جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية
الصناعي/ إلكترونيك وسيطرة

المرحلة الثالثة



تأليف

المهندس سعد ابراهيم عبد الرحيم
المهندسة د.شذى كريم باقر
المهندسة مروج ناظم محمد علي
المهندس خالد عبدالله علي
المهندس احمد حميد رجه
المهندسة ضمراء حسن ناصر

الطبعة الثالثة
١٤٤٣ هـ - ٢٠٢١ م

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

بتكليف من المديرية العامة للتعليم المهني قمنا بتأليف كتاب العلوم الصناعية للمرحلة الثالثة – إلكترونيك وسيطرة والذي تضمن الباب الأول منه على الفصل الأول وفيه دراسة العناصر الالكترونية التي تتحسس بالضوء مثل الثنائي الضوئي والترانزستور الذي يتحسس بالضوء والثايرستور الذي يتحسس بالضوء والعوازل الضوئية والفصل الثاني يشمل تصنيف نضم التحكم ومحولات الطاقة للسرعة والقوة والإزاحة ومحولات الطاقة الحرارية والطاقة الضوئية فيما يضم الباب الثاني ثلاثة فصول الفصل الأول تعريف وحدة التحكم المنطقي المبرمج (Programmable Logic controller) والمعالج الدقيق والذاكرات وأنواعها، وعناصر التحسس في وحدة الإدخال والمشغلات ووحدة الإخراج والفصل الثاني يشمل طرق البرمجة بطريقة المخطط السلمي(LAD (Ladder Diagram وطريقة الخريطة الدالية FBD(Function Block Diagram) وطريقة SFC (Sequence Function Chart) او طريقة قائمة الإجراءات STL (Structure Text List) ويتطرق الفصل الثالث على المؤقتات والعدادات وكتابة برنامج لدوائر تحكم مختلفة بطريقة المخطط السلمي وقائمة الإجراءات ودالة التخزين والإلغاء وإعادة التشغيل والقفز المشروط وغير المشروط. نشكر السادة المسؤولين في المديرية العامة للتعليم المهني للثقة التي أولتنا إياها لوضع الكتاب والسادة الذين اشرفوا على الخبرة العلمية (د. سمير عبد الخالق عزيز) (د. ايمان صالح كريم) والخبرة اللغوية (د. وجدان ابراهيم جابر). نأمل من الإخوة المدرسين تزويدنا بما يستجد لديهم من ملاحظات واقتراحات نستفيد منها من اجل تطوير الكتاب مستقبلا والله الموفق.

المؤلفون

2012 م

الباب الاول – الفصل الاول (العناصر الضوئية والمتحسسات)	الصفحة
1-1 تمهيد.	8
2-1 ثنائي الانبعاث الضوئي : LED Light Emitting Diode	8
3-1 المقاومة التي تعتمد على الضوء : LDR Light Dependent Resistor.	12
4-1 الخلايا الشمسية : Solar Cells.	16
5-1 الثنائي الضوئي : Photo Diode.	20
6-1 ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء: Infrared LED Diode	24
7-1 الترانزستور الضوئي : Phototransistor.	27
8-1 ترانزستور الازدواج المرئي : Opto Coupler Transistor .	30
9-1 ثايرستور الازدواج المرئي : Opto Coupler Thyristor.	31
10-1 المتحسسات: Sensors.	34
11-1 المعامل الحراري السالب: NTC Negative temperature coefficient	40
12-1 المعامل الحراري الموجب: PTC positive temperature coefficient	42
13-1 الازدواج الحراري: Thermocouple.	44
14-1 مفتاح المتحسس باللمس: Touch Switch Sensor.	46
15-1 العوازل الضوئية: Opto - Isolator.	50
16-1 تطبيقات العازل الضوئي : Opto-Isolator Applications.	51
اختبارات موضوعية.	55
اسئلة الفصل الأول.	57
الباب الثاني – الفصل الاول (نظم التحكم ومحولات الطاقة)	
1-2 تمهيد.	60
2-2 عناصر نظام التحكم - خصائص التحكم الآلي.	60
3-2 تصنيف نظم التحكم.	61
4-2 محولات الطاقة Transducers.	63
اختبارات موضوعية.	85
اسئلة الفصل الثاني.	86
الباب الاول – الفصل الثاني (وحدة التحكم المنطقي المبرمج PLC)	
1-1 تمهيد.	88
2-1 مراحل تطوير وحدات التحكم المنطقي القابلة للبرمجة PLC.	90
3-1 وحدة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة PLC.	92
4-1 وحدة التحكم التقليدية.	94
5-1 دورة المسح : Scan Sycle	110

6-1 الصلة بين المستخدم - الآلة.	112
7-1 الاتصالات.	112
8-1 نظام التحكم والمراقبة والإشراف SCADA.	115
9-1 البرمجة: Programming.	116
10-1 وحدة البرمجة: Programming Unit.	117
11-1 دوائر الربط : Interfacing Circuits.	119
12-1 دوائر تحويل البيانات: Data Conversion	120
اختبارات موضوعية	125
اسئلة الفصل الاول – الباب الثاني	126
الباب الثاني – الفصل الثاني (وحدة التحكم المنطقي المبرمج PLC)	
1-2 تمهيد	129
2-2 برمجة وحدة التحكم المنطقي المبرمج PLC	129
اختبارات موضوعية	147
اسئلة الفصل الثاني – الباب الثاني	148
الباب الاول – الفصل الثالث (برامج التحكم باستخدام الدوال الاساسية)	
1-3 تمهيد	152
2-3 الدوال الاساسية Basic Functions	156
3-3 البرمجة باستعمال بعض الدوال	159
4-3 المزمنات (المؤقتات) Timers	164
5-3 العدادات counters	172
6-3 عدادات الين برادلي Allen – Bradley Counters	175
7-3 المقارنات Comparators	177
8-3 الأوامر المتخصصة	180
9-3 تطبيقات عملية في تقنية التحكم المبرمج	182
10-3 تشغيل وإيقاف محرك من مكانين مختلفين	186
اختبارات موضوعية	191
اسئلة الفصل الثالث – الباب الثاني	192

1

العناصر الضوئية الالكترونية والمتحسسات

Electronic Photo Devices And Sensors

أهداف الفصل :

يهدف هذا الفصل على تعريف الطالب على العناصر الضوئية والمتحسسات ومحولات الطاقة المستخدمة في التحكم الصناعي وكيفية استخدام محولات الطاقة والمتحسسات بأنواعها.



محتويات الباب الأول

1-1 تمهيد .

2-1 ثنائي الانبعاث الضوئي : LED (Light Emitting Diode) .

3-1 المقاومة التي تعتمد على الضوء : LDR (Light Dependent Resistor).

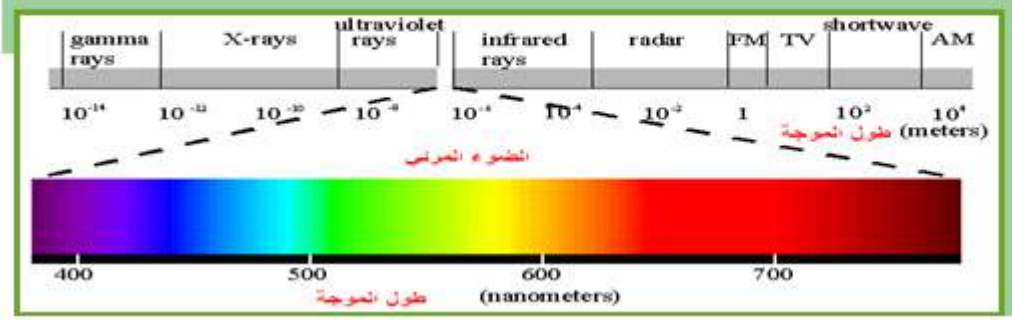
4-1 الخلايا الشمسية : Solar Cells.

5-1 الثنائي الضوئي : Photodiode.

6-1 ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء : Infrared LED Diode.

7-1 الترانزستور الضوئي : Phototransistor.

8-1 ترانزستور الازدواج المرئي : Opto Coupler Transistor .



1

9-1 ثايرستور الازدواج الضوئي : Opto Coupler Tyristor

10-1 المتحسسات : Sensors.

1-10-1 متحسس ميكانيكي مغناطيسي.

2-10-1 متحسس الكتروني مغناطيسي.

11-1 المعامل الحراري السالب: NTC (Negative Temperature Coefficient) .

12-1 المعامل الحراري الموجب : PTC (Positive Temperature Coefficient).

13-1 الازدواج الحراري : Thermocouple.

14-1 مفتاح المتحسس باللمس : Touch Switch Sensor.

15-1 العوازل الضوئية : Opto - Isolator.

16-1 تطبيقات العازل الضوئي : Opto-Isolator Applications.

اختبارات موضوعية.

اسئلة الفصل الأول.

الباب الاول / الفصل الاول

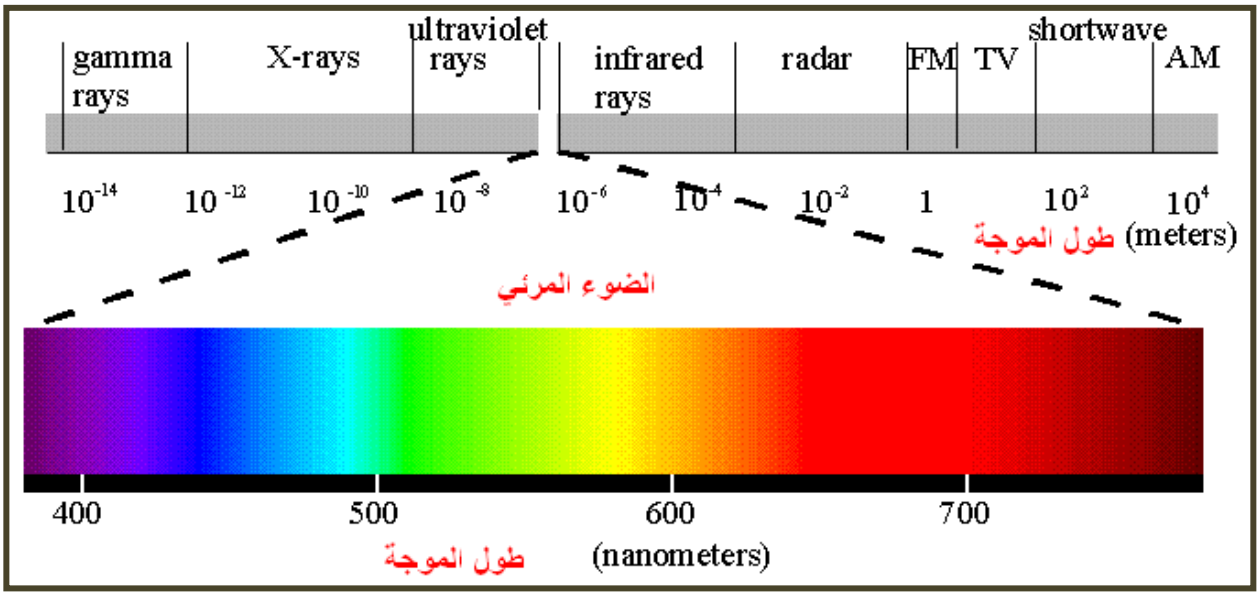
Optical element and sensors العناصر الضوئية والمتحسسات

1- 1 تمهيد :

مفهوم التحكم الصناعي (Industrial Controlling) ويكافئه في المعنى مفهوم الأتمتة الصناعية (Industrial Automation) وهو التحكم بسير مجموعة من العمليات الصناعية المتتالية دون تدخل الإنسان أما تقنية التحكم الصناعي المبرمج (Programmable Logic Controller) (PLC) فهي تقنية تحكم بواسطة جهاز الكتروني رقمي يستخدم في عمليات التحكم في الأنظمة الصناعية كالتحكم بآلية عمل خطوط الإنتاج في مصنع ما فقبل اختراع PLC كانت المعامل تستخدم أعداد هائلة من المؤقتات (Timers) والمرحلات (Relays) ومتحكمات (Controllers) الحلقات المغلقة لانجاز مهام التحكم ومتابعة الأوامر الرقمية وحماية قيمها من التشويش ويضاف إلى هذا الجهاز عدد من المتحسسات (Sensors) ومحولات الطاقة (Transducers) والمشغلات (Actuators) والعناصر الضوئية الموضحة بالفقرات التالية:

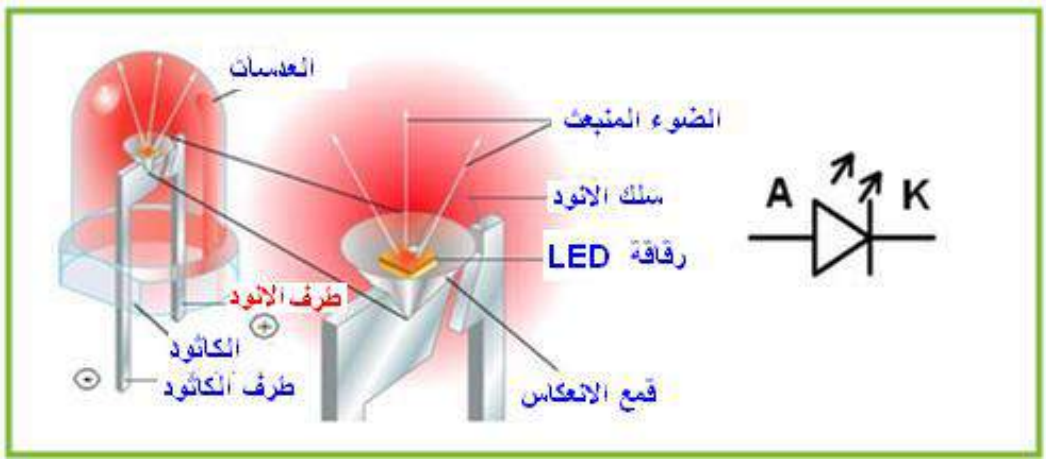
1- 2 ثنائي الانبعاث الضوئي : (Light Emitting Diode) LED

الضوء نوع من أنواع الطاقة ينتشر (Propagate) على شكل موجات ويحدد الطول ألموجي اللون وترى عين الإنسان أطوال موجية معينة ولا ترى الأخرى والشكل (1-1) يوضح الأطوال الموجية التي تراها عين الإنسان والأطوال الموجية التي لا تراها عين الإنسان ووحدة قياس الطول ألموجي والمستخدمة بشكل عام هي النانومتر (Nanometer) (nm) . ($1nm= 10^{-9}m$)



الشكل (1-1) الأطوال الموجية المختلفة

مصدر الضوء يبعث الضوء فقط او يبعث الضوء والحرارة والمصادر التي تبعث الضوء فقط تسمى بالمصادر الباردة بينما المصادر التي تبعث الضوء والحرارة تدعى بالمصادر الحارة وتعد ثنائيات الانبعاث الضوئي LED من المصادر الباردة بينما الشمس مصدر ضوئي حار واكتشف العالم (Nick Holonyak) عام 1962 ثنائي الانبعاث الضوئي والشكل (1-2) يوضح رمز ثنائي الانبعاث الضوئي وتركيبه.



الشكل (1-2) تركيب ورمز ثنائي الانبعاث الضوئي

ثنائي الانبعاث الضوئي عبارة عن عنصر الكتروني ثنائي مصنوع من مادة شبه موصلة تبعث ضوءاً عندما تكون بالانحياز الأمامي ويصنع من مادة زرنيخ الكاليوم (Gallium – Arsenic) أو مادة فوسفات الكاليوم (Gallium Phosphate) تصبح الالكترونات والفجوات سوية في منطقة الاتصال PN وطاقة الالكترونات الحرة التي لا تتحد مع الفجوات تنبعث على شكل ضوء وتصل كفاءة ثنائي الانبعاث الضوئي والتي تحول الطاقة الكهربائية إلى ضوء 99% بينما تصل إلى 10% في المصابيح الاعتيادية تصنع ثنائيات الانبعاث الضوئي بالألوان الأحمر والأصفر والأخضر وتكون فولتية التشغيل 1.5vأو2,2v ويتم تركيب هذه العناصر (Elements) كما يلي:

- الأصفر من فوسفات زرنيخ الكاليوم + فوسفات الكاليوم .
- الأحمر من فوسفات زرنيخ الكاليوم .
- الأخضر من فوسفات الكاليوم .

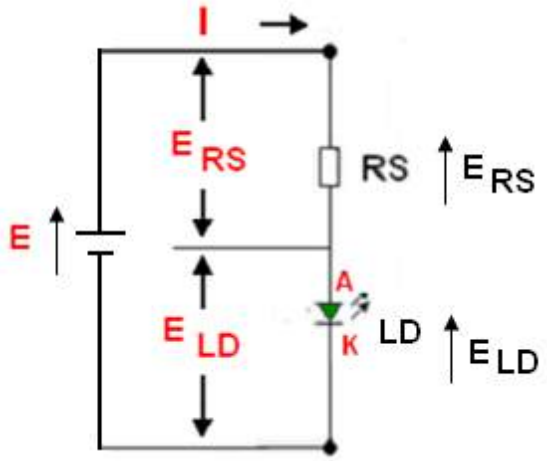
ويكون تيار التشغيل لهذه الثنائيات بين 10- 20mA وتستخدم مقاومة على التوالي مع الثنائي لتحديد التيار.

مثال (1 – 1):

احسب المقاومة الموصلة بالتوالي مع ثنائي الانبعاث الضوئي LED الأحمر اذا كانت فولتية المصدر 12V وتيار الدائرة يساوي 20mA وفولتية الثنائي تساوي 1.8V

الحل :

$$E - E_{RS} - E_{LD} = 0$$
$$-E_{RS} = -E + E_{LD}$$
$$E_{RS} = E - E_{LD}$$
$$= 12 - 1.8 = 10.2V$$
$$RS = \frac{10.2}{20 \times 10^{-3}}$$
$$RS = 510\Omega$$

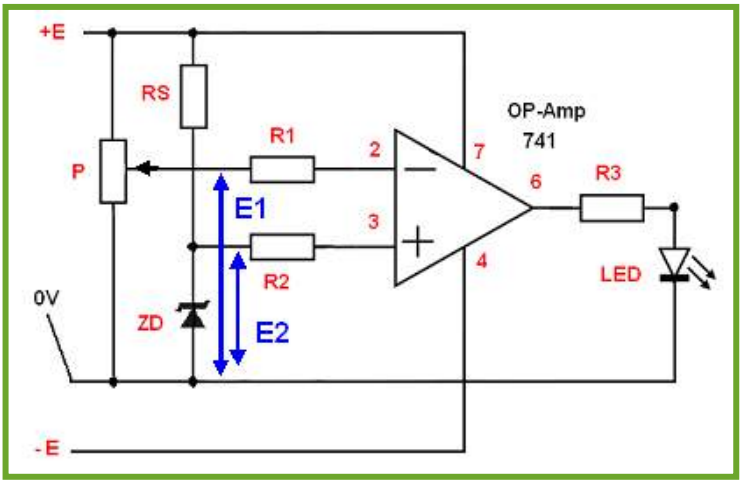


ونلاحظ من الشكل ان اتجاه الفولتية يعاكس اتجاه التيار في المقاومة ويمر بنفس الاتجاه في المصدر وتحتوي بعض ثنائيات الانبعاث الضوئي على لونيين وتوصل كما موضح بالشكل (1-3).



الشكل (1-3) ثنائيات الانبعاث الضوئي مزدوج الألوان

توضع هذه الثنائيات بصورة متعاكسة وبنفس الغلاف فيعمل الثنائي LED للون الأحمر بالانحياز الأمامي فيبعث الضوء وبعكس القطبية يعمل الثنائي LED باللون الأخضر وفي حالة توصيل كاثود الثنائي LED للون الأحمر مع كاثود الثنائي LED للون الأخضر مع القطب السالب للمصدر يبعث الثنائيان الضوء لان أنود كل منهما موصل بالقطبية الموجبة أي بالانحياز الأمامي ثنائي الانبعاث الضوئي للون الأبيض مكون من ثلاث ثنائيات للألوان الأحمر والأخضر والأزرق في غلاف واحد وتبعث الضوء بفولتية تشغيل تصل إلى 3V ويستخدم ثنائي الانبعاث الضوئي في كثير من دوائر الإلكترونيك الصناعي فالدائرة الالكترونية في الشكل (1-4 أ) عبارة عن دائرة مقارن (Comparator) باستخدام مكبر العمليات OP-Amp وثنائي زينر و ثنائي الانبعاث الضوئي LED.

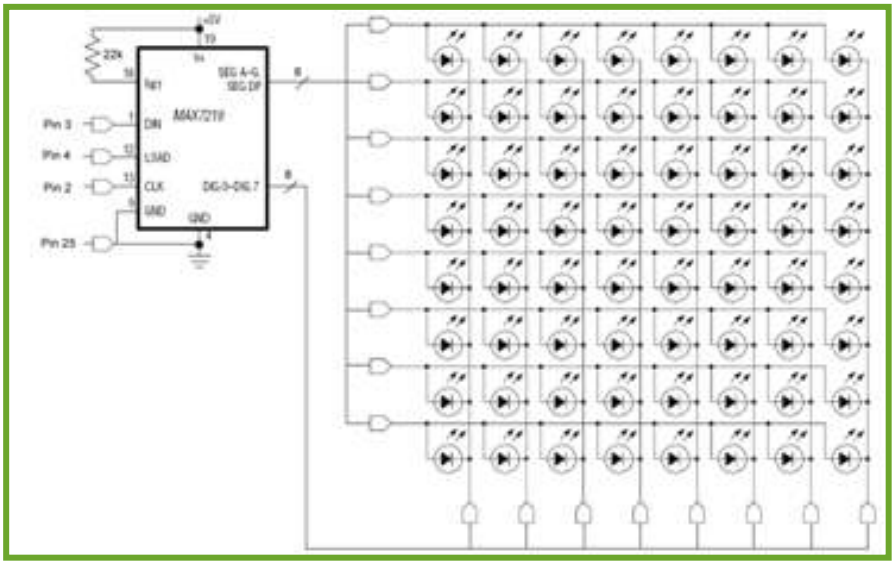


الشكل (4-1 أ) استخدام ثنائي الانبعاث الضوئي مع المقارن

نلاحظ من الشكل لا توجد تغذية عكسية في الدائرة ويقوم مكبر العمليات 741 بالمقارنة بين قيم E و E2 القيمة E1 تمثل دخول العاكس والقيمة E2 تمثل دخول غير العاكس ويمثل الخرج إشارة الفولتية الأكبر ويصبح الخرج 0V عندما تكون E1 = E2.

- **- اذا كانت E1 اكبر من E2 يكون الخرج سالب (-)**
- **- اذا كانت E1 اصغر من E2 يكون الخرج موجب (+)**
- **- اذا كانت E1 = E2 يكون الخرج (0)**

الدخول غير العاكس في الدائرة عبارة عن فولتية ثنائي زينر والدخول العاكس ينظم بالمقاومة المتغيرة P فإذا كانت فولتية ثنائي زينر تساوي مثلاً 5.1V أي الدخول غير العاكس وتساوي E2 فان فولتية الخرج تساوي (0) فلا يتوهج LED أما إذا كانت E1 اقل من 5.1V تصبح الفولتية الخارجة موجبة (+) فيتوهج الثنائي LED إذا كانت E1 اكبر من 5.1V ستظهر فولتية سالبة اي يصبح الثنائي LED بالانحياز العكسي فلا يتوهج الثنائي سنلاحظ بالفقرات القادمة كيفية استبدال ثنائي زينر بعناصر الكترونية مثل المتحسسات (Sensors) الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (4-1 ب) تمثل احد التطبيقات لثنائي الانبعاث الضوئي لعارضة مكونة من مصفوفة (8X8) اي 64 ثنائي للألوان الأحمر والأخضر والأزرق RGB تتحكم بها الدائرة المدمجة MEX7219 بوساطة الحاسوب.



الشكل (1-4 ب) عارضة مكونة من ٦٤ ثنائي الانبعاث الضوئي

1- 3 المقاومة التي تعتمد على الضوء: LDR (Light Dependent Resistor)

هي إحدى عناصر الدائرة الالكترونية التي تعتمد مقاومتها على شدة الضوء الساقط عليها ويمكن اعتبارها من الخلايا الضوئية (Photo Cells) وهذا يعني يمكن استخدامها كمتحسس للضوء فقط عكس الخلايا الشمسية (Solar Cell) التي تولد التيار بسبب سقوط ضوء الشمس عليها والتي سيتم شرحها لاحقاً والشكل (1-5) يوضح شكل ورمز هذه المقاومة.



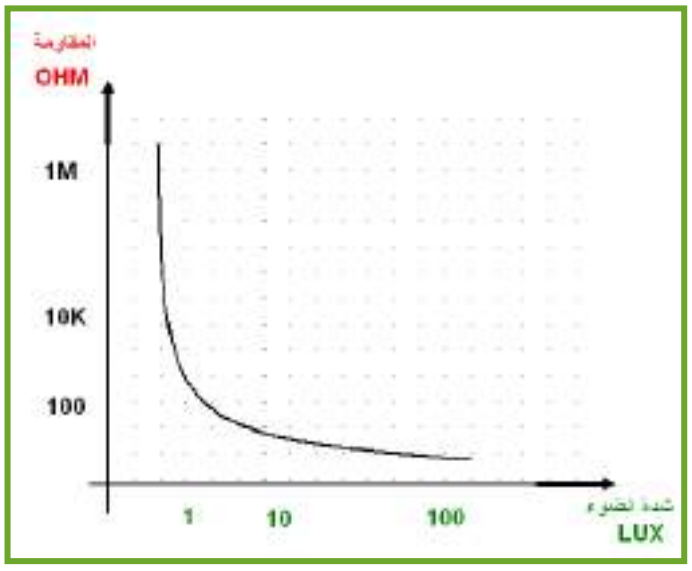
الشكل (1-5) شكل المقاومة LDR ورمزها

وتكون المادة الشبه موصلة مكشوفة وموضوعة بغطاء زجاجي او غطاء شفاف لاحظ الشكل (1-6).



الشكل (1-6) أشكال مختلفة من LDR

وتصنع عادة من مادة سلفايد الكاديوم او سيلينايت الكاديوم وعند سقوط الضوء على LDR يزداد عدد الشحنات الحرة المتحركة فتزداد الموصلية أي تقل المقاومة ويعتمد التغير في المقاومة على تركيب العنصر فمثلاً تصل مقاومتها في الظلام إلى حوالي 200MΩ والى 100Ω في الضياء والمنحني الموضح بالشكل (1-7) يمثل العلاقة بين المقاومة وشدة الضوء على LDR.



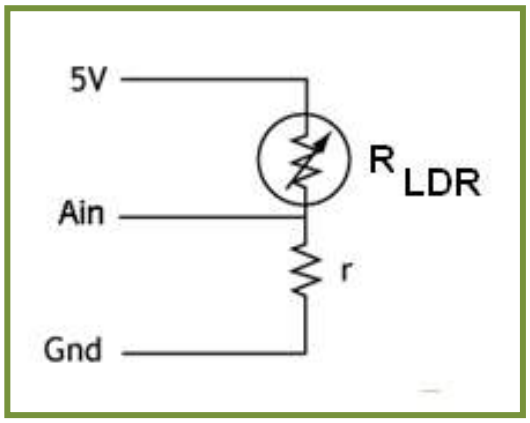
الشكل (1-7) العلاقة بين المقاومة والضوء لـ LDR

من الشكل (1-7) نستنتج بان العلاقة بين شدة الضوء ومقاومة LDR علاقة عكسية اي تقل مقاومة LDR كلما تزداد شدة الضوء الساقط عليها وبالعكس والشكل (1-8) يبين كيفية استخدام الـ LDR في التحكم بإضاءة الشوارع بفصل القطعة الثنائية (Bimetal) أثناء النهار بسبب مقاومتها القليلة ومرور التيار في الملف المتصل مع القطعة الثنائية بينما توصل هذه القطعة في الليل لإضاءة مصابيح الشارع.



الشكل (1-8) استخدام LRD للسيطرة على إضاءة مصابيح الشارع

الدائرة الموضحة في الشكل (1-9) توضح استخدام LDR كمجزئ جهد لقياس الفولتية المطلوبة في النقطة Ain يمكن تحديدها بتغير مقاومة LDR فعندما تقل مقاومتها تزداد الفولتية في النقطة Ain نحو الفولتية 5V وبالعكس بزيادة المقاومة تقل الفولتية نسبة إلى Gnd (0V).



الشكل (1-9) LDR كمجزئ جهد

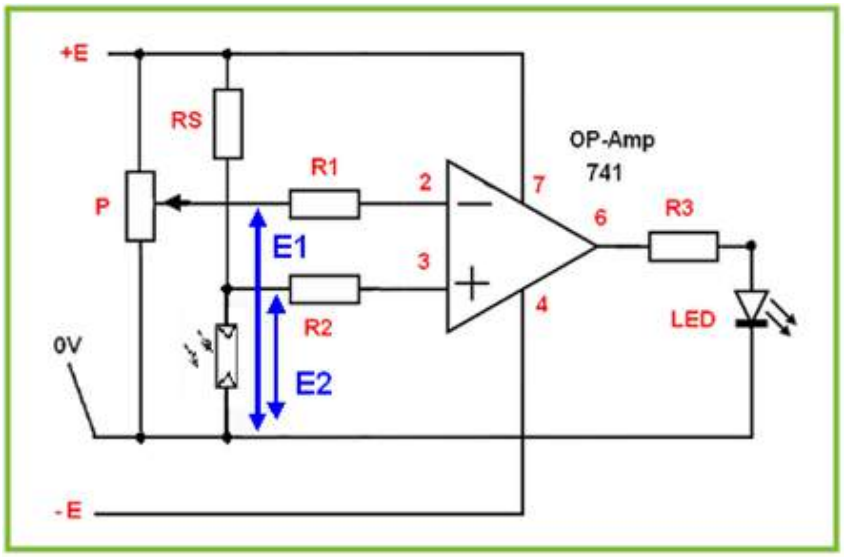
ولتحديد قيمة المقاومة (r) الموصلة مع الخلية الضوئية يتم ذلك بقياس مقاومة الخلية الضوئية بوساطة الاوميتر وتحت ضوء الشمس ولتكن 100Ω وفي الظلام 400Ω وباختيار قيمة المقاومة r = 100Ω يصبح تيار الدائرة.

$$R_T = r + R_L = 100 + 100 = 200\Omega$$
$$I = \frac{V}{R} = \frac{5V}{200\Omega} = 25mA$$

ويصل التيار إلى 10mA عندما تصل المقاومة الكلية إلى 500Ω.

$$R_T = r + R_L = 100 + 400 = 500\Omega$$
$$I = \frac{V}{R} = \frac{5V}{500\Omega} = 10mA$$

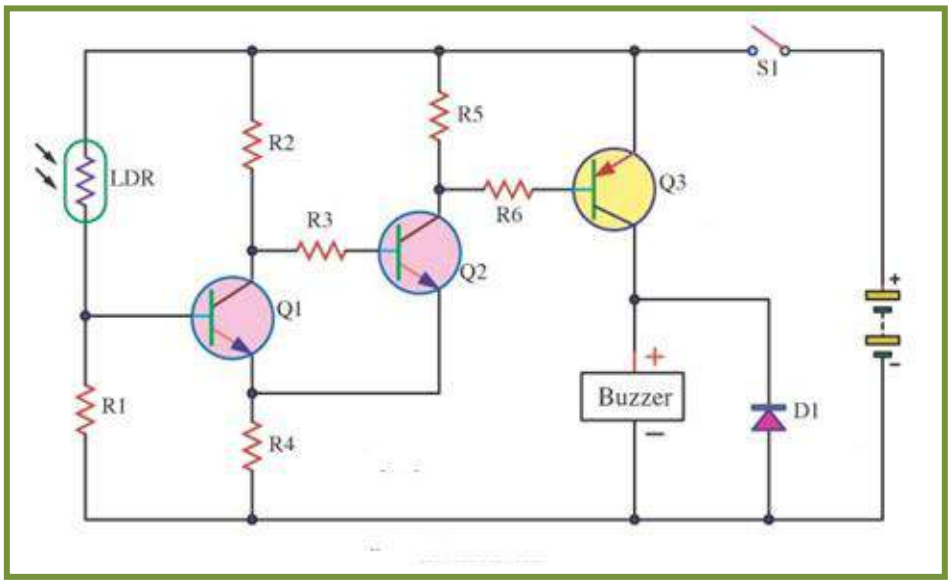
وفي ضوء الغرفة تصبح مقاومة الخلية الضوئية إلى حوالي IKΩ وبتقريب إصبعك من الخلية الضوئية لحجب الضوء عنها تصل المقاومة إلى حوالي 3KΩ فإذا تحدد مستوى الضوء هذا فان اختيار المقاومة 1KΩ يعتبر اختيار جيد لمجزئ الجهد وتعمل الخلية الضوئية بشروط الضوء المطلوب والدائرة الموضحة بالشكل (1-10أ) عبارة عن دائرة سيطرة بوساطة الضوء باستخدام المقاومة التي تعتمد على الضوء LDR ومكبر العمليات يعمل كمقارن وثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة والمقاومة RS مربوطة على التوالي مع LDR وهي مجزئ جهد (Voltage Divider)
تكون مقاومة LDR قليلة بسبب سقوط الضوء عليها فيتكون عليها فرق جهد قليل أيضا وبتغيير المقاومة المتغيرة P يمكن جعل الفولتية على الطرف العاكس اكبر من الفولتية على الطرف غير العاكس اي E1>E2 وعندما تقل شدة الضوء الساقط على LDR تزداد مقاومتها بشكل مفاجئ ويزداد فرق الجهد بين طرفيها ، في هذه الحالة يزداد الطرف غير العاكس عن الطرف العاكس E1< E2 وفي هذه اللحظة يصبح خرج مكبر العمليات موجباً فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي وعند إعادة شدة الضوء إلى الحالة الأولى ينطفئ (OFF) ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد ويمكن تنظيم حساسية الدائرة لأي شدة ضوئية بتغيير المقاومة (P)



الشكل (1-10 أ) دائرة سيطرة باستخدام المقاومة LDR

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-10ب) يبين احد التطبيقات في استخدام المقاومة التي تعتمد على الضوء LDR لها مقاومة عالية في الظلام ومقاومة قليلة بالضياء وتشكل مجزء جهد مع المقاومة R1 لتغير انحياز الترانزستور Q_1 المربوط مع قاعدة الترانزستور Q_2 تعمل كدائرة تحذير في الظلام او كمفتاح يتحسس

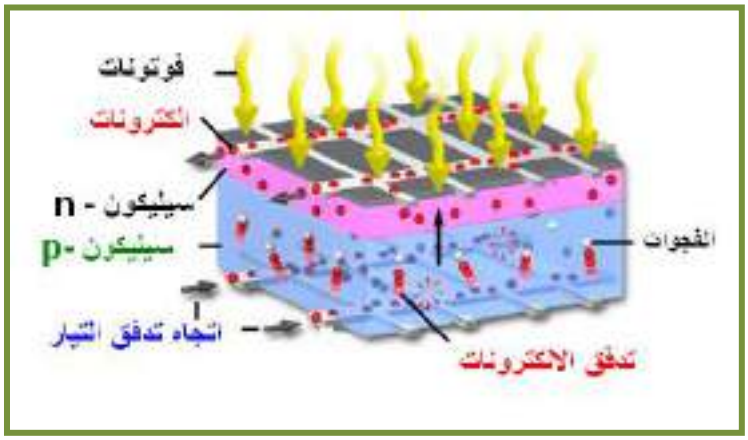
بالضوء بسبب المقاومة LDR وفي الظلام يتوقف Q_1 عن العمل ويعمل كل من Q_2 و Q_3 فيمر تيار في المنبه (Buzzer) فيعطي صوت مباشرة وبسقوط الضوء على المقاومة LDR تقل قيمة المقاومة فتنحاز القاعدة بالنسبة الى باعث Q1 انحيازاً أمامياً الموصل مع باعث Q2 فيختلف انحياز Q2 و Q3 فلا يمر تيار في المنبه.



الشكل (1-10 ب) استخدام المقاومة LDR لتشغيل المنبه

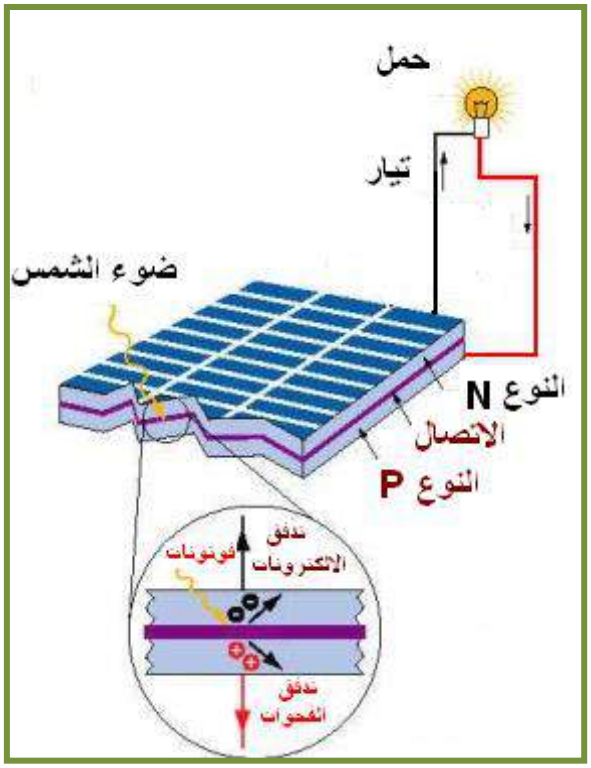
1 - 4 الخلايا الشمسية: Solar Cells

الفولتيـــة الضـــوئية (Photovoltaic) احـــدى الظـــواهر الفيزيائيـــة والتـــي تعـــرف بالخلايـــا الشمســـية (Solar Cells) او الخلايا الفولتضوئية عبارة عن محولات تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر الـى كهربـاء وهي عناصر مصنوعة من مواد شبه موصلة من السيليكون وحساسـة للضـوء ومحاطـة بغـلاف أمـامي وخلفـي موصل للكهرباء ويكون السطح المواجه للضوء مصنوع من النوع N ويكون السطح الآخر من المادة من النوع P لاحظ الشكل (1-11) الذي يبين حركة الحاملات من الالكترونات والفجوات خلال الخلية وتتحرك الالكترونـات نحو المادة شبه الموصلة من النوع P بينما تتحرك الفجوات نحـو المـادة شـبه الموصـلة مـن النـوع N فيحـدث مجال كهربائي تلقائي (Spontaneous) في منطقة الوصلة (Junction).



