..... 0.7
F1.0,F1.1,F1.2 ..... 1.7
⋮
F100.0,F100.1,F100.2 ..... 100.7
⋮

١-٣ النظم المختلفة للأعداد و الأكواد Number Systems

إن معرفة القارئ بالنظم المختلفة للأعداد و الأكواد يسهل عليه التعامل مع الحاكمات القابلة للبرمجة و أجهزة الحاسبات بصفة عامة و قبل البدء في سرد النظم المختلفة للأعداد والأكواد سنشير إلى بعض المصطلحات التي تستخدم عادة مع نظم الأعداد المختلفة هي :-

١- إن أي عدد يتكون من مجموعة من الخانات Digits

٢- كل نظام أعداد له أساس ثابت و له مجموعة أعداد أساسية

٣- يمكن تحويل أي نظام أعداد إلى النظام العشري للأعداد و المستخدم في حياتنا اليومية و ذلك باستخدام المعادلة التالية

$$Z=A_0B^0+A_1B^1+A_2B^2+\cdots\cdots$$

حيث إن :-

العدد العشري المكافئ Z

الأعداد الأساسية A_0 A_1 A_2

الأساس B

١-٣-١ نظام الأعداد العشرية Decimal Numbers

الأعداد الأساسية 0,1,2,.....,9

الأساس 10

فيمكن القول أن العدد العشري 456 يساوي

$$456=4*10^2+5*10^1+6*10^0$$

ويستخدم النظام العشري في ترقيم عناوين أوامر برنامج المستخدم في بعض أجهزة التحكم المبرمج

١-٣-٢ نظام الأعداد الثنائية Binary Number

الأعداد الأساسية 0.1

الأساس 2

مثال :- حول العدد الثنائي $(10110110)_2$ لمكافئة العشري

$$Z=1*2^7+0*2^6+1*2^5+1*2^4+0*2^3+1*2^2+1*2^1+0*2^0=(182)_{10}$$

و تستخدم بعض أجهزة التحكم المبرمج نظام الأعداد الثنائي للتعامل مع الأعداد .

١-٣-٣ نظام الأعداد الثمانية Octal Numbers

الأعداد الأساسية 0,1,2,.....,7

الأساس 8

مثال :- حول العدد الثماني $(1763)_8$ لمكافئة العشري

$$Z=1*8^3+7*8^2+6*8^1+3*8^0=(1067)_{10}$$

وتستخدم الأعداد الثمانية لترقيم المداخل و المخارج و الأعلام لأجهزة التحكم المبرمج فمثلا إذا كان عدد مداخل جهاز تحكم مبرمج PLC's (24) مدخل و عدد مخارجه (16) مخرج وباعتبار أن I ترمز للمداخل ، Q ترمز للمخارج فإن المداخل و المخارج ترقم كالآتي :-

أولا المداخل :-

I0.0,I0.1,I0.2	0.7
I1.0,I1.1,I1.2	1.7
I2.0,I2.1,I2.2	2.7

ثانيا المخارج :-

Q3.0,Q3.1,Q3.2	3.7
Q4.0,Q4.1,Q4.2	4.7

١-٣-٤ نظام الأعداد السداسية عشري Hexadecimal Number

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

وفيما يلي المكافئ العشري للأعداد الأساسية الست الأخيرة

A=10	D=13
B=11	E=14
C=12	F=15

الأساس 16

مثال :- حول العدد السداسي عشر $(1A6)_{16}$ لمكافئة العشري

$$Z=1*16^2+A*16^1+6*16^0 = (422)_{10}$$

وتستخدم بعض أجهزة التحكم المبرمج النظام السداسي عشر في عنونة أوامر برنـــامج التشـــغيل وكذلك للتعامل مع الأعداد .

١-٣-٥ الأعداد العشرية المكودة ثنائيا (BCD)

يمكن تمثيل الأعداد العشرية بأعداد حيث إن أي عدد عشري أساسي أي يتكون مـــن خانـــة واحدة يمكن تمثيله بعدد ثنائي له أربع خانات .

مثال :- حول العدد العشري $(7493)_{10}$ لعدد عشري مكود ثنائيا

$$(7493)_{10} = (0111\ \ 0100\ \ 1001\ \ 0011)_{BCD}$$

حيث إن :-

0111=7	1001=9
0100=4	0011=3

وتستخدم بعض أجهزة التحكم المبرمج الأعداد العشرية المكودة ثنائيا في التعامل مع الأعداد

١-٣-٦ العمليات الحسابية للأعداد الثنائية

إن العمليات الحسابية المختلفة (الجمع و الطرح و الضرب والقسمة) على الأعداد الثنائية تشـبه مثيلتها على الأعداد العشرية

أ-قواعد الجمع بالنظام الثنائي

1	0	0
+1	+1	+0
10	1	0

الناتج 0والباقي 1

ب- قواعد الطرح بالنظام الثنائي

0	1	1	0
-0	-0	-1	-1
0	1	0	11

الناتج 1 بعد استعارة 1

جـ- قواعد الضرب في النظام الثنائي

1	1	0	0
*1	*0	*1	*0
1	0	0	0

د - قواعد القسمة في النظام الثنائي

0/1=0

1/1=1

١-٤ الأنواع المختلفة للحاكمات

يوجد نوعان من الحاكمات المستخدمة في التحكم في العمليات الصناعية و ذلك تبعا لنظرية عملها و هما كما يلي :-

١-حاكمات غير قابلة للبرمجة .

٢-حاكمات قابلة للبرمجة .

١-٤-١ الحاكمات غير القابلة للبرمجة

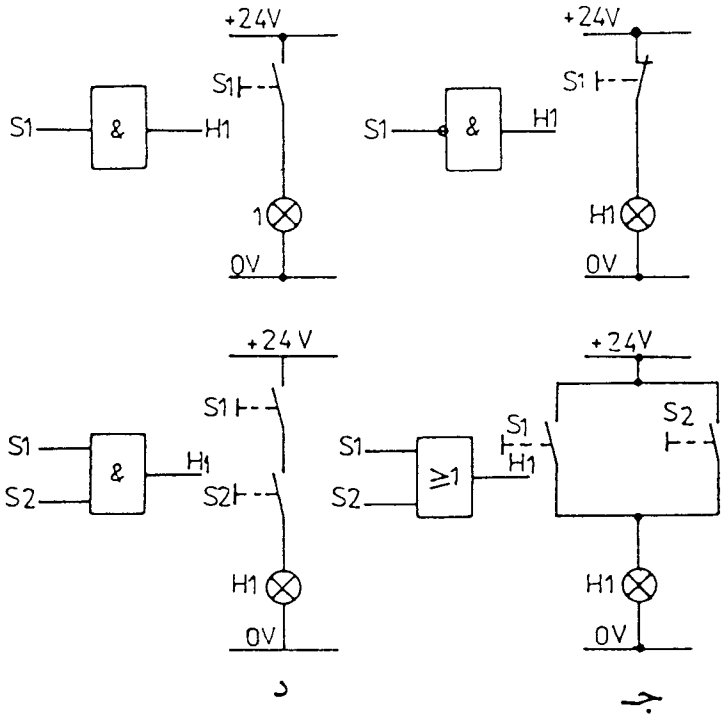
وهذه الحاكمات إما دوائر منطقيةLogic Circuits أو دوائر تحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية Electromagnetic Circuits أما دوائر التحكم المنطقية فهي تتكون من عناصر إلكترونية توصل معا مثل البوابات المنطقية Logic Gates والقلابات Flip-Flops و العدادات Countersو المؤقتات الزمنية Timers...الخ

أما دوائر التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية فتحتوي على الأجهزة التالية مفاتيح كهرومغناطيسية Electromagnetic Relays والمؤقتات الزمنية والعدادات...الخ

و الشكل (١-٥) يبين البوابات المنطقية الأساسية و مكافئها من دوائر التحكم بالمفاتيح ففي الشكل (أ) فإن اللمبة H1 تساوي 1 إذا كانت حالة S1 تساوى 0 والعكس بالعكس ويمكن

تمثيل ذلك ببوابة (NOT) مدخلها S1 و مخرجها H1 .

وفي الشكل (ب) فإن اللمبة H1 تضيء عند الضغط على الضاغط S1 وتنطفئ عند إعـــادة الضاغط S1لوضعه الطبيعي أي أن حالة H1 تكون 1 عندما تكـــون حالـــة S1 مســـاوية 1 والعكس بالعكس و يمكن تمثيل ذلك ببوآبة (YES) مدخلها S1 ومخرجها H1 وفي الشكل جـــ فإن اللمبة تضئ عند الضغط علي الضاغط S1 أو الضاغط S2أو كليـــهما أي أن حالـــة H1 تكون 1إذا كان حالة الضاغط S1 أو الضاغط S2أو كليهما يساوي 1ويمكن تمثيل ذلك ببوابـة ORمداخلها S1,S2 و مخرجها H1 .

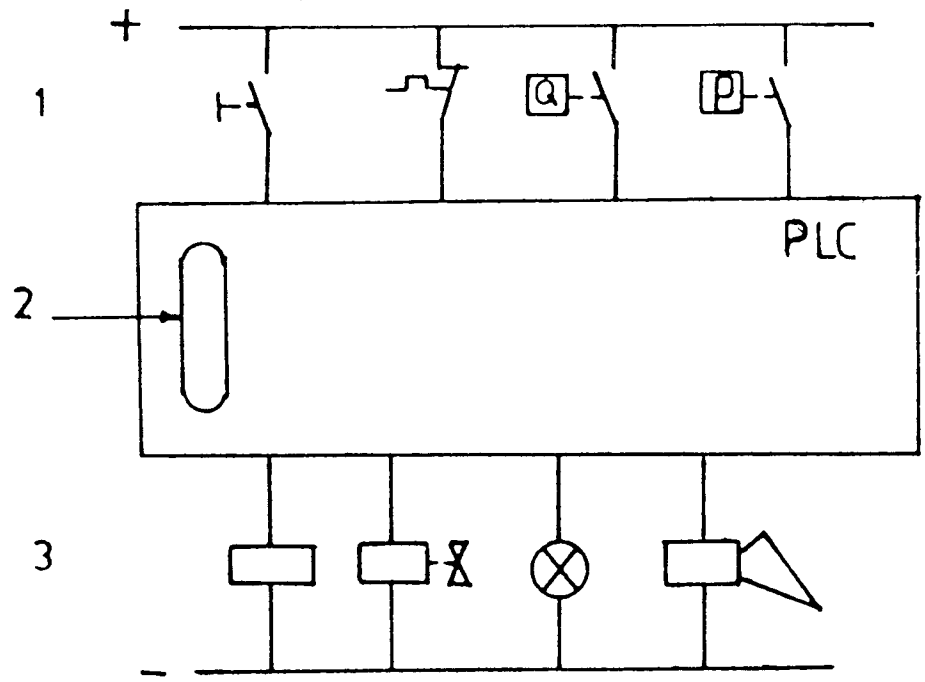


الشكل (١-٥)

١-٤-٢ الحاكمات القابلة للبرمجة

إن PLC هي اختصار Programlable Logic Controller أي جهاز التحكم المـــبرمج وأجهزة التحكم المبرمج هي أجهزة إلكترونية رقمية تستخدم ذاكرة قابلة للبرمجة لتخزين برنـــامج المستخدم و الذي يتكون من مجموعة من الأوامر لتحقيق وظائف معينة مثـــل البوابـــات المنطقيـــة والمؤقتات الزمنية و العدادات والعمليات الحسابية والمنطقية الخ وذلك للتحكـــم في العمليـــات الصناعية وفي الشكل (١-٦) مخطط توضيحي لجهاز تحكم مبرمج وكما هو واضح من هذا الشكل أن جهاز التحكم المبرمج له عدة مداخل توصل مع أجهزة المداخل مثل الضواغط والمفاتيح ومفاتيح

نهاية المشوار و المفاتيح التقاربية ومفاتيح العوامات الخ وله أيضا عدة مخارج توصل مع أجـــهزة المخارج مثل ملفات الكونتاكتورات Contactors ولمبات البيان و المحابس الكهربية والأبـــواق الخ وله أيضا مدخل لتوصيل جهاز البرمجة وذلك لإمكانية إدخال برنـــامج المســتخدم حـــتى يستعرض ذاكرته الداخلية .