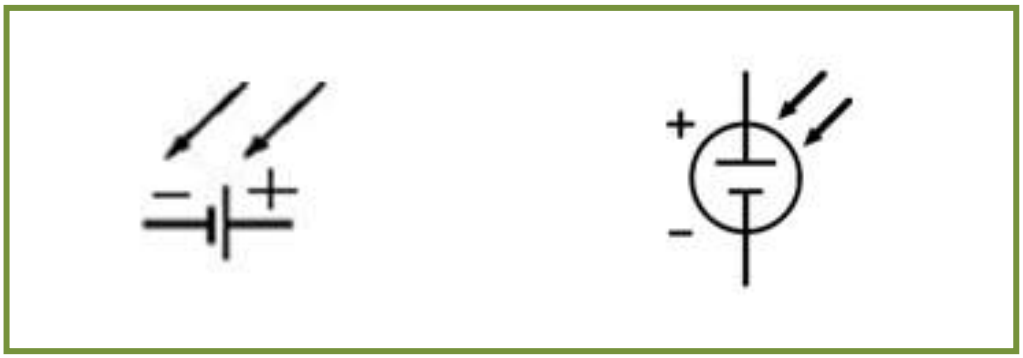
الشكل (1-11) الالكترونات وتدفق التيار في الخلية الشمسية

تسقط الطاقة القادمة من الشمس على شريحة رقيقة من مادة السيليكون مما يؤدي الى اكتسابها طاقة بسبب حركة الالكترونات فتولد فرق جهد كهربائي على طرفي الخلية وكلما زادت كمية الإشعاع الساقط على شريحة السليكون كلما تم إنتاج كمية اكبر من الطاقة وبضبط زاوية سقوط الشمس على الخلية للحصول على اكبر قيمة للتيار وبوضع حمل (Load) في مسار التوصيل يمر تيار خلال الحمل لاحظ الشكل (1-12).



الشكل (1-12) توصيل حمل (مصباح) مع الخلية الشمسية

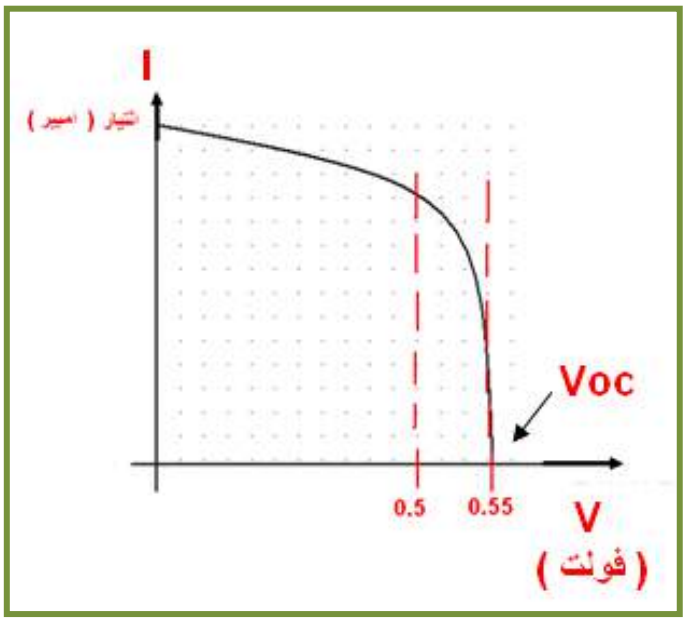
ويرمز لهذه الخلية الشمسية كما موضح بالشكل (1-13).



الشكل (1-13) رمز الخلية الضوئية

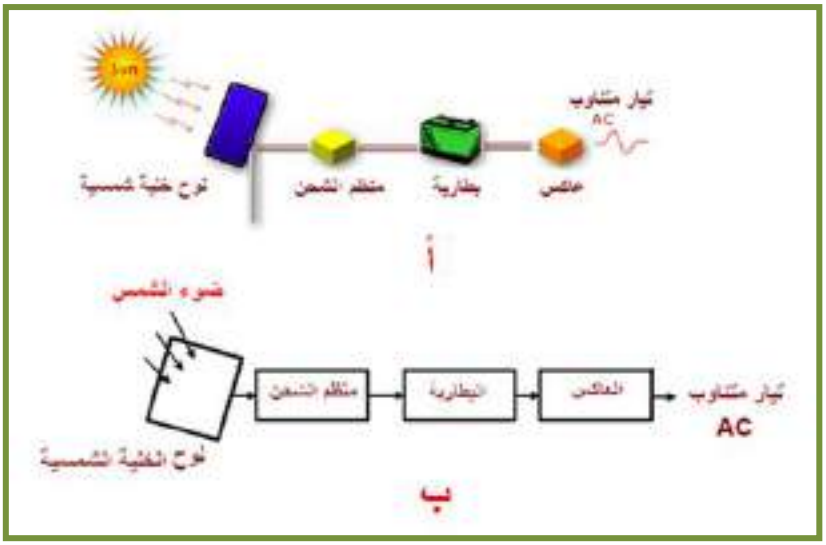
وتتناسب الطاقة الكهربائية الناتجة بوساطة الخلية الشمسية مع شدة ضوء الشمس تناسبا طردياً ففي الخلايا الضوئية المصنوعة من السيليكون تصل فولتية الخلية إلى 0.55V وتعتمد الفولتية على حجم الخلية لاحظ الشكل (1-14) الذي يوضح العلاقة بين التيار (I) والفولتية (V) حيث تتغير الفولتية على طرفي الحمل من

الصفر إلى القيمة Voc (Open Circuit Voltage) اي عندما تكون الدائرة الموصلة مع الحمل في حالة فتح.



الشكل (1-14) المنحني (I – V) للخلية الشمسية

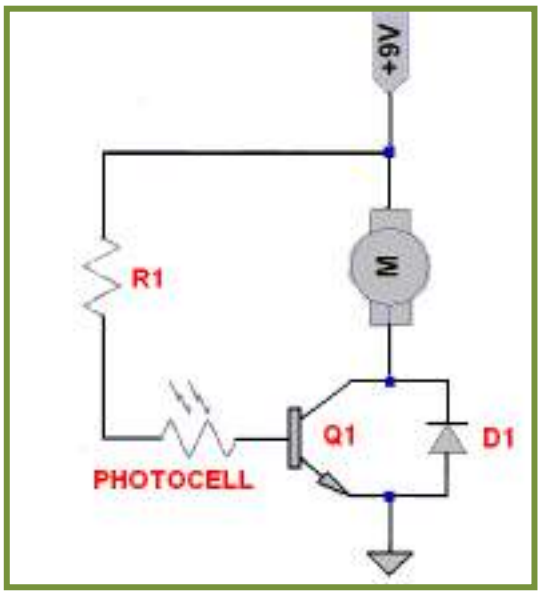
الشكل (1-15 أ) يوضح نظام نقل الطاقة الكهربائية باستخدام الخلايا الشمسية والشكل (1-15 ب) يبين المخطط الكتلي لهذا النظام حيث يعمل منظم الشحن (Charge Controller) على تثبيت الفولتية الخارجة من الخلايا الشمسية بينما تعمل البطارية (Battery) على خزن الطاقة الكهربائية بالتيار المستمر وتحوّل إلى التيار المتناوب بوساطة العاكس (Inverter) التي توصل إلى جهة المستهلك لتشغيل المحركات والمصابيح والأجهزة الأخرى.



الشكل (1-15) المخطط الكتلي لنقل الطاقة من الخلايا الشمسية

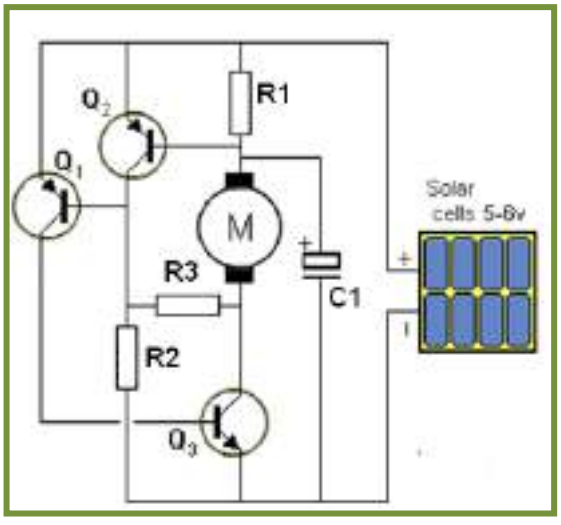
وتكون أعلى كفاءة تشغيل للخلايا الشمسية عندما يكون ضوء الشمس عمودياً عليها لذلك فان تنظيم وضع الخلايا بزاوية مناسبة او عمودية إلى ضوء الشمس مهم جداً وكما نعرف ان فولتية الخلية الواحدة يساوي 0.55V فان الخلية الشمسية المكونة من أربعة خلايا مربوطة على التوالي سوف تعطي 2.2V وتتكون الخلية

الشمسية عادةً من ست خلايا للوح (Panel) الواحد لذا نحصل على 13.2V الشكل (1-16أ) يوضح الدائرة الألكترونية للسيطرة على عمل المحرك فبتسليط الضوء على الخلية الضوئية تقل مقاومتها فيزداد تيار القاعدة للترانزستور Q1 فيمر تيار جامع ويعمل الترانزستور كمفتاح الكتروني فيعمل المحرك وعند حجب الضوء عن الخلية الضوئية تزداد مقاومة الخلية الضوئية فيقل تيار القاعدة فيقل الانحياز الأمامي للترانزستور فلا يعمل الترانزستور (Cutoff) فيتوقف المحرك عن العمل.



الشكل (1-16 أ) الخلية الضوئية تسيطر على عمل محرك

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-16 ب) تبين كيفية تجهيز فولتية منتظمة مثل 5V وتيار مقداره 10mA باستخدام الخلايا الشمسية إلى محركDC ويمر تيار الشحن خلال المقاومة R1 وتظهر فولتية على طرفيها فيصبح الترانزستور Q2 في حالة ON وعندما يقل تيار الشحن يصبح الترانزستور Q2 في حالة OFF بينما يصبح الترانزستور Q1 في حالة ON خلال المقاومة R2 الموصلة مع القاعدة ويعمل Q3 فيدور المحرك وتهبط الفولتية على المتسعة الكيميائية C1 ويزداد تيار الشحن خلال المقاومة R1 فتتوقف الدائرة عن العمل وتبدأ المتسعة الكيميائية بالشحن من جديد وتعاد العملية.



الشكل (1-16 ب) استخدام الخلايا الشمسية

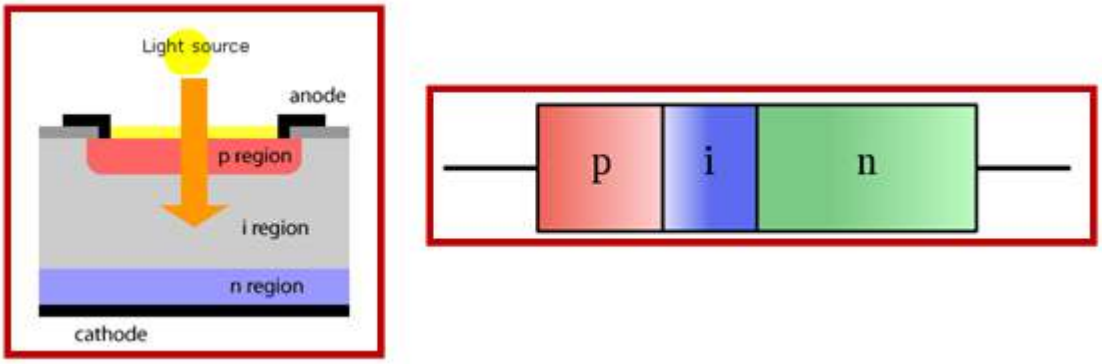
1- 5 الثنائي الضوئي: Photodiode

الثنائي الضوئي احد أنواع الكواشف الضوئية (photodiode) له القابلية على التحسس بالضوء وتحويله الى تيار او فولتية حسب نوع العمل في الدوائر الالكترونية اي وسيلة لتحويل الضوء الى كهرباء وهو من ثنائيات أشباه الموصلة ويشبه الثنائي الاعتيادي عدا وجود فتحة صغيرة للسماح للضوء للوصول الى الجزء المتحسس للثنائي لاحظ الشكل (1-17).



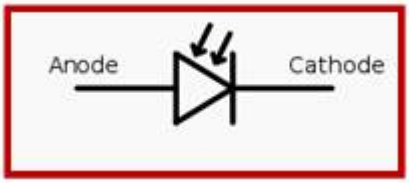
الشكل (1-17) الثنائي الضوئي

وتصمم أكثر أنواع الثنائيات الضوئية من وصلة (PIN) حيث توضع بين القطعة P والقطعة N طبقة شبه موصلة خالية من الشوائب هي (Intrinsic) ملائمة لجعل الثنائيات كمفاتيح سريعة و كواشف ضوئية بسبب الاستجابة السريعة لاحظ الشكل (1-18).



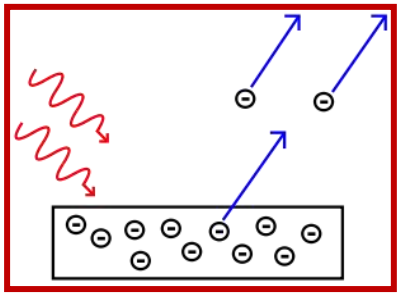
شكل (1-18) ثنائي ضوئي وصلة pnp

والشكل (1-19) رمز الثنائي الضوئي



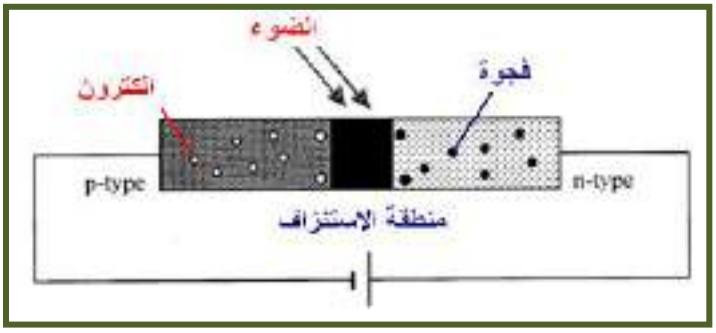
شكل (1-19) رمز الثنائي الضوئي

يقوم عمل هذا العنصر على مبدأ الظاهرة الكهروضوئية وهي انبعاث الالكترونات من بعض الموصلات عند سقوط الضوء عليها لاحظ الشكل (1-20) فحين يسقط شعاع الضوء على الثنائي وتحديدا على منطقة العزل المكشوفة فإن الفوتونات ستمتلك طاقة كافية لتجاوز الحاجز لتمنح طاقتها للإلكترون ليتمكن من كسر الرابطة التساهمية ويقفز من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل.



الشكل (1-20) الظاهرة الكهروضوئية

وبدوره سيخلف هذا الإلكترون فجوة إلكترونية مما يؤدي إلى مرور تيار مستمر بفضل الحاملات (إلكترون- فجوة) وبتسليط فولتية على طرفي الثنائي بالانحياز العكسي تبدأ الالكترونات والفجوات (حاملات الشحنة) بالتحرك نحو أقطاب المصدر ويحدث مرور تيار عكسي قليل جداً وعند سقوط الضوء تزداد حاملات التيار العكسي فيزداد التيار العكسي وبهذا يتم التحكم بالتيار العكسي بوساطة الضوء لاحظ الشكل (1-21) هذا النوع من الثنائيات حساس جداً لمصادر الضوء الحرارية مثل ضوء الشمس ويتغير تيار الثنائي الضوئي فجأة مع تغير شدة الضوء.



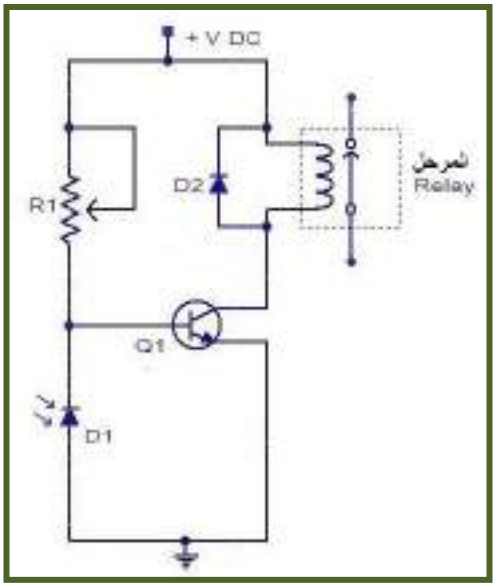
الشكل (1-21) تركيب الثنائي الضوئي

وللثنائي الضوئي أشكال عديدة ويبين الشكل (1-22) عدد من هذه الثنائيات.



الشكل (1-22) أشكال الثنائيات الضوئية

ان الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-23) توضح السيطرة على عمل المرحل (Relay) باستخدام الثنائي الضوئي فبتسليط الضوء على الثنائي الضوئي D_1 ينحاز الترانزستور Q_1 انحياز إمامي لان مقاومة الثنائي الضوئي تقل فيزداد تيار القاعدة في نفس الوقت يكون انحياز الجامع إلى القاعدة انحيازاً عكسياً فيعمل الترانزستور ON فيمر تيار جامع في ملف المرحل فيغير حالة المرحل من القطع OFF إلى التوصيل ON فيعمل على تشغيل اي حمل موضوع مع المرحل.



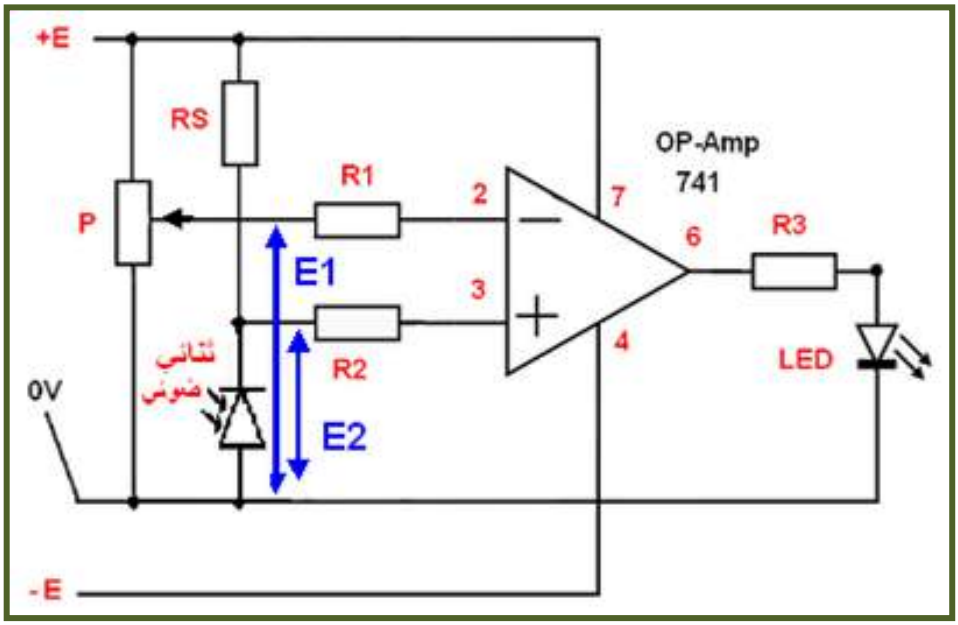
الشكل (1-23) الثنائي الضوئي
يسيطر على عمل المرحل

وللتمييز بين الثنائي الضوئي والخلايا الشمسية لاحظنا ان الثنائي الضوئي يحول الضوء (الموجات الكهرومغناطيسية) الى كهرباء فأنه في ذلك كالخلايا الشمسية تحول الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كهربائية فهما يقومان بنفس العمل ويشتركان بنفس المبدأ ويختلفان في نقطتين:

اولا- يعمل الثنائي الضوئي في مجال الاتصالات ومعالجة الاشارت فيحول الإشارات الضوئية إلى كهربائية بينما تشغل الخلايا الشمسية وظيفة توليد الكهرباء عن طريق تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية أي أن الثنائي الضوئي يستعمل ككاشف ضوئي أكثر منه كمحول طاقة.

ثانيا- يعمل الثنائي الضوئي في حالة الانحياز العكسي (Reverse Bias) بينما تترك الخلية الشمسية دون تسليط جهد عليها لان واجبها توليد الكهرباء وليس استهلاكه.

الدائرة الموضحة بالشكل (1-24) عبارة عن دائرة سيطرة بوساطة شدة الضوء باستخدام الثنائي الضوئي الدائرة مكونة من مكبر العمليات OP-Amp وثنائي الانبعاث الضوئي LED وثنائي ضوئي وعدد من المقاومات. يعمل مكبر العمليات كمقارن وثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة عندما تقل شدة الضوء الساقط على الثنائي الضوئي والمقاومة RS مربوطة على التوالي مع الثنائي الضوئي وهي مجزئ جهد (Voltage Divider) تكون مقاومة الثنائي الضوئي قليلة بسبب سقوط الضوء عليها فيتكون عليها فرق جهد قليل أيضا وبتغيير المقاومة المتغيرة P يمكن جعل الفولتية على الطرف العاكس اكبر من الفولتية على الطرف غير العاكس اي E1>E2 وعندما تقل شدة الضوء الساقط على الثنائي الضوئي تزداد مقاومته ويزداد فرق الجهد بين طرفيه وفي هذه الحالة يزداد الطرف غير العاكس عن الطرف العاكس E2 >E1 وفي هذه اللحظة يصبح خرج مكبر العمليات موجباً فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي وعند إعادة شدة الضوء الى الحالة الأولى ينطفئ (off) ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد ويمكن تنظيم حساسية الدائرة لأي شدة ضوئية بتغيير المقاومة (P).



الشكل (1-24) دائرة سيطرة باستخدام الثنائي الضوئي

1- 6 ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء: Infrared LED Diode

تعمل ثنائيات الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء بالانحياز العكسي والضوء المنبعث منه لا تحس به عين الإنسان بالطول ألموجي من (820nm – 1000nm) ويتركب هذا الثنائي من مادة كاليوم ارسنك (Gallium Arsenic) ويختصر اسم الثنائي IR LED ويرمز له كما في الشكل (1-25).



الشكل (1-25) رمز IR LED

يعمل الثنائي IR LED بشكل عام بالفولتية 1.25V وتيار مقداره 20mA وفي حالة استخدام فولتية مصدر أكثر من 1.25V يتم وضع مقاومة بالتوالي مع الثنائي كي يبقى التيار ثابتاً ويساوي 20mA ولحساب قيمة المقاومة RS موضحة في الشكل (1-26) نتبع ما يلي:

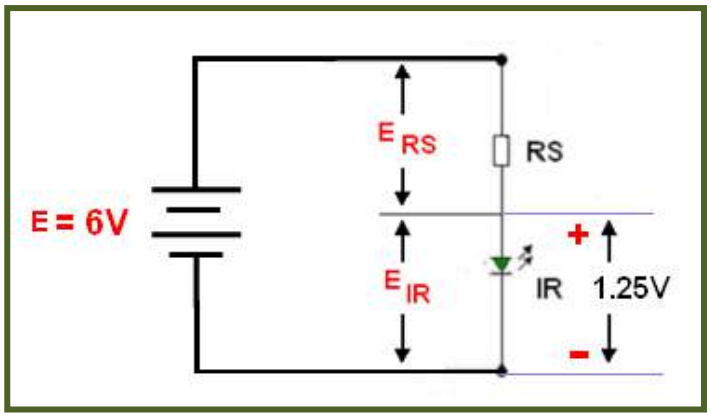
ضع E= 6V

$$E = E_{RS} + E_{IR}$$

$$E_{RS} = E - E_{IR} = 6 - 1.25 = 4.75V$$

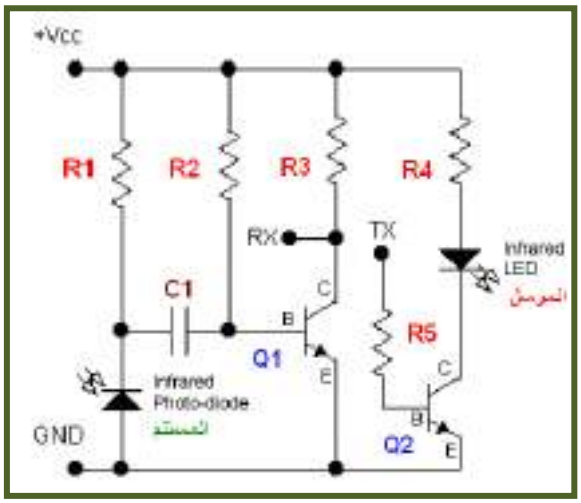
$$RS = \frac{E_{RS}}{I} = \frac{4.75}{20 \times 10^{-3}} = 237.5\Omega$$

وبما إن قيمة المقاومة غير قياسية لذلك يمكن اختيار إحدى القيم القريبة منها على ان تكون اكبر منها مثل المقاومة 270Ω ويمكن زيادة تأثير الضوء بتوصيل عدد من هذه الثنائيات بالتوالي و يستخدم IR LED في أنظمة الإرسال في التحكم عن بعد (Remote Control) وتبدد هذه الثنائيات قدرة صغيرة جداً وتبعث ضوء متردد صغير جداً ولا تتأثر هذه الثنائيات بالضوضاء (Noise) وتعمل بصورة عالية الاستقرار.



الشكل (1-26) حساب قيمة المقاومة RS

في الدائرة الموضحة بالشكل (1-27) دائرة إرسال TX ودائرة استلام RX تستخدم دائرة الإرسال الثنائي IR LED بينما تستخدم دائرة الاستلام الثنائي الضوئي الذي يعمل بالكشف عن الأشعة تحت الحمراء IR فيولد تيار صغير يتناسب مع الضوء المكشوف وخلال المقاومة R3 يصبح الجامع للترانزستور Q1 موجب بالنسبة الى القاعدة انحياز أمامي وخلال المقاومة R2 تصبح القاعدة موجبة بالنسبة الى الباعث انحيازاً عكسياً وبسقوط ضوء الأشعة الصادر من ثنائي المرسل على ثنائي المستلم يزداد الانحياز الأمامي للترانزستور.



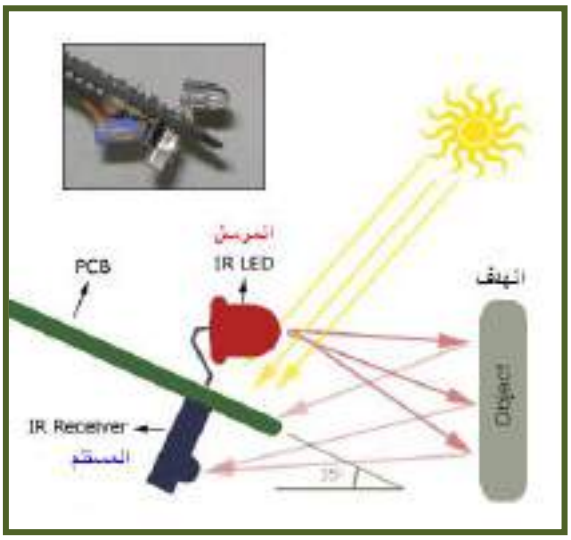
الشكل (1-27) دائرة إرسال واستلام باستخدام IR

توجد أشكال متعددة للثنائي الضوئي للكشف عن IR موضحة بالشكل (1-28).



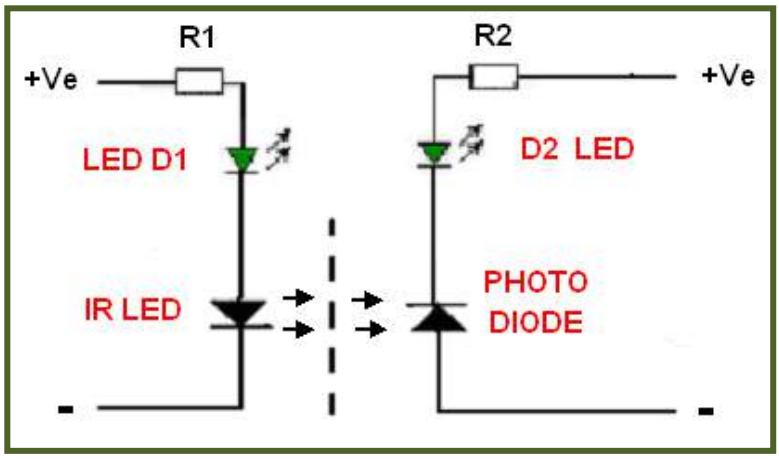
الشكل (1-28) أنواع مختلفة من الثنائيات الضوئية للأشعة تحت الحمراء

وكما في المتحسسات المتجاورة ، يوضع الثنائي IR LED الذي يمثل المرسل والمستلم IR بموقعين مختلفين من اللوحة المطبوعة PCB بطريقة بحيث تكون كعازل ضوئي بين المستلم وانبعاث IR LED والشكل (1-29) يوضح مسار الأشعة من الثنائي IR LED الى الهدف وأخيرا الى المستلم ومن الشكل يمكن ملاحظة وضع اللوحة المطبوعة بصورة مائلة وزاوية 35^{o} للحماية من الضوء المحيط باللوحة وتصل الأشعة العمودية فقط الى المرسل بصورة مباشرة وتستخدم في أجهزة قياس السرعة (التاكوميتر) واجهزة الاتصالات والروبوت وغيرها.



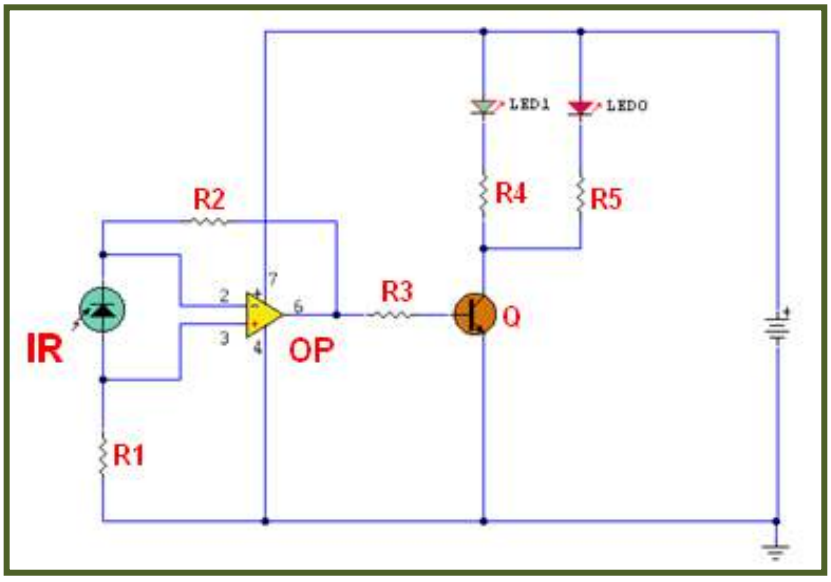
الشكل (1-29) وضع المرسل IR LED والمستلم IR على اللوحة المطبوعة

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-30 أ) مثال آخر لاستخدام ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء والثنائي الضوئي وهي عبارة عن مرسل ومستلم وفي هذا النظام يستخدم IR LED في المرسل والثنائي الضوئي في المستلم ولكل منهما مصدر فولتية منفصل ولا يوجد ربط بين المصدرين وصل ثنائي الانبعاث الضوئي D1 و D2 للتأكد من مرور التيار في دائرة المرسل ودائرة المستلم وتحدد كل من المقاومات R1, R2 مقدار التيار المار في دائرة المرسل ودائرة المستلم بتسليط الفولتية إلى دائرة IR LED تبعث ضوء بالأشعة تحت الحمراء في ناحية المرسل ويؤكد ذلك توهج ثنائي الانبعاث الضوئي ويتأثر الثنائي الضوئي (Photodiode) في دائرة المستلم بضوء الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من IR LED فيزداد تيار الانحياز العكسي للثنائي الضوئي ويؤكد توهج ثنائي الانبعاث الضوئي D2 مرور التيار في دائرة المستلم اما في حالة قطع (Cut Off) مَصدر الفولتية عَن دائرة المرسل تتوقف الدائرة عن العمل وتستخدم في أجهزة الكشف عن الحرائق.



الشكل (1-30 أ) الإرسال والاستلام باستخدام IR LED و الثنائي الضوئي

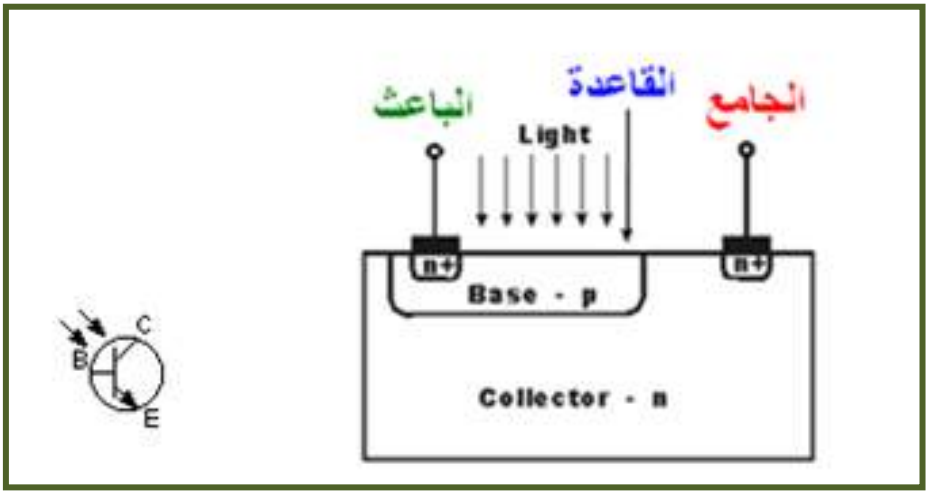
يكون الثنائي الضوئي حساس جدا ويستجيب الى طيف عريض من ترددات الأشعة تحت الحمراء IR وهي موجودة بكمية قليلة بضوء الشمس المباشر لذلك يجب التأكد من ان الثنائي لا يلتقط هذه الأشعة بصورة مباشرة من ضوء الشمس وان حدث هذا فان الثنائي LED_1 في الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-30 ب) يبقى مضيئاً دائماً، يولد الثنائي الضوئي نبضات دقيقة جدا للتيار عند تعرضه الى IR وتصل قيمته الى 1µA تكبر في مكبر العمليات وتتحول الى فولتية فيعطي مكبر العمليات 4.7V لكل 1µA ثم يكبر خرج مكبر العمليات في الترانزستور Q الموصل بطريقة الباعث المشترك وبتسليط IR من جهاز السيطرة عن بعد (Remote Control)يضيء ويطفئ الثنائي LED1 وهكذا ولهذا السبب تستخدم أجهزة التحكم عن بعد التضمين النبضي المشفر (Pulse Code Modulation) PCM.



الشكل (1-30 ب) استخدام IRLED في المستلم للأشعة IR

1- 7 الترانزستور الضوئي: Photo Transistor

الترانزستور الضوئي نوع من الترانزستورات التي يزداد فيها تيار القاعدة (Base) عندما يسقط الضوء عليه، وهو عبارة عن ترانزستور حساس للضوء كما هي الثنائيات الضوئية ومصمم للعمل بنفس النظرية وتصنع معظم الترانزستورات الضوئية المختلفة من ترانزستورات PNP او NPN ولا يستخدم طرف القاعدة عادةً وينحاز الجامع الى الباعث بالصورة الاعتيادية ويعتبر الثنائي بين الجامع والقاعدة عبارة عن ثنائي ضوئي وتقوم العدسات للترانزستور الضوئي بتجميع الضوء الساقط على سطح منطقة الاتصال للثنائي بين الجامع والقاعدة ويمر تيار جامع في الدائرة عند سقوط الضوء في حالة عدم وجود ضوء ساقط للثنائي الضوئي بين الجامع والقاعدة يصبح الترانزستور الضوئي عازلاً يوصل حمل الدائرة عادة مع الجامع وبسقوط الضوء يبدأ التيار بالمرور خلال الحمل والشكل (1-31) يوضح تركيب الترانزستور الضوئي ورمزه.



الشكل (1-31) تر كيب الترانزستور الضوئي ورمزه

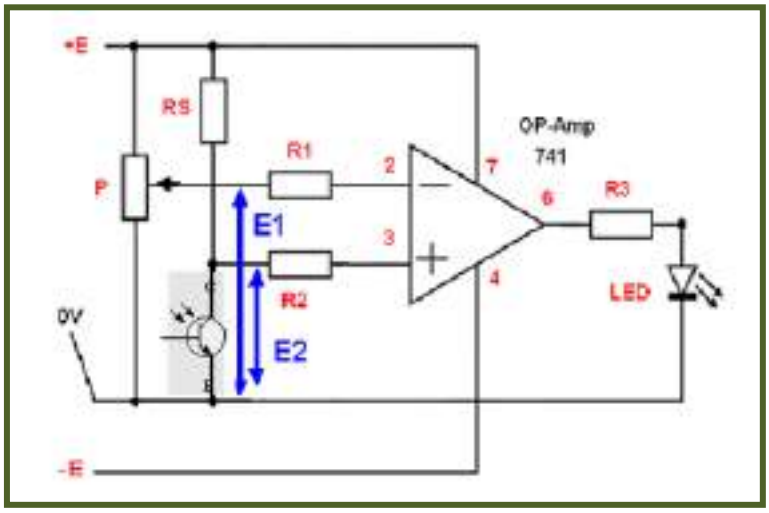
الشكل (1-32) يوضح أشكال مختلفة للترانزستورات الضوئية



الشكل (1-32) أشكال مختلفة للترانزستورات الضوئية

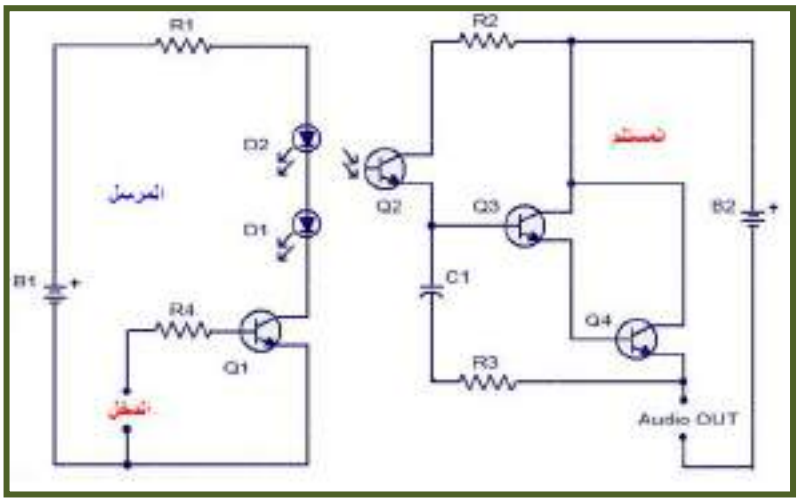
الدائرة الموضحة بالشكل (1-33 أ) عبارة عن دائرة سيطرة بشدة الضوء باستخدام الترانزستور الضوئي الدائرة عبارة عن مقارن باستخدام مكبر العمليات تسمح بتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي عندما تقل شدة الضوء الساقط على الترانزستور الضوئي والمقاومة RS مربوطة على التوالي مع الترانزستور الضوئي وهي عبارة عن مجزئ جهد (Voltage Divider) وتكون مقاومة الترانزستور الضوئي قليلة بسبب سقوط الضوء عليه فيتكون على الترانزستور الضوئي فرق جهد قليل أيضا وبتغيير المقاومة المتغيرة P يمكن جعل الفولتية على الطرف العاكس اكبر من الفولتية على الطرف غير العاكس اي E1>E2 وعندما تقل شدة الضوء الساقط

على الترانزستور الضوئي تزداد مقاومته ويزداد فرق الجهد بين طرفيه وفي هذه الحالة يزداد الطرف غير العاكس عن الطرف العاكس**E2 >E1** فيصبح خرج مكبر العمليات موجباً فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي وعند إعادة شدة الضوء الى الحالة الأولى ينطفئ (OFF) ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد ويمكن تنظيم حساسية الدائرة لأي شدة ضوئية بتغيير المقاومة (P) ويستخدم في الآلات الموسيقية وغيرها.



الشكل (1-33 أ) دائرة سيطرة باستخدام الترانزستور الضوئي

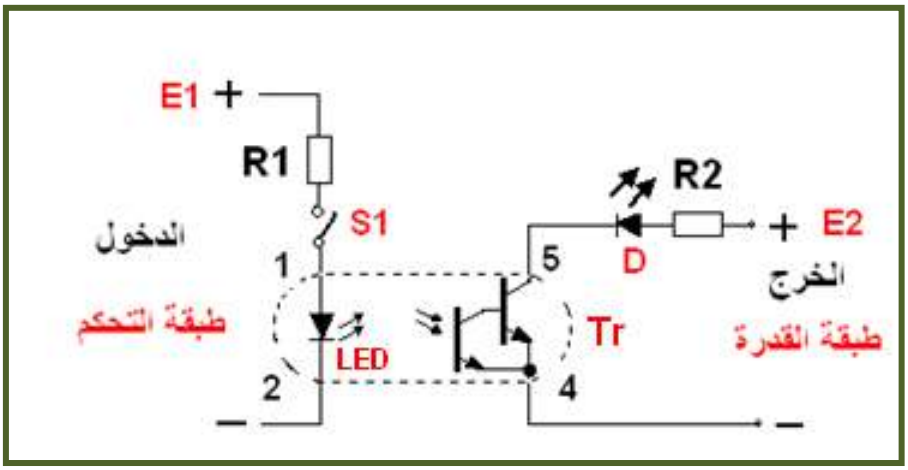
للترانزستورات الضوئية كثير من الاستخدامات فهي تستعمل في أجهزة الإنذار والمصاعد وفي أجهزة التلفزيون كوحدة استقبال لجهاز التحكم عن بعد (Remote Control) وغيرها.
الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-33 ب) تبين كيفية استخدام الترانزستور الضوئي لنقل الإشارة السمعية (Audio Signal) تسلط الإشارة المطلوب إرسالها على قاعدة الترانزستور Q_1 خلال المقاومة R_4 ويقوم الترانزستور Q_1على تشغيل كل من الثنائي D_1 و D_2 لإرسال IR دخول الإشارة السمعية سوف تضمن إلى إشارات مرسلة بالأشعة IR وتلتقط بوساطة الترانزستور الضوئي Q_2 وسوف تتغير فولتية الباعث للترانزستور Q_2 طبقا للإشارة السمعية المضمنة بالأشعة IR تكبر في الترانزستور Q_3 و Q_4 وتوصل إلى السماعة (الخرج) وتعمل المتسعة C_3 والمقاومة R_3 كمرشح لمنع التداخلات الغريبة بسبب إشارات الأشعة تحت الحمراء وتستخدم في الاتصالات والتحكم الصناعي.



الشكل (1-33 ب) استخدام الترانزستور الضوئي لنقل الإشارة السمعية

1- 8 ترانزستور الازدواج المرئي : Opto Coupler Transistor

تستخدم عناصر الالكترونيات الضوئية لإغراض عزل دائرة كهربائية ذات مدى منخفض الفولتية عن دائرة أخرى ذات فولتية عالية وأغراض أخرى وهذا يشبه عمل المحولات الكهربائية وقد أطلق على وحدة العزل هذه اسم وحدة العزل الضوئي وهي تعمل على العزل الكهربائي التام بين الدوائر الكهربائية وتتكون وحدة العزل الضوئي في العادة من ثنائي الانبعاث الضوئي LED مرتبط بترانزستور يتحسس بالضوء او ثايرستور يتحسس بالضوء في دوائر الإلكترونيك الصناعي لطبقات السيطرة أو التحكم فولتيات وتيارات صغيرة بينما تكون في دوائر القدرة كبيرة لهذا السبب فان خطوط السيطرة وخطوط القدرة يجب أن تكون معزولة الواحدة عن الأخرى وأفضل العناصر الالكترونية للقيام بهذه المهمة هي العوازل المرئية ففي هذه العوازل الضوئية تنتقل الإشارة من المرسل إلى المستلم خلال الضوء فقط ويكون طول الموجة للضوء المستخدم في العوازل المرئية بين (820 – 1000 nm) ويدعى طول الموجة هذا بالأشعة تحت الحمراء (Infrared) والتي لا تحس بها عين الإنسان ويتكون هذا الترانزستور من ثنائي الانبعاث الضوئي LED يعمل على الأشعة تحت الحمراء IR وترانزستور ضوئي بنفس الغلاف كما موضح بالشكل (1-34).

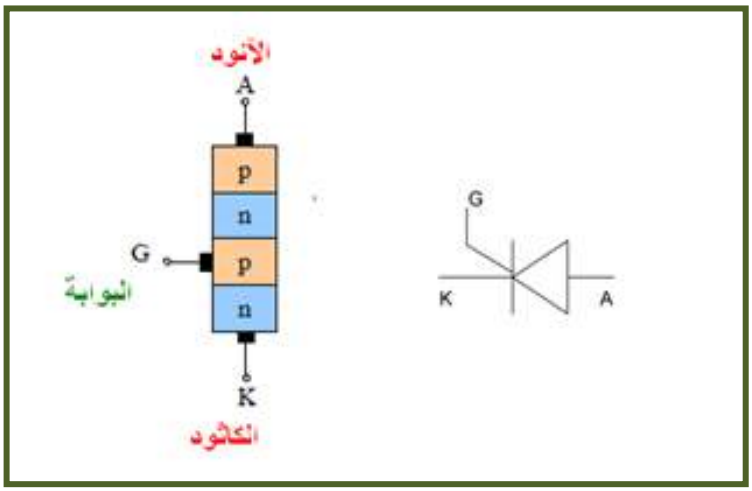


الشكل (1-34) تركيب وعمل دائرة Opto coupler Transistor

مصادر فولتيات الدائرة E1 و E2 مقصورة على التبادل المشترك وبتسليط مؤثر (Excitation) للدائرة وبغلق المفتاح S1 تسلط الفولتية E1 إلى طرفي الثنائي IR LED للإطراف 1 و 2 خلال المقاومة R1 والمفتاح S1 يبعث الثنائي IR LED ضوء الأشعة تحت الحمراء وتبدأ أطراف الترانزستور الضوئي 4 و 5 بالانحياز الأمامي بسبب المصدر E2 وفي الشكل نلاحظ أن طرف القاعدة في حالة فتح وان ثنائي الانبعاث الضوئي D بالتوالي مع R2 يعتبر حمل للجامع والضوء المنبعث من الثنائي IR LED يسلط على الترانزستور الضوئي فيبدأ تدفق تيار الجامع هذا وتتم السيطرة على تيار الجامع بالتناسب مع الضوء المنبعث من الثنائي IR LED وفي حالة نقصان فولتية المصدر E1 يحدث خفوت في ضوء الثنائي IR LED أيضاً فتقل شدة الضوء الساقط على الترانزستور الضوئي فيضئ الثنائي D بإضاءة قليلة ايضاً.

1- 9 ثايرستور الازدواج المرئي : Opto Coupler Thyristor

الثايرستور عبارة عن وصلة مكونة من أربعة بلورات من المواد شبة الموصلة P.N.P.N مكون من الانود (Anode) والكاثود (Cathode) والبوابة (Gate) تستخدم كمفتاح كهربائي عند تسليط نبضة (Trigger) على طرف البوابة لاحظ الشكل (1-35) الذي يمثل تركيب الثايرستور ورمزه.



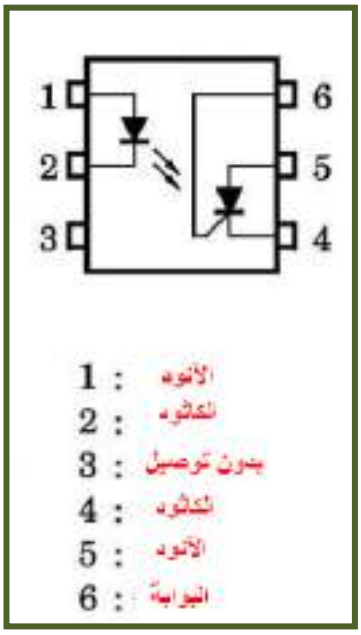
الشكل (1-35) تركيب الثايرستور ورمزه

وللثايرستور أشكال عديدة كما موضح في الشكل (1-36).



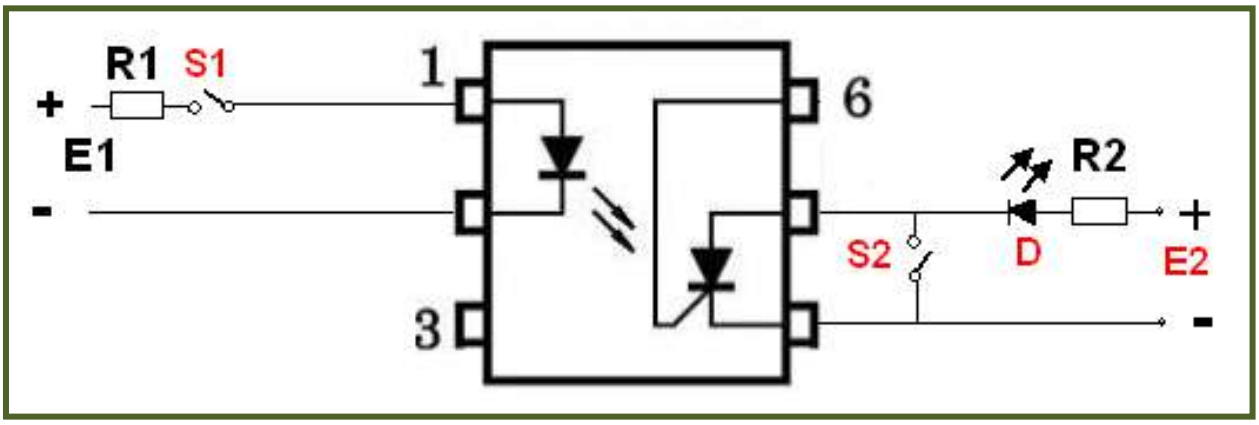
الشكل (1-36) يوضح اشكال الثايرستور

إن أفضل العناصر الالكترونية للعزل بين (دائرة المرسل) ودائرة (دائرة المستلم) هي دوائر الازدواج المرئي ففي هذه الدوائر تنتقل الإشارة من المرسل إلى المستلم خلال الضوء فقط ويكون طول الموجة للضوء المستخدم في العوازل المرئية بين 1000nm – 820 ويدعى طول الموجة هذا بالأشعة تحت الحمراء (Infrared) والتي لا تحس بها عين الإنسان فيوضع الثنائي IR LED مع ثايرستور يتحكم بالضوء وبغلاف واحد كما هو موضح في الشكل (1-37).



الشكل (1-37) تركيب ثايرستور الازدواج المرئي Opto Coupler Thyristor

عمل الثنائي الضوئي الذي يتحكم بالترانزستور هو نفسه الذي يتحكم بالثايرستور ويتم القدح (Triggering) بوساطة ضوء الأشعة تحت الحمراء كما موضح بالشكل (1-38) وهو الطرف السادس وعند غلق المفتاح S1 وتسليط فولتية المصدر E1 على الثنائي IR LED خلال المقاومة R1 يبعث الثنائي IR LED ضوء الأشعة تحت الحمراء الذي يتحكم بضوء الثايرستور المتصل بالأطراف 4,5,6 والموصل بالمصدر E2 وتمثل المقاومة R2 وثنائي الانبعاث الضوئي D حمل للثايرستور المرئي (Opto Thyristor) وبسبب انبعاث الضوء من IR LED على الثايرستور يصبح في حالة توصيل فيمر تيار حمل فيشع الثنائي D الضوء وعند غلق المفتاح S2 لا تظهر الفولتية بين الآنود والكاثود للثايرستور فتتوقف العملية ويستخدم ثايرستور الازدواج المرئي في أجهزة السيطرة على تشغيل الترايك في دوائر التيار المتناوب.



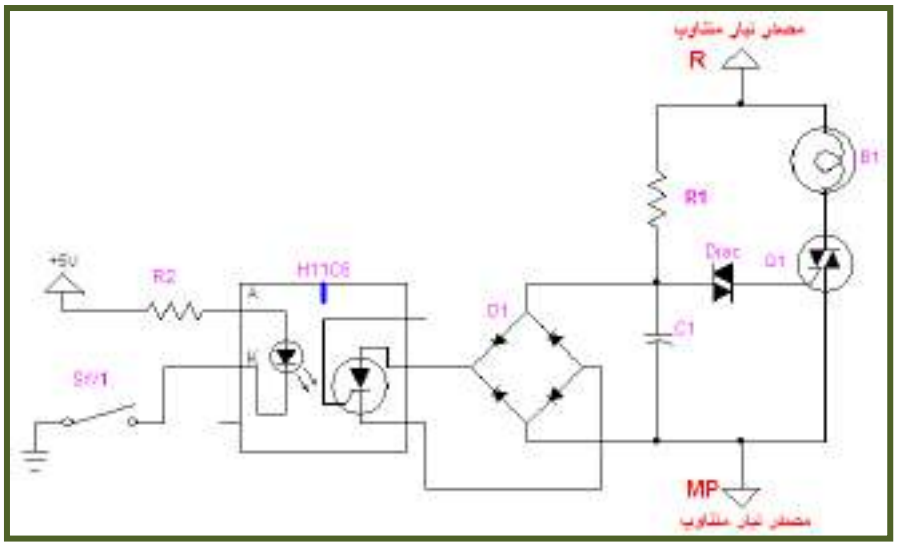
الشكل (1-38) تشغيل الثايرستور المرئي Opto Thyristor

ويأخذ الثايرستور المرئي أشكال مختلفة كما موضحة في الشكل (1-39 أ).



الشكل (1-39 أ) أشكال مختلفة للثايرستور المرئي

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-39 ب) توضح استخدام ثايرستور الازدواج المرئي من نوع موحد السيطرة السيليكوني SCR (Silicon Control Rectifier) والموضح بالرقم H11C6 للتحكم بغلق (Switch Off) الترايك (Q1) والموصل مع حمل B1 مثل مصباح او محرك ..الخ من وحدة القنطرة يصبح انود ثايرستور الازدواج الضوئي موجب بالنسبة الى القاعدة ويتم قدح بوابة الترايك Q1 خلال الدايك فيصبح في حالة ON فيمر تيار في الحمل B1 بسبب الدورة الكهربائية المغلقة وتستخدم في دوائر الكترونيات القدرة.



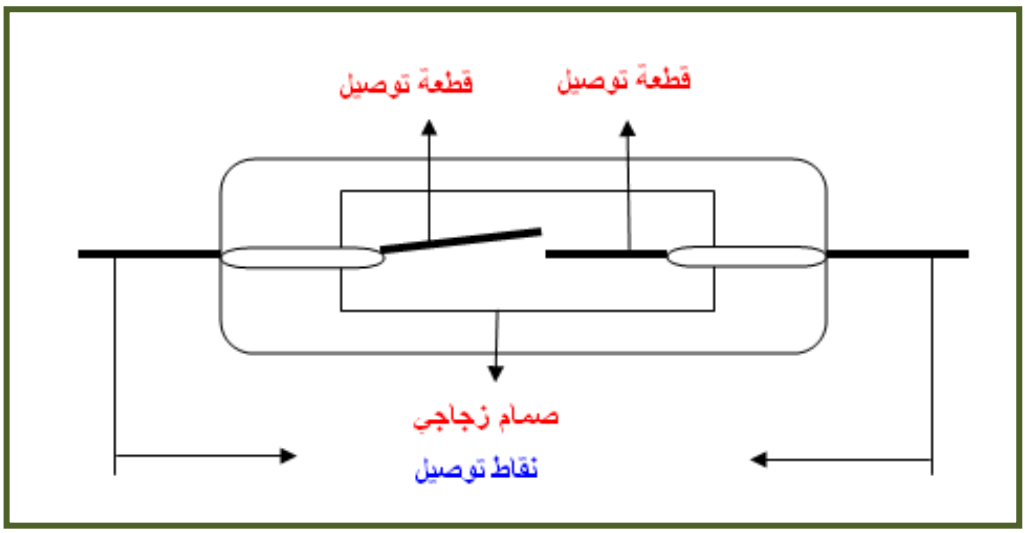
الشكل (1-39 ب) استخدام ثايرستور الازدواج المرئي

1 - 10 المتحسسات : Sensors

المتحسس عبارة عن عنصر يتأثر بالكميات الفيزيائية كالحرارة والضغط والسرعة والحركة والقوة والضوء والصوت ومن ثم تحويلها إلى إشارة كهربائية قيمتها مكافئة لتلك الكميات الفيزيائية ويمكننا ملاحظة الكثير من المتحسسات في حياتنا اليومية كمتحسس الحرارة الذي يتحسس بدرجة حرارة الغرفة أو الثلاجة والمتحسس الضوئي الذي يوضع مع مصابيح الإنارة في الطرقات لتتم الإنارة عند مغيب الشمس.

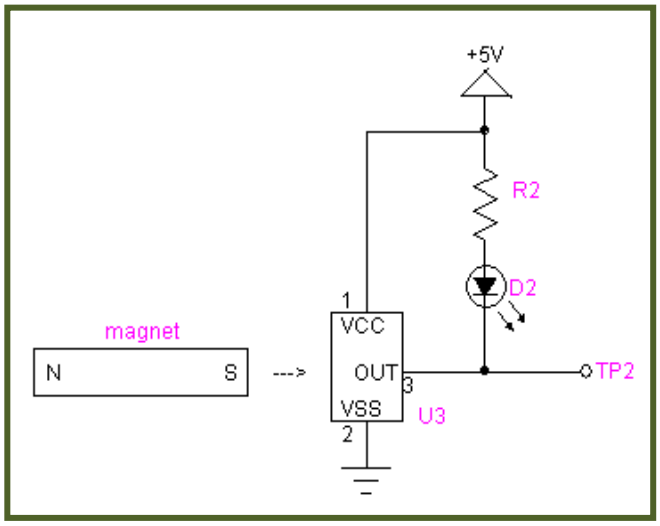
1- 10 – 1 متحسس ميكانيكي مغناطيسي :

يتركب المتحسس الميكانيكي المغناطيسي من قطعتي توصيل (Contact) موضوعة داخل صمام مفرغ من الهواء كما موضح بالشكل (1-40 أ) وتوجد أنواع عديدة منها للفتح والغلق. تصنع نقاط التوصيل من معادن متينة تتحمل القوس الكهربائي والتأكسد وهذه العناصر هي الفضة والنيكل والكوبالت وخليط من التنكستن والبلاديوم (Palladium) ويتم فتح وغلق نقاط التوصيل بتقريب مغانيط طبيعية او تشكيل مغانيط صناعية بوضع ملفات حول الحساس ويدعى هذا الحساس (Tongue Contact Relay).



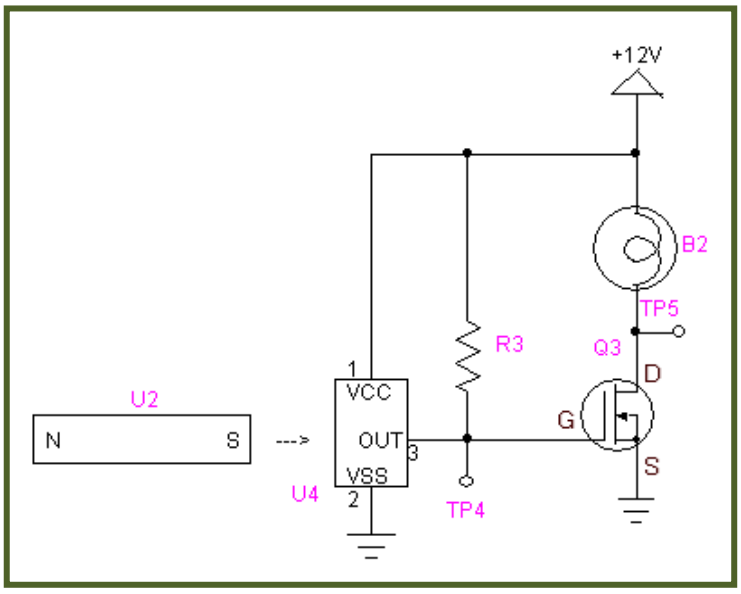
الشكل (1-40 أ) متحسس ميكانيكي مغناطيسي

ومن ابسط التطبيقات للمتحسس الميكانيكي المغناطيسي إضاءة ثنائي الانبعاث الضوئي LED الموضح بالشكل (1-40 ب) الثنائي في الوضع off وتكون النقطة TP2 عالية الفولتية 5V بالنسبة إلى الأرضي فبتقريب المغناطيس الطبيعي من نقاط التماس للمرحل تتصل نقاط التوصيل وتغلق الدائرة الكهربائية ويتوهج الثنائي، ويمكن توصيلها مباشرة إلى ميناء (PORT) المتحكم الدقيق (Micro Controller) او الدوائر المنطقية بالفولتية 5V.



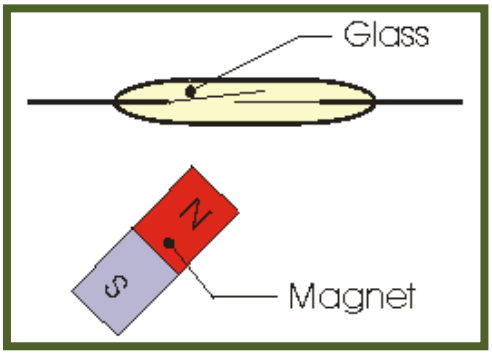
الشكل (1-40 ب) متحسس ميكانيكي مغناطيسي لتشغيل ثنائي LED

ومن عيوب هذه الدائرة ان المتحسس ذو قدرة واطئة يتلف بحدود 20mA ولتحسين القدرة نستخدم الدائرة الموضحة بالشكل (1-40 جـ) فباستخدام ترانزستور تأثير المجال السيليكوني المعدني ذو البوابة المعزولة الذي يعمل بنسق الاستنزاف (Depletion MOSFET) فعندما يكون المرحل U4 في حالة off تصبح كل من النقاط TP4 و TP5 الى 12 V ويكون المصباح في حالة off وبتشغيل المرحل U4 تصبح كل من النقاط TP4 و TP5 (0)V فيتوهج المصباح (ON).



الشكل (1-40 جـ) متحسس ميكانيكي مغناطيسي مع N-MOSFET

ويستخدم المرحل من نوع مفتاح القصبة المغناطيسية الذي يعتمد عمله على مبدأ الحث المغناطيسي سواء كان المغناطيس دائم او مغناطيس كهربائي موضوع بجوار قطع معدنية من الحديد المطاوع رفيعة جداً تدعى بالقصب (Reeds) موضوعة في غلاف زجاجي محكم الغلق (Sealed) وفي الوضع الاعتيادي تكون التوصيلات في حالة فتح وتغلق بوجود المجال المغناطيسي لاحظ الشكل (1-40 د)



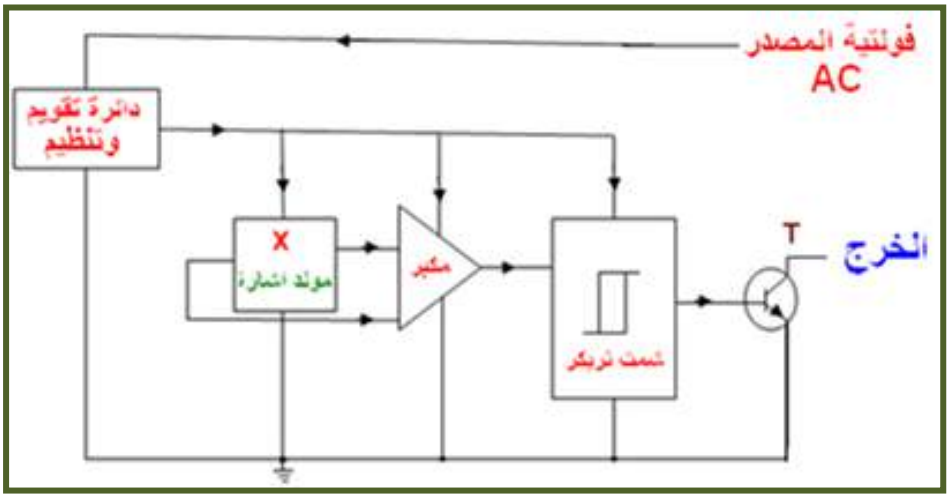


الشكل (1-40 د) مفتاح القصبة المغناطيسية

1- 10 – 2 متحسس الكتروني مغناطيسي :

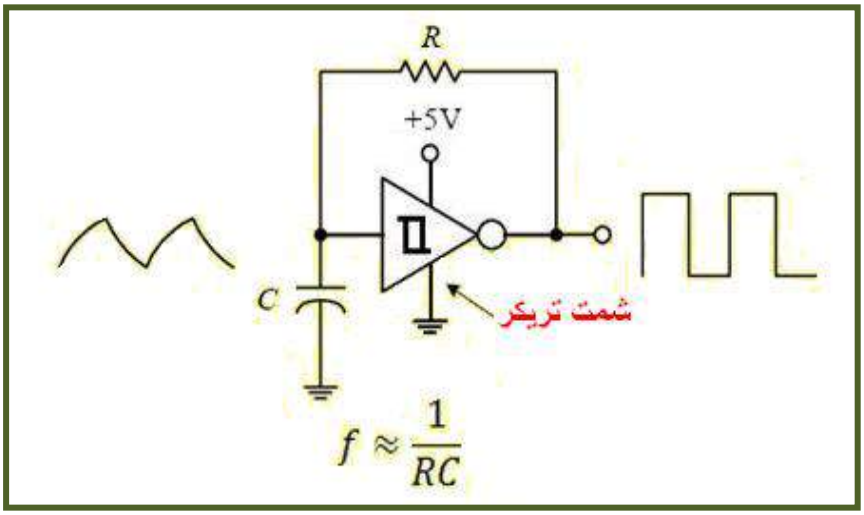
المتحسسات الالكترونية المغناطيسية عبارة عن نوع ترانزستوري ومفاتيح مغناطيسية ويمتاز بما يلي:

- ملائم مع كل المغانط الثابتة.
- لا يحتوي على أجزاء متحركة.
- حساس للتغيرات في درجات الحرارة بين (C° 85 + و C° 20-).
- له متانة للتغيرات الفيزيائية.
- يعمل بين (4.5V – 25V).



الشكل (1-41) المخطط الكتلي للمتحسس الالكتروني المغناطي

المخطط الكتلي الموضح بالشكل (1-41) يوضح التركيب الالكتروني الداخلي للمتحسس الالكتروني المغناطيسي تعمل دائرة التنظيم (Regulation) على استقرارية الفولتية المجهزة للدوائر الالكترونية ومنع الفولتية الداخلة من التغيرات والتذبذبات (Fluctuations) والجزء الموضح بالعلامة X عبارة عن مولد فولتية يعمل بالتأثيرات المغناطيسية تكبر الإشارة الخارجة منه بوساطة مكبر العمليات وهي إشارة قدح للمذبذب ذو النوع شمت تريكر (Schmitt Trigger) الذي يستخدم لتحويل التغيرات البطيئة في الشكل الموجى للدخل إلى شكل في الخرج محدد وحاد وخالٍ من اي ضوضاء كما موضح بالشكل (1-42 أ) ويعمل الترانزستور T ذو الجامع المفتوح كمفتاح يسيطر على أي حمل موضوع معه.



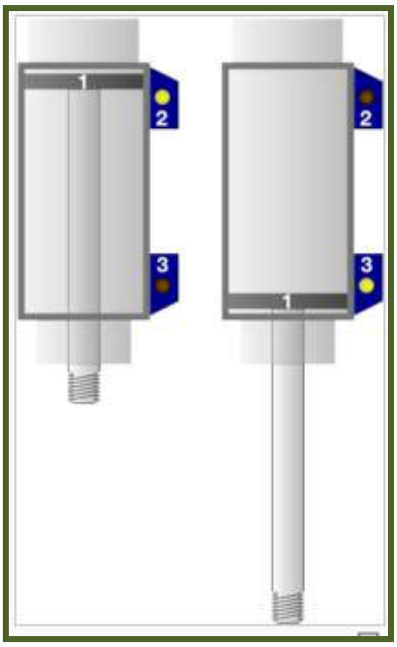
الشكل (1-42 أ) مذبذب شمت تريكر (Schmitt Trigger)

احد تطبيقات المتحسس الالكتروني المغناطيسي في عمليات التحكم الصناعي لتحديد الموضع (Position) ومن أنواعه متحسس المؤثر الرئيسي (Hall – Effect Sensor) المكون من ترانزستور أحادي القطب (Unipolar) بثلاثة أطراف لفولتية الدخول والأرضي وطرف خرج المتحسس كما موضح بالشكل (1-42 ب).



شكل (1-42 ب) ترانزستور متحسس المؤثر الرئيسي Hall – Effect Sensor

وهو مدمج مع مغناطيس موضوع وسط المتحسس وهو المؤثر الرئيسي وهو عبارة عن محول طاقة تتغير الفولتية الخارجة عنه بالاستجابة مع المجال المغناطيسي ويستعمل للكشف عن السرعة والموضع لاحظ الشكل (1-42 جـ) فيه الرقم (1) عبارة عن مكبس مغناطيس داخل اسطوانة مملوءة بالهواء المضغوط (Pneumatic) ومثبت على سطحها الخارجي المتحسس (2,3) توضح التمدد والانكماش لموضع المكبس.



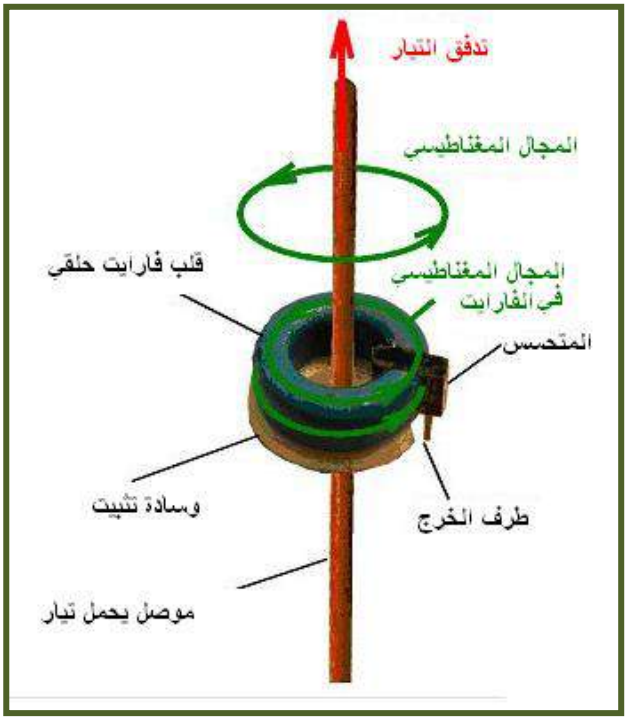
الشكل (1-42 جـ) استخدام متحسس المؤثر الرئيسي بالموضع

والتطبيقات الأخرى التي تتحسس بالتيار كما موضح بالشكل (1-42 د) فبتحريك قلب الفارايت يتغير مقدار التيار فيتغير المجال المغناطيسي فيتحسس المؤثر الرئيسي فتتغير الفولتية الخارجة.



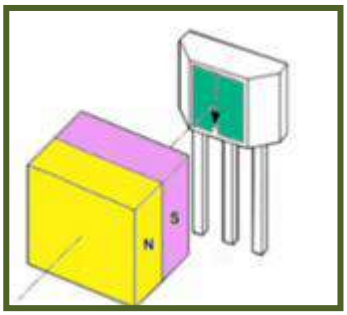
الشكل (1-42 د) متحسس المؤثر الرئيسي بالتيار

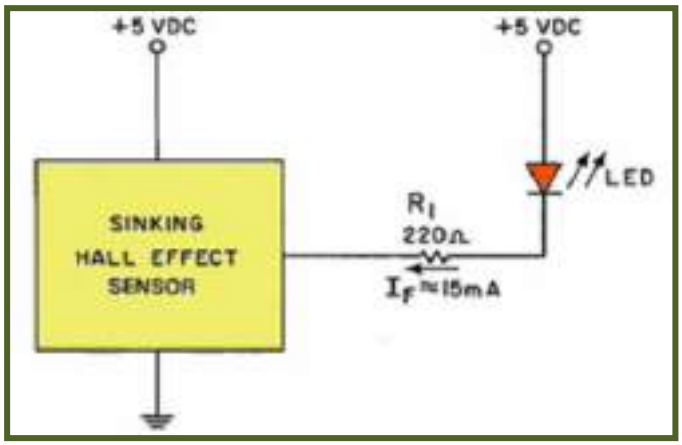
هذا المتحسس يمكنه الكشف عن المجالات المغناطيسية الشاردة (stray) بسهولة ولهذا السبب يستخدم في البوصلات الالكترونية وهذه المجالات المغناطيسية الشاردة تسبب عدم الحصول على القياسات الدقيقة للمجالات المغناطيسية الصغيرة ولهذا السبب يوضع هذا المتحسس عادة بصورة مدمجة مع المغناطيس بغلاف واحد كما في الشكل (1-42 هـ) هذا التركيب يحقق تحسين في نسبة الإشارة إلى الضوضاء (Signal To Noise Ratio) ويتم توسيع معدل تغذية المتحسس بتحريك ساق (سلك) الى الأعلى والأسفل.



الشكل (1-42 هـ) وحدة مدمجة للمتحسس والفارايت

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-42 و) توضح إحدى التطبيقات العملية لتشغيل ثنائي الانبعاث الضوئي LED باستخدام متحسس المؤثر الرئيسي نوع المسك (Latch) فبتقريب القطب الجنوبي للمغناطيس الى المتحسس يغلق المتحسس (الذي يعمل كمفتاح) فيتوهج الثنائي وبتقريب القطب الشمالي للمغناطيس الى المتحسس ينطفئ الثنائي LED ويستخدم هذا التطبيق في المعامل التي تعمل بالتحكم المنطقي المبرمج.