الشكل (١-٦)

محتويات الشكل (١-٦) :-

أجهزة المداخل	1
مكان توصيل كابل جهاز البرمجة	2
أجهزة المخارج	3
جهاز التحكم المبرمج	4

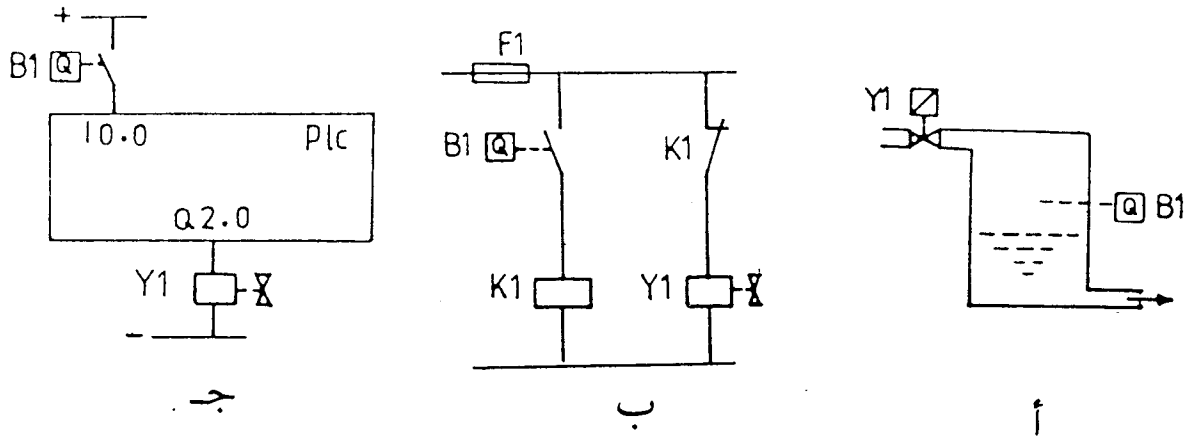
١-٤-٣ مقارنة بين الحاكمات القابلة للبرمجة ودوائر التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية

لمعرفة الفرق بين الحاكمات القابلة للبرمجة و دوائر التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيســـية إليـــك المثال التالي المبين بالشكل (١-٧) .

فالشكل (أ) يعرض المخطط التقني لعملية صناعية بسيطة تتلخص في أن المحبس الكهربي Y1 يفتـــح عندما يكون مستوى السائل في الخزان أقل من مستوى العوامـــة B1 وفى الشـــكل (ب) دائـــرة

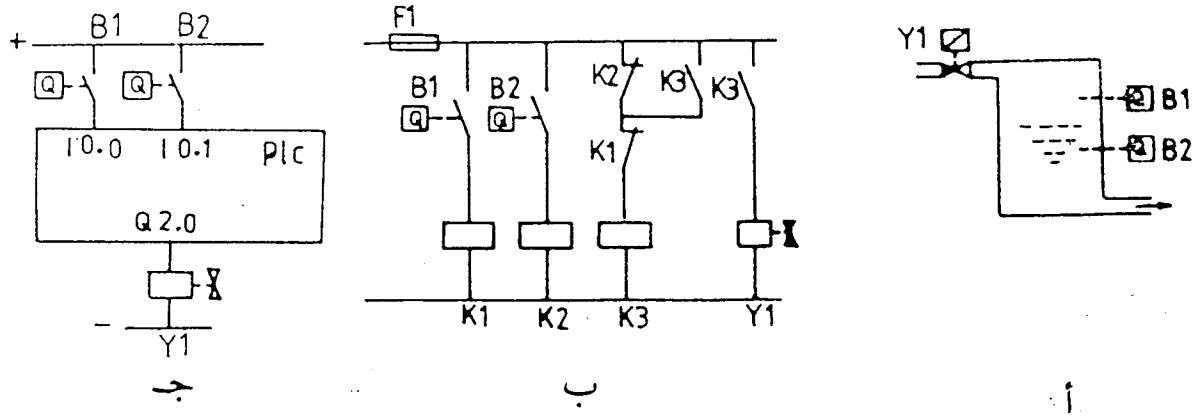
التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية والمستخدمة فى تحقيق الأداء المطلوب و فيما يلي قائمة الجمـــل البرنامج المستخدم المطلوب إدخاله

العملية	البيانات
A	I0.0
=	Q2.0



الشكل (١-٧)

ولو افترضنا أننا نود تعديل أداء العملية الصناعية و ذلك بإضافة عوامة أخرى أسفل الخزان كما هو مبين بالشكل (١-٨) .



الشكل (١-٨)

بحيث أن المحبس Y1 لا يفتح إلا عندما ينخفض مستوى السائل في الخزان عـــن العوامـــة B2 ويستمر على هذا الحال إلى أن يمتلئ الخزان بالماء وصولا إلى العوامة B1 و لتحقيق هذا الأداء يلزم تعديل دائرة التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية السابقة لتصبح كما بالشكل (ب) في حين أنة عنـد استخدام جهاز تحكم مبرمج فإنه يتم تعديل مخطط التوصيل مع الجهاز ليصبح كما بالشـــكل (ج)

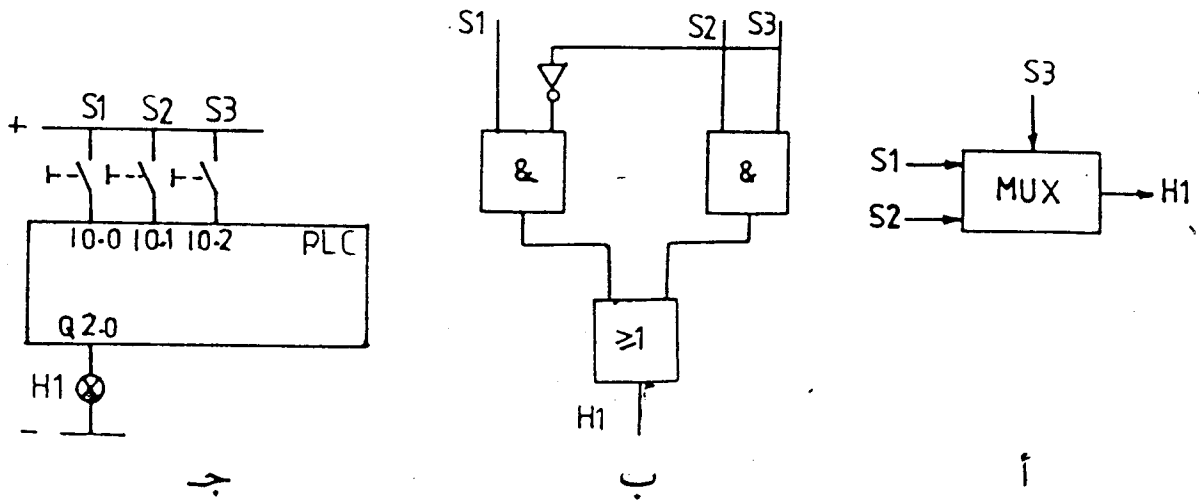
ويعدل قائمة الجمل لبرنامج المستخدم المطلوب إدخاله لتصبح كما يلي :-

العملية	البيانات
A(	
ON	I1.0
O.	Q2.0
)	
AN	I2.0
=	Q2.0

ومن هذا المثال يتضح أنه لإجراء عملية التعديل عند استخدام دوائر التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية نحتاج لتعديل دائرة التحكم باستخدام مفتاحين كهرومغناطيسين K2,K3 بالإضافة إلى مفتاح العوامة B3 مع تعديل التوصيل ولكن عند استخدام جهاز التحكم المبرمج لم نحتاج إلا لتعديل البرامج فقط و لم نحتاج لتعديل مخطط التوصيل للجهاز سوى إضافة مفتاح عوامة يوصل بأحد مداخل جهاز التحكم المبرمج الغير مستخدمة ومن هذا يتضح مرونة أجهزة التحكم المبرمج عن دوائر المفاتيح الكهرومغناطيسية .

١-٤-٤ مقارنة بين الحاكمات المبرمجة والدوائر المنطقية

لمعرفة الفرق بين الحاكمات القابلة للبرمجة والدوائر المنطقية إليك المثال التالي المبين بالشكل(١-٩).



الشكل(١-٩)

الشكل (أ) يبين الرمز المنطقي لمنتخب بيانات Multiplexer بمدخلين S1,S2 و الشكل (ب)

يبين الدائرة المنطقية المكافئة و يقوم منتخب البيانات بإخراج حالة المدخل الذي عنوانه يحدد بحالة الإشارة القادمة من دخل العنوان S3 فمثلا إذا كانت الإشارة 0 فإن حالة المدخل S1 تنتقل إلى H1 فإذا كانت حالة المدخل S1 هي الحالة 0 فإن اللمبة H1 ستنطفئ و إذا كانت حالة المدخل S1 هي 1 فإن اللمبة H1 ستضيء أما إذا كانت الإشارة القادمة من S3 هي 1 فإن حالة المدخل S2 ستنتقل إلى H1 والجدول (١-١) يوضح ذلك .

الجدول (١-١)

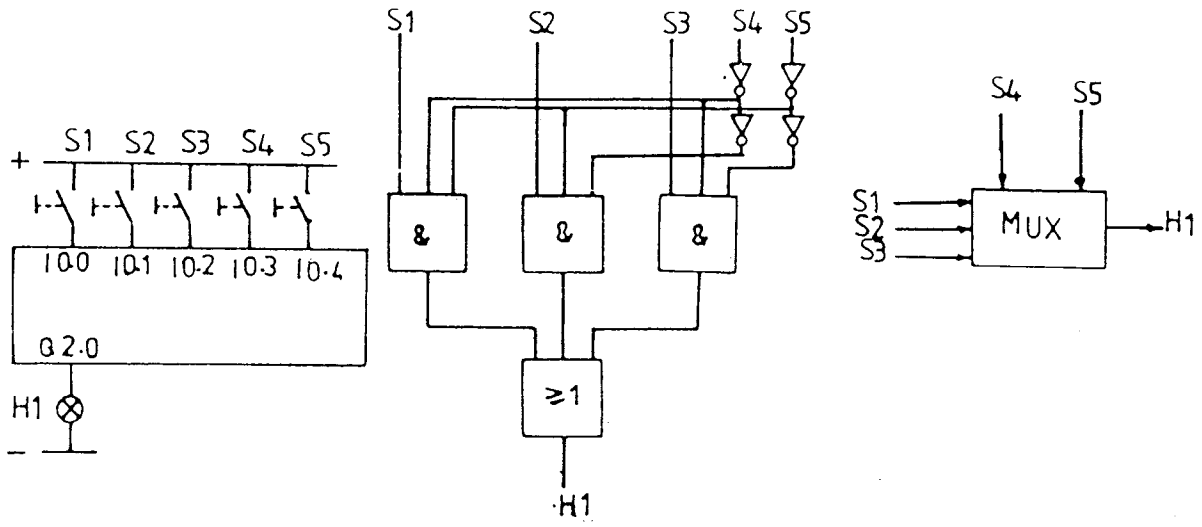
العنوان S3	الخرج H1
0	S1
1	S2

ويمكن تحقيق عمل منتخب البيانات باستخدام جهاز التحكم المبرمج و الشكل (ج) يوضح مخطط التوصيل بالجهاز وفيما يلي قائمة الجمل لبرنامج المستخدم المطلوب إدخاله .

العملية	البيانات
A	I 0.0
AN	I 0.2
O	
A	I 0.3
A	I 0.2
=	Q 2.0

فإذا احتجنا لتعديل عدد مداخل منتخب البيانات ليصبحوا ثلاثة مداخل بدلا من مدخلين فإن هذا يلزمه تعديل في الدائرة المنطقية كما هو مبين بالشكل (١-١٠) .

ففي الشكل (أ) الرمز المنطقي لمنتخب بيانات بثلاثة مداخل وفي الشكل (ب) الدائرة المنطقية المكافئة وفي الشكل (ج) مخطط التوصيل مع جهاز PLC .



جـ ب أ

الشكل (١-١٠)

وفيما يلي قائمة الجمل لبرنامج المستخدم المطلوب إدخاله .

البيانات	العملية
I 0.0	A
I 0.3	AN
I 0.4	AN
	O
I 0.1	A
I 0.3	A
I 0.4	AN
	O
I 0.2	A
I 0.3	AN
I 0.4	A
Q 2.0	=

وفي هذا المثال يلاحظ أنة لبناء منتخب بيانات بمدخلين احتجنا لأربعة بوابات منطقية و لتعديل منتخب البيانات ليصبح بثلاث مداخل بدلا من مدخلين احتجنا لثماني بوابات بدلا من أربع مع تعديل مخطط التوصيل كليا أما عند استخدام جهاز PLC لم نحتاج إلا لتعديل البرنامج و لم نحتاج لتعديل مخطط التوصيل لجهاز PLC سوى زيادة عدد المداخل وهو مطلوب أيضا في الدائرة المنطقية ومن هنا يتضح مرونة أجهزة التحكم المبرمج في التحكم عن الدوائر المنطقية .

١-٤-٥ مميزات أجهزة التحكم المبرمج

هناك الكثير من المميزات نذكر منها ما يلي :-

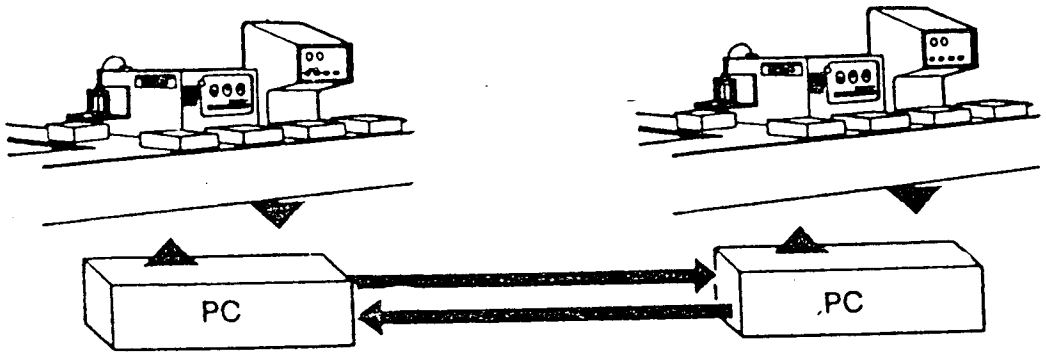
١- التحكم المرن :- والمقصود بالتحكم المرن هو سهولة تغيير أداء العمليات الصناعية لمواكبة أي توسعات و ذلك بتعديل برنامج التشغيل و ذلك موضح بالتفصيل في الفقرة ١-٤-٣ والفقرة ١-٤-٤ .

٢-الصيانة واكتشاف الأعطال :- إن أجهزة التحكم المبرمج هي أجهزة إلكترونية لذلك فهي لا تحتاج لصيانة و هي معدة لإعطاء بيان عن أعطالها تماما مثل أجهزة الحاسبات .

٣-صغر الحجم مع إمكانياتها العالية :- إن أجهزة التحكم المبرمج صغيرة جدا مقارنة بالأنواع الأخرى من الحاكمات . فيمكن القول أن أجهزة التحكم المبرمج أبعاده 15*20*30 cm يمكن أن يحل محل 400 مفتاح كهرومغناطيسي ، 30 عداد ، 30 مؤقت بالإضافة إلى قدراته العالية للقيام بالعمليات الحسابية والمنطقية و المقارنة . . . الخ .

٤- خصائصها لا تتوفر في أجهزة الحاسبات المعتادة :- إن أجهزة التحكم المبرمج معدة للعمل في البيئة الصناعية التي تتميز باختلاف كبير في درجات الحرارة والرطوبة ووجود ضوضاء عالية و اهتزازات شديدة و كذلك فهي مصممة علي أن يقوم بتركيبها و برمجتها مهندس الموقع مثل المهندسين الكهربائيين الذين ليس لدهم مهارات خاصة بالإلكترونيات الرقمية ولا علوم الحاسب

٥- يمكن أن تعمل داخل شبكة :- يمكن استخدام مجموعة من أجهزة التحكم المبرمج للتحكم في الماكينات المختلفة المكونة لخطوط الإنتاج ثم الربط بين هذه الأجهزة بواسطة شبكة محلية LAN يتم من خلالها تبادل البيانات اللازمة للتشغيل و الشكل (١-١١) يبين خطي إنتاج يتم التحكم في كل منهما بجهاز تحكم مبرمج PC و يتم تبادل البيانات بين جهازي التحكم المبرمج من خلال شبكة اتصالات محلية .

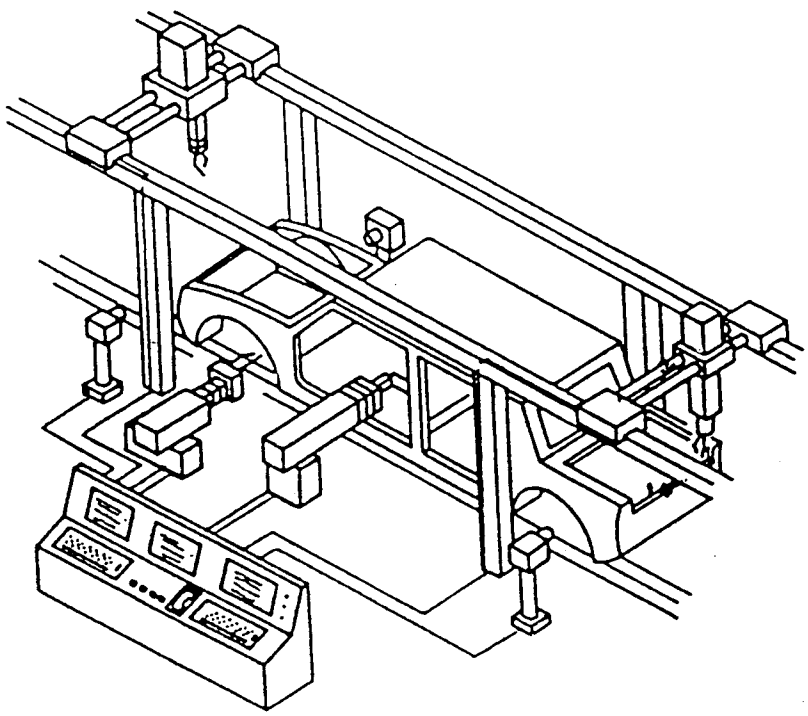


الشكل (١-١١)

١-٤-٦ استخدام أجهزة التحكم المبرمج

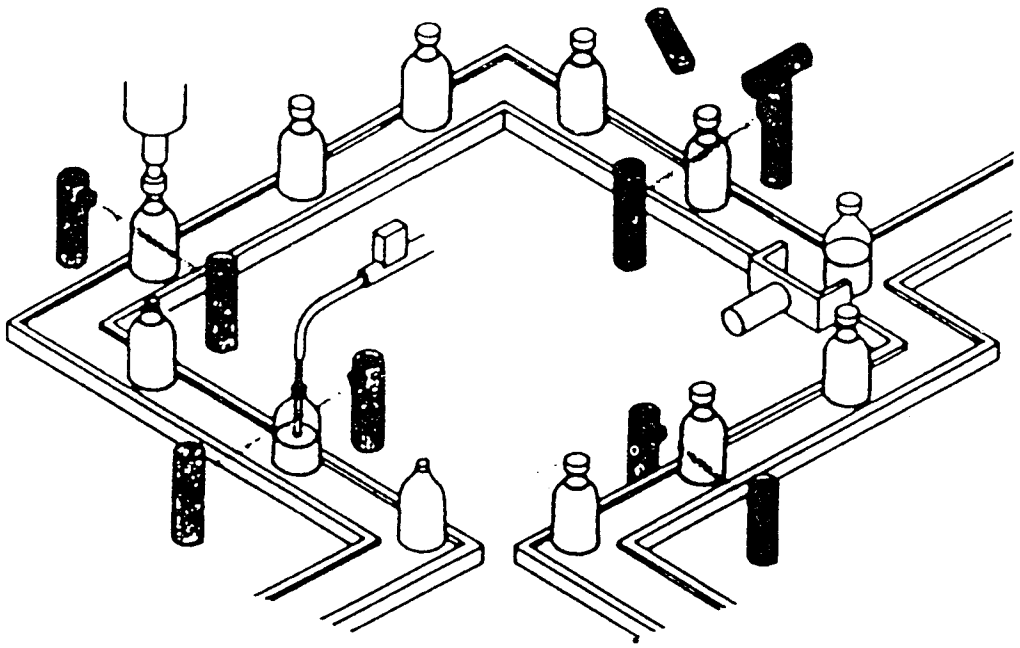
شملت استخدامات أجهزة التحكم المبرمج جميع ميادين الصناعة تقريبا على سبيل المثال صناعة الزجاج و الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية و صناعة الحديد والصلب وصناعة الورق وصناعة الأغذية والأدوية و صناعة السيارات ومحطات توليد الكهرباء الخ .