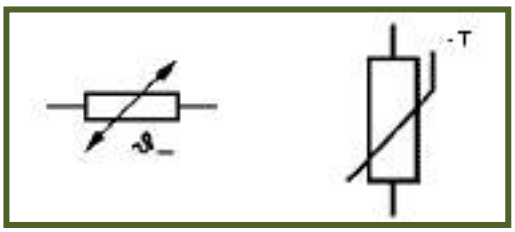




الشكل (1-42 و) متحسس الكتروني مغناطيسي لتشغيل ثنائي LED

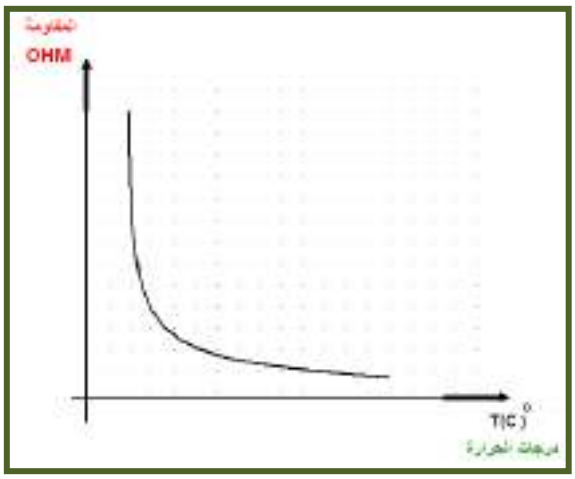
1- 11 المعامل الحراري السالب: NTC (Negative Temperature Coefficient)

بعض اكاسيد المعادن تكون على شكل مسحوق (بلورات) لها خاصية تقل فيها مقاومتها إثناء التسخين تستخدم هذه الخاصية في مقاومات المعامل السالب NTC (Negative Temperature Coefficient) ويرمز لها كما في الشكل (1-43).



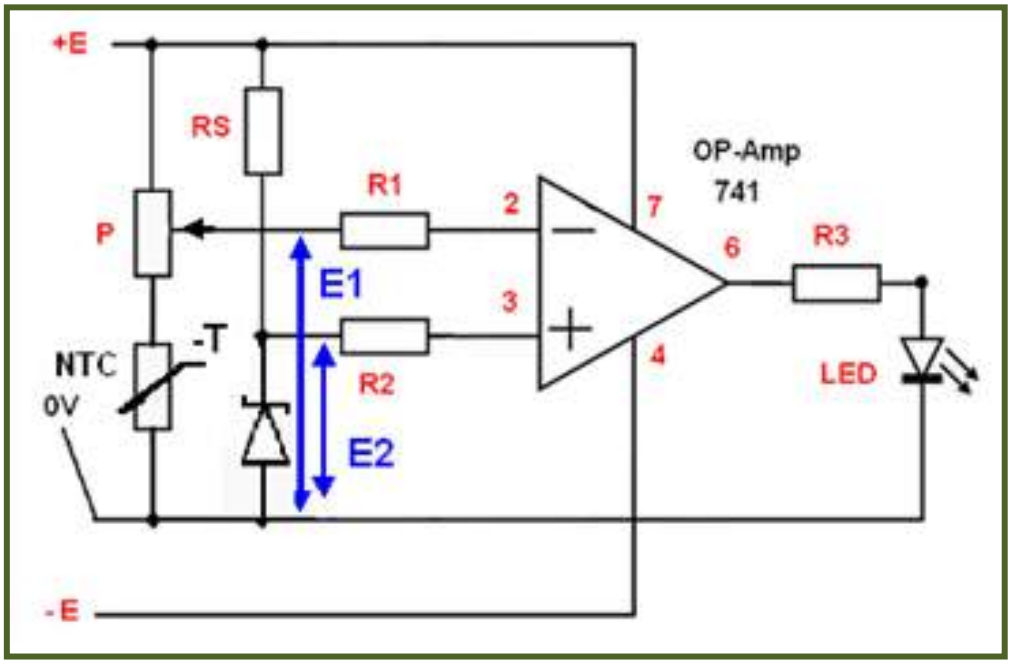
الشكل (1-43) رمز المقاومة NTC

تدعى المقاومة NTC في درجة حرارة الغرفة بالمقاومة الباردة من (18–20°c) في النوع NTC تقل المقاومة كلما ازدادت درجات الحرارة كما موضح ذلك في الشكل (1-44) والذي يوضح العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة لـ NTC وتستخدم NTC كمتحسس حراري.



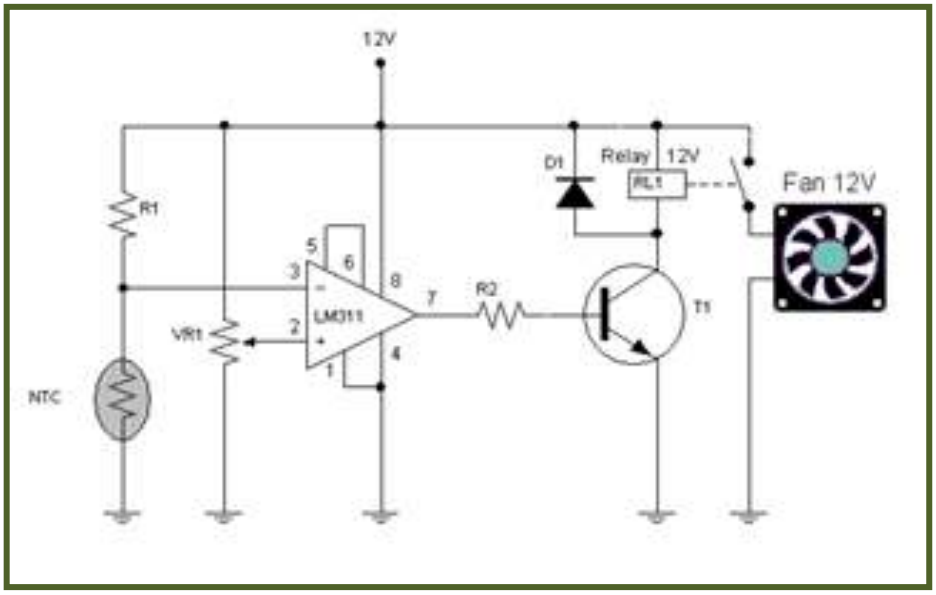
الشكل (1-44) العلاقة بين الحرارة والمقاومة لـ NTC

الدائرة الموضحة بالشكل (1-45 أ) عبارة عن دائرة سيطرة تتحسس بالحرارة باستخدام NTC وهي عبارة عن مقارن باستخدام مكبر العمليات وتعمل الدائرة بصورة ذاتية عندما تزداد درجة حرارة الوسط وضع ثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة والمقاومة (RS) مربوطة على التوالي مع ثنائي زينر وهي مجزئ جهد Voltage Divider عندما تكون درجة حرارة الوسط ضمن المعدل (Average) تكون مقاومة NTC عالية ويصبح فرق الجهد عليها عالٍ وبتغيير المقاومة المتغيرة P بحيث تصبح E1>E2 ويكون ثنائي الانبعاث الضوئي في حالة OFF بزيادة درجة حرارة الوسط تقل مقاومة NTC فيقل فرق الجهد عليها في هذه النقطة يكون إدخال طرف العاكس اقل من إدخال الطرف غير العاكس E1> E2 فيصبح خرج المقارن موجباً فيتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي و إذا قلت درجة حرارة الوسط للحالة الأولى ينطفئ ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد ويمكن استخدام هذه الدائرة في دورة الماء في السيارة فتعمل بصورة ذاتية عند ارتفاع درجة حرارة المحرك ويمكن التحكم بحساسية الدائرة بتحديد قيمة المقاومة المتغيرة P.



الشكل (1-45 أ) دائرة سيطرة باستخدام NTC

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-45 ب) تبين استخدام المعامل الحراري السالب NTC لتشغيل وإطفاء مروحة تعمل بالفولتية V(12) بالتيار المستمر DC وهي مماثلة للمروحة المستخدمة في الحاسوب لتبريد وحدة المعالجة المركزية CPU عند ارتفاع درجة الحرارة عن القيمة المقررة ويمكن التحكم بدرجات الحرارة بتنظيم المقاومة VR1 وتستخدم الدائرة NTC كمتحسس وهو الثيرموستور (Thermostor) تقل مقاومتها بارتفاع درجات الحرارة.



الشكل (1-45 ب) التحكم بتشغيل مروحة ذاتيا

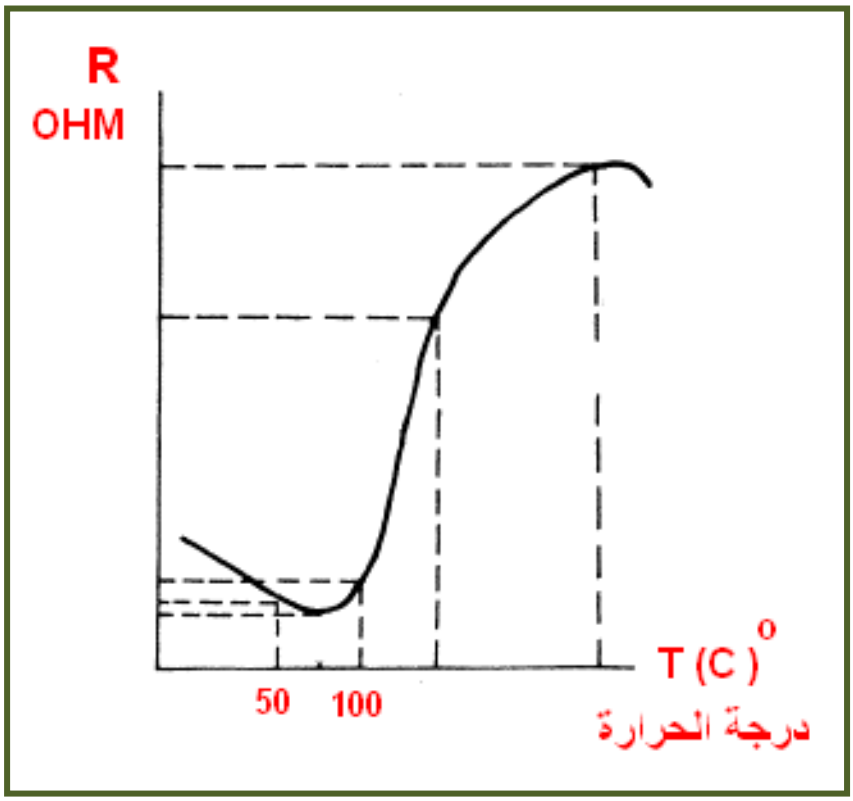
1- 12 المعامل الحراري الموجب: PTC (Positive Temperature Oefficient)

بعض اكاسيد المعادن ، أملاح معدنية ، خليط من الحديد ومواد شبه الموصلة لها خاصية ازدياد في مقاومتها أثناء التسخين وتستخدم هذه الخاصية في مقاومات المعامل الموجب PTC ويرمز لها كما في الشكل (1-46).



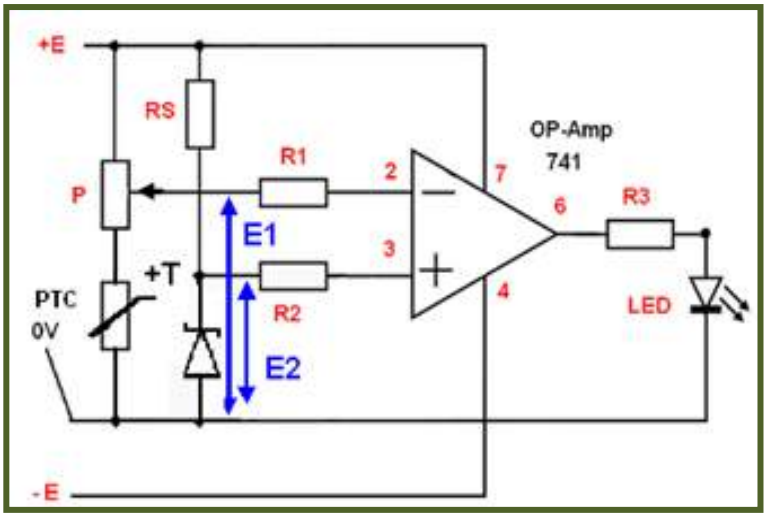
الشكل (1-46) رمز المقاومة الحرارية PTC

تدعى المقاومة PTC في درجة حرارة الغرفة بالمقاومة الباردة (Cold Resistance) من C°(18-20) فعند مرور التيار خلال PTC كما في المقاومة السلكية تزداد مقاومة لـ PTC نتيجة لارتفاع درجة الحرارة والشكل (1-47) يوضح العلاقة بين المقاومة ودرجة الحرارة لـ PTC وتستخدم PTC كمتحسس حراري.



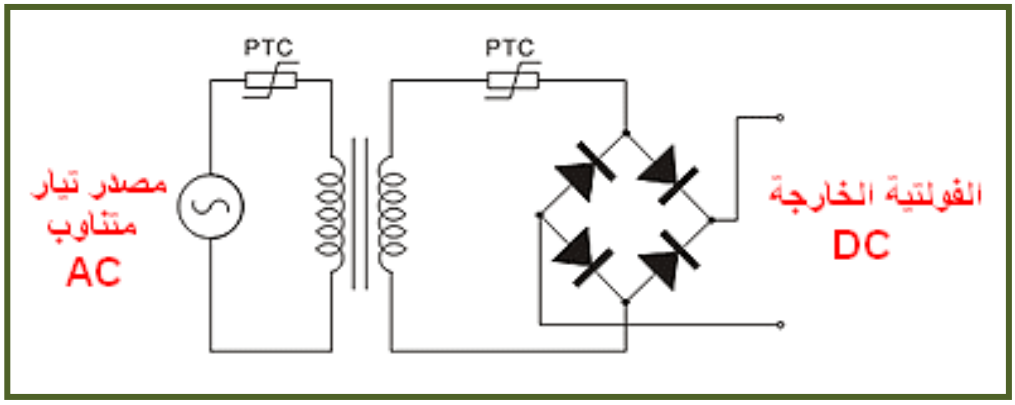
الشكل (1-47) العلاقة بين المقاومة ودرجات الحرارة في ال PTC

الدائرة الموضحة بالشكل (1-48 أ) عبارة عن دائرة سيطرة تتحسس بالحرارة باستخدام PTC والدائرة عبارة عن مقارن باستخدام مكبر العمليات وتعمل الدائرة بصورة ذاتية عندما تزداد درجة حرارة الوسط ووضع ثنائي الانبعاث الضوئي LED للتأكد من عمل الدائرة ووصلت المقاومة RS بالتوالي مع ثنائي زينر وهو مجزئ جهد (Voltage Divider) فعندما تكون درجة حرارة الوسط بالمعدل (Average) تصبح مقاومة PTC عالية ويصبح فرق الجهد عليها عالياً وفي هذه النقطة يكون إدخال طرف العاكس اكبر من إدخال الطرف غير العاكس E1 >E2 فيصبح خرج المقارن سالباً فينطفئ ثنائي الانبعاث الضوئي إذا قلت درجة حرارة الوسط للحالة الأولى يتوهج ثنائي الانبعاث الضوئي من جديد وتستخدم هذه الدائرة في السخانات حيث يعمل السخان عندما تقل درجة الحرارة وبالعكس ويمكن التحكم بحساسية الدائرة بتحديد قيمة المقاومة المتغيرة بتغير المقاومة المتغيرة P.



الشكل (1-48 أ) دائرة سيطرة باستخدام PTC

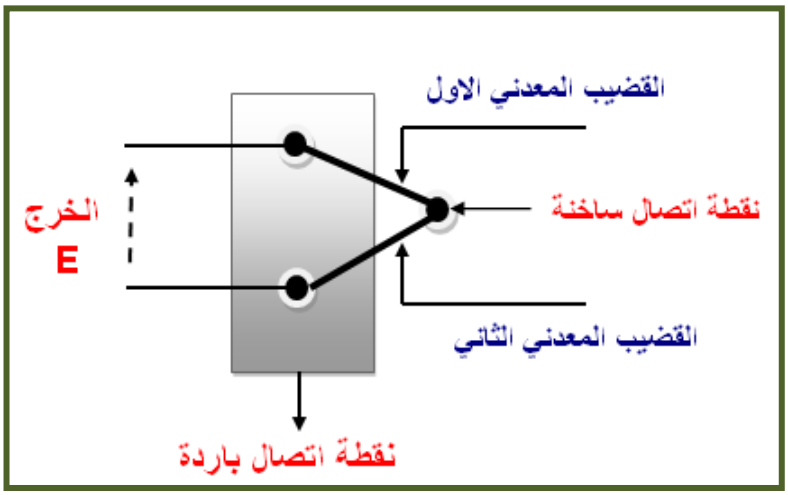
يستخدم ثيرمستور المعامل الحراري الموجب (PTC) بدل الفاصم (Fuse) لحماية الحمل (Load) مثل المحركات والمحولات الكهربائية والدوائر الالكترونية لحماية الدوائر من الزيادة الحاصلة في التيار وارتفاع درجات الحرارة حيث تزداد مقاومة PTC عند ارتفاع تيار الدائرة عن الحد المسموح به والدائرة الموضحة بالشكل (1-48 ب) مثالاً يوضح بعض الاستخدامات للثيرمستور PTC لمجهز القدرة لحماية الملف الابتدائي والثانوي لمحولة القدرة لدائرة تقويم موجة كاملة نوع (قنطرة).



الشكل (1-48 ب) استخدام PTC في مجهز القدرة

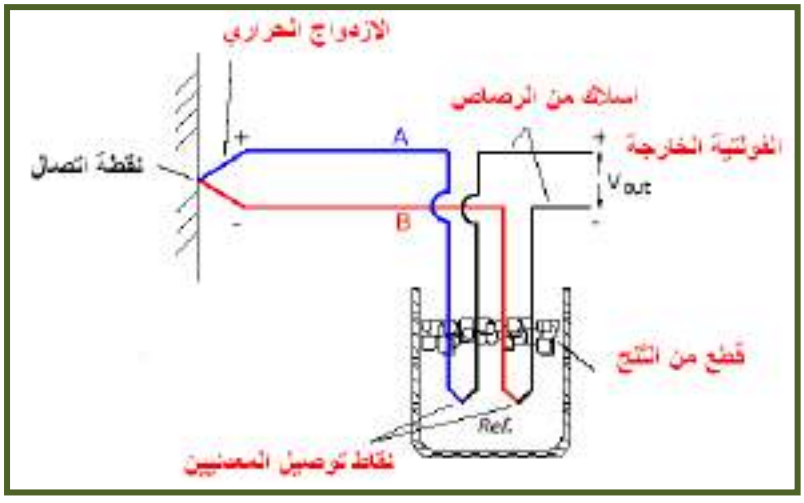
1- 13 الازدواج الحراري: (Thermocouple)

الازدواج الحراري احد المتحسسات الحرارية المستخدمة في الدوائر الالكترونية ودوائر التحكم الصناعي لقياس وتحديد درجات الحرارة وهي متحسسات دقيقة ومتينة ومبدأ عمل الازدواج الحراري عبارة عن توصيل سلكين معدنيين مختلفين بعضهما ببعض وتسخين نقطة الاتصال بين السلكين كما موضح بالشكل (1-49).



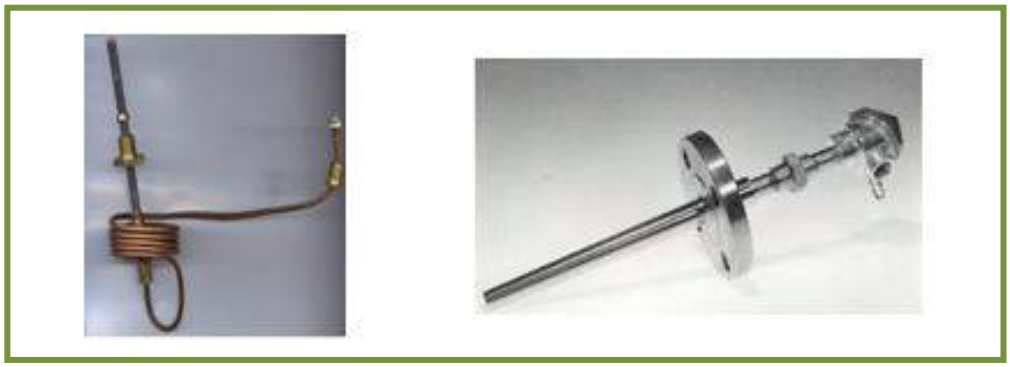
الشكل (1-49) تركيب الازدواج الحراري

وتسمى نقطة الازدواج الحراري بنقطة الاتصال الحار وتثبت هذه النقطة في المكان المطلوب قياس حرارته بالتطبيقات العملية وتكون الفولتية الخارجة (إحدى طرق توليد الفولتية من سلكين معدنيين مختلفين مصنوعين من السبائك عادة تتناسب مع الفرق بدرجات الحرارة بين نهاية اي طرف للموصلين) من الازدواج الحراري قليلة جداً لذالك يستخدم مكبر فولتية من الناحية العملية ولابد من أن تكون مواد الازدواج الحراري مثل (الذهب ، الحديد ، النحاس وغيرها) بنفس درجة الحرارة وبعكسه يكون القياس خاطئاً ونقطة اتصال نهاية الطرفين تدعى بنقطة الاتصال البارد وتثبت في درجة حرارة ($0\ C^0$) لاحظ الشكل (1-50).



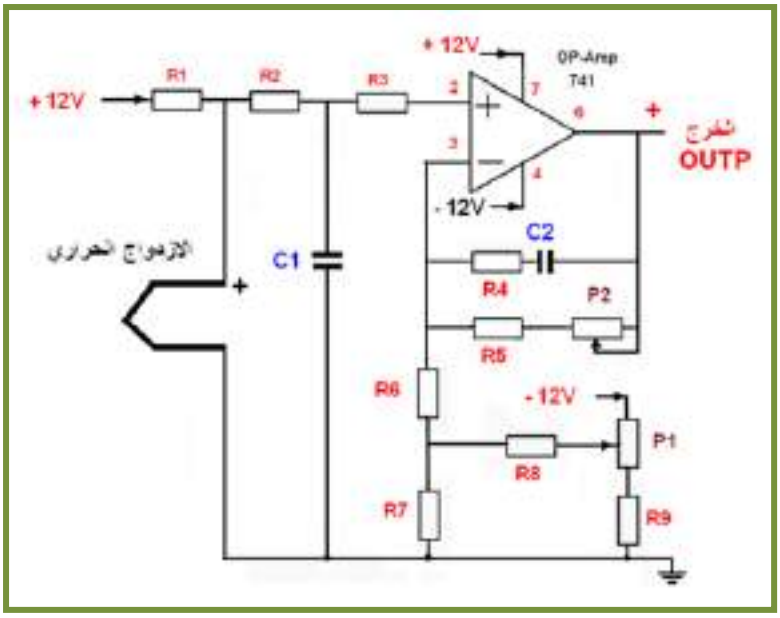
الشكل (1-50) تركيب الازدواج الحراري

وللازدواج الحراري أشكال عديدة كما موضح في الشكل (1-51).



الشكل (1-51) أنواع مختلفة من أشكال الازدواج الحراري

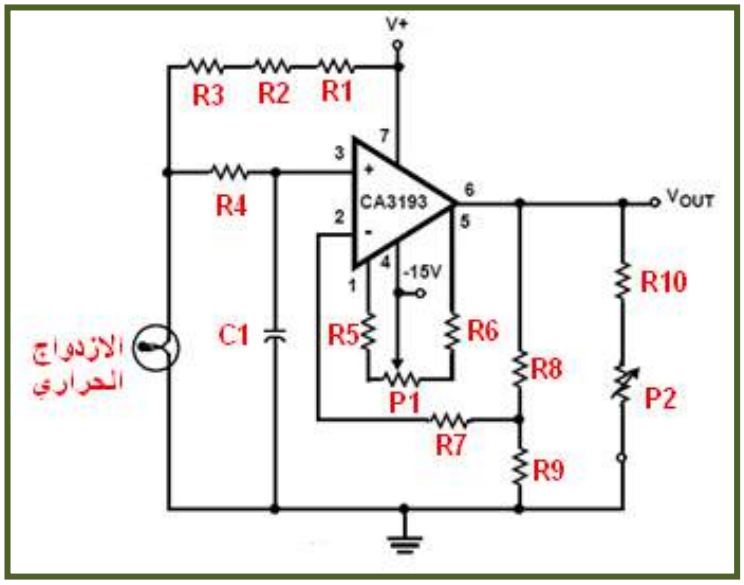
يستخدم مكبر العمليات كمكبر غير عاكس كما موضح في الشكل (1-52 أ) يسلط خرج الازدواج الحراري مع فولتية المصدر الموجبة إلى الطرف غير العاكس خلال R1 , R2 , R3 وضعت C1 لحماية إشارة الطرف غير العاكس من الضوضاء وتنظم فولتية المصدر السالبة بوساطة R6 , R7 , R8 , R9 والمقاومة المتغيرة P1 وتسلط على الطرف العاكس لمكبر العمليات ولتحديد فولتية المرجع (Reference Voltage) للنقطة 3 من مكبر العمليات يتم ذلك بتغيير المقاومة المتغيرة P1 وهذا يقابل درجة حرارة معينة والتغذية العكسية من خرج مكبر العمليات الى الطرف العاكس تتم خلال C2 , R5 , R4 والمقاومة المتغيرة P2 التي تعمل على تحديد قيمة التغذية العكسية أي مقدار ربح مكبر العمليات فعلى سبيل المثال بتغير P2 يزداد الخرج 10mVمقابل زيادة في درجة حرارة $10C^{o}$ وتستخدم في المتحسسات الحرارية ، في الثلاجات الكهربائية وأجهزة التبريد وغيرها.



الشكل (1-52 أ) مكبر العمليات غير العاكس والازدواج الحراري

الدائرة الموضحة بالشـــكل (1-52 ب) تـمثل دائرة تكبير الازدواج الحـــراري المستخدمة فـي أجهزة القياس باستخدام مكبر العمليات حيث يعمل على تكبير الإشارة المتولدة الداخلة إلى الطرف 3 من مكبر العمليات وتجهز المقاومات R1 , R2 , R3 أعلى تأشيرة في الخرج عندما يكون المزدوج الحراري في حالة فتح (Open) وبسبب استقرارية الدائرة العالية فأنها تستخدم في الأجهزة الدقيقة جداً مثل الأجهزة الطبية في المختبرات وأجهزة الثيرموميتر الرقمية وغيرها.

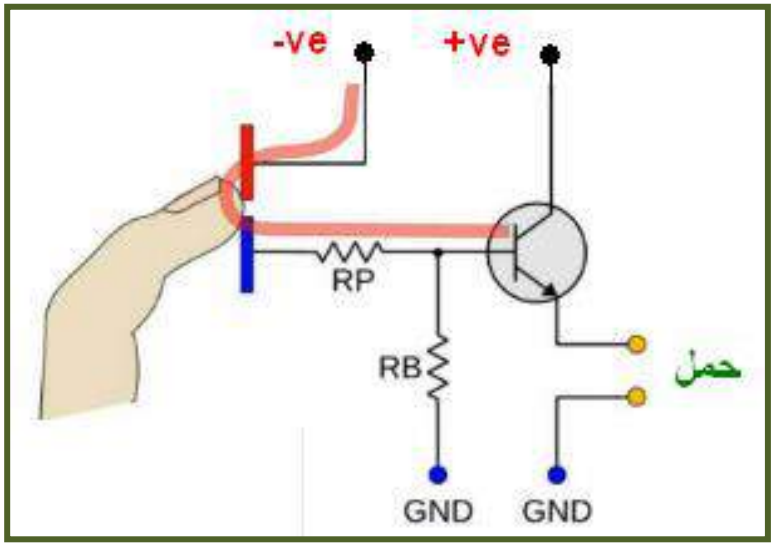
.



الشكل (1-52 ب) مكبر الازدواج الحراري

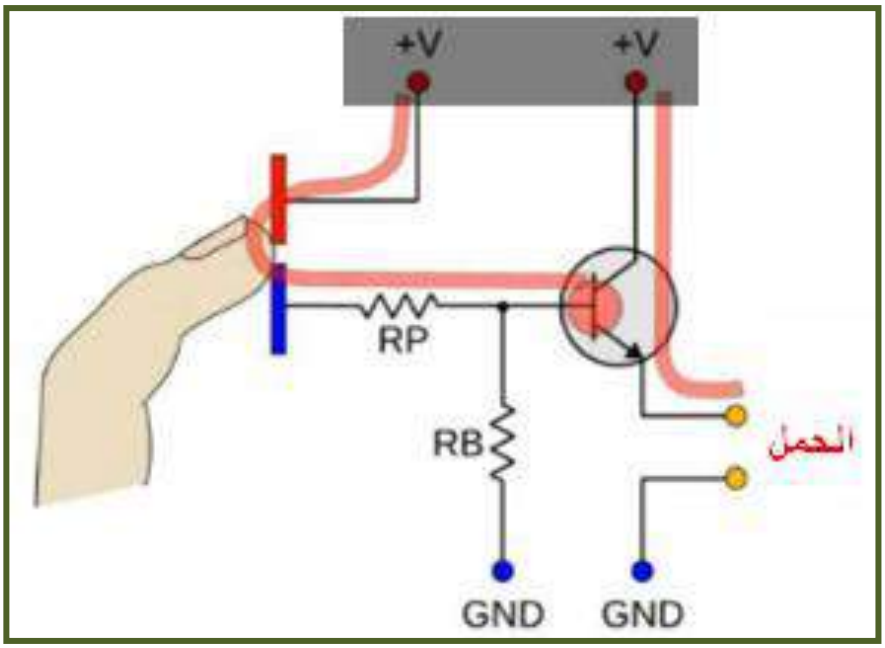
1- 14 مفتاح المتحسس باللمس : (Touch Switch Sensor)

الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-53) عبارة عن مفتاح متحسس باللمس بسبب وجود مقاومة توصيل من جسم الإنسان بين قطبين (Electrode) موصلين فيمر تيار قليل جداً الى قاعدة الترانزستور عن طريق المقاومة Rp فيسبب مرور تيار في جامع الترانزستور فيعمل كمفتاح في منطقة الإشباع (Saturation Region).



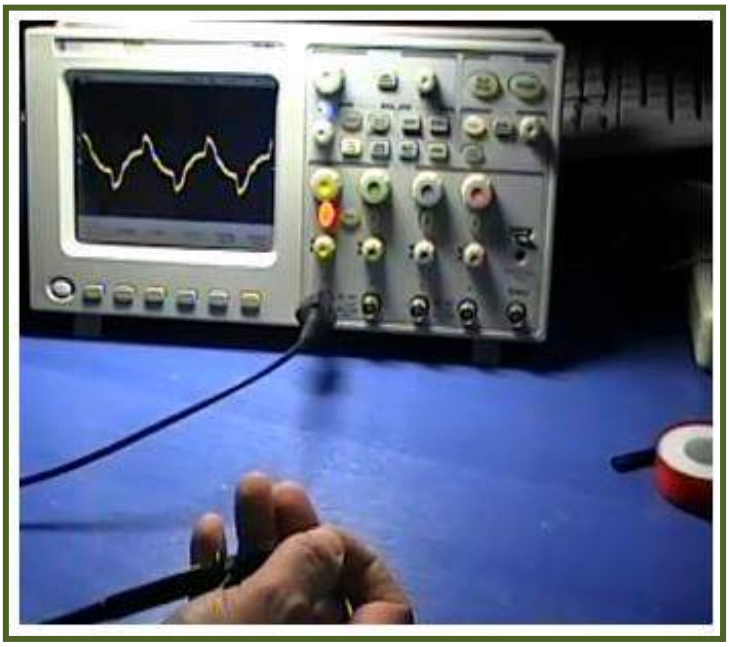
الشكل (1-53) التوصيل بين الموصلين

فيمر التيار خلال الحمل كما هو موضح بالشكل (1-54 أ) وتدعى هذه الطريقة بدائرة اللمس بالمقاومة لزر المفتاح [Circuit Resistance Touch (Button Switch)] والغرض من وجود المقاومات RP& RB هو تحديد الانحياز الأمامي للترانزستور بين القاعدة والباعث.



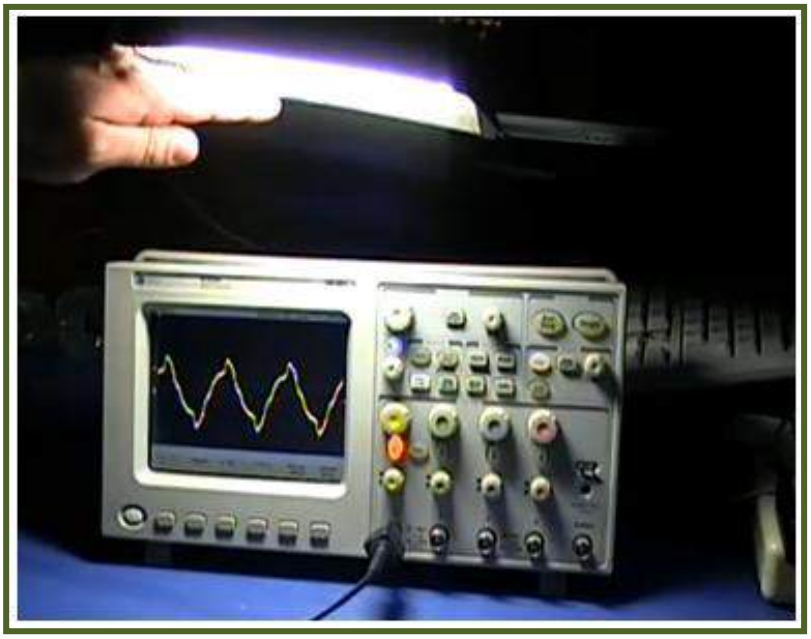
الشكل (1-54 أ) مرور التيار في الحمل

وبسبب حساسية هذه الطريقة بالتوصيل فهناك تقنية أخرى تعتمد على الشحنات الكهربائية في جسم الإنسان عند لمس مجس جهاز راسم الإشارة (Oscilloscope) وقراءة السعة والتردد (50Hz) لاحظ الشكل (1-54 ب).



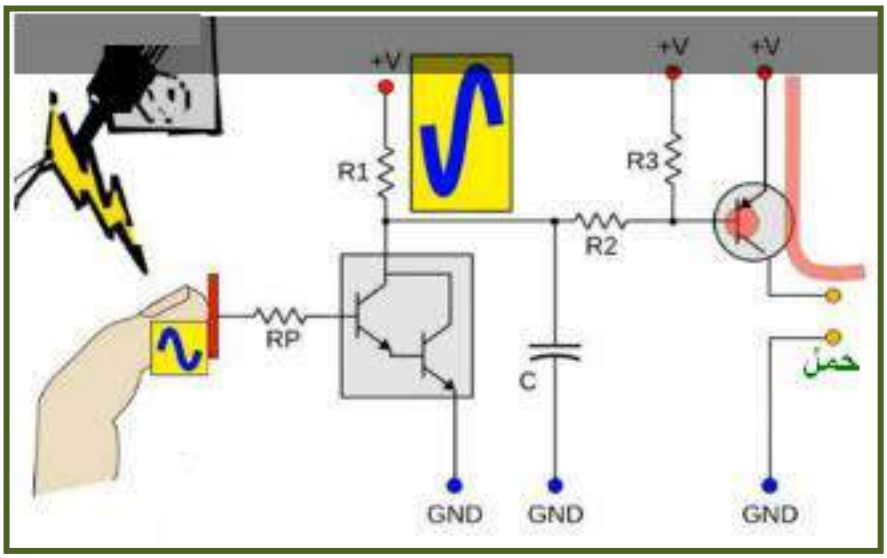
الشكل (1-54 ب) عند لمس جهاز راسم الاشارة

وإعادة ذلك بتقريب كفك من ضوء مصباح سوف تزداد سعة الموجة على راسم الاشارة اي تزداد الفولتية المحتثة لاحظ الشكل (1-54 جـ).



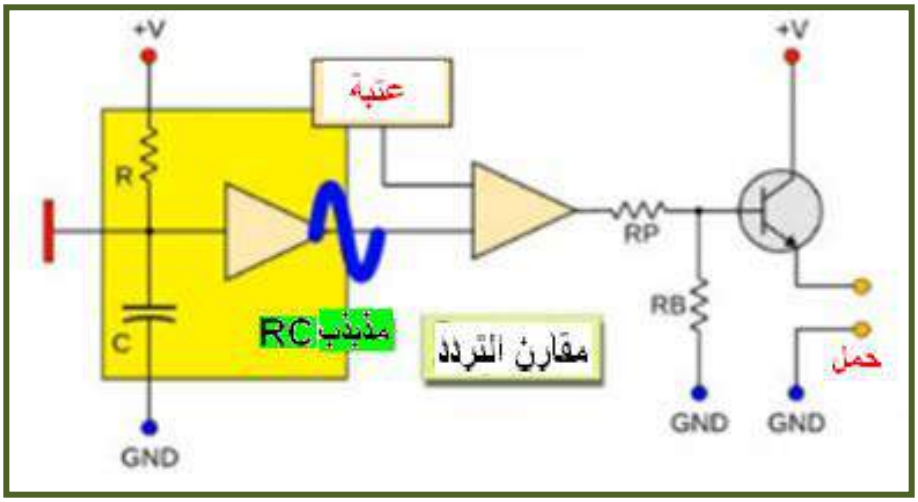
الشكل (1-54 جـ) يوضح زيادة السعة للاشارة

ويمكن الاستفادة من هذه الحقيقة لتشغيل الدوائر الالكترونية باللمس وتدعى بدائرة اللمس بتردد التيار المتناوب (Ac Human Touch Button Circuit).
والدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-55) توضح احد التطبيقات لاستخدام المتحسس باللمس لتشغيل الحمل حيث تنتقل إشارة الجسم إلى مكبر الدارلنكتون تكبر هذه الإشارة وتنتقل إلى قاعدة الترانزستور فيعمل كمفتاح في منطقة الإشباع فيمر تيار في الحمل والمتسعة C هي عبارة عن متسعة ترشيح وفي حالة عدم لمس القطب يبقى الخرج قليلاً ولا يعمل الترانزستور بينما بلمس القطب تجعل الإشارة الخارجة من الدارلنكتون (الترانزستور) يعمل في منطقة الإشباع .