والشكل (١-١٢) يعرض مخطط توضيحي لوحدة لحام أتوماتيكية تستخدم في أحد مصانع السيارات ويمكن التحكم فيها بواسطة جهاز تحكم مبرمج PLC .



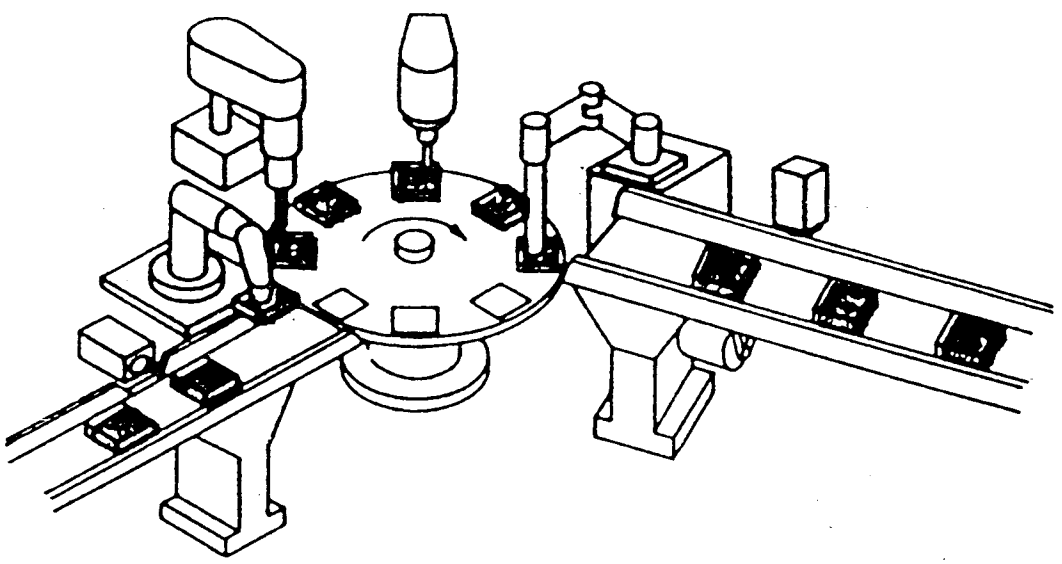
الشكل(١-١٢)

والشكل (١-١٣) يعرض مخطط توضيحي لوحدة تعبئة قارورات في أحد مصـــانع الأدويـــة تستخدم جهاز تحكم مبرمج حيث يتم في هذه الوحدة عـــدة عمليـــات مثـــل تحديـــد مواقـــع Detection وفحص Inspection ومراقبة Monitoring وعد Counting وإعطاء تقـــارير Documentation .



الشكل (١-١٣).

والشكل (١-١٤) يعرض مخطط توضيحي لطاولة تقسيم Indexing في أحد الورش تستخدم جهاز تحكم مبرمج .



الشكل (١-١٤)

١-٥ تركيب أجهزة التحكم المبرمج

يتركب جهاز التحكم المبرمج PLC من :-

١- معالج العمليات الحسابية CPU .

٢- وحدات ربط المداخل الرقمية Digital Input Interface .

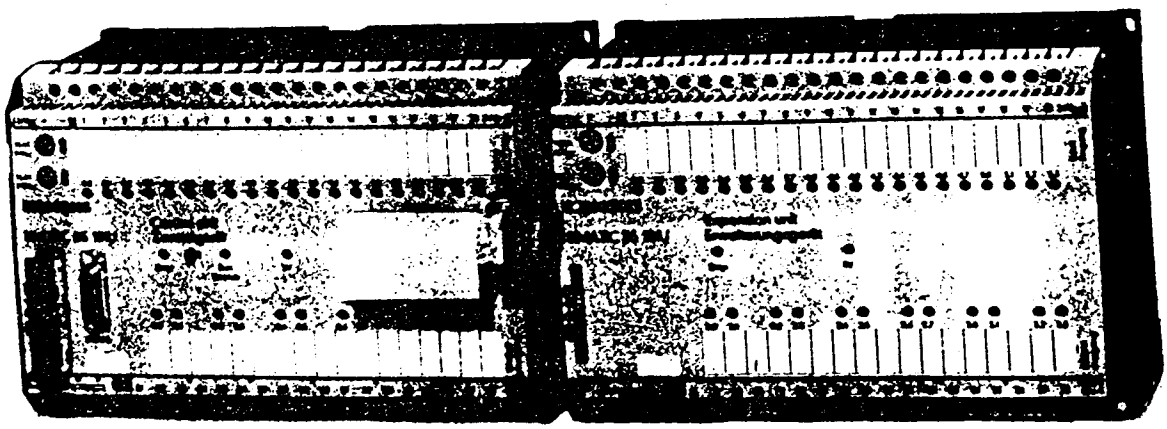
٣- وحدات ربط المداخل التناظرية Analog Input Interface .

٤- وحدات ربط المخارج الرقمية Digital Output Interface .

٥- وحدات ربط المخارج التناظرية Analog Output Interface .

و يوجد نوعان من أجهزة التحكم المبرمج وهما :-

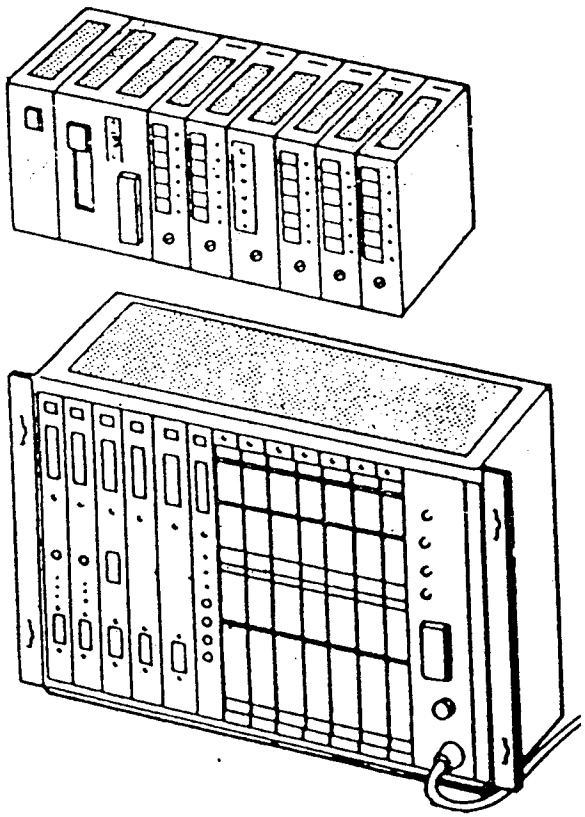
النوع الأول :- هي أجهزة التحكم المبرمج المتكاملة Compact type حيث توجد جميع العناصر السابقة في غلاف واحد و تستخدم هذه الأجهزة للتحكم في العمليات الصناعية الصغيرة والشكل (١-١٥) يعرض نموذج لجهاز تحكم مبرمج متكامل من صناعة شركة Siemens طراز S5-101U وموصل معه وحدة توسعه Expansion type لزيادة عدد المداخل والمخارج فالجهاز الأساسي Control unit (الأيسر) يحتوي على 12 مدخل و 20 مخرج رقمي .



الشكل (١-١٥)

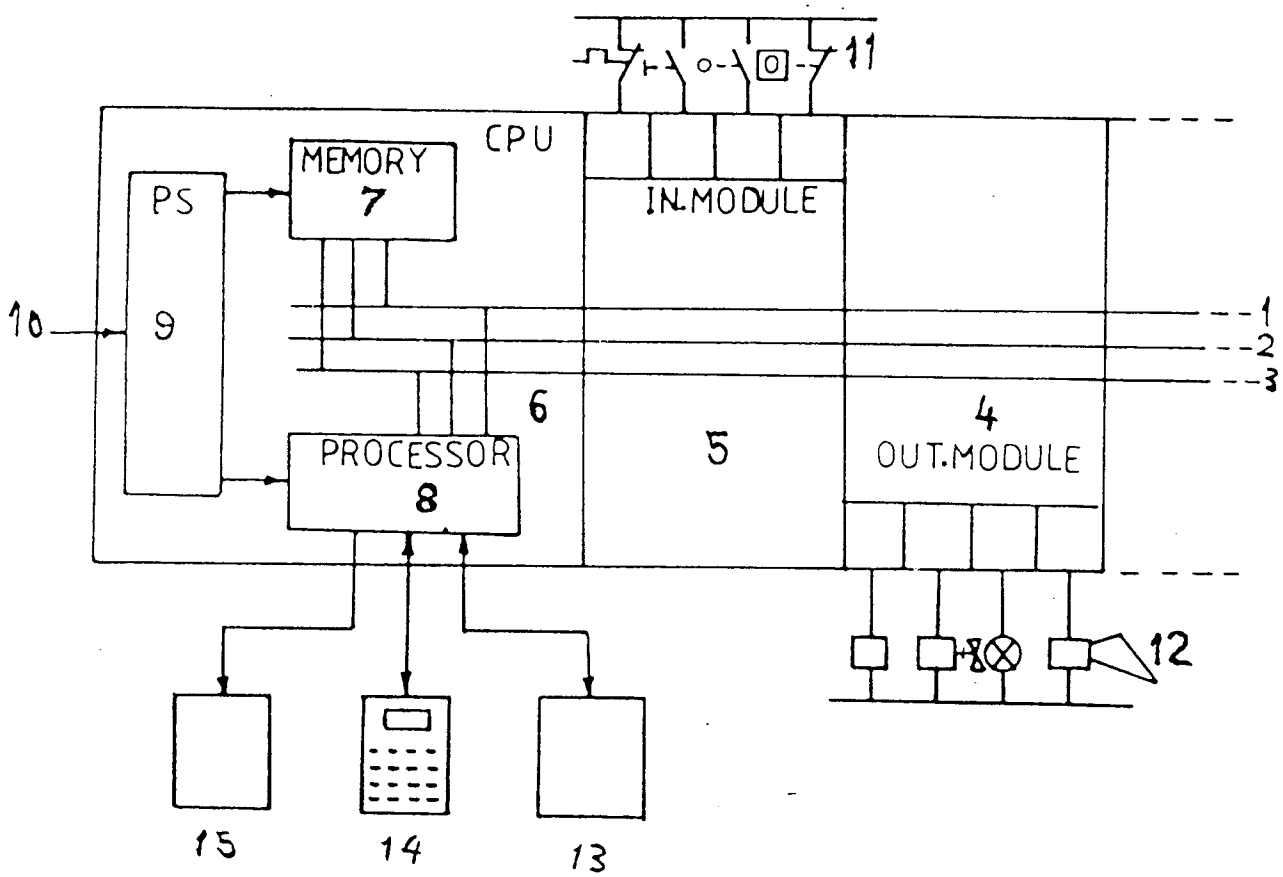
النوع الثاني:- أجهزة تحكم مبرمج مجزأة Moduled Type حيث يخصص غلاف لكل عنصر من العناصر المكونة لجهاز التحكم المبرمج و يسمى Module فيوجد موديول لمصدر القدرة Power Supply وموديول لوحدة المعالجة المركزية CPU وموديول مداخل رقمية Digital Input وموديول مخارج رقمية Digital Output وموديول مداخل تناظرية Analog Input وموديول مخارج تناظرية Analog Output بالإضافة إلى مجموعة من موديولات الوظائف

الخارجية مثل موديول عداد خارجي وموديول مؤقت خارجي و موديول أعطال خارجي وموديول طابعة الخ و الشكل (١-١٦) يعرض نموذجين توضيحين لأجهزة التحكم المبرمج المجزأة .



الشكل (١-١٦)

وفي الشكل (١-١٧) مخطط مبسط يبين تركيب أجهزة التحكم المبرمج بصفة عامة .



الشكل (١-١٧)

حيث أن :-

مسار جهد 9V+	1	مصدر القدرة	9
مسار الأرضي GND	2	المصدر الكهربي	10
مسار البيانات DATA	3	أجهزة مداخل رقمية	11
وحدة ربط المخارج الرقمية	4	أجهزة مخارج رقمية	12
وحدة ربط المداخل الرقمية	5	ذاكرة خارجية	13
وحده المعالجة المركزية	6	وحدة البرمجة	14
الذاكرة الداخلية	7	طـــــابعـــة	15
المعـــالـــــج	8		

والشكل (١-١٨) يبين مخطط توضيحي لجهاز تحكم مبرمج من النوع المتكامل مزود بعدد 2بايت مداخل وهم:- 0.7 I 0.0 , I 0.1

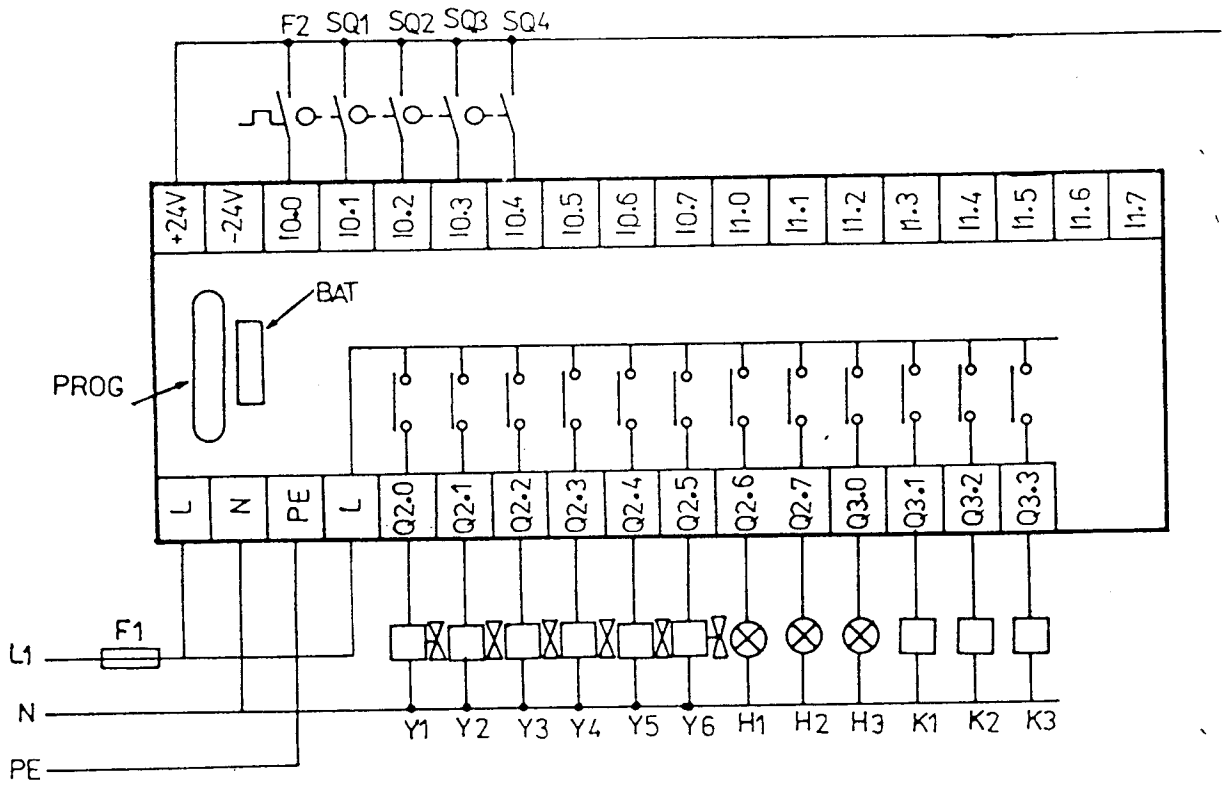
1.7 I1.0 , I 1.1

I 2.0 , I 2.1 2.7

و عدد بايتين مخارج رقمية و هم :-

Q3.0 ,Q3.1 , 3.7

Q4.0 ,Q4.1 4.7



الشكل (١-١٨)

وكذلك فإن هذا الشكل يوضح أجهزة المداخل الرقمية Input Devices بمداخل الجهاز حيث يتم تغذيتها بجهد +24V من مصدر جهد داخلي بالجهاز وكذلك فإن هذا الشكل يوضح طريقة توصيل أجهزة المخارج الرقمية Output Devices بمخارج الجهاز كذلك طريقة تغذيه الجهاز بمصدر جهد 220V متردد .

١-٥-١ معالج العمليات المركزية CPU

يتكون معالج العمليات المركزية CPU من ثلاثة عناصر وهم :-

أ- الذاكرة Memory

ب-المعالج Processor

ج- مصدر القدرة Power Supply

علما بأن بعض الشركات المصنعة لأجهزة التحكم المبرمج تفصل مصدر القدرة عن معالج العمليات المركزية CPU .

أولا الذاكرة الداخلية

تصنع ذاكرة أجهزة التحكم المبرمج الداخلية من شرائح أشباه الموصلات Semi Conductors Chips وهناك نوعان من أشباه الموصلات المكونة للذاكرة الداخلية للجهاز التحكم المبرمج وهما:-

١-ذاكرة القراءة العشوائية ROM :-

ويخزن في هذه الذاكرة نظام التشغيل لجهاز التحكم المبرمج وهذه الذاكرة لا يستطيع المستخدم الوصول إلى محتوياتها كما أن هذه الذاكرة تحتفظ بمحتوياته تحت أي ظروف .

٢-ذاكرة القراءة و الكتابة العشوائية RAM:-

وهذه الذاكرة تفقد محتوياتها إذا انقطع مصدر التيار الكهربي عنها و يمكن الاحتفاظ بمحتوياتها عند انقطاع مصدر التيار الكهربي عنها باستخدام بطارية لها مكان معد في أجهزة التحكم المبرمج . وتقاس سعة أجهزة التحكم المبرمج بسعة RAM لها فإذا كانت سعة جهاز تحكم مبرمج 1KB يعني هذا أن سعة ذاكرة RAM له 1024 B و يخزن في ذاكرة RAM حالة المداخل والمخارج اللحظية والقيمة الجارية للمؤقتات والعدادات وحالة وحدات الذاكرة الداخلية Flags و الشكل (١-١٩) يبين محتويات الذاكرة الداخلية و يلاحظ أن الذاكرة الداخلية تقسم إلى عدة أقسام لتخزين حالات كلا من :-

١-المداخل الرقمية
٢-المدخل التناظرية
٣-المخارج الرقمية
٤-المخارج التناظرية
٥-القيمة الجارية للمؤقتات
٦-القيمة لجارية للعدادات
٧-حالة الأعلام
٨-برنامج التشغيل .

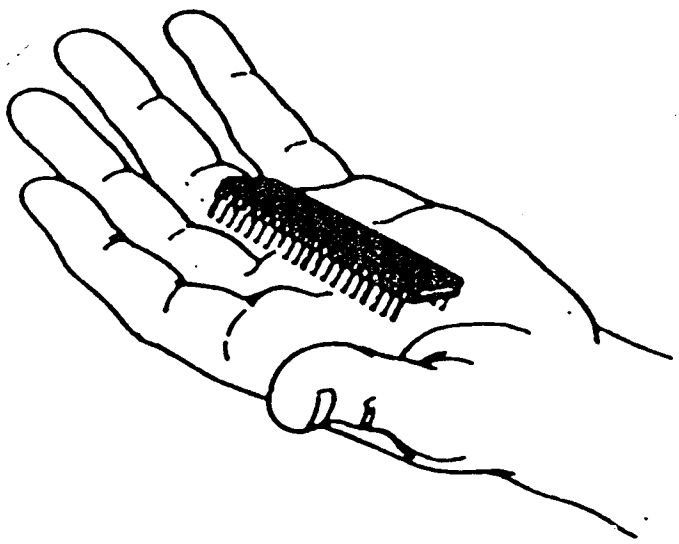
حالة المداخل الرقمية
حالة المداخل التناظرية
القيمة الجارية للمؤقتات
القيمة الجارية للعدادات
حالة الأعلام
برنامج التشغيل
بيانات النظام

الشكل (١-١٩)

ثانيا المعالج Processor

يصنع المعالج من شرائح أشباه الموصلات و يقوم المعالج بالتحكم في تنفيذ برنامج المستخدم آخذا في الاعتبار حالة المداخل اللحظية و كذلك القيمة الجارية للمؤقتات الزمنية و العدادات و كذلك حالة الأعلام ثم إعطاء أوامر تشغيل المخارج والتي تستقر في المساحة المخصصة لحالة المخارج اللحظية في الذاكرة الداخلية RAM ومنها الي وحدة ربط المخارج ثم الي أجهزة المخارج و سيتضح وظيفة المعالج عند دراسة دورة التشغيل في الفقرة (١-٧)

والشكل (١-٢٠) يعرض صورة لشريحة المعالج 8088 بعد نزعها من جهاز PLC .