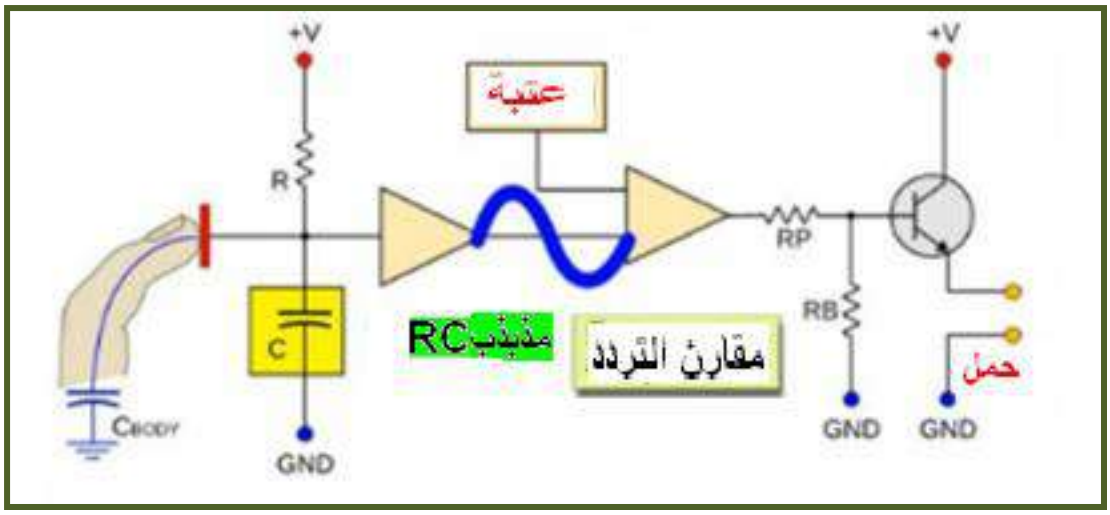
الشكل (1-55) اللمس بسبب إشارة الجسم

ومن التقنيات الأخرى لهذه الدوائر هي متحسس المتسعة باللمس **Capacitance Touch Sensor** وتعتمد على الشحنات الكهربائية لجسم الإنسان التي تشكل متسعة مع الدائرة الموضحة بالشكل (1-56) والمكونة من مذبذب RC ومقارن وترانزستور خرج لتوصيل التيار إلى الحمل (Threshold)



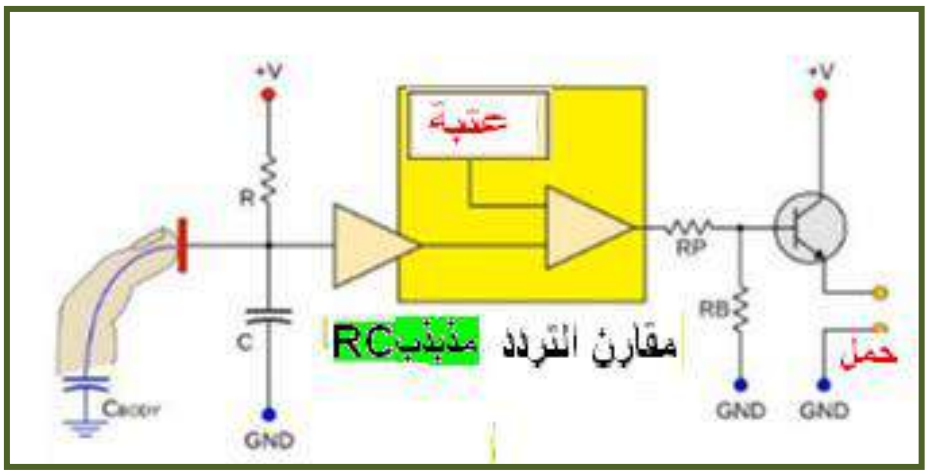
الشكل (1-56) دائرة متحسس المتسعة باللمس

يعمل المذبذب RC على توليد إشارة تعتمد على قيمة كل من R و C وبلمس القطب سوف يتغير تردد المذبذب بسبب اللمس (الذي يسبب متسعة بالتوازي معC) أي أن هذه الدائرة تعتمد على تغير التردد (Frequency Change) لاحظ الشكل (1-57).



الشكل (1-57) تغيير تردد المذبذب

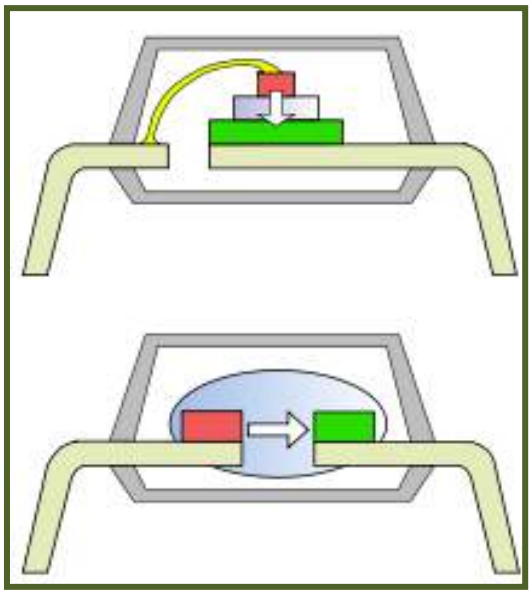
المرحلة الثانية هي دائرة مقارن التردد (frequency Comparator) ويمكن ان تكون مقارن تردد رقمي او مقارن فولتية ويتحسس هذا المقارن بتغيرات التردد للإشارة الداخلة وتوصل الإشارة الخارجة الى قاعدة ترانزستور الخرج لتشغيله في المنطقة الفعالة فيمر تيار في الحمل لاحظ الشكل (1-58).



الشكل (1-58) تحديد مرحلة المقارن

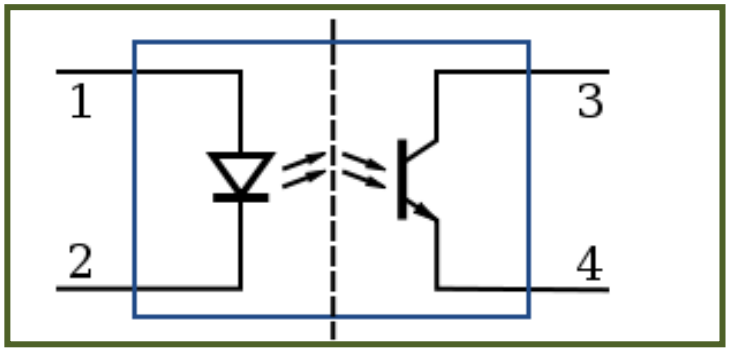
1- 15 العوازل الضوئية : Opto – Isolator

العازل الضوئي المستخدم في الدوائر الالكترونية يدعى أيضا بالازدواج الضوئي (Opto Coupler) أو (Photo Coupler) وهي عبارة عن عنصر الكتروني مصمم لنقل الإشارات الكهربائية بواسطة استخدام الموجات الضوئية لتحقيق الازدواج مع العزل الكهربائي بين الإدخال والإخراج والغرض الرئيسي للعازل الضوئي هو منع الفولتيات العالية وتغيراتها المفاجئة في احد جانبي الدائرة من وصول التشويه إلى الجانب الأخر من الدائرة ويعد استخدام العازل الضوئي منذ عام ١٩٦٠ بشكل بطيء وقد ازداد استخدامه منذ عام ١٩٧٠ بسبب التطور في العناصر الضوئية الالكترونية وتطور استخدام التحكم الصناعي وأكثر العوازل الضوئية تستخدم ترانزستور ثنائي القطب السيليكوني لمتحسسات الترانزستور الضوئي لتحقيق سرعة كافية لنقل البيانات في التطبيقات العملية مثل جهاز تخطيط كهربائية الدماغ يحتوي العازل الضوئي على مصدر للضوء يكون عادة قريب من ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء LED حيث يحول الإشارة الكهربائية الداخلة الى ضوء لاحظ الشكل (1-59) الذي يوضح الثنائي LED باللون الأحمر والثنائي الضوئي باللون الأخضر.



الشكل (1-59) مقطع يوضح تركيب العازل الضوئي

لاحظ الشكل (1-60) الذي يبين مصدر الضوء الى اليسار (LED) وحاجز العزل الكهربائي في الوسط والمتحسس وهو الترانزستور الضوئي الى اليمين.



الشكل (1-60) العازل الضوئي

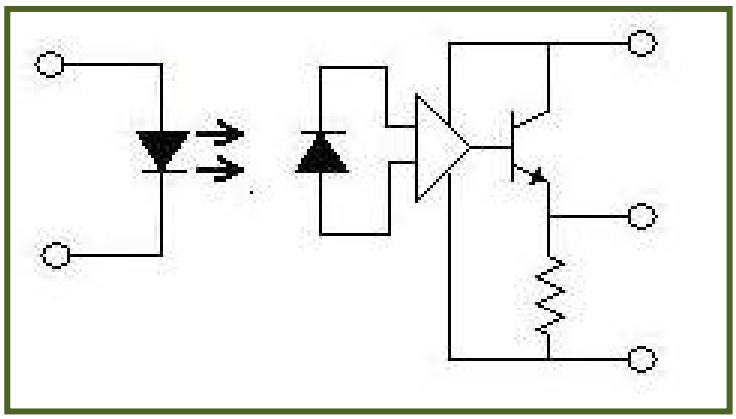
ويمكن ان يكون المتحسس عبارة عن مقاومة ضوئية ، ثنائي ضوئي ، موحد السيطرة السيليكوني او الترايك.

1- 16 تطبيقات العازل الضوئي : Optoisolator Applications

اولاً:

الثنائي الضوئي – العازل الضوئي : Photodiode Opto- Isolator

يستخدم الثنائي الضوئي – العازل الضوئي ثنائيات LED كمصادر للضوء وثنائيات ضوئية سيليكونية كمتحسسات ويكون الثنائي الضوئي بالانحياز العكسي مع مصدر الفولتية الخارجي ، سقوط الضوء الذي يزيد من تيار الانحياز العكسي المار خلال الثنائي والعوازل ذات السرعة العالية تستخدم الثنائي من نوع PI ويكون زمن الاستجابة بحدود جزء من بليون من الثانية وبشكل عام فان السرعة تحدد بوساطة مؤجل في خرج الثنائي LED وانحياز الدائرة وللتقليل من هذا التأخير تستخدم عوازل ضوئية رقمي (Digital Opto – Isolators) التي تحتوي على عناصر لتشغيل LED ومكبرات خارجية لتحسين السرعة لاحظ الشكل (1-61).

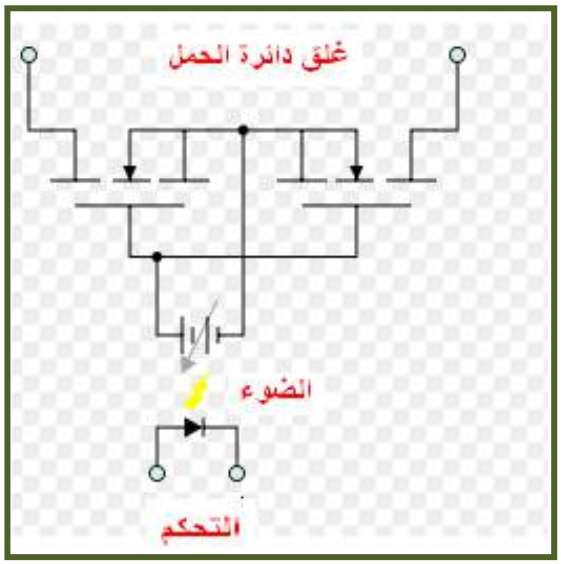


الشكل (1-61) ثنائي ضوئي – عازل ضوئي ذو سرعة عالية

ثانياً:

مرحل الحالة الصلبة : Solid State Relay (SSR)

عبارة عن عنصر الكتروني يعمل كمفتاح يسيطر على حمل بتيار عال او فولتية عالية عند تسليط فولتية قليلة عليه ويحتوي على (ثنائي ضوئي – عازل ضوئي) لغلق دائرة الحمل ويتكون من زوج من الترانزستورات نوع MOSFET لاحظ الشكل (1-62).



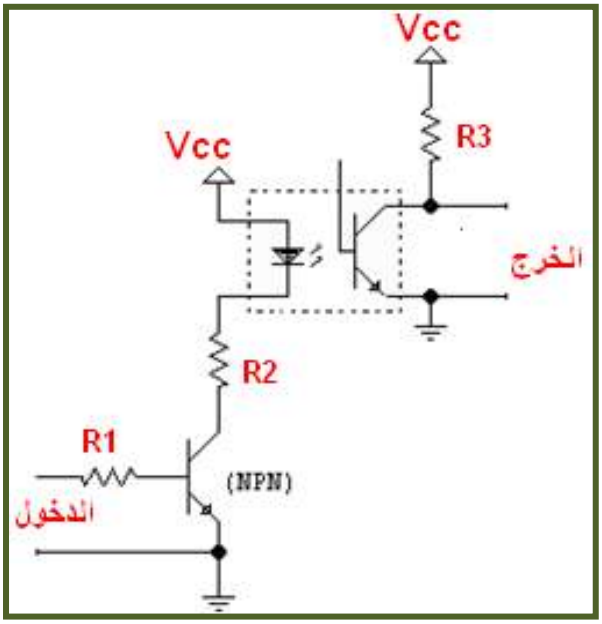
الشكل (1-62) المرحل SSR

ويشمل متحسس فولتية او تيار يستجيب إلى إشارة التحكم والعناصر الالكترونية التي تعمل كمفتاح بالحالة الصلبة فان بعض أنواعها يعمل على فتح وغلق دائرة الحمل أي لتوصيل القدرة إلى الحمل وأخرى لتمكين إشارة التحكم لتنشيط هذا المفتاح بدون استخدام أجزاء ميكانيكية ويمكن ان يصمم المرحل كمفتاح AC اوDC إلى دائرة الحمل كما في المرحلات الكهروميكانيكية ولكن بدون أجزاء متحركة ومعظم SSR تستخدم الازدواج الضوئي ففولتية التحكم تنشط الثنائي LED فيضيء على الثنائي الضوئي المتحسس (Photo – Voltaic) وتيار الثنائي يحوّل ذهاباً وإيابا إلى الثايرستور SCR او MOSFET لغلق دائرة الحمل.

ثالثاً:

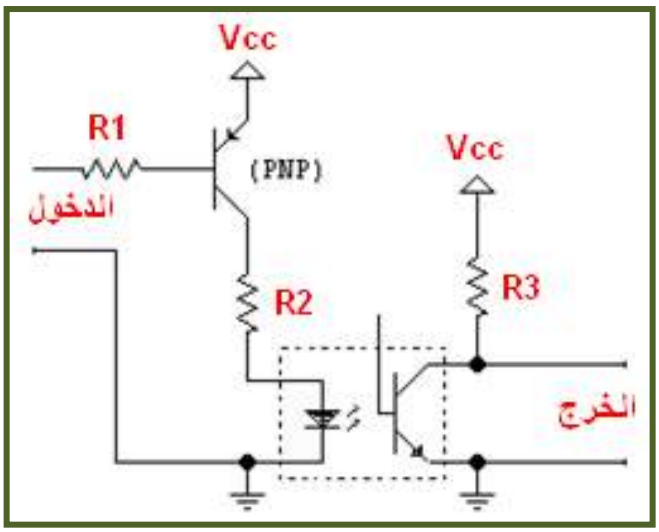
العازل الضوئي للمتحكمات الدقيقة (Microcontrollers)

العازل الضوئي للمتحكمات الدقيقة (Microcontrollers) أساسي في حاجة هذا المتحكم في تجهيز إشارات إلى المتحكم (Controller) الذي يسيطر على حمل حث (inductive load) مثل محرك الإشارة المدببة Spike (شائبة) مع القوة الدافعة الكهربائية الراجعة من الحمل الحثي يمكن ان تحدث مشكلة في المتحكم الدقيق او تتلفه ويمكن التخلص منها بوضع متسعات منع او ثنائي زينر وغيرها والدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-63) تبين عازل ضوئي عاكس باستخدام الترانزستور NPN موصل بطريقة الباعث المشترك وموصل مع كاثود الثنائي LED للسيطرة على انحيازه.



الشكل (1-63) عازل ضوئي عاكس

الدائرة الموضحة بالشكل (1-64) عبارة عن عازل ضوئي غير عاكس باستخدام ترانزستور PNP موصل بطريقة الباعث المشترك موصل مع انود الثنائي LED للسيطرة على انحيازه وتستخدم هذه الدوائر في الاتصالات والآلات الموسيقية وأجهزة المسيطر (Controller) وأنظمة PLC .



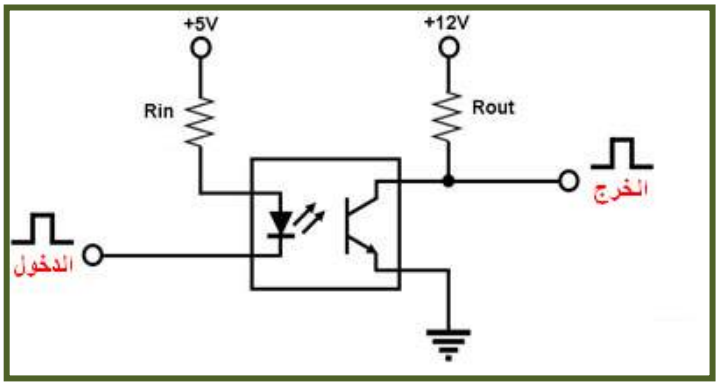
الشكل (1-64) عازل ضوئي غير عاكس

رابعاً:

إزاحة مستوى فولتية غير معكوسة باستخدام العازل الضوئي :

Non-inverting Voltage Level Shifter using an Opto-Isolator

يستخدم العازل الضوئي لغرض إزاحة مستوى الفولتية غير العاكس والشكل (1-65) يوضح الدائرة الالكترونية مع إشارة الدخول وإشارة الخرج وعندما تكون فولتية إشارة الدخول عالية (5V) لا يعمل الثنائي LED (اي لا يوجد انبعاث ضوء) فلا يعمل الترانزستور الضوئي فيصبح في حالة OFF فتقترب فولتية الجامع إلى 12V (عالية) وعندما تكون فولتية إشارة الدخول (0)V واطئة يعمل الثنائي LED فيضيء
ويسقط الضوء على الترانزستور الضوئي فيعمل (ON) ويصبح الخرج صفراً (أي يوصل الخرج إلى الأرضي) وبهذا تكون الإشارة الداخلة مطابقة إلى الإشارة الداخلة ومزاحة وتستخدم في اجهزة الكواشف ودوائر الحماية.



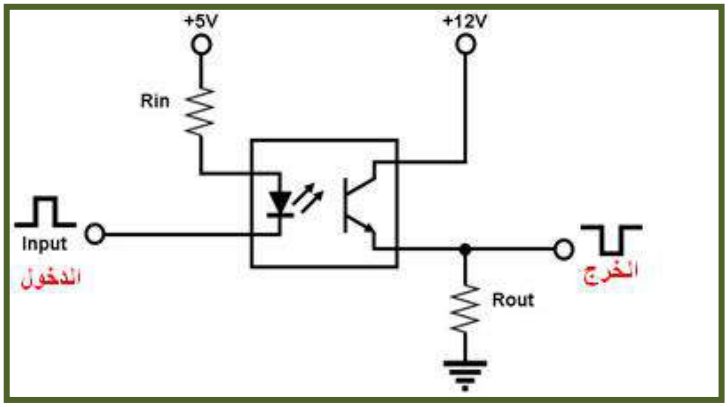
الشكل (1-65) إزاحة مستوى الفولتية غير العاكس باستخدام العازل الضوئي

خامساً:

إزاحة مستوى فولتية معكوسة باستخدام العازل الضوئي:

Inverting Voltage Level Shifter using an Opto-Isolator

الدائرة الالكترونية لإزاحة مستوى عاكس الفولتية العازل الضوئي كما موضح في الشكل (1-66) وتظهر الفولتيات (0)V الى (5)V و الفولتية (0)V إلى (12)V عندما يكون الدخول عالٍ 5V سوف لا يعمل الثنائي LED فلا يضيء وبسبب عدم سقوط الضوء على الترانزستور الضوئي فلا يعمل (OFF) هذا الترانزستور وتصبح الفولتية على المقاومة Rout (0)V اي واطئاً وعندما يكون الدخول واطئ (0)V يعمل الثنائي LED فيضيء فيسقط على الترانزستور الضوئي ويصبح في حالة توصيل (ON) وتظهر فولتية على المقاومة Rout مقدارها (12)V ويمكن استخدام هذه الدوائر في أجهزة التحكم الصناعي.



الشكل (1-66) إزاحة مستوى فولتية معكوسة باستخدام العازل الضوئي

اختبارات موضوعية

الباب الأول الفصل الأول

1- وحدة قياس الطول الموجي .....

أ- الفولت .

ب- الأمبير .

جـ - النانومتر .

2- يصنع ثنائي الانبعاث الضوئي باللون الاحمر من .....

أ - فوسفات الكاليوم.

ب - فوسفات زرنيخ الكاليوم + فوسفات الكاليوم

جـ - فوسفات زرنيخ الكاليوم.

3- تصنع المقاومة LDR من .....

أ- سلفايد الكاديوم .

ب - كبريتات الصوديوم .

جـ - فوسفات الكاليوم

4 - يعمل ثنائي الانبعاث الضوئي للأشعة تحت الحمراء بالطول الموجي .....

أ- 100nm – 100nm

ب- 300nm – 400nm

جـ - 820nm – 1000nm

5- الترانزستور الضوئي عندما يسقط الضوء عليه .....

أ- يزداد تيار القاعدة .

ب- يقل تيار القاعدة .

جـ - لا يتغير تيار القاعدة .

6- يتكون ترانزستور الازدواج المرئي من .....

أ- ترانزستورين NPN .

ب- ثنائي مقوم وترانزستور PNP .

جـ - ثنائي LED وترانزستور يتحسس بالضوء.

7- المتحسس الميكانيكي الالكتروني عبارة عن .....

أ- مجموعة من الثنائيات .

ب- نوع ترانزستوري ومفاتيح مغناطيسية .

جـ - مجموعة من الترانزستورات والثنائيات الضوئية .

8- تستخدم NTC .....

أ- متحسس ضوئي

ب- متحسس حراري

جـ - متحسس فولتية

9- يدعى العازل الضوئي .....

أ - الباعث المشترك

ب - الخلية الشمسية

جـ - الازدواج الضوئي

10- من انواع العوازل الضوئية .....

أ- ثنائي زينر

ب- مرحل الحالة الصلبة

جـ - المقاومة PTC

11- يستخدم العازل الضوئي لغرض.....

أ- التقويم

ب- التذبذب

جـ - ازاحة مستوى الفولتية

12- يجهز العازل الضوئي اشارات الى.....

أ- مجهز القدرة

ب- المتحكم (Controller)

جـ - مقاومة NTC

13- المرحل SSR يسيطر على .....

أ- دائرة التوالي

ب- دائرة التوازي

جـ حمل بتيار عال او فولتية عالية

14- للتقليل من التاخير في العازل الضوئي تستخدم .....

أ – عوازل ضوئية رقمية

ب – MOSFET

جـ - ترانزستور PNP

أسئلة الباب الأول – الفصل الأول

س1: اذكر المواد التي يتكون منها ثنائي LED الأصفر والأبيض .

س2: اشرح مستعيناً بالرسم الدائرة الالكترونية لاستخدام ثنائي LED مع المقارن .

س3: اشرح مع الرسم بالتفصيل تركيب المقاومة LDR .

س4: ارسم العلاقة بين المقاومة والضوء للمقاومة LDR.

س5: وضح مع الرسم دائرة السيطرة باستخدام المقاومة LDR.

س6: اشرح مستعيناً بالرسم الخلية الضوئية.

س7: اشرح مع الرسم الدائرة لخلية ضوئية تسيطر على عمل محرك.

س8: وضح مستعيناً بالرسم عمل الثنائي الضوئي الذي يسيطر على عمل المرحل.

س9: اشرح مع الرسم الإرسال والاستلام باستخدام IR LED والثنائي الضوئي.

س10: وضح بالرسم تركيب الترانزستور الضوئي.

س11: اشرح مستعيناً بالرسم ترانزستور الازدواج المرئي.

س12: وضح مع الرسم تشغيل الثايرستور المرئي.

س13: عرف المتحسسات.

س14: اشرح مع الرسم المتحسس الميكانيكي المغناطيسي.

س15: وضح مع الرسم المتحسس الالكتروني الميكانيكي .

س16: ما الفرق بين NTC و PTC.

س17: اشرح بالتفصيل الازدواج الحراري وتركيبه مستعيناً بالرسم.

س18: اشرح مع الرسم تركيب العازل الضوئي.

س19: اشرح مستعيناً بالرسم ثنائي ضوئي – عازل ضوئي ذو سرعة عالية.

س20: وضح مستعيناً بالرسم مرحل الحالة الصلبة.

س21: اشرح مع الرسم العازل الضوئي للمتحكمات الدقيقة نوع العاكس.

س22: وضح مستعيناً بالرسم العازل الضوئي غير العاكس.

س23: ما المقصود بإزاحة مستوى فولتية غير معكوسة باستخدام العازل الضوئي ؟ وضح اجابتك مع الرسم.

س24: ما المقصود بإزاحة مستوى فولتية معكوسة باستخدام العازل الضوئي ؟ وضح اجابتك مع الرسم.

الباب الثاني الفصل الاول

2

أهداف الباب الثاني / الفصل الاول:

معرفة واكتساب الطالب فهم المخططات الكتلوية لنظم التحكم بإنواعها وكيفية استخدام محولات الطاقة والحساسات بإنواعها.

محتويات الباب الثاني



1-2 تمهيد.

2-2 عناصر نظام التحكم.

1-2-2 خصائص التحكم الآلي.

3-2 تصنيف نظم التحكم.

1-3-2 نظام التحكم المفتوح : Open Control System

2-3-2 نظام التحكم المغلق : Closed Control System

4-2 محولات الطاقة : Transducers .

1-4-2 محولات الطاقة الحرارية: Transducers Thermoelectric

2-4-2 محولات الطاقة الضوئية: Photoelectric Transducers

3-4-2 محولات طاقة الموضع والإزاحة: position and displacement Transducers

4-4-2 محولات القوة: Force Transducers

5-4-2 محولات الطاقة للسرعة: Velocity Transducers

6-4-2 محولات الطاقة في المكبرات: Transducers In Amplifiers

7-4-2 محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية: Ultrasonic Transducers

الباب الثاني
نظم التحكم ومحولات الطاقة

2 - 1 تمهيد:

تطورت وسائل التحكم الصناعي مع تطور علم الإلكترونيك حتى أصبحت عمليات المراقبة والتحكم في هذه العمليات تتم بوسائل آلية دون تدخل من العنصر البشري وفي السنين الماضية كانت الآلات بسيطة وغير معقدة وقد صنعها الإنسان بحيث تكون تحت سيطرته المحدودة حيث لم توجد في ذلك الزمن نظم تحكم متطورة كما توجد في الوقت الحاضر وكان الإنسان هو المراقب والمسير لحركة الآلة وسير حركتها وجودة الإنتاج ظل الإنسان هو المتحكم الذي يصدر الأوامر بتشغيل المضخة او قفل الصمام وغيرها بعد أن يتحسس الحالة بإحدى حواسه أو عن طريق عنصر قياس وفي الوقت الحاضر أصبحت نظم التحكم العصب المحرك لكل الآلات سواءً في المصانع والسفن والطائرات بل وحتى السيارات والأجهزة الكهربائية المنزلية وغيرها مما سهل الحياة وزاد في الإنتاج وجودته وجنبنا المخاطر في بعض المصانع الكيميائية الخطرة على حياة الإنسان وهناك الكثير من انواع انظمة التحكم الآلي وسنتناول بإيجاز فكرة التحكم الأساسية و نظام التحكم المفتوح والمغلق.

2 - 2 عناصر نظام التحكم:

يتكون نظام التحكم من العناصر الآتية:

- العملية الصناعية: وهي الهدف الرئيس لنظام التحكم.
- محول الطاقة: يقوم بالتحسس وتحويل قيمة المتغير المراد ضبطه او التحكم بقيمته لاستخدام هذه القيمة في عملية التحكم.
- المقياس (المؤشر): يستخدم لمعرفة قيمة المتغير المراد ضبط قيمته تمهيداً لمقارنتها بالقيمة المطلوب تحقيقها.
- المتحكم: يقوم بتنظيم العملية الصناعية للحصول على قيمة المتغير المطلوبة.

2 - 2 - 1 خصائص التحكم الآلي:

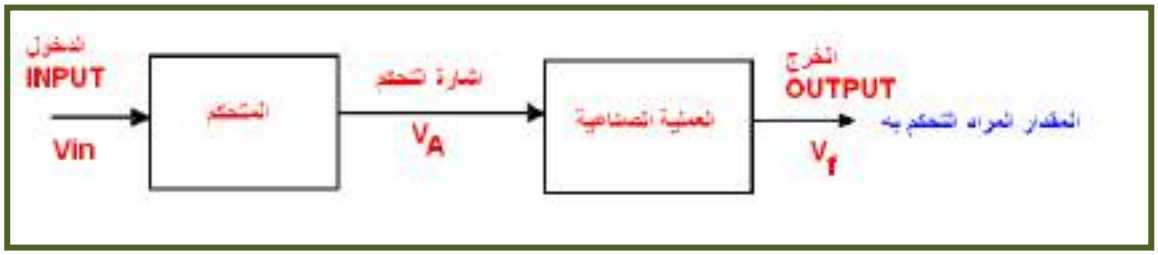
في التحكم الآلي تتم عملية التحكم آلياً دون تدخل الإنسان كما هو الحال في التحكم اليدوي ويتحقق ذلك باستخدام جهاز خاص يسمى المتحكم يقوم بمهمة المراقبة والمقارنة والتحكم بصورة آلية للحصول على القيمة المطلوبة ويمتاز التحكم الآلي بما يأتي:

1- المتابعة الدقيقة للأحداث واتخاذ القرارات المناسبة، بسبب الاستجابة العالية جداً للأنظمة الآلية وفي وقت قصير جداً.
2- يؤدي عمل الإنسان المتواصل في الأنظمة اليدوية إلى الإرهاق وضعف الأداء الأمر الذي لا مجال لحدوثه في الأنظمة الآلية.
3- في الأنظمة اليدوية يصعب الحصول على أداء متوازن أو متماثل مع اختلاف العنصر البشري القائم على المراقبة إذ يعتمد ذلك على القائم بالعمل في حين يكون الأداء متشابها في الأنظمة الآلية ولا يعتمد على العامل البشري بشكل مباشر.
4- الأنظمة الآلية اقتصادية أكثر من الأنظمة اليدوية.
5- في كثير من التطبيقات العملية يوجد موانع ومخاطر على الإنسان عند القيام بالعمل المطلوب ولذلك يكون التحكم الآلي أكثر أماناً.

2 - 3 تصنيف نظم التحكم:

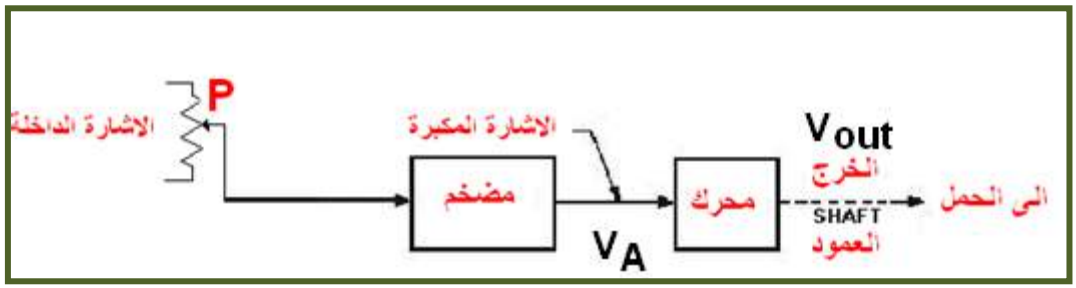
يتم تصنيف نظم التحكم بحسب مبدأ عملها أو بحسب نوع الطاقة المستخدمة ومن حيث نوع الطاقة فإنها تصنف إلى نظم تحكم كهربائية ونظم تحكم هيدرولية ونظم تحكم هوائية أما من حيث مبدأ العمل فإنها تصنف إلى :

2 - 3 - 1 نظام التحكم المفتوح : Open Control System



الشكل (2-1) المخطط الكتلي لنظام تحكم مفتوح

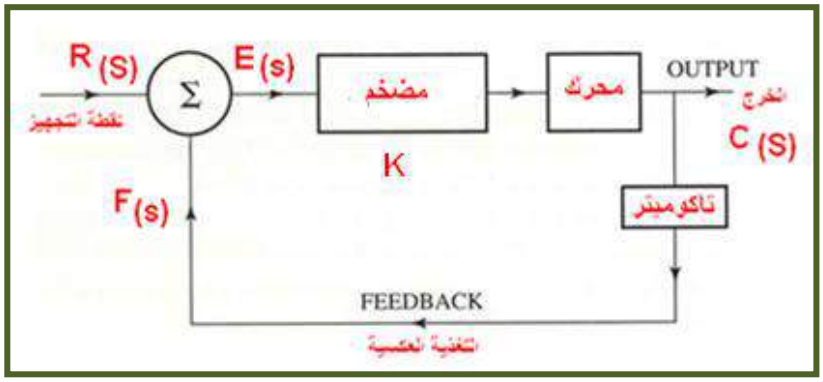
الشكل (2-1) يوضح المخطط الكتلي لنظام تحكم مفتوح في هذه الانظمة لا يعتمد التحكم على خرج المنظومة باية صورة كانت اي ان اشارة التحكم (V_A) لا تتأثر بالمقدار المراد التحكم به (V_f) من مواصفات هذا النظام انه سهل وبسيط التنفيذ وقلة التكلفة الصناعية ويستخدم في العمليات الصناعية التي ليست لها متطلبات ومواصفات فنية عالية اي في الانظمة الغير معقدة ومثال ذلك السيطرة على حمل (Load) موصل بمحرك تسيطر على عمله اشارة تحكم (V_A) خارجة من مضخم (مكبر) كما موضح بالشكل (2-2) فعندما يضبط مجزىء الفولتية (P) على مقدار فولتية معينة لتكون كدخل لمضخم القدرة الكهربائية سيكون خرج للمضخم وهذا الخرج هو دخل الى المحرك يتناسب طردياً مع خرج مجزء الفولتية وبالتالي نحصل على سرعة دوران تتناسب مع خرج المضخم وبالتالي مع نقطة ضبط الفولتية للمجزئ ومن عيوب هذا النوع من التحكم انه عندما يحدث تغير بقيمة الحمل اي اذا زاد الحمل في المثال أعلاه سوف تقل السرعة والعكس صحيح سنحتاج في كل مرة الى اعادة ضبط مجزىء الفولتية وهذا غير مجدياً في الانظمة التي تتطلب الدقة نستنتج من هذا ان الانظمة المفتوحة التحكم لا يمكن استخدامها في الانظمة التي نحتاج الى دقة في قيمة الخرج.



الشكل (2-2) تطبيق لنظام التحكم المفتوح للسيطرة على حمل

2 - 3 - 2 نظام التحكم المغلق : Closed Control System

نظام التحكم المغلق جاء لزيادة الدقة في أنظمة التحكم وللحد من التذبذب الغير مرغوب فيه لإشارة الخرج كما إننا لا نحتاج إلى إعادة ضبط النظام في كل مرة حيث يتم ذلك آليا بتأثير التغذية العكسية السالبة وفيما يلي نظام التحكم في سرعة الدوران بعد عملية التحسين ليصبح نظام تحكم مغلق يشبه في تركيبه نظام التحكم المفتوح إلا انه يختلف عنه بوجود تغذية عكسية تربط خرج نظام التحكم بطرف الدخول وبسبب هذه التغذية العكسية يسمى هذا النظام بنظام التحكم المغلق وفي هذا النظام من الممكن الحصول على إشارة الخرج المطلوبة وتلافي تأثير التغيرات التي تحصل في هذا النظام او تأثير التغيرات الخارجية المحيطة والمؤثرة فيه وكذلك يمكن ضبط الإشارة التي يتم الحصول عليها ومقارنتها بالقيمة المطلوبة وإلغاء اي خطأ عن طريق المشغل الذي يتم التحكم به عن طريق المتحكم يمتاز نظام التحكم المغلق عن نظام التحكم المفتوح بأنه أكثر دقة واقل كلفة وهو أسرع في الأداء الا انه أكثر تعقيدا من حيث التركيب ويوضح الشكل (3-2) المخطط الكتلي لنظام التحكم المغلق ونلاحظ من هذا المخطط ان خرج نظام التحكم يؤثر في مدخله بسبب وجود التغذية العكسية ومن هنا نجد انه عندما يطرأ تغير على خرج النظام نتيجة لتغير الحمل الميكانيكي على المحرك مثلاً فأن النظام يعدل نفسه آلياً للمحافظة على القيمة المطلوبة.



الشكل (3-2) المخطط الكتلي لنظام التحكم المغلق

في هذا النظام وكما موضح بالشكل (3-2) توجد تغذية عكسية مرتدة من إشارة الخرج $F_{(S)}$ لمقارنتها بإشارة الدخل $R_{(S)}$ [ماذا لو اننا زدنا الحمل على المحرك ؟ اذا ستقل السرعة مما سيدفع الى نقصان جهد التاكوميتر أي التغذية المرتدة وبالتالي ستزداد قيمة جهد الخطأ فيزداد الجهد على المحرك فترتفع السرعة من جديد واذا ما قللنا الحمل على المحرك فان السرعة ستزداد مما سيتسبب في زيادة جهد التاكوميتر { التغذية المرتدة } لذلك وبحسب المعادلة (إشارة الخطأ = الإشارة الداخلة – الإشارة المرتدة) فان إشارة الخطأ ستتناقص سريعا مع زيادة التغذية المرتدة مما يقلل جهد تغذية المحرك وبالتالي سرعة الدوران لتعود مجددا للعمل حول نقطة الضبط] أي زدنا في نسبة التكبير للمضخم لنحصل على سرعة استجابة اكبر ونسبة خطأ أقل ولكن عند حد معين لقيمة الكسب سيخرج نظامنا الى حالة عدم الاستقرار مما سنحتاج الى ما يشبه المرشحات وهى المعوضات لنحصل على المواصفات المطلوبة حسب الإمكان.