الشكل (١-٢٠)

أما الشكل (١-٢١) فيعرض موديول وحدة معالجة مركزية طراز CPU 103 من إنتاج شركة Siemens

وفيما يلي أهم مواصفاته الفنية :-

سعة الذاكرة الداخلية RAM

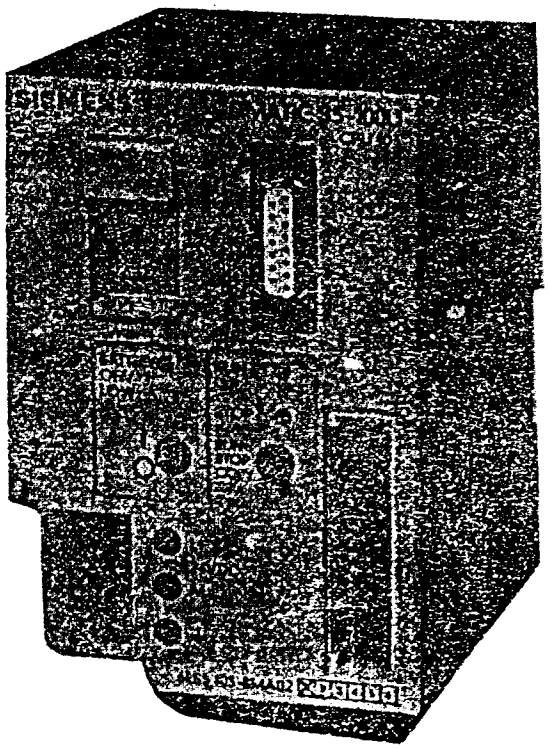
10240 جملة

الذاكرات الخارجية التي تستخدم معها

EPROM / EEPROM

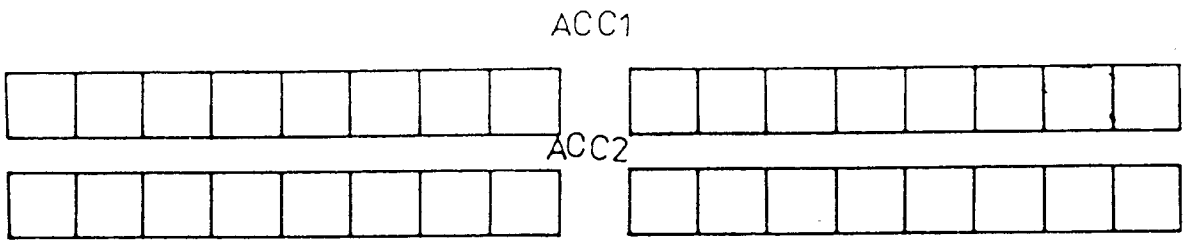
زمن تنفيذ العمليات الثنائية 1.6

زمن تنفيذ عمليات الكلمات	125
زمن المسح	500ms
عدد الأعلام المتاحـــة	2560
عدد المؤقتات المتاحة	128
عدد العدادات المتاحة	128
عدد المداخل والمخارج الرقمية المتاحة	256
عدد المداخل والمخارج التناظرية المتاحة	32
جهد المصدر	+24 V
التيار المستهلك	1A
نوع البطارية المستخدمة معه	ليثيوم



الشكل (١-٢١)

ويحتوي CPU علي مركمين 2 Accumulators كلا منهما يتكون من 16 خانـــة و هـمـا يستخدما في إجراء العمليات الحسابية و المنطقية و المقارنة والنقل و التحميل و الشـــكل (١-٢٢) يبين مركمي جهاز التحكم المبرمج و كذلك يحتوي CPU علي أربعة مســجلات Condition Registers وهما كما يلي :-



الشكل (١-٢٢)

١-مسجل حالة العمليات الثنائية RLO :- ويخزن فيه نتيجـــة العمليـــة الثنائيـــة Binary Operation.

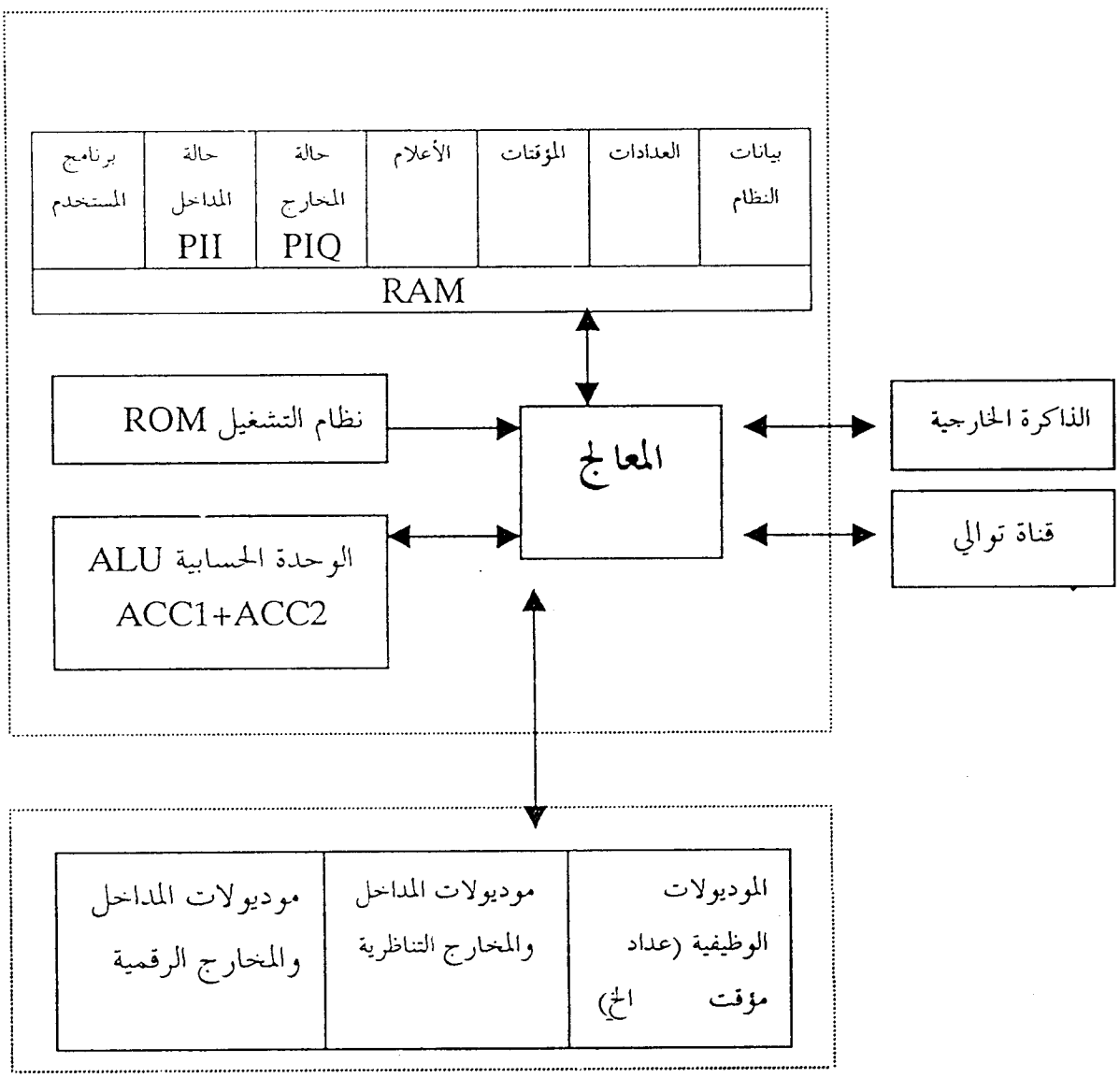
٢-مسجل الحالة الموجبة CC1 :- وتكون حالته 1 عندما تكون نتيجة العمليـــة الحســـابية أو الإزاحة أو التحويل موجبة .

٣-مسجل الحالة السالبة CC0 :- وتكون حالته 1 عندما تكون نتيجة العملية الحســـــابية أو

الإزاحة أو التحويل سالبة .

٤-مسجل العمر OVF :- وتكون حالته 1 عندما يكون هناك باقي بعد إجراء العملية الحسابية أو الإزاحة أو التحويل .

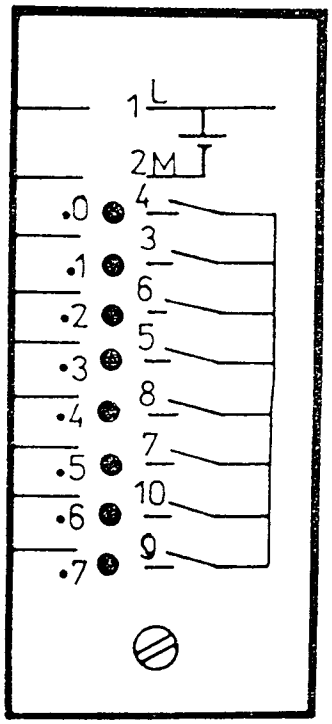
والشكل (١-٢٣) يبين مخطط الوظيفة لجهاز التحكم المبرمج SS-100U من إنتاج شركة Siemens



الشكل (١-٢٣)

١-٥-٢ وحدة ربط المداخل الرقمية Digital Input Interface

وهذه الوحدة مسئولة عن جهد الإشارات القادمة من أجهزة المداخل لتتناسب مع جهد التشغيل للـ CPU والذي يساوي 9V+ و الشكل (١-٢٤) يعرض موديول مداخل رقمية من إنتاج شركة Siemens .



الشكل (١-٢٤)

و فيما يلي أهم مواصفاته الفنية :-

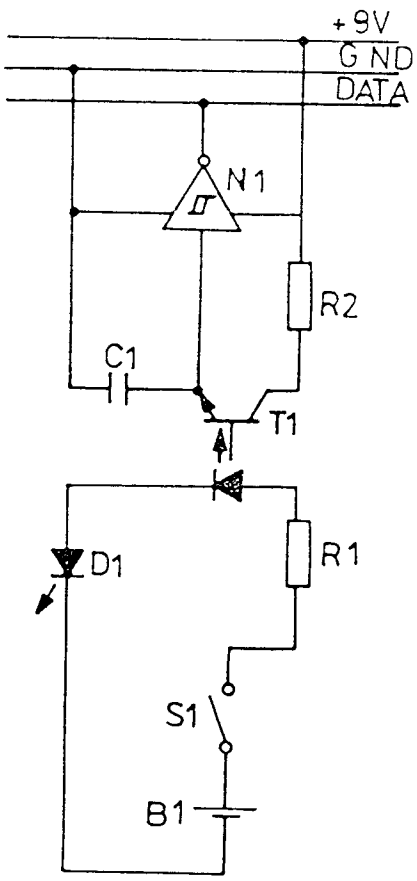
عدد المداخل المتاحة	8
جهد المصدر	+24 V
جهد الإشارة العالية	13:33 V
جهد الإشارة المنخفضة	0:5 V

أما الشكل (١-٢٥) فيوضح فكرة عمل موديول ربط المداخل الرقمية فعندما تغلق ريشة جهاز المداخل الرقمية S1 يضيئ الدايور الضوئي D1 للدلالة على وصول إشارة عالية وكذلك يضئ الدايور الضوئي D2 فيتحول الترانزيستور الضوئي T1 لحالة الوصل وتصل نبضة عالية عبر بوابة النفي لشميت N1 إلى مسار البيانات DATA لتصل إلى CPU الموصل مع نفس المسار .

١-٥-٣ وحدة ربط المخارج الرقمية

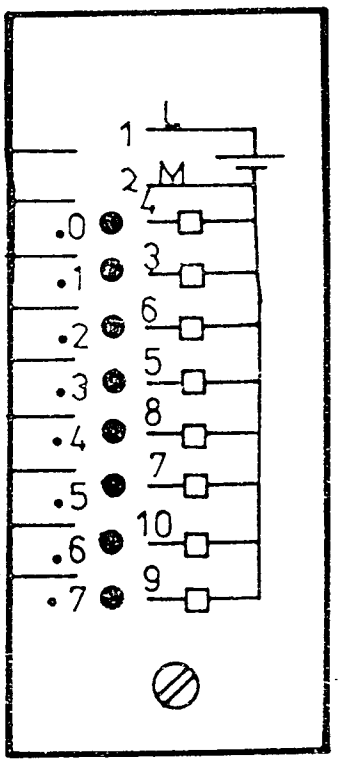
Digital Output Module

و هي الوحدة المسئولة عن تهيئة جهد الإشارات القادمة من CPU حتى يناسب عمل أجهزة المخارج الرقمية مثل الكونتاكتورات أو لمبات البيان أو الصمامات الكهربية أو الصمامات الإتجاهيه أو الأبواق .



الشكل (١-٢٥)

والشكل (١-٢٦) يعرض موديول مخارج رقمية من إنتاج شركة Siemens .



الشكل (١-٢٦)

أهم مواصفاته الفنية :-

عدد المخارج المتاحة	8
جهد المصدر	+24 V
جهد الخرج العالي	+24 V
جهد الخرج المنخفض	+4.8 V
أقصى ترد للوصل و الفصل	100 HZ
أقصى تيار مسحوب من أجهزة المخرج كلها	4A
تيار الخرج الأقصى للمخرج الواحد	1A
لا يوجد حماية ضد القصر على المخارج	
نوعية الخرج	ترانزيستور

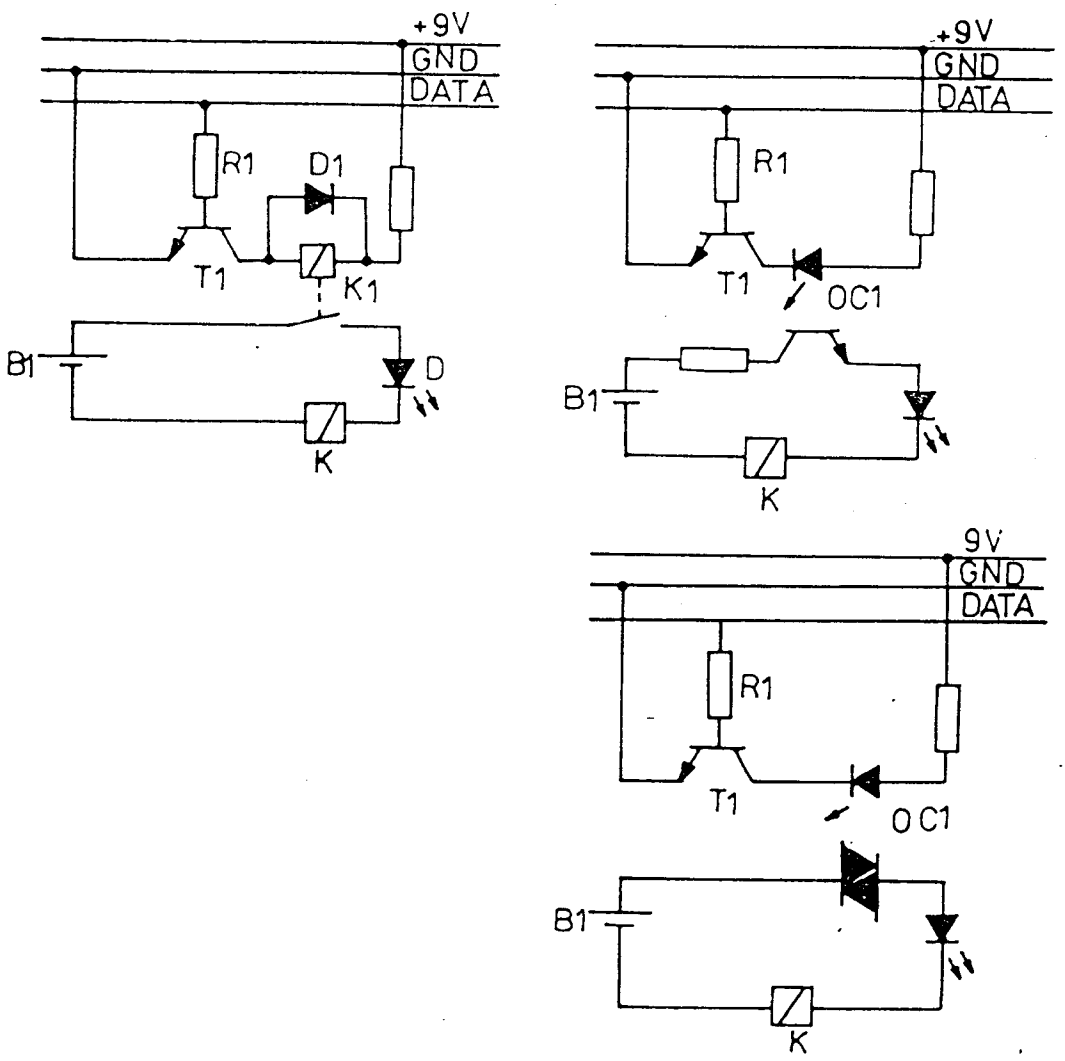
والجدير بالذكر أنة يوجد ثلاثة أنواع لمخارج وحدات الربط الرقمية وهم :-

١-خرج على مفتاح كهرومغناطيسي (ريلاي) Relay

٢-خرج على ترانزستور Transistor

٣-خرج على ترياك Triac

والشكل (١-٢٧) يبين فكرة عمل وحدات ربط المخارج التي خرجها ريلاي (الشكل أ) والتي خرجها ترانزستور (الشكل ب) والتي خرجها ترياك (الشكل جـ) علما بأن وحدات ربط المخارج التي خرجها على ريلاي تستخدم عند عدم الحاجة لسرعات عالية عند الوصل والفصل مع أجهزة المخارج التي تحتاج لتيارات عالية ووحدات ربط المخارج التي خرجها ترانزستور تستخدم عند الحاجة لسرعات عالية و تيارات منخفضة و وحدات ربط المخارج التي خرجها ترياك تستخدم عند الحاجة لسر عات عالية و تيارات عالية .



الشكل (١-٢٧)

١-٥-٤ وحدة ربط المداخل التناظرية Analog Input Interface

يوجد ثلاثة أنواع من وحدات ربط المداخل التناظرية وهم كما يلي :-

١-وحدات مداخل تناظرية تعمل بإشارات تيار 0: 20 mA

٢-وحدات داخل تناظرية تعمل بإشارات جهد 0:1 V أو 0:10 V

٣-وحدات مداخل تناظرية تعمل بمقاومات متغيرة 0:100 kΩ

ففي حالة الحاكمات القابلة للبرمجة أو المجزأة فانه يتم اختيار موديولات ربط المداخل التناظرية تبعا لنوعية المجسات Tranceduser المستخدمة في العملية الصناعية حيث تتواجد المجسات في ثلاثة صور وهم :-

١-مجسات تيار وهي تعطي تيار يتراوح ما بين (0:20 mA)

٢-مجسات جهد وهي تعطي جهد (0:10 V) أو (0:1 V) أو (0: 5V)

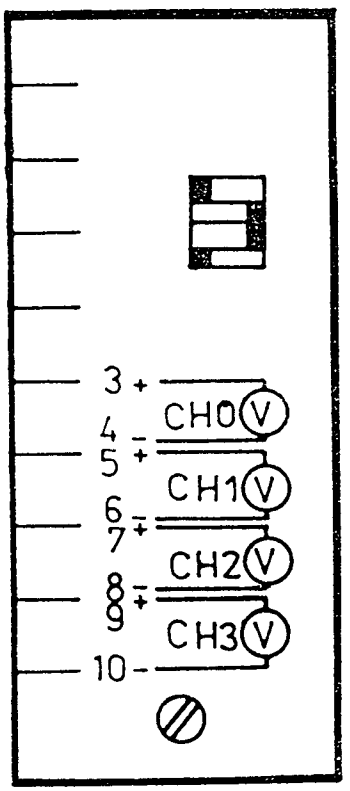
٣-مجسات غير فعالة وهي عبارة عن مقاومة تتغير قيمتها تبعا لقيمة الكمية المقاسة و منها ما تتراوح مقاومته ما بين (0:100 kΩ) .