إشارة الدخل R(s) — إشارة الخرج C(s)

إشارة التغذية المرتدة F(s) = C(s) H(s) — معامل الكسب للمضخم K

إشارة الخطأ E(s) = R(s) - F(s)

2 - 4 محولات الطاقة : (Transducers)

تشكل محولات الطاقة عنصراً مهماً في أنظمة التحكم اذ تعمل كمتحسسات تقوم بتحسس إشارات العملية الصناعية وتحويلها من شكل إلى آخر لتتناسب مع نوعية نظام التحكم وتختلف أنواع النواقل باختلاف عملية تحويل الطاقة فمنها ما يقوم بتحويل الطاقة الهيدروليكية والهوائية إلى طاقة ميكانيكية مثل المكبس والغشاء ومنها ما يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية مثل المولد الكهربائي او ما يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية مثل المحرك الكهربائي وهذا بالإضافة إلى محولات الطاقة الحرارية والضوئية وغيرها.

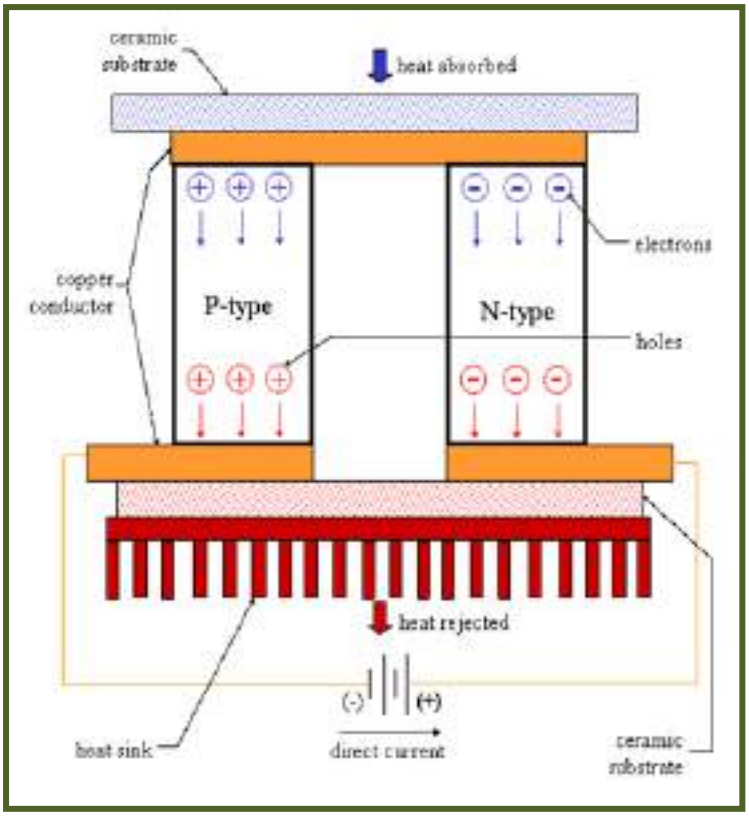
2 - 4 -1 محولات الطاقة الحرارية : Transducers Thermoelectric

تعمل محولات الطاقة الحرارية على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية باستخدام متحسسات حرارية مثل الازدواج الحراري والثيرمستور والكواشف الحرارية (RDT) التي تستخدم للتحسس بدرجات الحرارة بشكل دقيق جداً لاحظ الشكل (2-4) فعلى سبيل المثال في ماكنة لصق الكارتون يتم ضبط حرارة المادة اللاصقة على $180C^{o}$ ويتم التحكم بهذه الدرجة بوساطة RDT (Repeatable Detector Temperature).



الشكل (2-4) الكواشف الحرارية

توجد عدة أنواع من محولات الطاقة (تحول الحرارة الى كهرباء) ومن اكثر انواعها الشائعة هو المزدوج الحرار (Thermocouple) لتوليد فرق الجهد بين معدنين مختلفين عند تسليط درجات حرارة مختلفة ويستخدم هذا التأثير في قياس درجات الحرارة وتوليد قدرة كهربائية صغيرة من تدفق طاقة من النظام الكهرائي الى نظام حراري يتم الحصول هلى حالة التبريد (Cooling) وتستخدم في تبريد المكونات الكهربائية والمتحكمات الذاتية لدرجات الحرارة الثابتة كمراجع (Reference) وفي الطب والصناعات والمختبرات والفضاء والاتصالات وغيرها وتعمل حسب تاثير (بلتير)(Peltier) وهو اسم المخترع حيث لاحظ عند ربط معدن النحاس مع معدن البزموث (Bismuth) سوية وتوصيلها إلى البطارية فأن احد التوصيلات للسلكيين يصبح حاراً بينما يصبح التوصيل الآخر بارداً وعند وضع الاتصال البارد داخل صندوق معزول فيصبح بارداً بكفاءة واطئة ، فمعيار او مقياس الكهروحراري هو مضخة حرارة تعمل بتأثير (بلتير) يتألف من مصفوفة من عناصر أشباه الموصلات للنوع P والنوع N مشوبة مع الحاملات الكهربائية وهذه العناصر مرتبة على شكل مصفوفات موصلة بالتوالي كهربائياً وبالتوازي حرارياً وهذه المصفوفة مثبتة مع طبقتين من الخزف كما موضح بالشكل (2-5).



الشكل (2-5) مقياس كهروحراري

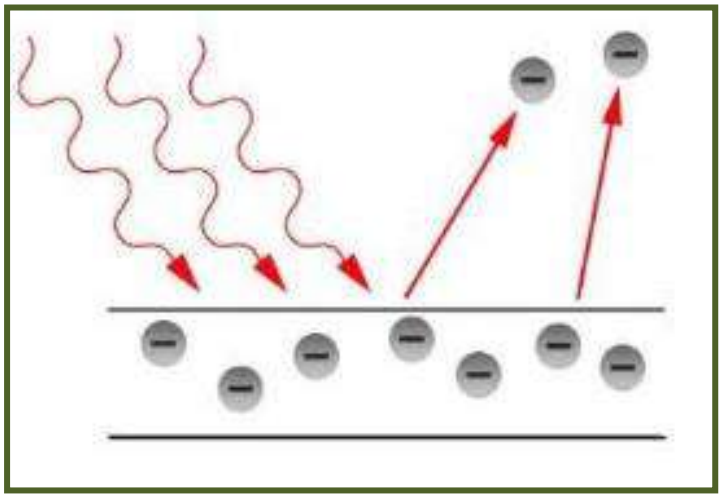
توجد أنواع مختلفة من المتحكمات الحرارية (Temperature Controllers) لاحظ الشكل (2-6) الذي يمثل متحكم حراري رقمي (Digital Temp. Controller) ويستخدم هذا النوع من محولات الطاقة الحرارية في المجمدات والأفران الكهربائية وأدوات الطبخ وغيرها.



الشكل (2-6) متحكم حراري

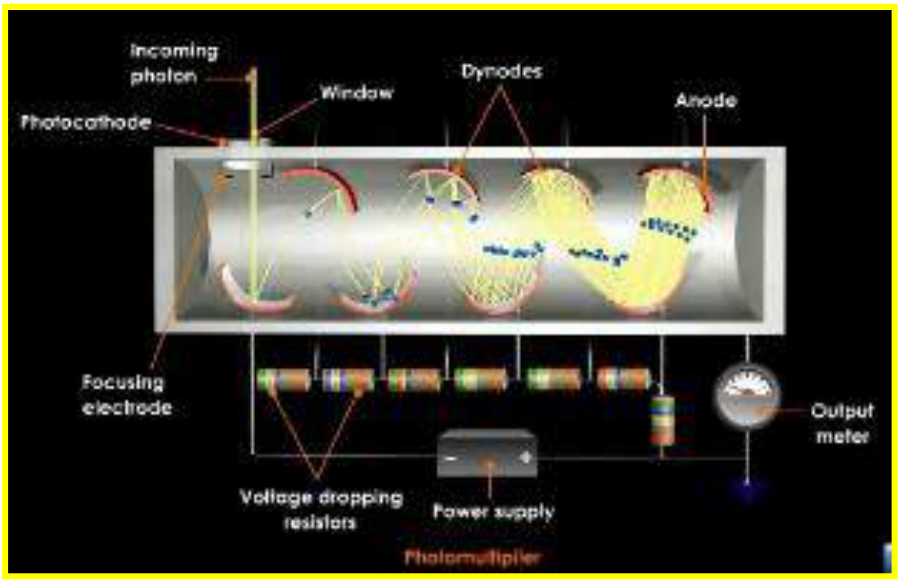
2 - 4 - 2 محولات الطاقة الضوئية : Photoelectric Transducers

تعمل محولات الطاقة الضوئية على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية باستخدام العناصر الضوئية مثل الخلايا الضوئية والثنائي الذي يتحسس بالضوء والترانزستور الذي يتحسس بالضوء والثايرستور الذي يتحسس بالضوء وغيرها والتأثير الكهروضوئي عبارة عن ظاهرة انبعاث الالكترونات من المواد (المعادن وغير المعادن والسوائل والغازات) نتيجة امتصاصها طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي لأطوال موجية قصيرة جداً مثل الضوء المرئي المكون من الفوتونات أو الأشعة فوق البنفسجية لاحظ الشكل (2-7).



الشكل (2-7) انبعاث الالكترونات من المادة

ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة في الخلية الكهروضوئية (Photoelectric Cell) المكونة من صمام مفرغ من الهواء والكاثود والانود وبسقوط الضوء على الكاثود تتحرر الالكترونات وتنجذب نحو الانود فيمر تيار الكتروني خلال جهاز الاميتر يتناسب مع شدة الضوء وبزيادة عدد الألواح المعدنية المتوالية داخل الصمام فان الانبعاث الكهروضوئي يكبر بسبب الانبعاث الثانوي للالكترونات للحصول على المضاعف الضوئي (Photomultiplier) كما موضح بالشكل (2-8) وهو ملائم للكشف عن الإشعاعات بالشدة الواطئة.



الشكل (2-8) المضاعف الضوئي

وللخلايا الكهروضوئية عدة تطبيقات منها كاشف الحركة الكهروضوئي (Photoelectric Motion Detector) التحكم بإشارات المرور الضوئية (Traffic-Light-Control) وكأداة إنذار (Alarm) ولفتح الأبواب بصورة ذاتية (Automatic Door Openers) يستخدم كاشف الحركة للمتحسس الضوئي في المحلات والمخازن فيصدر صوتاً في حالة فتح الباب ودخول أي شخص وفي أنظمة الحماية في البيوت والمحلات التجارية وهو مكون من مصدر ضوئي ومتحسس فعندما يكون الشخص بين مصدر الضوء والمتحسس يرسل المتحسس إشارة إلى صندوق السيطرة فيعطي إشارة إنذار (Alarm) للتنبيه او إشارة إلى الهاتف لاحظ الشكل (9-2).



الشكل (2-9) نظام حماية

ولمحولات الطاقة الكهروضوئية المستخدمة في الأعمال الصناعية اشكال مختلفة لاحظ الشكل (10-2).



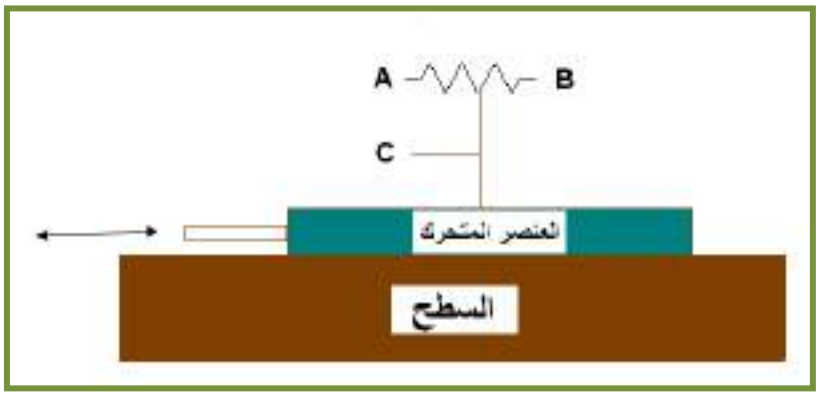
الشكل (2-10) أنواع مختلفة من محول طاقة كهر وضوئي

2 - 4 - 3 محولات طاقة الموضع والإزاحة: Position and Displacement Transducers

تعمل محولات طاقة الموضع والإزاحة على تحويل الإشارة الميكانيكية إلى إشارة كهربائية تتناسب مع موضع العنصر المتحكم به وإزاحته ومنها:

أ- المقاومة المتغيرة : Potentiometer

وفيها يتحرك المنزلق مع حركة العنصر الى الإمام او الخلف مما يؤدي إلى تغير في قيمة المقاومة وبذلك تتغير قيمة الفولتية فيؤدي الى الحصول على إشارة كهربائية تتناسب سعتها مع الإزاحة الخطية للعنصر المتحكم به والشكل (2-11) يبين كيفية استخدام المقاومة المتغيرة محولاً للطاقة.



الشكل (2-11) المقاومة المتغيرة كمحول للموضع والإزاحة

وتأخذ محولات الطاقة للموقع والإزاحة إشكالا مختلفة كما موضح في الشكل (2-12) وفي بعض التصاميم تكون التوصيلات التي تغير مقاومة الدائرة تتحقق بوساطة ضغط الماسحة (Wiper) او المنزلقة (Slide) إلى الأسفل باستخدام وسائل ميكانيكية لتدوير المقاومة المتغيرة لمحول الطاقة المكونة من مادة ذات غشاء رقيق.

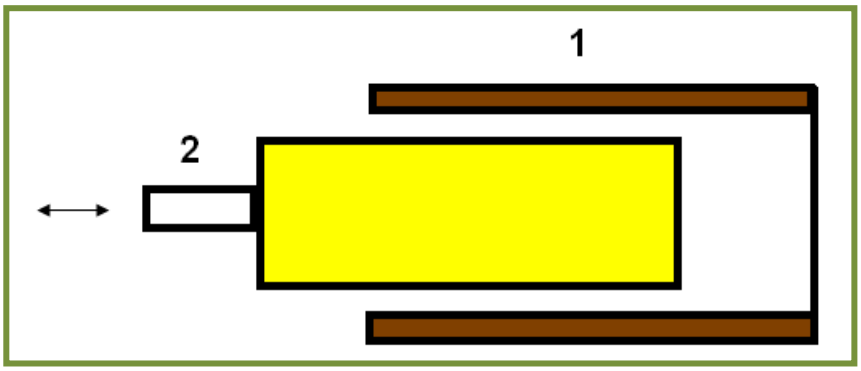


الشكل (2-12) محولات طاقة الموضع والإزاحة

تتصرف محولة الطاقة كمقاومة متغيرة لها ثلاثة أطراف اثنان منها تتصلان مع مجهز القدرة ويمكن ان يكون التيار المتناوب AC أو التيار المستمر DC وتكون المقاومة بينهما ثابتة بينما يوصل الطرف الثالث إلى المنزلقة (Slide) وبتحريكها تتغير الفولتية الخارجة ولهذه المحولة بالمقاومة المتغيرة الخطية عدة استخدامات في الصناعة والطب والنقل.

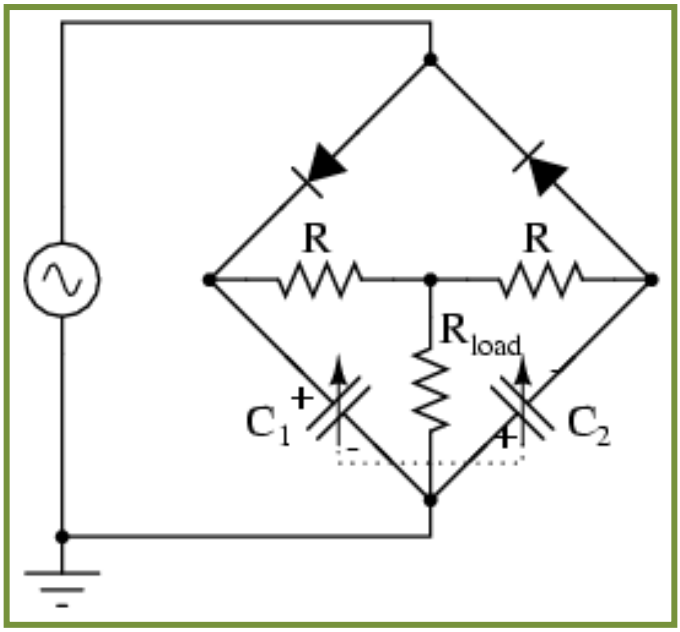
السعة المتغيرة : Variable Capacitance

وفيها تتغير سعة المتسعة بما يتناسب مع الحركة الميكانيكية للعنصر ويبين الشكل (2-13) متسعة تتكون من أنبوب خارجي (١) وأنبوب داخلي متحرك (2).



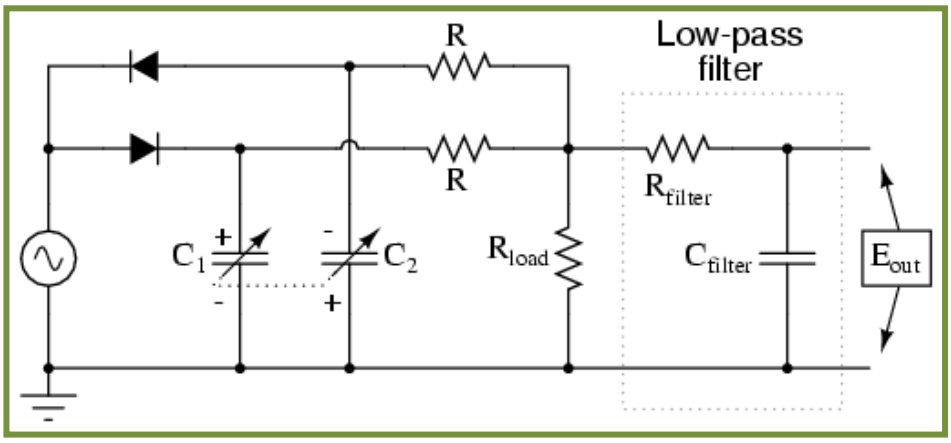
الشكل (2-13) محول بالسعة المتغيرة

يتحرك الأنبوب الداخلي إلى داخل الأنبوب الخارجي ليغطي جزءاً اكبر من سطح الأنبوب الخارجي فتزداد السعة وبالعكس تقل السعة عندما يتحرك الأنبوب الداخلي في الاتجاه المعاكس أي إن قيمة السعة للمتسعة تتناسب مع الحركة الميكانيكية للأنبوب الداخلي ولو تم وضع هذه المتسعة في قنطرة تغذى عن طريق إشارة التيار المتناوب وتؤخذ الإشارة الكهربائية من خرج القنطرة فانه يتم الحصول على إشارة تتناسب سعتها مع الإزاحة لاحظ الشكل (2-14).



الشكل (2-14) محول طاقة توصيلة قنطرة

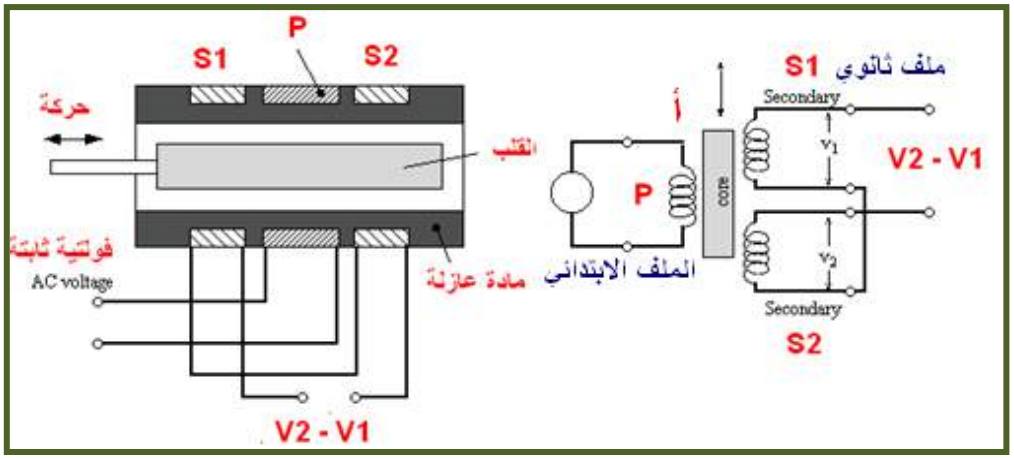
تنشحن المتسعة C_1 بوساطة الفولتية المتناوبة AC خلال الأنصاف الموجبة بينما تنشحن C_2 خلال الأنصاف السالبة أثناء شحن اي متسعة منهما تفرغ الأخرى خلال شبكة المقاومات الثلاثة لاحظ الشكل تحتفظ المتسعة C_2 بالفولتية المستمرة DC بالنسبة إلى الأرضي إذا أزيحت السعة لمحول الطاقة من الوسط تزداد السعة لإحدى المتسعتين وتقل في الأخرى فيتناسب الهبوط بالفولتية على مقاومة الحمل R_{load} مع الفرق بين الفولتيتين التي تمثل قياسات الدائرة وللتخلص من التيار المتناوب يوضع مرشح إمرار واطئ كما موضح بالشكل (2-15) وتستخدم في عمليات التحكم الصناعي المتعددة.



الشكل (2-15) وضع مرشح إمرار واطئ

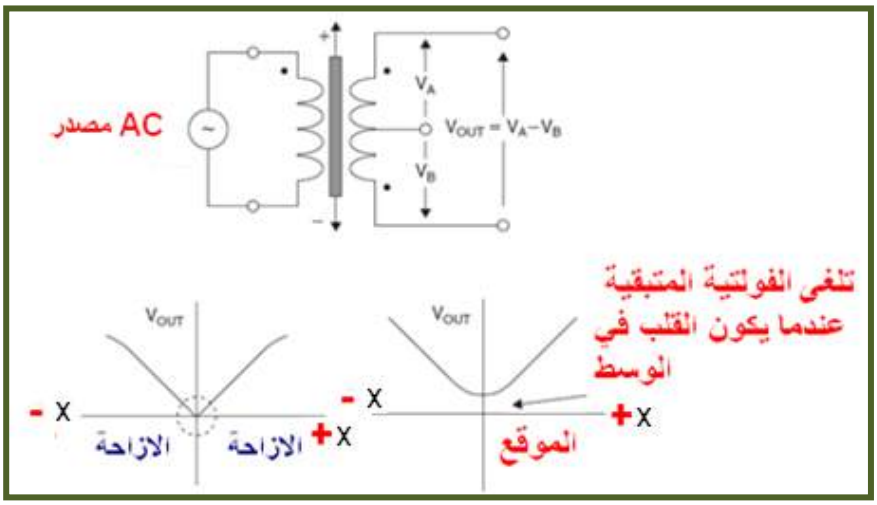
ج - المحول التفاضلي المتغير الخطي : Linear Variable Differential Transformer

يعمل على تحويل إشارة الحركة الميكانيكية إلى إشارة كهربائية ويبين الشكل (2-16) تركيب هذا المحول اذ يتكون من ملف ابتدائي (أ) موصل الى فولتية متناوبة AC ثابتة وتحتوي الدائرة الثانوية للمحول على ملفين ثانويين (S2) (S1) متصلين ببعضهما بعكس الاتجاه بحيث تكون محصلة الفولتية على الخرج هي الفرق بين فوليتي الملفين الثانويين أي أن (V2 – V1 = ΔV) وتعتمد قيمة الفولتية المتغيرة ΔV على حركة القلب المغناطيسي اذ يتحرك هذا القلب حركة أمامية وخلفية تحت تأثير القوة الميكانيكية الخارجية.



الشكل (2-16) المحول التفاضلي المتغير الخطي

يمكن الاعتماد على المحول التفاضلي الخطي المتغير (LVDT) لقياس المسافة الخطية بصورة دقيقة ويستعمل في المكائن الحديثة وفي الروبوت (Robot) والصناعات الالكترونية والتصنيع المبرمج الشكل (2-17) للـ (LVDT) هو متحسس (موضع – كهربائي) خرجه يتناسب مع موضع القلب المعدني المتحرك ويتحرك القلب بصورة خطية داخل المحولة المكونة من ملف ابتدائي في الوسط وملفين ثانويين ملفوفين على شكل اسطواني يحث الملف الابتدائي بفولتية المصدر للتيار المتناوب AC وبترددات مختلفة للحصول على فولتيات محتثه في الملفات الثانوية حيث تتغير مع الموضع للقلب المعدني وتركيب أجزاء التجميع ويوضع القلب عادة بطريقة يسهل فيها التماس مع القضيب غير المغناطيسي وبتدويره يتم التماس مع الشيء المراد قياس حركته او إزاحته.



الشكل (2-17) عمل المحول التفاضلي المتغير الخطي

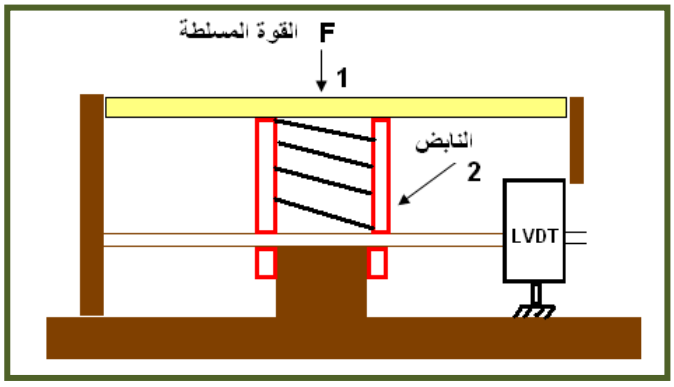
عندما يكون القلب (Core) في المركز فان فولتيات الملفين الثانويين يكونان متعاكسين ومتساويين لبعضهما وتكون محصلة الفولتية الخارجة صفراً وعندما يتحرك القلب من المركز تزداد الفولتية في الملف الثانوي للطرف القريب لحركة القلب بينما تقل الفولتية في الملف المعاكس الآخر ويظهر الفرق بين الفولتيتين بسبب تغير موضع القلب خطياً.

2 - 4 - 4 محولات القوة: Force Transducers

تعمل على تحويل مقدار القوة المؤثرة الى إشارة كهربائية يمكن استخدامها لقياس سرعة الأجسام المتحركة او لقياس الوزن والضغط وكميات المواد وغيرها ومن أهم أنواع محولات القوة هي:

أ – باستخدام المحول التفاضلي المتغير الخطي (LVDT):

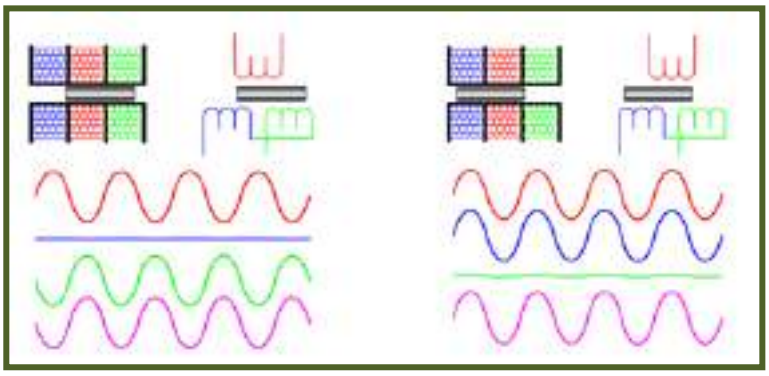
يقوم بتحويل أثر القوة إلى إزاحة (ويقوم المحول التفاضلي المتغير الخطي) من خلال باستشعاره هذه الإزاحة ويبين الشكل (2-18) مثالاً على ذلك فعندما تؤثر قوة (F) على الطاولة (١) تضغط هذه الطاولة على النابض (٢) الذي يحرك القلب المغناطيسي للمحول مما يؤدي إلى ظهور إشارة كهربائية تتناسب سعتها مع القوة المؤثرة على الطاولة .



الشكل (2-18) محولة الطاقة لتأثير القوة

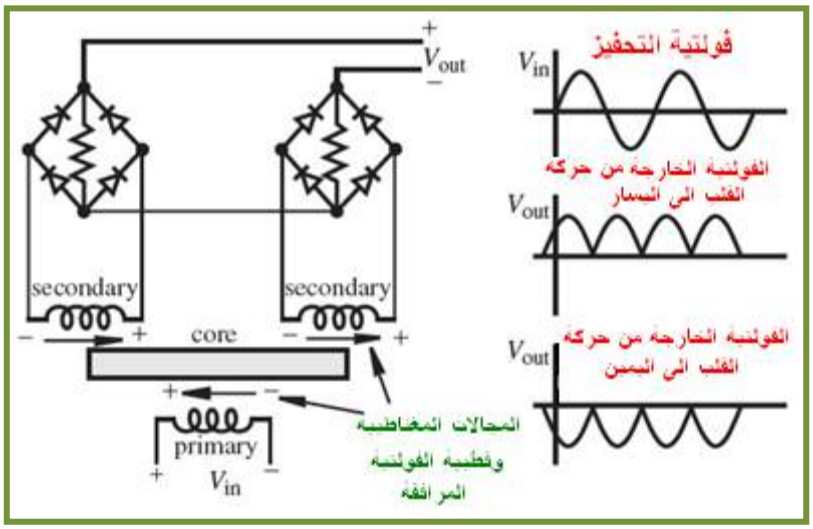
الشكل (2-19) يوضح كيفية تحويل حركة القلب المغناطيسي وتوليد الموجات الكهربائية فعندما يكون القلب المغناطيسي في الوسط تكون الفولتيات على الملفين الثانويين لمحول الطاقة للإزاحة متساويين لأنهما موصلين بصورة متعاكسة ويصبح خرج المتحسس صفراً وبتحريك القلب المغناطيسي بعيدا عن المركز تزاد الفولتية في

احد ملفي الثانوي وتقل في الملف الآخر وتكون النتيجة عبارة خرج لمقياس التحسس ومن خلال طور الإشارات يمكن معرفة في أي من الملفين يتحرك القلب المغناطيسي.



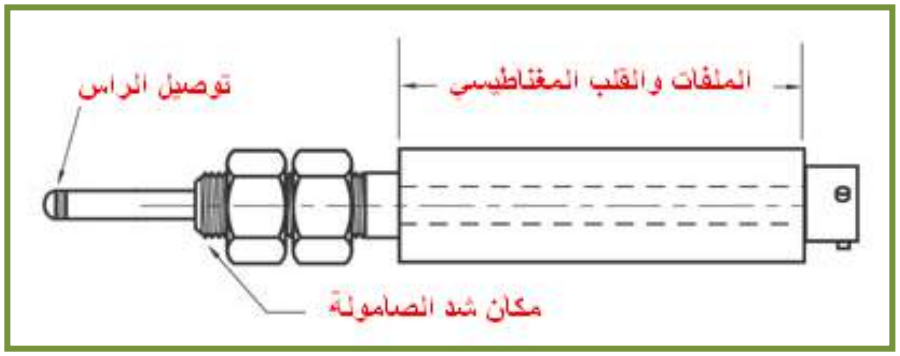
الشكل (2-19) العلاقة بين حركة القلب المغناطيس والفولتية الخارجة

وباستخدام تقويم (قنطرة) على خرج كل من الملفين الثانويين يمكن الحصول على فولتية خرج متدرجة تتناسب مع حركة القلب المغناطيسي كما موضح بالشكل (2-20).



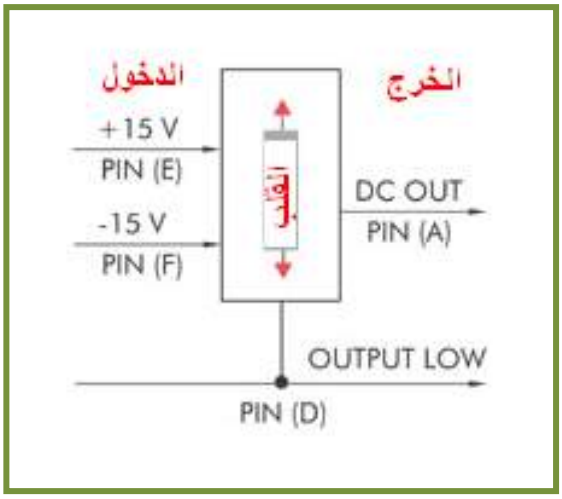
الشكل (2-20) استخدام مقوم قنطرة مع LVDT

نوع المحول التفاضلي المتغير الخطي الذي يعمل بالتيار المستمر (DC LVDT) يتكون من الملف الابتدائي ويوضع عليه الملفين الثانويين المتشابهين وبتحريك القلب المغناطيسي من موضعه تتحدد الفولتية المحتثة من الملف الابتدائي إلى كل من الملفين الثانويين ويكون الجزء المتحرك مفصول عن الملفات بوساطة بكرة من معدن الحديد غير القابل للصدأ ويكون عازل جيد للسوائل والغبار وبدون احتكاك و هستره (Hysteresis) وهذا يعني إن هذا المحول يستجيب الى معظم الحركات الدقيقة للنفاذية (Permeability) العالية للقلب المغناطيسي والشكل (2-21) يوضح التخطيط للأجزاء الميكانيكية.



الشكل (2-21) مقطع لمحول الطاقة DC LVDT

عمل المحول التفاضلي المتغير الخطي الذي يعمل بالتيار المستمر (DC LVDT) يولد خرج بالتيار المستمر ذو تدريج الى درجات (Precalibrated) ويكون ملائم للعمل مع دوائر PLC والمؤشرات الرقمية محولات A/D و الحواسيب والشكل (2-22) يوضح التوصيلات الكهربائية لأحد المحولات التفاضلية DC LVDT ولها إشكال مختلفة يعمل قسم منها على التيار المتناوب وآخر يعمل بالتيار المستمر وكما موضح بالشكل (2-23) وتتحسس هذه المحولات بالإزاحة.

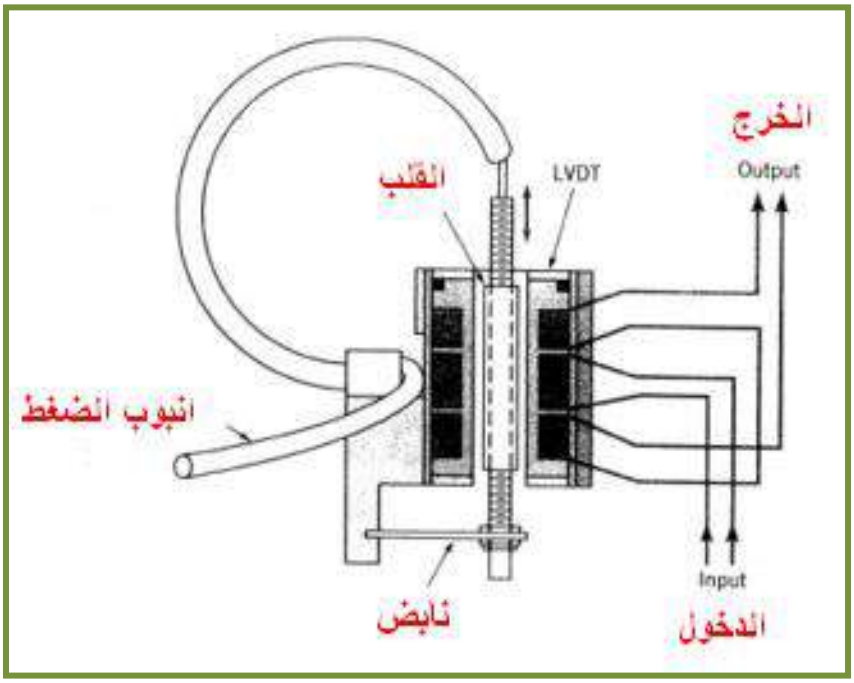


الشكل (2-22) توصيلات DC LVDT



الشكل (2-23) أنواع مختلفة من DC LVDT

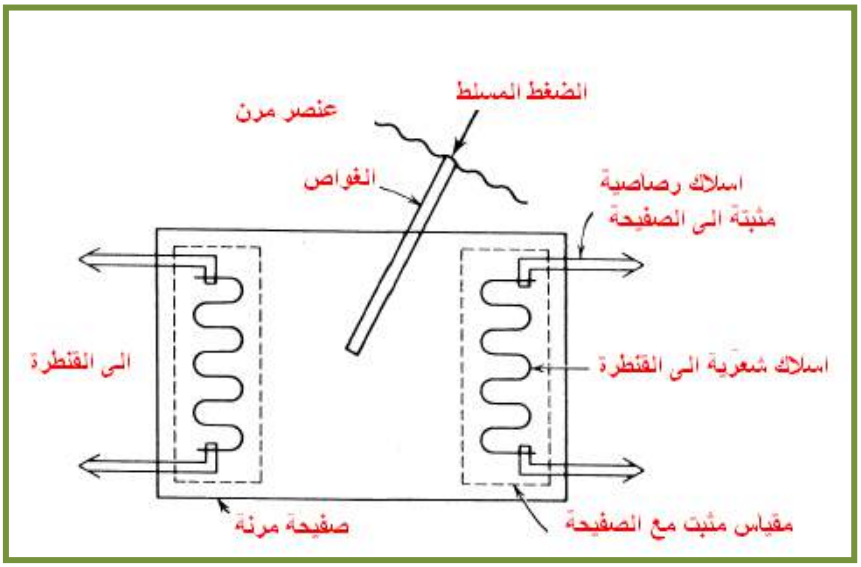
الشكل (2-24) يوضح محول الطاقة للضغط باستخدام (LVDT) وذلك بتسليط ضغط على الأنبوب يتغير موقع القلب فيتغير المجال المغناطيسي لمحول الطاقة (LVDT) مما يؤدي إلى ظهور إشارة كهربائية تتناسب مع الضغط المسلط يعمل محول الضغط على تحويل الضغط إلى إشارة كهربائية تماثلية وتوجد أنواع مختلفة من هذه المحولات وأكثر هذه الأنواع شيوعا هو محول قياس التوتر (Strain Gauge) وتستخدم في الروبوت ومكائن التشغيل الالي وفحص الاهتزاز والتشويش الصوتي وغيرها.