والشكل (١-٢٨) يعرض موديول مداخل تناظرية من صناعة شركة Siemens

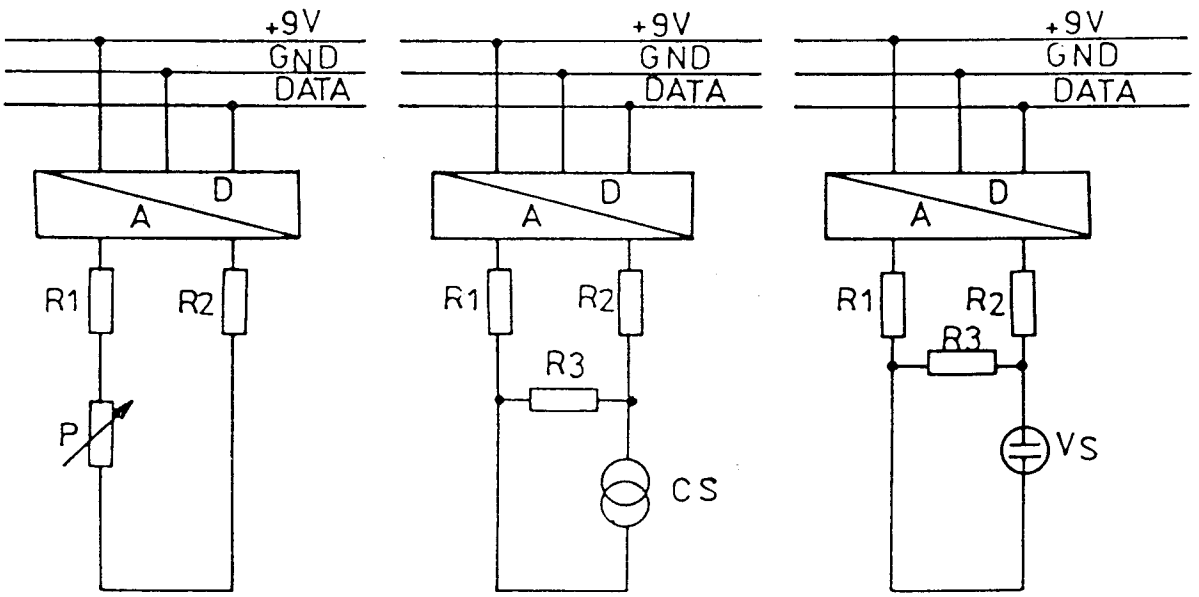
أهم المواصفات الفنية :-

عدد المداخل	4
مقاومة الدخل	50 kΩ
يتم توصيل الملفات عن طريق موصلين	
جهد الدخل المسموح به لكل قناة	0:10 v
جهد المصدر الكهربي	لا يوجد

و الشكل (١-٢٩) يبين فكرة عمل الأنواع المختلفة لوحدات ربط المداخل التناظرية و التي تغذي بإشارة جهد (الشكل أ) وإشارة تيار (الشكل ب) و بمقاومة متغيرة (الشكل جـ) علما بأن كلا منهم تحتوي علي وحدة تحويل إشارات تناظرية إلى رقمية A / D لتحويل إشارات الدخل التناظرية إلى إشارة رقمية تناسب وحدة CPU .



الشكل (١-٢٨)



الشكل (١-٢٩)

١-٥-٥ وحدات ربط المخارج التناظرية Analog Output Interface

يوجد نوعان من وحدات ربط المخارج التناظرية و هم كما يلي :-

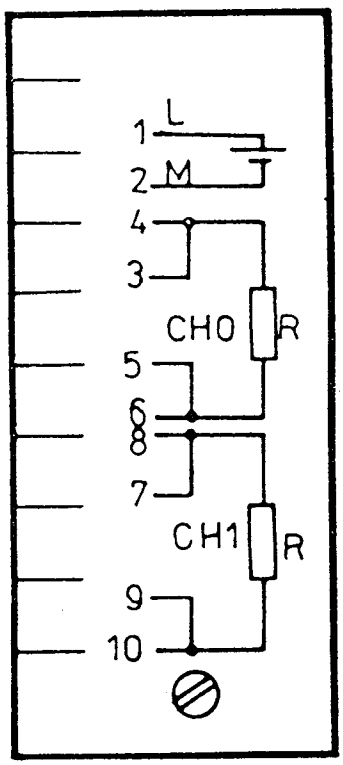
١-وحدات ربط مخارج تناظرية لها تيار خرج يتراوح ما بي (0:20 mA)

٢-وحدات ربط مخارج تناظرية لها جهد خرج يتراوح ما بي (0:10 V)

ففي حالة الحاكمات القابلة للبرمجة و المجزأة فإنه يتم اختيار موديول المخارج التناظرية تبعا لنوعية أجهزة المخارج التناظرية المستخدمة فإذا كانت تعمل بإشارة تيار من (0:20 mA) يتم اختيار النوع الأول وإذا كانت تعمل بإشارة جهد من (0:10 V) يتم اختيار النوع الثاني وهكذا .

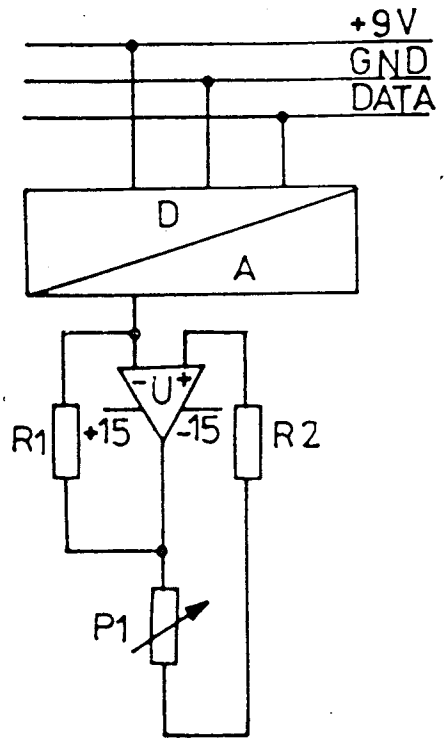
والشكل (١-٣٠) يعرض نموذج لموديول مخارج تناظري بقناتين خرج من(1 :5 V) من إنتاج شركة Siemens وفي ما يلي أهم المواصفات الفنية :-

عدد قنوات الخرج	2 قناة
مقاومة الحمل الصغرى	3.3 KΩ
عدد أطراف الحمل	2 أو 4
يوجد حماية من القصر	
جهد المصدر الكهربي	+24 V
جهد الخرج لكل قناة	(0:+5 V)
تيار القصر	30 mA



الشكل (١-٣٠)

والشكل (١-٣١) يبين فكرة عمل وحدة ربط المخارج التناظرية علما بأنها تحتوي على وحدة تحويل من إشارات رقمية /تناظرية D/A لتحويل إشارات الخرج الرقمية لوحدة CPU إلى إشارة تناظرية تناسب الحمل .



الشكل (١-٣١)

١-٥-٦ وحدة مسارات الاتصالات Communication Busunit

وتقوم هذه الوحدة بتوفير مسارات الاتصالات اللازمة بين معالج البيانات المركزية CPU ووحدات ربط المداخل والمخارج الرقمية والتناظرية

وتوفر هذه الوحدات ثلاثة أنواع مختلفة لمسارات الاتصالات وهم :-

١-مسار البيانات **Data Bus**

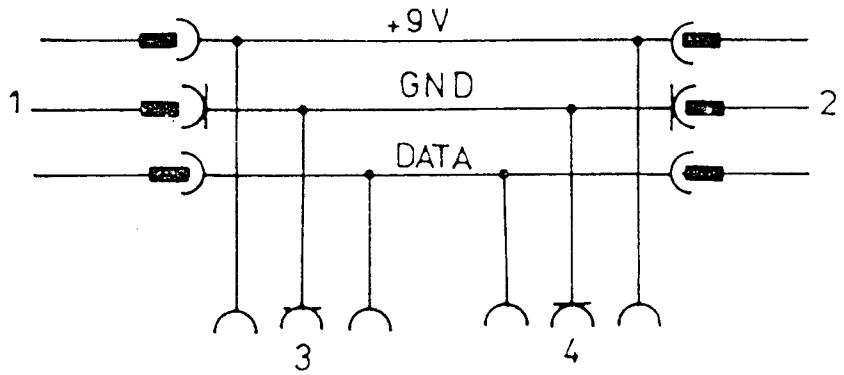
٢-مسار العنوان **Address Bus**

٣-مسار التحكم **Control Bus**

وفي حالة أجهزة التحكم المبرمج المجزأة فإن وحدات مسارات الاتصالات توصل تتابعيا مع موديول CPU ثم يتم تركيب موديولات المداخل والمخارج المختلفة فوق وحدات مسار الاتصالات فمثلا شركة Siemens تصنع وحدة مسار اتصالات لأجهزة التحكم المبرمج طراز S5-100u, S5-102u , S5-103u توفر مسارات الاتصالات لموديولين مختلفين سواء مداخل أو مخارج رقمية أو تناظرية أو غيرهما كما بالشكل (١-٣٢) حيث أن :-

1 توصل بوحدة مسار الاتصالات السابقة

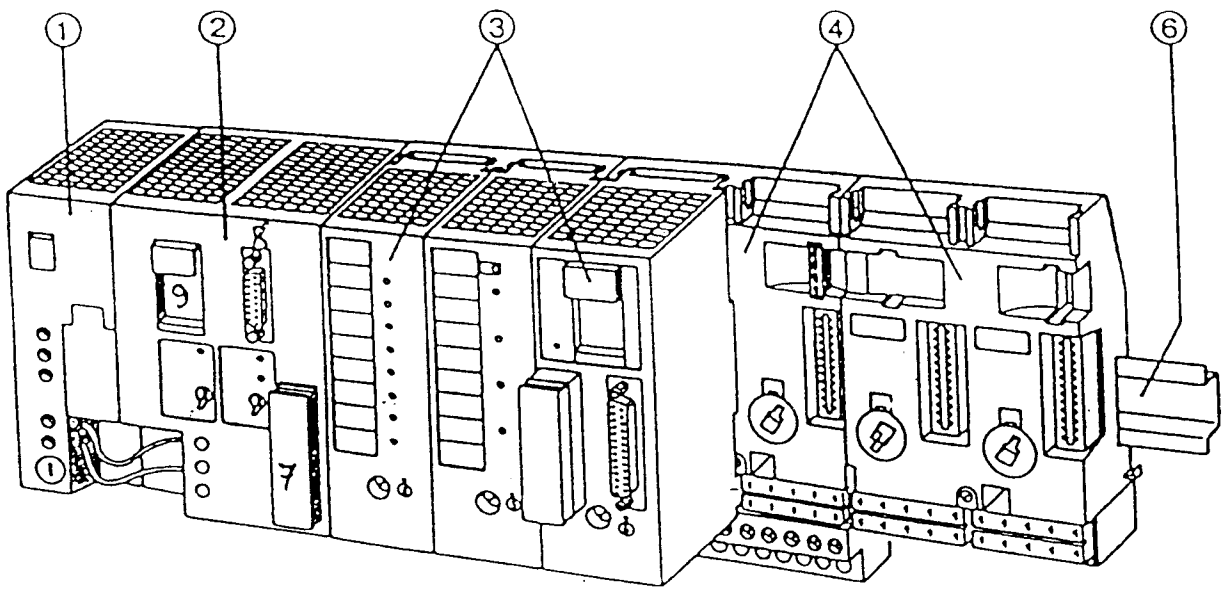
2 توصل بوحدة مسار الاتصالات التالية



الشكل (١-٣٢)

والشكل (١-٣٣) يعرض نموذج لجهاز تحكم مبرمج مجزأ طراز S5-100u من إنتاج شركة Siemens حيث أن :-

مصدر القدرة	1	قضبان أو ميجا تثبت فوقها الموديولات	6
وحدة المعالجة المركزية CPU	2	وحدة ذاكرة خارجية	7
موديولات مداخل و مخارج وموديول طابعة	3	مكان توصيل كابل وحدة البرمجة	8
وحدة مسارات الاتصالات	4	مكان وضع بطارية ليثيوم	9



الشكل (١-٣٣)