الشكل (2-24) محولة الطاقة للضغط

ب – باستخدام مقياس التوتر (الانفعال): Strain Gauge

يعمل محول الضغط على تحويل الضغط إلى إشارة كهربائية تماثلية بتغيير الحاجز (الحجاب) (Diaphragm) لمقياس التوتر ومقياس التوتر او الانفعال هو مقاومة متغيرة تتكون من سلك معدني ذي مقاومة متغيرة بتغير القوة المؤثرة فيه فكما هو معروف ان مقاومة السلك تتناسب طردياً مع طوله وعكسياً مع مساحة مقطعه فاذا تعرض السلك لقوة شد فان طوله يزداد وتقل مساحة مقطعه مما يؤدي الى زيادة مقاومته وبالعكس اذا تعرض السلك لقوة ضغط قليلة فان طوله ينقص وتزداد مساحة مقطعه مما يؤدي الى نقصان مقاومته (كما تعلمت ذلك في المرحلة الأولى) وإذا استخدم مقياس التوتر هذا في قنطرة فانه يمكن الحصول على إشارة في الخرج تتناسب مع التغير في قيمة مقاومة مقياس التوتر لاحظ الشكل (2-25).



الشكل (2-25) ناقل قوة مقياس التوتر

قنطرة وتستون دائرة كهربائية ملائمة للكشف عن التغيرات في المقاومة ولهذا السبب تستخدم في قياس التغيرات في المقاومة لمقياس التوتر وتتكون قنطرة وتستون من أربعة مقاومات هي

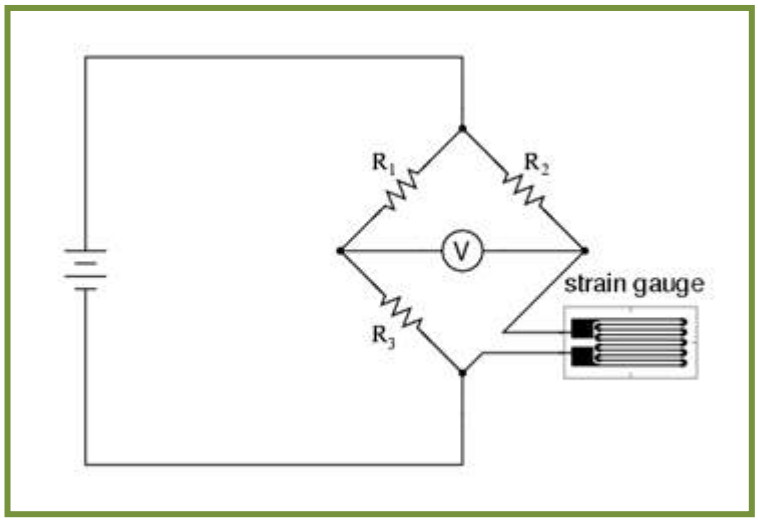
$$R1 = R2 = R3 = R4$$

او

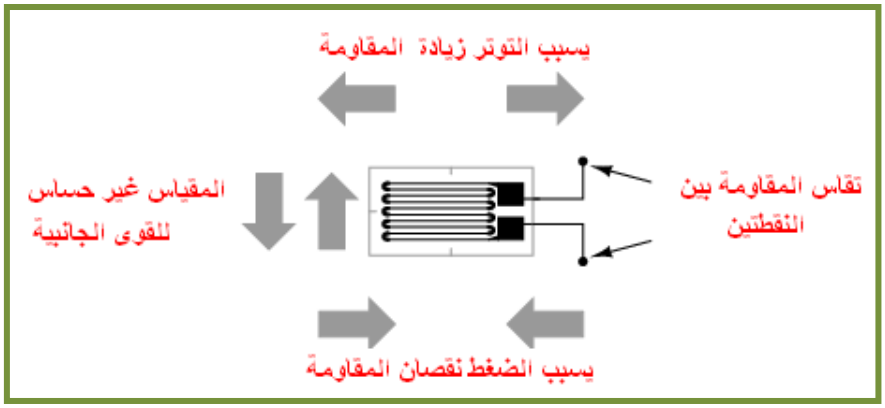
$$R1 \times R3 = R2 \times R4$$

وبتجهيز الدائرة بفولتية داخلة والحصول على فولتية خارجة مقدارها صفراً يعني ان الدائرة في حالة توازن وبضياع هذا التوازن للدائرة تطابق الفولتية الخارجة الى التغير في المقاومة.

يربط مقياس التوتر في توصيلة قنطرة ويسلط الضغط على المحول فيسبب انحراف الحاجز ويظهر التوتر في المقياس ويعطي التوتر مقاومة كهربائية تتناسب مع الضغط لاحظ الشكل (2-26 أ) والشكل (2-26 ب) وتستخدم في أجهزة التحكم الصناعية.



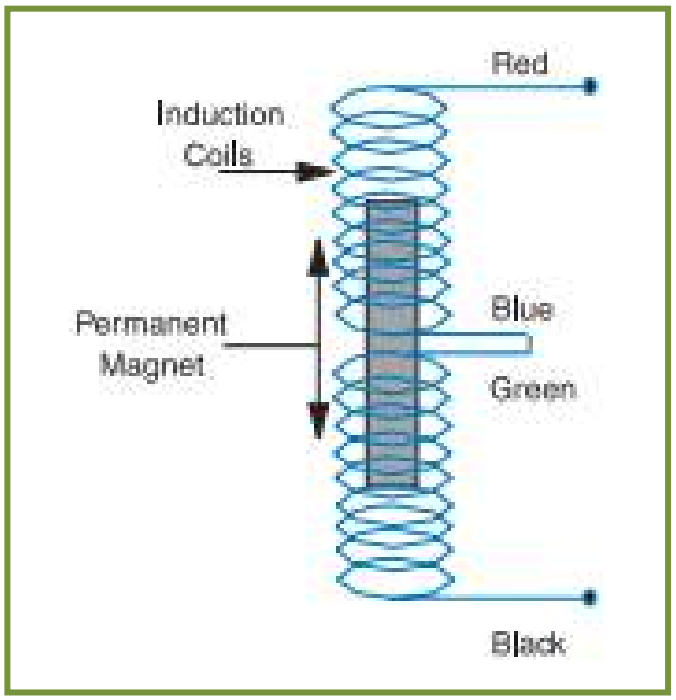
الشكل (2-26 أ) وضع مقياس التوتر مع توصيلة القنطرة



الشكل (2-26 ب) قياس مقاومة مقياس التوتر

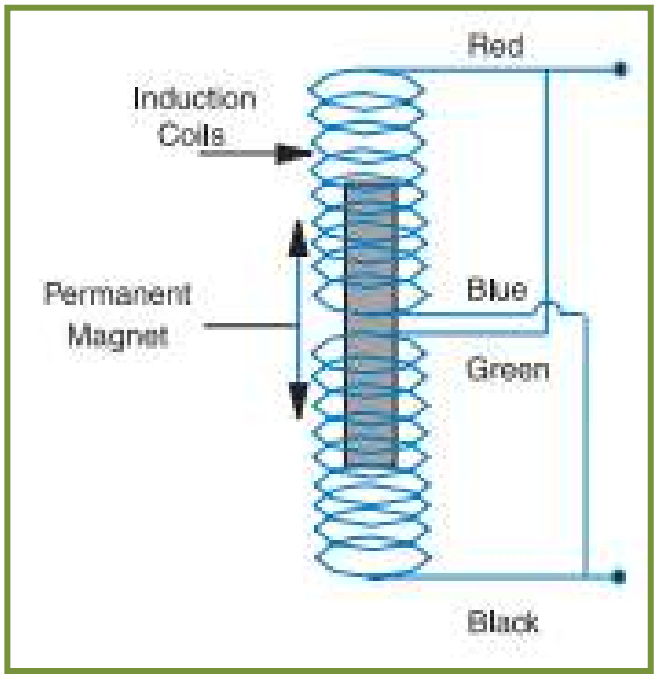
5- 2 - 4 محولات الطاقة للسرعة : Velocity Transducers

محولات الطاقة للسرعة إحدى أنواع محولات الاهتزاز (Vibration) تحتوي على ملف يتحرك داخل المجال المغناطيسي او تحريك مغناطيس دائم داخل الملف لاحظ الشكل (2-27) تحتوي هذه المحولة على أجزاء متحركة وتعتمد استجابة المحولة على درجة الحرارة والتوجيه (Orientation) ويمتد تردد الاستجابة من (-15) 1500 HZ وتستخدم محولات السرعة لتحويل إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية) إلى إشارة كهربائية ويعتمد تصميم وتصنيع محولات الطاقة للسرعة الخطية على التقنية الحثية (Inductive) فعند تحريك مغناطيس داخل ملف سوف يتولد جهد في الملف حسب قانوني فراداي ولينز يتناسب هذا الجهد مع السرعة النسبية للمغناطيس فعند استخدام ملف واحد تكون الفولتية الخارجة صفراً لان الفولتية المتولدة بوساطة احد قطبي المغناطيس سوف تلغي الفولتية المتولدة بوساطة القطب الآخر ولهذا السبب يقسم الملف الى قسمين.



الشكل (2-27) الملفين على التوالي

تكون الفولتية الخارجة تساوي مجموع الفولتيتين على كل من الملفين وتظهر بالنقطتين الأحمر والأسود تتناسب مع سرعة المغناطيس ويمكن توصيل الملفين على التوازي كي تعطي ممانعة خرج قليلة تكون ملائمة لتوصيلها مع الدوائر الالكترونية ذات ممانعة دخول واطئة لتحقيق الموائمة (Compatibility) كما موضح بالشكل (2-28).



الشكل (2-28) الملفين على التوازي

لاحظ الشكل (2-29) أجهزة قياس متعددة الانواع تعتمد في عملها على نضرية عمل محولات الطاقة للسرعة.



الشكل (2-29) أجهزة قياس متعددة الانواع

ومن أهم تطبيقات محولات الطاقة للسرعة هي:

مولد السرعة الكهروميكانيكي (Electromechanical Tachogenerator):

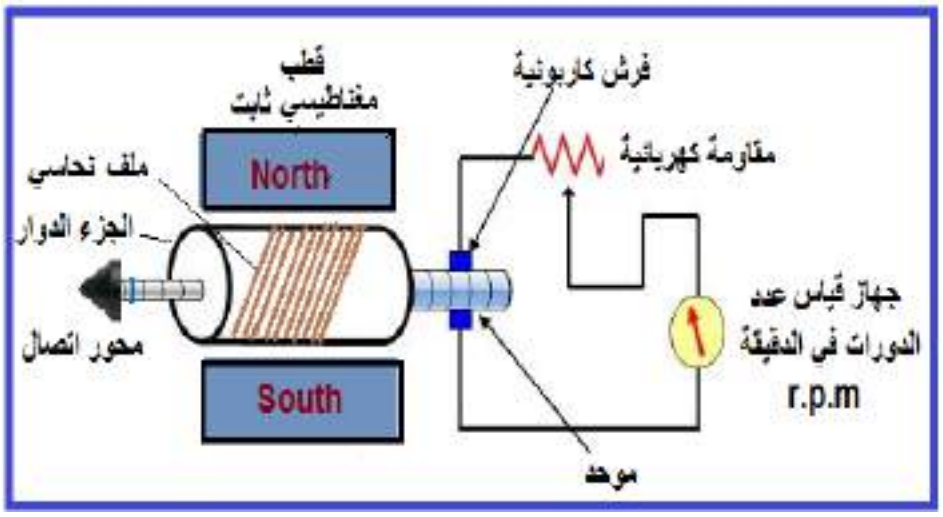
هو أداة ملائمة لتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الحركية (الميكانيكية) وكما في المولدات المستخدمة في أجهزة قياس السرعة.

جهاز قياس السرعة الدورانية (Tachometer).

هو جهاز يستخدم في قياس سرعة دوران المحرك أو الالة بحساب عدد الدورات لكل دقيقة كما في عدادات السرعة في السيارات والسفن والطائرات ومعدات الاجهزة الطبية وغيرها من التطبيقات المتعددة الاخرى وتصنف اجهزة قياس السرعة الدورانية على اساس الحصول على البيانات أو نوع الاتصال مع العنصر الدائر المراد قياس سرعته ويمكن كذلك تصنيفها على اساس تقنية القياس القائمة على الوقت أو التردد أو تصنف على انها تماثلية أو رقمية ، ميكانيكية أو الكترونية.

مكونات جهاز (Tachometer).

يحتوي جهاز قياس السرعة الدورانية على مولد حثي صغير للتيار المستمر ذو أقطاب مغناطيسية دائمة يمكنه تحويل الحركة الدورانية مباشرة إلى أشارة كهربائية عند توصيل جزئه الدوار بالعمود الدائر للمحرك أو للآلة المراد قياس سرعتها ويتم عند بدء عملية الدوران توليد جهد مستمر بقيمة ثابته لايتجاوز مقدارها (10mv) لتغذية مقياس جهد معاير لقياس السرعة الدورانية (r.p.m) وفي هذا النوع من المولدات (مولدات التيار المستمر) تكون الاقطاب المغناطيسية ثابتة ويتم توليد الجهد الكهربائي في الملف المثبت على الجزء الدوار للمولد وكما موضح في الشكل (2-30).



شكل (2-30) مكونات جهاز قياس السرعة الدورانية (Tachometer)

أنواع اجهزة قياس السرعة الدورانية (Tachometer):

1- اجهزة قياس السرعة الدورانية الكهروميكانيكية (Electromechanical) Tachometer:

في هذا النوع من اجهزة القياس يبدأ عمله عند ملامسة محور اتصاله بشكل مباشر بالجزء الدوار للمحرك أو للألة المراد قياس سرعتها وان الجزء المتحرك لمولد التيار المستمر الخاص بجهاز القياس سوف يدور بنفس سرعة دوران الالة وبذلك يولد قوة دافعة كهربائية نتيجة تولد المجال المغناطيسي بفعل دوران الملف المثبت على الجزء الدوار داخل الاقطاب المغناطيسية الثابتة وعندها يولد هذا المجال جهد كهربائي صغير يدفع قرص

جهاز القياس الى الدوران بدرجة مساوية لدرجة دوران الالة في الدقيقة على مؤشر في لوحة جهاز القياس لاحظ الشكل (2-31) .



الشكل (2-31) أستخدام جهاز قياس السرعة الكهروميكانيكي لقياس سرعة المحرك الكهربائي

2- أجهزة قياس السرعة الدورانية الالكترونية (Electronical tachometer): وتنقسم الى

أ- أجهزة قياس السرعة الدورانية الرقمية ذات التماس الدوار.

يستخدم هذا النوع لقياس السرعة الدورانية (r.p.m) للمحرك أو الاله المراد قياس سرعتها بدقة عالية عن طريق التماس المباشر بين عمود الجهاز والعمود الدائر للمحرك او الالة المراد قياس سرعتها كما يحتوي على ناخب اختيار لمجالات واسعة من القياسات تظهر على الشاشة الرقمية وكما يحتوي على ذاكرة تستخدم لتخزين القراءات لاحظ الشكل (2-32).



شكل (2-32) جهاز قياس السرعة الدورانية الرقمي ذو التماس الدوار

ب- اجهزة قياس السرعة الرقمية الضوئية.(Optical Digital Tachometer):

تقوم هذه الاجهزة بقياس عدد الدورات في الدقيقة بدقة عالية باستخدام الاشعة الضوئية التي يتم توجيهها الى الشريط العاكس المثبت على الجزء الدوار للهدف المراد قياس سرعته لاحظ الشكل (2-33).



شكل (2-33) الشريط العاكس المثبت على الجزء الدوار للمحرك

ويتكون هذا النوع من اجهزة القياس من قرص دوار يحتوي على ثقوب متكافئة ومصدر للضوء يثبت على احد جوانب القرص ويثبت على الجانب الاخر للقرص الدوارالمتحسس الضوئي ويكونان على خط واحد وعندما يقوم القرص بالدوران تدور الثقوب والجزء المعتم بالتناوب بين ضوء المصدر والضوء المنعكس الواصل الى المتحسس الضوئي فعندما تأتي الثقوب في خط مصدر الضوء ومتحسس الضوء يمر الضوء عبر الفتحات الى المتحسس وعندها يتم تولد نبضه ضوئية لكل دورة للجزء الدوار من مصدر الضوء تتناسب قيمتها مع سرعة دوران محور الحركة للمحرك أو للالة ويكون متحسس الضوء في الغالب أما ثنائي ضوئي او ترانزستور ضوئي بينما يكون المصدر الضوئي أما ثنائي ضوئي او أشعة الليزر ويعمل الهدف المتحسس للأشعة تحت الحمراء بوساطة انبعاث شعاع الأشعة تحت الحمراء وعندما يصطدم بسطح الهدف العاكس فان شعاع الأشعة تحت الحمراء سوف ينعكس الى الخلف على الترانزستور الضوئي الذي يشكل مع الترانزستور T توصيلة دارلنكتون (Darlington) لتوليد فولتية على المقاومة R_2 توصل الى المتحكم الدقيق (Microcontroller) فيعطي المنطق (1) وعندما يسقط شعاع الأشعة تحت الحمراء على سطح القرص المعتم تحدث حالة الاطفاء (off) لكل من الترانزستور الضوئي والترانزستور T فتقل الفولتية على المقاومة R_2 ويظهر المنطق (0) ومن تسجيل وقت فترة النبضات المتولدة بوساطة انعكاس الأشعة تحت الحمراء يمكن حساب عدد الدورات في الدقيقة RPM (Rotation per Minute) لاحظ الشكل (2-34).

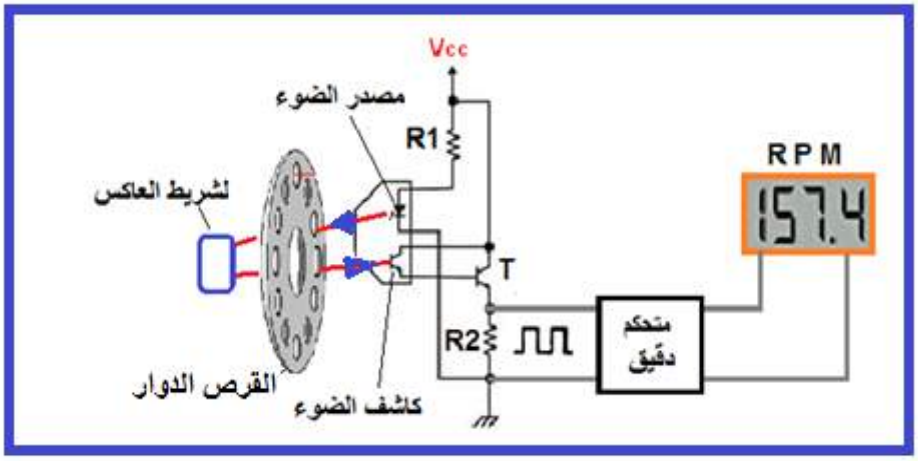
$$F = \frac{1}{T}$$

T = فترة النبضة المتولدة بالثانية

F= التردد

$$RPM = F \times 60$$

$$RPM = \frac{60}{T}$$



شكل (2-34) الدائرة الالكترونية لجهاز قياس السرعة الضوئي

والشكل (2-35) يبين مقياس سرعة ضوئي يعتمد في عمله على استخدام (أشعة الليزر) من خلال أرسال مصدر الأشعة عبر العدسة فتنعكس عند وصولها الى الشريط العاكس المثبت على عمود الحركة للمحرك وبسبب وجود المتحسس الضوئي للأشعة المنعكسة يتم توليد إشارة خرج تتناسب قيمتها مع سرعة دوران محور الحركة.

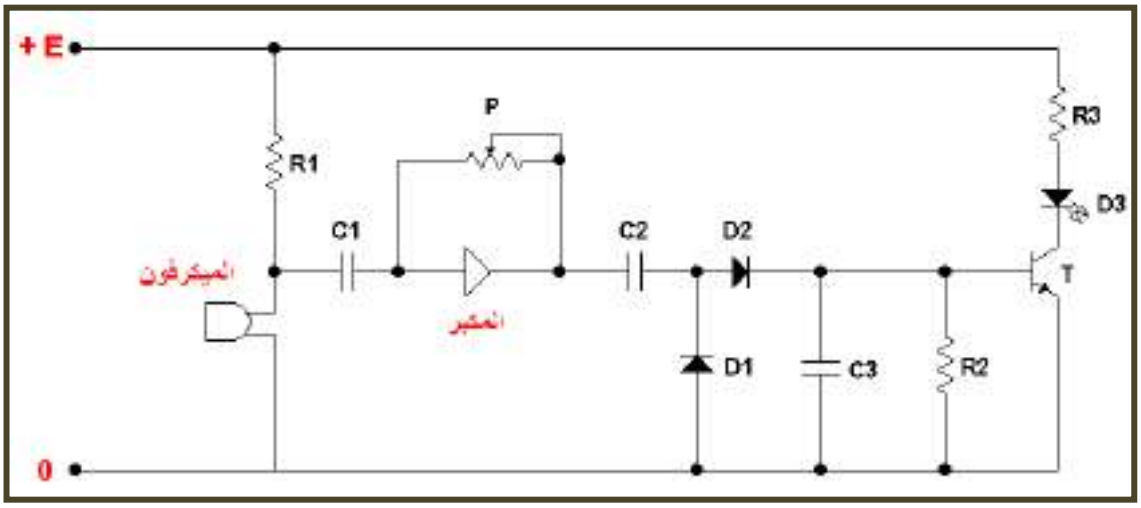


شكل (2-35) مقياس سرعة ضوئي يعتمد على أستخدام اشعة الليزر

6- 2 - 4 محولات الطاقة في المكبرات : (Transducers In Amplifiers)

كما ذكرنا ان العناصر (Elements) المحولة للطاقة من نظام إلى آخر وتغيير المعلومات أو البيانات (Data) بشكل يلائم النظام الآخر تدعى محولات الطاقة (Transducers) وتعني بشكل عام إنها خليط (Combinations) من التحسس والتحويل والمعالجة وأول عملية هو التحسس بالطاقة وتحويلها الى طاقة كهربائية والعناصر التي تنفذ هذا تدعى بالمتحسسات فعلى سبيل المثال في نظام الصوت (Voice) يمكن اعتبار الميكرفون هو المتحسس وهو ميكرفون سعوي لاحظ الشكل (2-26) عبارة عن دائرة تتحكم بتشغيل

ثنائي الانبعاث الضوئي (D_3) بوساطة التغيرات الصوتية ويعمل الميكرفون السعوي كمتحسس للصوت فيحول التغيرات في الصوت إلى إشارات كهربائية تسلط على المكبر الذي يعمل على تكبير سعة الإشارة الخارجة من الميكرفون وتستخدم المقاومة المتغيرة (P) وهي مجزئ جهد لتحديد الربح (الكسب) للمكبر وتحديد حساسية المكبر، وبعبارة أخرى إذا كانت النقطة الوسطية للمقاومة (P) موضوعة في أقصى اليمين فان المكبر سوف يتحسس بأقل الأصوات بينما لا يتحسس المكبر بالأصوات عالية القدرة عندما توضع النقطة الوسطية (P) بأقصى اليسار.تحول الإشارات الخارجة من المكبر إلى تيار مستمر (DC) بوساطة (D1, D2) وتسلط على قاعدة ترانزستور الخرج (T) يتوهج حمل الترانزستور (D3) ثنائي الانبعاث الضوئي (LED) عندما تكون القاعدة إلى الباعث بالانحياز الأمامي فيسري تيار الجامع خلال الثنائي (D3) أي عند وجود صوت ولا يتوهج في حالة عدم وجود صوت.



الشكل (2-36) شدة الصوت تتحكم بتشغيل الثنائي LED

2- 4 -7 محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية: Ultrasonic Transducers

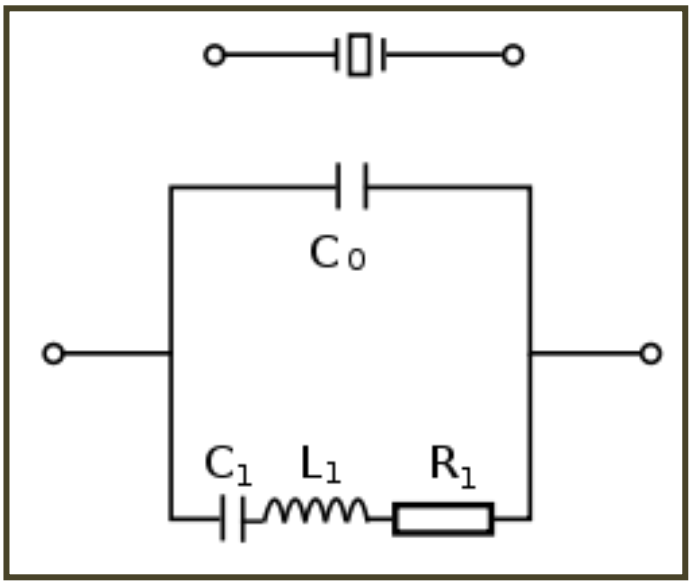
تمتاز البلورات الكهرو – اجهادية (Piezoelectric – Crystal) بأنها تهتز بنفس تردد الجهد المتناوب المسلط عليها وبالعكس ولو أجبرت على الاهتزاز الميكانيكي فأنها ستولد جهداً متناوباً من أفضل البلورات الكهرو- اجهادية بلورة الكوارتز لاحظ الشكل (2-37) وأملاح روشيل و أملاح روشيل والتورمالين وأكثرها استعمالاً هي بلورات الكوارتز للصفات التالية:

1- متوفرة في الطبيعة .
2- رخيصة الثمن .
3- تجمع بين صفات أملاح روشيل الكهرو-اجهادية وبلورات التورمالين .



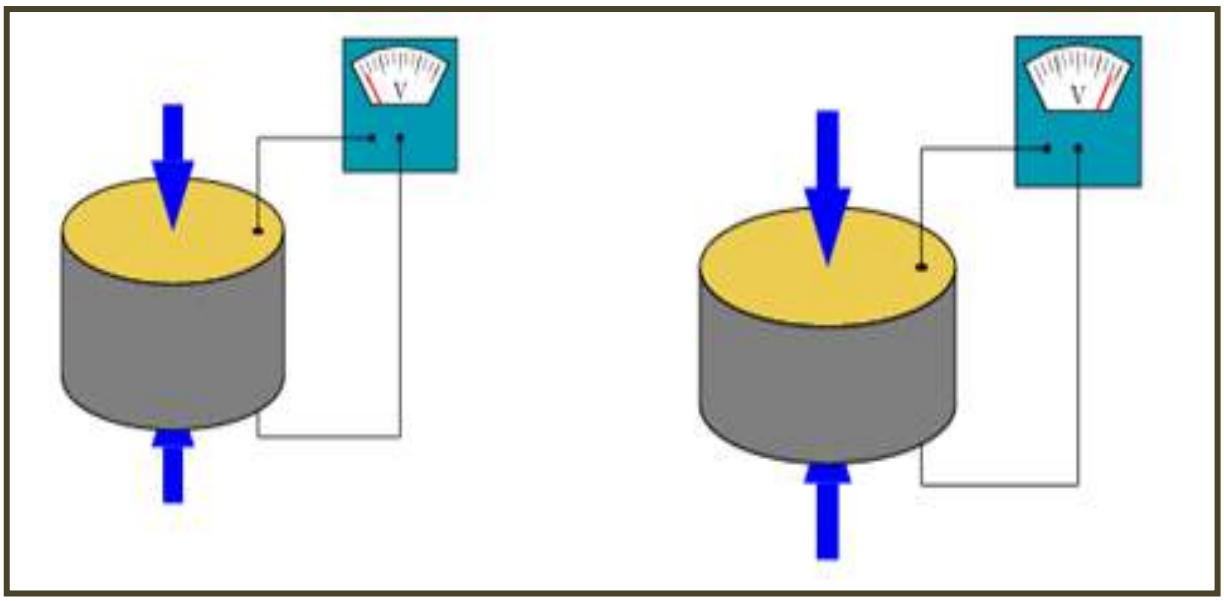
الشكل (2-37) بلورة الكوارتز

الشكل (2-38) يوضح الرمز لبلورة الكوارتز ودائرتها المكافئة.



الشكل (2-38) الرمز والدائرة المكافئة لبلورة الكوارتز

بتسليط المجال الكهربائي على المادة سوف تنظم الجزيئات نفسها مع المجال الكهربائي وتنظيم الجزئيات هذا سوف يغير أبعاد المادة ومن هذه المواد الكوارتز SIO_2 او تيتانيت الباريوم ($Batio_3$) (Barium Titanate) التي تولد المجال الكهربائي عند تسليط الضغط على طرفيها وتسمى هذه الظاهرة بالكهروبيزو (Piezoelectric) لاحظ الشكل (2-39).



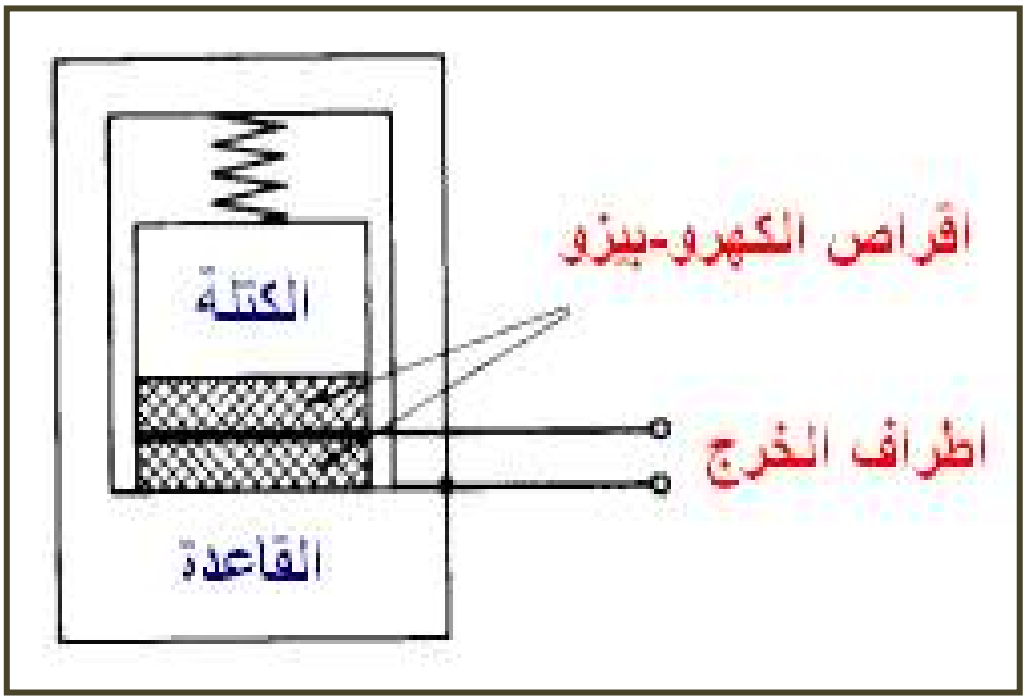
الشكل (2-39) ظاهرة الكهروبيزو

تحويل النبضات الكهربائية الى اهتزازات ميكانيكية وبالعكس وتحويل الاهتزازات الميكانيكية الى طاقة كهربائية هو أساس عمل محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية (Ultra Sonic) ويصنع هذا النوع من المحولات باشكال متنوعة ومختلفة والأحجام لاستخدامها في الحصول على صور لأجزاء مختلفة من الجسم بعد تمرير المحول على سطح الجسم لاحظ الشكل (2-40).



الشكل (2-40) استخدام محول الطاقة للموجات فوق الصوتية في مجال الطب

اثبتت متحسسات الكهروبيزو استخدامها في عدة مجالات مختلفة وعدد من التطبيقات منها في مجال الطب والفضاء والآلات الموسيقية وفي الهواتف النقالة كمتحسس بالضغط اثناء اللمس وفي صناعة السيارات حيث تستخدم كأداة مراقبة الاحتراق الداخلي للمكائن وتثبت داخل فجوة اضافية في راس المكبس او مع مقبس شمعة القدح وبوساطة الكهروبيزو يمكن قياس كميات فيزيائية متعددة ومن هذه القياسات الشائعة هي القياسات الشائعة مثل قياس الضغط والتعجيل ففي متحسسات الضغط تستخدم غشاء نسيجي (Membrane) وقاعدة كبيرة (Massive Base) مما يضمن تسليط ضغط محدد كحمل لعنصر البلورة ويقوم الغشاء النسيجي بنقل القوة الى عنصر البلورة وفي استخدام الكهروبيزو كمقياس السرعة تربط كتلة الى عنصر البلورة وحسب قانون نيوتن الثاني للحركة $F = m.\ a$ لاحظ الشكل (2-41).



الشكل (2-41) استخدام الكهروبيزو في قياسات الكميات الفيزيائية.

1- مبدلات الطاقة (نواقل الطاقة) تعتبر :
أ- عنصراً مهماً في أنظمة التحكم.
ب- عنصراً مهماً في أنظمة الإرسال.
جـ - عنصراً مهماً في أنظمة الاستلام.

2- تعمل النواقل الحرارية على تحويل :
أ - إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية) إلى إشارة كهربائية
ب - الطاقة الضوئية إلى طاقة حرارية.
جـ - الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية

3- تعمل محولات الطاقة الضوئية على تحويل:
أ - إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية) إلى إشارة كهربائية
ب - على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية
جـ - الطاقة الميكانيكية إلى طاقة ضوئية.

4 - يقوم المحول التفاضلي المتغير الخطي (LVDT) للقوة :
أ- أثر القوة إلى إزاحة ويقوم المحول ألفرقي الخطي باستشعار هذه الإزاحة
ب- إشارة السرعة (إشارة ميكانيكية)إلى إشارة كهربائية
جـ - على قياس شدة الضوء.

5- محول قوة مقياس التوتر (الانفعال) عبارة عن
أ- مقاومة متغيرة .
ب- مغناطيس دوار.
جـ - محولة LVDT

6- يعمل مولد السرعة الميكانيكي على تحويل:
أ- الطاقة الميكانيكية الى كهربائية.
ب- الطاقة الميكانيكية الى طاقة ضوئية .
جـ - الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية.

8- محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية تعمل على تحويل:
أ- النبضات الكهربائية الى اهتزازات ميكانيكية وبالعكس.
ب- الموجات الكهربائية الى موجات صوتية.
جـ - الطاقة الضوئية الى طاقة حرارية.

أسئلة الباب الثاني - الفصل الاول

س1: اشرح بالتفصيل مستعيناً بالرسم نواقل الموضع والإزاحة باستخدام المقاومة المتغيرة.

س2: وضح مبدأ عمل نواقل الموضع والإزاحة باستخدام المتسعة المتغيرة ووضح اجابتك مع الرسم .

س3: اشرح تركيب المحول التفاضلي المتغير الخطي (LVDT) موضحاً اجابتك بالرسم.

س4 : اشرح مع الرسم مبدأ عمل المحول التفاضلي المتغير الخطي (LVDT) للقوة.

س5: وضح بالتفصيل مع الرسم محولات الطاقة للموجات فوق الصوتية.

س6 : اشرح مع الرسم الدائرة الالكترونية لمحول الطاقة في الصوت.

س7 : ماهو التاكوميتر (Tachometer) وماهي مكوناته وكيف يعمل.

س8 : أشرح مستعينا برسم الدائرة الالكترونية عمل ومكونات جهاز قياس السرعة الضوئي.

س9: اشرح مبدأ عمل المحول (الكهرو – بيزو) موضحاً اجابتك بالرسم.

س10: بماذا تمتاز البلورات الكهرو- اجهادية وماهي افضلها واكثرها استخداما.

2

التحكم المنطقي المُبرمج PLC

Programmable Logic Controller

أهداف الفصل الثاني :

معرفة واكتساب الطالب مكونات وحدة التحكم المنطقي المبرمج وعمل كل جزء منها وأساسيات تشغيله .

محتويات الباب الاول/ الفصل الثاني

1-1 تمهيد.

2-1 كيفية عمل جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة PLC

3-1 انواع أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة PLC

4-1 مكونات أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة

5-1 دورة المسح: Scan sycle

6-1 الصلة بين المستخدم - الآلة : (HMI) – Human Machine Interface

7-1 الاتصالات : Communications

8-1 نظام التحكم والمراقبة والاشراف SCADA

9-1 البرمجة : Programming

10-1 وحدة البرمجة : Programming Unit

11-1 دوائر الربط : Interfacing Circuits

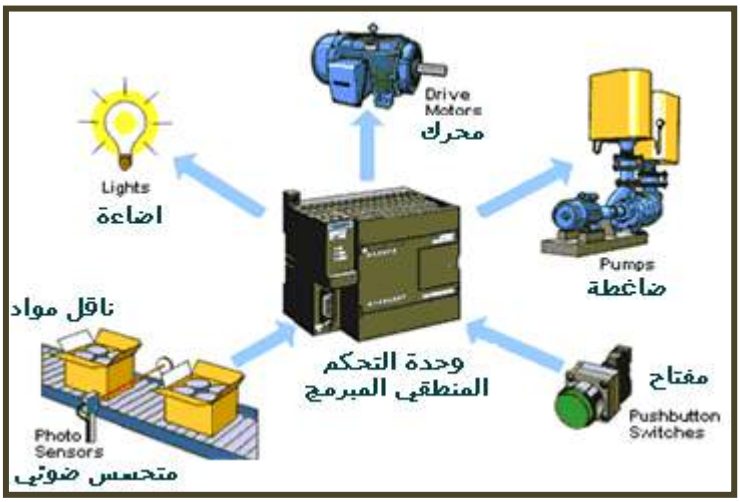
12-1 دوائر تحويل البيانات : Data Conversion

الباب الاول / الفصل الثاني

أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة PLC

1 - 1 تمهيد :

في تطبيقات التحكم الكهربائي تستعمل المرحلات (Relays) والمتممات الزمنية (Timer) والعدادات (Counters) في خطوط الإنتاج والمصاعد وغيرها يتم تجميع عدد كبير من هذه المكونات في لوحة التحكم والتوصيل بينها عن طريق شبكة كبيرة من الأسلاك والقابلوات (الكيبلات) ويستلزم ذلك الكثير من الجهد في التصميم والتشغيل بجانب أنه في حالة حدوث عطل أو تلف لأحد الوحدات فإن عملية البحث عن العطل وإصلاحه تأخذ الكثير من الوقت ومن ناحية أخرى فإن التقدم الكبير في علم الالكترونيات وظهور المعالج الدقيق (Microprocessor) وتقدم وسائل البرمجة أدى إلى ظهور وحدات مبرمجة لها القدرة المماثلة لتنفيذ مهام التحكم الكهربائي في العمليات المختلفة مثل التحكم في الآلات الكهربائية وتشغيل المحركات والتحكم في العمليات الصناعية المختلفة و بدأ استعماله حاليا فى التحكم فى المعدات المستخدمة فى شبكات النقل والجهد العالي ولهذه الوحدة القدرة على تخزين التعليمات لتنفيذ وظائف التحكم مثل التوقيت والعد ومعالجة البيانات والإزاحة والحساب والتحكم في الآلات والعمليات الصناعية ويطلق على هذه الوحدة اسم وحدة التحكم المنطقي المبرمج (Programmable Logic Control) (PLC) وتتميز بالكفاءة العالية والسرعة في التصميم والتشغيل ورخص الثمن وانخفاض زمن الصيانة والبحث عن الأعطال ويوضح الشكل (1-1) احد أنواع وحدة التحكم المنطقي المبرمج (PLC).



الشكل (1-1) السيطرة على بعض العمليات باستعمال وحدة التحكم المنطقي المبرمج

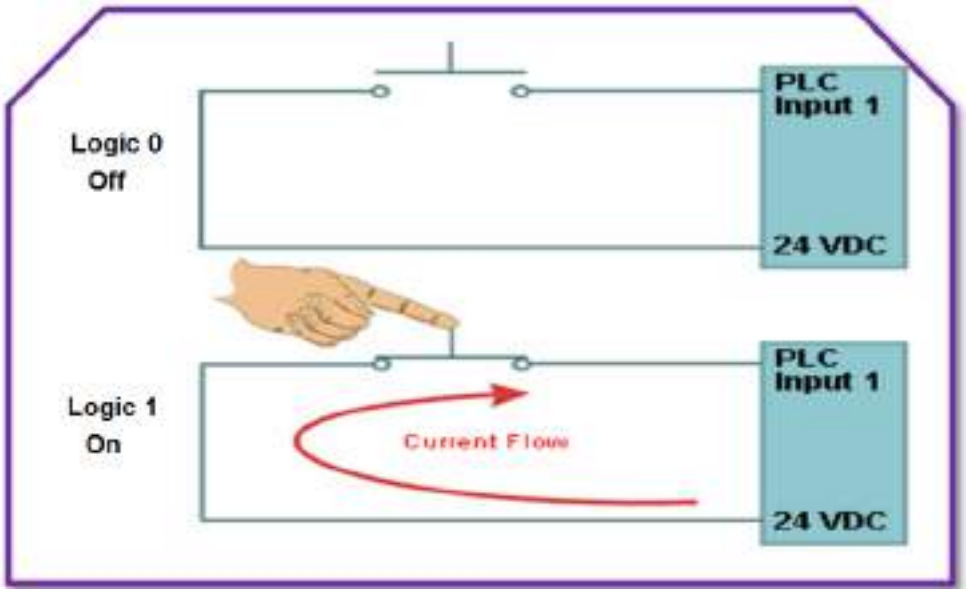
أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة plc (Programmable Logic Controllers)

ويمكن تعريف جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC) هو جهاز الكتروني رقمي ينتمي لعائلة الحاسوب يستخدم معالج دقيق وذاكرة قابلة للبرمجة تستخدم لتخزين البيانات والتعليمات الخاصة بتنفيذ العمليات المنطقية والتماثلية الخاصة بتشغيل الانظمة الصناعية مثل (المصاعد الكهربائية، المعامل ، المستشفيات ، الفنادق، المحطات الكهربائية) وله القدرة على تخزين التعليمات لينفذ وظائف تحكم مثل (التوقيت ، العد ، معالجة البيانات ، الإزاحة ، الحساب). ويستعمل مصطلح المبرمج (Programmable) لأنه يحتاج إلى إعداد برنامج للتحكم يوضع في الذاكرة الخاصة بالجهاز ويستعمل مصطلح (المنطق Logic) لأن البرمجة معنية فى العمليات

المنطقية وعمليات التحويل. ON / OFF ويستعمل مصطلح التحكم أو السيطرة "Controller" لأنه يقوم بالسيطرة على حركة معينة حسب الايعازات والأوامر التي كتبت في برنامج التحكم الذي تم وضعه في الذاكرة.

نضرية عمل جهاز (plc):

يعمل جهاز (PLC) في التحكم في الالات والعمليات من خلال مراقبة المداخل واستلام اشارات الدخل ثم آتخاذ القرارات بناءً على التوصيات أو الأوامر المعطاة له ثم تنفيذ تلك القرارات على وحدة الإخراج وفقا للبرنامج المخزن في وحدة الذاكرة.المكتوب من خلال أحدى أنواع لغات البرمجة المناسبة حيث أن لكل شركة مصنعة أو منتجة للـ (PLC) تتميز ببرنامجها الخاص وبما أن (PLC) تنتمي لعائلة الحاسوب فهي تقوم بتخزين المعلومات على شكل أو هيئة (0,1) وهو ما يقابل كهربائياً (On, Off) ويسمى بـ (النظام الثنائي) ويستطيع (PLC) التعامل مع الإشارات الرقمية والتماثلية (Analoge & Digital) ولكن وحدة المعالجة المركزية (CPU) لا تستطيع التعامل إلا مع الإشارات الرقمية (On,Off) ويستخدم النظام الثنائي لتعريف الإشارات الرقمية (0,1) حيث يعبر المنطق (1) عن وجود الإشارة (On)، والمنطق (0) عن عدم وجود الإشارة (Off) كما في الشكل (1-2).



شكل (1-2) الإشارات الرقمية

1- 2 كيفية عمل أجهزة التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC):

بايجاز بسيط نستطيع التعرف على كيفية عمل أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC) من خلال الشكل (1-3) الذي يبين عملية التتابع التي تحصل عند الضغط على مفتاح التشغيل المتصل مع وحدة الدخل الخاصة بجهاز (PLC) وحسب البرنامج المخزن في وحدة الذاكرة تقوم وحدة المعالجة المركزية باصدار امر التشغيل الى وحدة الخرج المتصل بها مشغل المحرك.

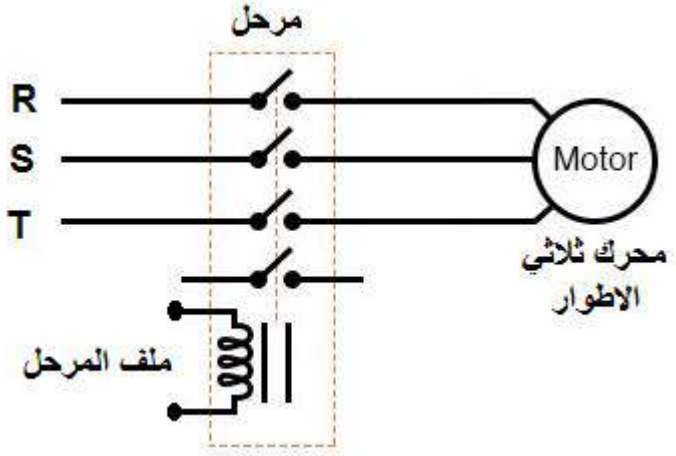


الشكل (1-3) عمل أجهزة (PLC)

ونستطيع مما سبق أن نقول أن اي نظام تحكم صناعي يعتمد في تشغيله على أجهزة (PLC) يجب أن يحتوي على المفاتيح والحساسات كعناصر دخل , والمشغلات بانواعها كعناصر خرج

<u>أسلوب التحكم السابق:</u>

قبل أختراع جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC) كانت معظم عمليات التحكم تتم باستخدام نظام المرحلات (Relay) كما مبين في الشكل (1-4).



الشكل (1-4) نظام المرحلات

وفي هذا النظام يتم رسم دوائر التحكم قبل تنفيذها ثم اختيار العناصر حسب المواصفات المطلوبة ثم تتم بعد ذلك عملية التركيب واذا حصل اي خطا في الدائرة فان الفني المختص يقوم باصلاحه وعند الحاجة لاجراء اي تغير في طريقة العمل الخاصة بخطوط الانتاج كما في الشكل (1-5) فان ذلك يتطلب الكثير من الجهد والوقت والكلفة وكما هي العادة دائما أذا تعلق الامر بالمجال الاقتصادي الذي يبحث العاملين فيه عن الربح وتخفيض التكاليف يتم توظيف الباحثين لابتكار اجهزة مرنة لديها القابلية لتغير الوظيفة ولديها القدرة على العمل لساعات طويلة بدقة متناهية وقد حصل هذا

من خلال دخول الحواسيب الى المجالات الصناعية والتجارية فساعد ذلك على تصنيع أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (plc).



الشكل (1-5) أستخدام (plc) في تشغيل خطوط الانتاج

يتم في هذا الخط الانتاجي نقل عدد العلب التى تتحرك على طول السير أو الحزام الناقل (Conveyer) وتوجيهها إلى صندوق التعبئة وان مدخلات هذه الانظمة قد تتكون من مفاتيح تفتح (تفصل) OFF وتغلق (توصل) ON أو ممكن أن تكون متحسسات كهروضوئية.

1- 3 أنواع أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (plc):

لاجهزة (PLC) أنواع وأحجام وقدرات مختلفة حسب نوع الشركة المنتجة آعتماداً على مواصفات وحدة الإدخال ، وحدة الإخراج ، وحدة المعالجة المركزية ، كما مبين في الشكل (1-6).



شكل (1-6) انواع وأحجام (PLC)

أهم أنواع أجهزة (plc) :

1- المتكاملة أو المدمجة (Compact): تمتاز بأكثر آقتصادية وأقل كلفة وأقل تعقيداً ومقدرة على تنفيذ العمليات الصعبة والمعقدة، وهي عبارة عن كتلة واحدة لا تتجزأ تحتوي على عدد محدود من الإدخال والإخراج والمعالج والذاكرة. كما مبين في الشكل (1-7).



شكل (1-7) أجهزة (PLC) نوع المتكاملة

2- التركيبية أو المجزئة (Modular): وتعتبر أفضل أنواع (PLC) بسبب مرونتها الشديدة وقابليتها للتوسيع بشكل كبير دون الحاجة للتعديلات على البنية الأساسية، وتتميز بأنها تصل لأعداد كبيرة من الإدخال والإخراج للـ (PLC). وتكون كل وحدة من وحدات (الإدخال، الإخراج، المعالجة المركزية) مستقلة عن الأخرى وتوضع ضمن منفذ معين (Slot). كما مبين في الشكل (1-8).



شكل (1-8) أجهزة (PLC) نوع التركيبية

3- الهجينة (Hybrid): وهي تركيبة هجينة بين النوعين (المدمجة والتركيبية)، تتميز بأن عدد الإدخال والإخراج أكبر من (المدمجة) ولكنها لا ترتقي لمستوى (التركيبية) من حيث الذاكرة وعدد الإدخال والتطبيقات التي يمكن إنجازها. كما مبين في الشكل (1-9).



شكل (1-9) أجهزة (PLC) نوع الهجينة

مميزات أستخدام اجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC):

1- إلغاء التكاليف العالية بتقليل استخدام المرحلات الكهربائية وبالتالي الاستغناء عن الكثير من التوصيلات السلكية وذلك لاحتواء أجهزة (PLC) على عدد كبير من العناصر الخاصة المستخدمة في تشغيل دوائر التحكم مثل المرحلات (Relays) المؤقتات (Timers) والعدادات (Counters) والمقارنات (Comparators).

2- سهولة تعديل وتغير عمل دائرة التحكم الخاصة بالماكينة أو الآلة وذلك بتغير برنامج التحكم المخزن في ذاكرة جهاز (PLC) فقط دون الحاجة إلى تغير أسلاك التوصيل.

3- تصمم المداخل والمخارج للجهاز معزولة عن المعالج الدقيق مما يساعد ذلك على تقليل الأعطال.

4- أمكانية اختبار برنامج التحكم قبل نقله من وحدة البرمجة إلى جهاز (PLC) وذلك للتأكد من صلاحيته قبل توصيل جهاز (PLC) إلى الماكينة.

5- تتوفر في أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC) نظام دقيق لتحليل الأخطاء وعرضها على الشاشة الرقمية الخاصة بالجهاز.

6- يعمل جهاز (PLC) على تحسين كفاءة النظام.

4-1 المكونات الاساسية لأجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة PLC :

تتكون أجهزة التحكم القابلة للبرمجة (plc) من البرمجيات (software) ومن المكونات المادية (Hardware)

أولا: البرمجيات (Software):

يوجد نوعين من البرامج التي يتم تخزينها في وحدة الذاكرة الخاصة بأجهزة (PLC) وهي:

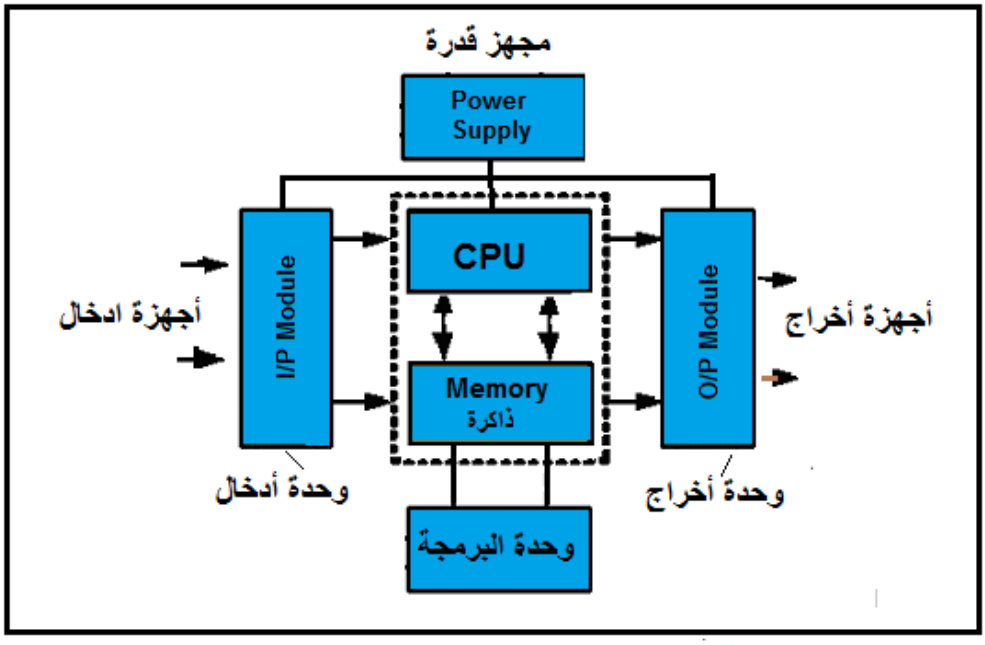
١- برنامج نظام التشغيل:

وهو البرنامج الذي تصممه الشركة المصنعة للجهاز ويتم تخزينه في الذاكره الدائمة (ROM) مثل برنامج (Micro win Step-7) لشركة سيمنس الالمانية ويبدا عمله عند بدء توصيل الطاقة الكهربائية لجهاز (PLC) إذ يبدا تنفيذ خطوات التهيئة الخاصة بعمل الجهاز واجراء عملية المسح التسلسلي (Scanning) الخاصة بتنفيذ برنامج التحكم ويكون هذا البرنامج غير قابل للمسح والتعديل او النقل من قبل المستخدم.

٢- برنامج المستخدم:

وهو البرنامج الذي يكتبه المبرمج بإحدى الطرق الثلاثة الخاصة ببرمجة أجهزة (PLC) بحيث يحقق العمل المطلوب منه ويتم ادخاله في الذاكرة المؤقته للجهاز (RAM) عن طريق وحدة البرمجة ويكون هذا البرنامج قابل للمسح والتعديل او النقل من قبل المستخدم ويتم استخدام ثلاث طرق في كتابة برنامج المستخدم وهي:

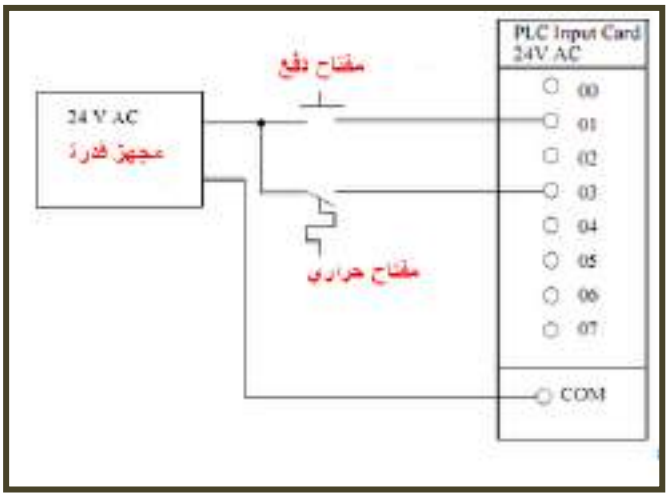
ثانيا: المكونات المادية (Hardware): وتتكون من ستة أجزاء رئيسية هي وحدة مجهز القدرة . وحدة المعالجة المركزية , وحدة الذاكرة , وحدة الادخال , وحدة الاخراج , وحدة البرمجة وكما موضح في الشكل (1-10).



الشكل (1-10) المخطط الكتلي للمكونات المادية لجهاز التحكم المنطقي المبرمج (PLC)

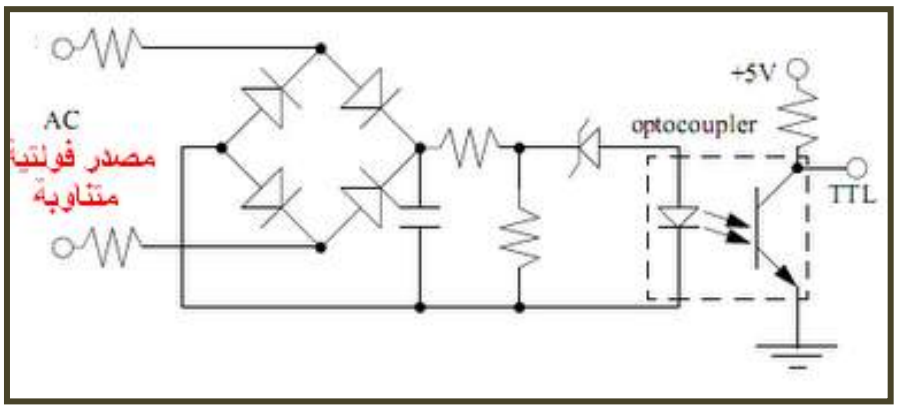
اولاً: وحدة مجهز القدرة Power Supply

تعمل على تجهيز القدرة إلى جميع أجزاء جهاز التحكم المنطقي المبرمج PLC وتعمل معظم هذه الاجهزة على الفولتية 24V DC او الفولتية 220VAC وفي الأنواع الكبيرة للـ PLC تكون وحدة مجهز القدرة منفصلة بينما تكون في أنواع PLC الصغيرة ضمنه ولمجهز القدرة بطارية تعمل بصورة ذاتية في حالة حدوث أي عطل في الدائرة الالكترونية لمجهز القدرة لتجهيز الفولتية إلى وحدة المعالجة المركزية CPU لتفادي فقدان البرنامج من الذاكرة والمخطط الموضح في الشكل (1-11) يوضح عملية تجهيز الفولتية المتناوبة AC إلى لوحة الإدخال والمتحسسات خلال مفتاح ضغط ومفتاح حراري أو مرحل حراري أي وجود مدخلين.



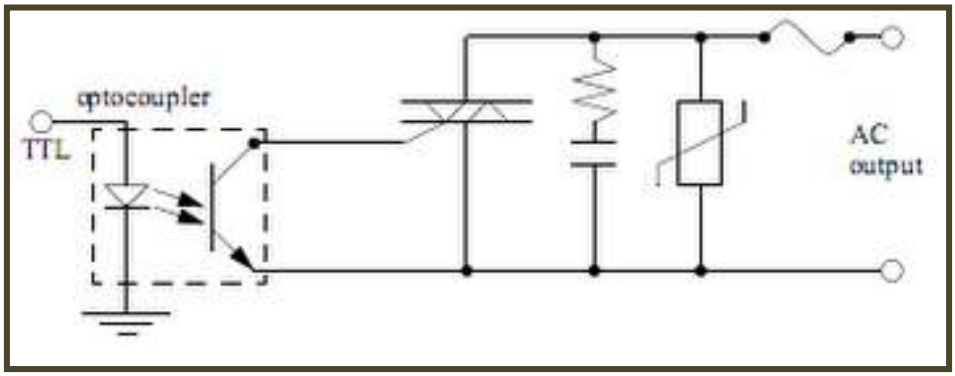
الشكل (1-11) لوحة إدخال PLC

إدخالات PLC يجب ان تحول الفولتية إلى مستوى المنطق (5V)DC لتغذية ممر البيانات (Data Bus) ويمكن انجاز ذلك باستخدام الدائرة الالكترونية كما في الشكل (1-12) خلال المزدوج الضوئي (Optocoupler) الذي يعزل الدائرة الكهربائية الداخلية عن الدائرة الخارجية لتغذية دوائر TTL بالفولتية (5V) DC.



الشكل (1-12) تحويل الفولتية لمستوى المنطق (5V) DC

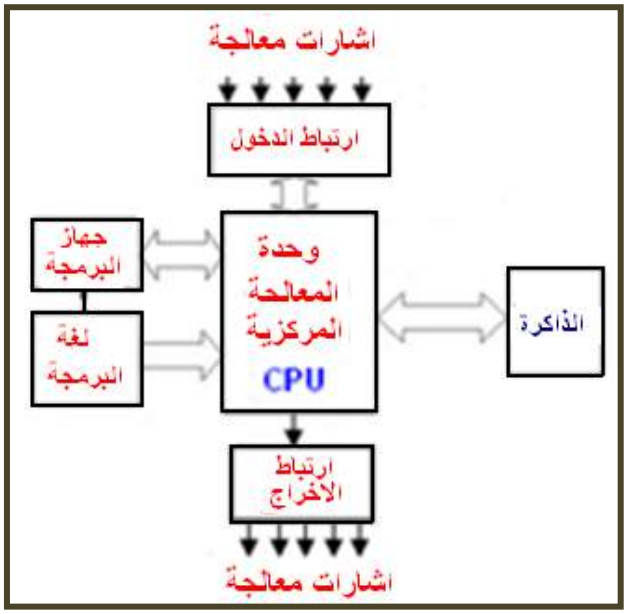
وفي خرج PLC يتم تحويل مستوى المنطق (5V)DC على ناقل البيانات لجهاز التحكم المنطقي المبرمج إلى مستوى الفولتية الخارجة كما موضح في الشكل (1-13) باستخدام المزدوج الضوئي لغلق الدائرة الخارجية والعزل الكهربائي بين الدائرة الكهربائية الخارجة والدائرة الداخلية.



الشكل (1-13) غلق الدائرة الخارجية لجهاز التحكم المنطقي المبرمج PLC

ثانياً: وحدة المعالجة المركزية Central Processing Unit CPU

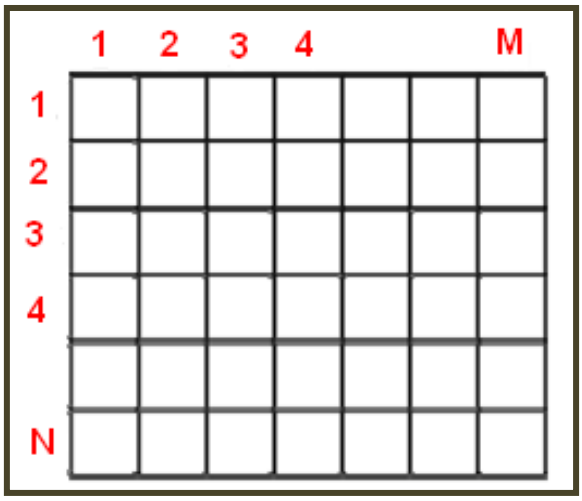
ان وحدة المعالجة المركزية تمثل العقل المسيطر بالنسبة لجهاز التحكم المنطقي المبرمج (PLC) ومهمة هذه الوحدة هو ملاحظة حالة أجهزة الإدخال (مثل المجسات والمفاتيح) وقراءة البرنامج المكتوب ثم اصدار القرارات وارسالها إلى وحدة الإخراج على شكل إشارات مسيطر عليها لتشغيل الاحمال كالمرحلات والمؤقتات والمخطط الكتلي الموضح بالشكل (1-14) يبين العلاقة بين وحدة المعالجة المركزية (CPU) والأقسام الرئيسة لجهاز التحكم المنطقي المبرمج وتعمل (CPU) مع الذاكرة سوية ومصطلح (CPU) يبدل غالباً بمصطلح المعالج (Processor) أو المعالج الدقيق (Microprocessor) وتحتوي (CPU) على جميع العناصر الضرورية التي تشكل ذكاء وعقل النظام.



الشكل (1-14) العلاقة بين CPU وجهاز PLC

المعالج الدقيق : Microprocessors

يحتوي هذا الجزء على دوائر الذاكرة دوائر اتخاذ القرار ومجهز القدرة لجهاز التحكم المنطقي المبرمج ضمن وحدة المعالجة المركزية او بوحدة منفصلة عنه ويتم التحكم بالمعالج الدقيق في نظام PLC بواسطة برنامج يدعى بنظام التشغيل (Operating System) ويكون التنفيذ بمجموعة برامج مراقبة وإشراف (Supervisory) مخزونة بصورة دائمة في الذاكرة والمخطط الكتلي الموضح بالشكل (1-15) يبين المكونات الأساسية للمعالج الدقيق MP.



الشكل (1-15) تركيب المعالج الدقيق

توجد في دوائر ذاكرة التنفيذ نظام التشغيل و تنجز وحدة الحساب والمنطق (Arithmetic Logic Unit) (ALU) جميع عمليات الحساب والمنطق و يوجد داخل المعالج الدقيق عدد من السجلات منها سجل عداد البرنامج (Programming Counter) PC يعمل على المحافظة على المسار (Track) لأي خطوة تنفيذية للمعالج الدقيق عندما يحدث اي قفز (Jump) او تغير في البرنامج في كل وقت والسجل الداخلي (Internal Register) (IR) على خزن البيانات كأوامر بوساطة وحدة الحساب والمنطق يستلم السجل الداخلي المعلومات من ذاكرة التنفيذ وتخزن لحين يتم الطلب من وحدة الحساب والمنطق. وتخزن ذاكرة القراءة \ الكتابة (RAW) البرنامج المكتوب من قبل المستخدم كما وتخزن في هذه الذاكرة أيضا الكميات او العوامل الثابتة (Parameters) العامة لنظام التشغيل وتعتبر وحدات الذاكرة للقراءة\ للكتابة المنفصلة عبارة عن سجلات (Registers) وتقوم موانئ وحدات الإدخال والإخراج للمعالج الدقيق بتوصيل الدوائر في نظام المسيطر المنطقي المبرمج (PLC) ويتم نقل البيانات بوساطة خطوط النقل (Buses) والمخطط الكتلي الموضح بالشكل (1-16) يوضح توصيلات الممرات لنظام المعالج الدقيق.



الشكل (1-16) خطوط العنوان والبيانات

الناقلين الأساسيين هما ممر العنوان (Address bus) وممر البيانات (Data bus) ويحتوي ممر العنوان النموذجي على 16 خط اتجاهي والخط ألاتجاهي يعني مرور البيانات باتجاه واحد فقط ويسمح ممر العنوان المعالج الدقيق من اختيار العنوان لتحديد موقع الذاكرة او اختيار أداة (Device) الإدخال والإخراج، وممر البيانات ثنائي الاتجاه ويحتوي الممر النموذجي على 8 خطوط وثنائي الاتجاه يعني أن البيانات والمعلومات يسمح لها بالمرور في أي اتجاه وتستعمل خطوط البيانات لنقل البتات (Bits) إلى داخل أو خارج المعالج الدقيق. يستخدم المعالج الدقيق دوائر إضافية يستفيد منها في خزن البيانات لحين وصول وقت الدورة المناسب للمعالج , هذه العناصر الإضافية تدعى بالمسك (Latch) تستخدم بواسطة المعالج الدقيق وهما مسك العنوان (Address Latch) ومسك البيانات للإدخال والإخراج I\O يستلم مسك العنوان موقع العنوان من المعالج الدقيق وتخزن هذه البيانات بصورة مؤقتة لحين يطلب المعالج الدقيق إرسالها وترسل إشارة الطلب خلال خط يدعى إشارة مقياس السرعة (Strobe Signal) ويعمل مسك البيانات للإدخال والإخراج بواسطة المعالج الدقيق فترسل البيانات المخزونة المؤقتة إلى خارج النظام ، ويمكن تعريف قدرة المعالج الدقيق باستجابة عدد وتنوع الأوامر، فعلى سبيل المثال السجل المكون من 8-Bit يمكن ان يحمل 256 (2^8) من المجموعات او المركبات (Combinations) مقارنة مع السجل المكون من (16 – Bit) والذي يمكن ان يحمل 65536 (2^{16}) 16-Bit من المجموعات او المركبات ويختلف حجم المعالج الدقيق 8-Bit عن 16-Bit كما تختلف السرعة والدقة.

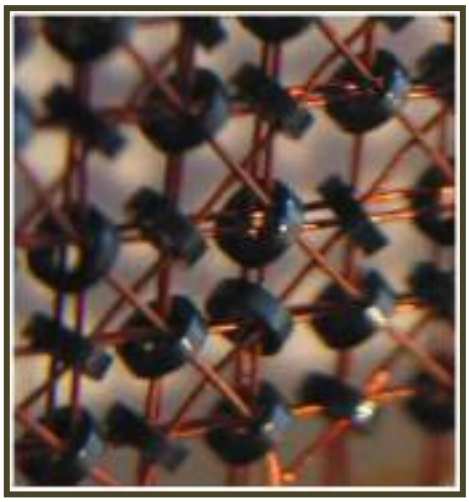
ثالثاً: وحدة الذاكرة Memory unit:

تخزن البيانات في موقع الذاكرة بواسطة عملية الكتابة وتسترد من الذاكرة بواسطة القراءة ويدعى العدد الكلي للأرقام الثنائية او البتات التي يمكن خزنها في الذاكرة RAM لجهاز PLC بسعة الذاكرة وغالباً ما يعبر عن سعة الذاكرة بمجموعات 8-Bit او البايت Byte حيث ان كل (1Byte = 8Bit) فعلى سبيل المثال اذا كان PLC بسعة ذاكرة 4K بايت هذا يعني ان الماكينة ملائمة لخزن 4K بايت او 32000 بت يقسم نظام الذاكرة الكلية في PLC الى برنامج تنفيذي (Executive Program) وبرنامج السيطرة التطبيقي (Control Application Program) وتخزن ذاكرة التطبيق في الوسط المؤقت (Temporary) بسبب تغيرها حسب الحاجة والطلب بينما برنامج التنفيذ يحتاج إلى ذاكرة لخزن مكوناتها باستمرار ويوجد صنفان من عناصر الذاكرات هي المتطايرة (Volatile) وغير المتطايرة (Nonvolatile) وتصنف عناصر الذاكرة طبقاً لقابليتها على خزن البيانات عند فصل القدرة الكهربائية ففي الذاكرة المتطايرة تفقد الذاكرة بياناتها عند فصل القدرة عنها وتوضع حماية للبرامج المخزونة في هذه العناصر بوضع بطارية في حال فصل القدرة الكهربائية عنها. تحتفظ الذاكرة غير المتطايرة بمحتويات البرمجة بغض النظر عن وجود القدرة الكهربائية أو عدم وجودها وتكون محتويات الذاكرة غير المتطايرة دائمة (Permanent) كما مبين في الشكل (1-17).



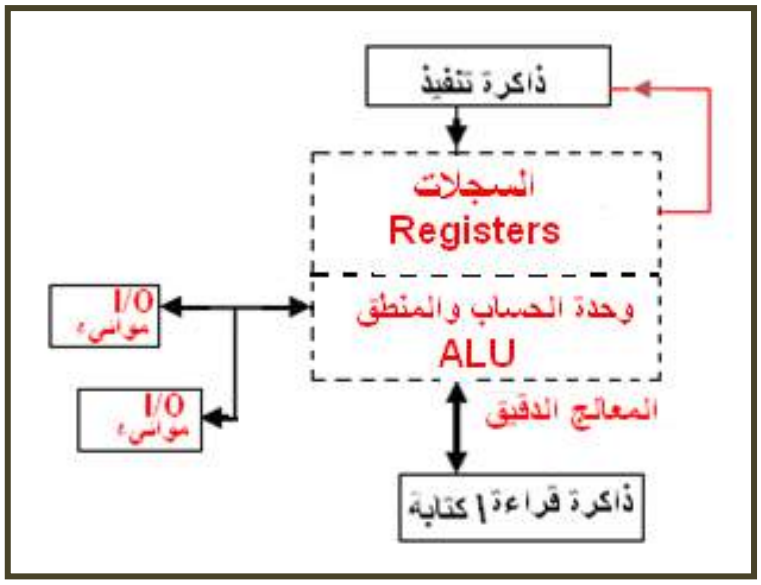
الشكل (1-18) الذاكرات المتطايرة وغير المتطايرة

تصنع عناصر الذاكرات من مواد شبه موصلة لتشكيل الخلايا Cells قادرة على تمثيل الأرقام الثنائية (0 او1) لذلك تمثل هذه الخلايا بوساطة المفاتيح، حالة المفتاح ON يعني 1 وحالة المفتاح OFF يعني 0 او بوساطة الخلايا المغناطيسية (استخدام القلب المغناطيسي) لاحظ الشكل (1-18).



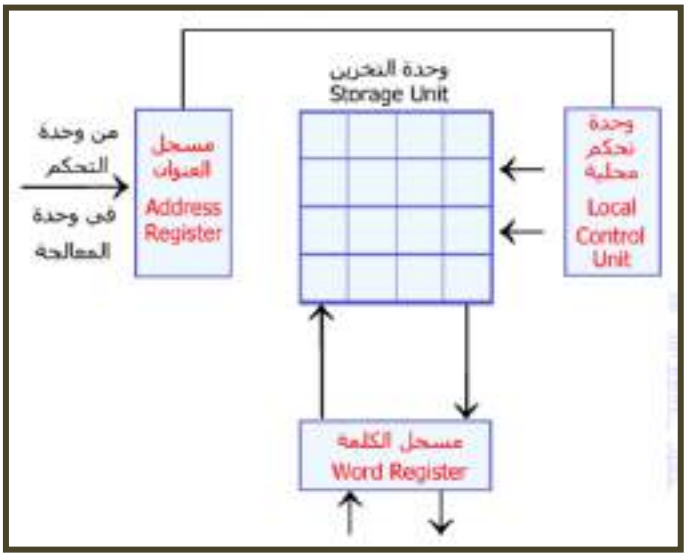
الشكل (1-18) ذاكرة القلب المغناطيسي

وأي منهما يمكن استخدامه كذاكرة متطايرة وذاكرة غير متطايرة وقد استخدمت ذاكرة القلب المغناطيسي في أول إصدار لجهاز PLC التي يسري فيها التيار الكهربائي فعند سريان التيار الكهربائي في الخلية المغناطيسية فأنه سوف يولد بها مجالاً مغناطيسياً و اتجاه هذا المجال يحدد الحالة التي تقع فيها الخلية فإذا كان اتجاه المجال مع عقارب الساعة فإن الخلية تقع في حالة الواحد و في حالة الصفر إذا كان المجال بعكس عقارب الساعة ومهما كان نوع خلايا الذاكرة فإنه يمكن اعتبار الذاكرة لوحة الكترونية مكونة من خلايا بحيث تشكل هذه الخلايا المصفوفة كما موضح في الشكل (1-19).



الشكل (1-19) خلايا تشكل مصفوفة

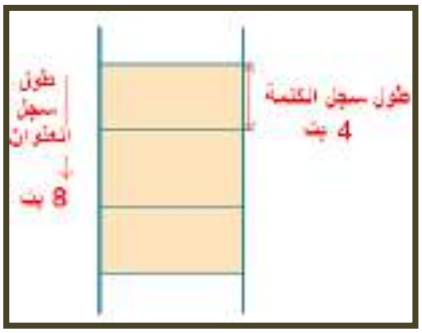
تمثل أسطر هذه المصفوفة المواقع في الذاكرة أما الأعمدة فتمثل الكلمات ويختلف طول الكلمة بعدد الخلايا في السطر حسب نوعها فقد تحتوي الكلمة على أربعة خلايا" بت"أو ثمانية أو ست عشرة ولتحديد كلمة ما في الذاكرة لابد من تحديد موقعها (Address) فالكلمة الثانية يمكن الوصول إليها عن طريق العنوان 2 وهكذا سجل العنوان له دورًا في تحديد سعة الذاكرة حيث أن طول هذا السجل وعدد الخلايا يحدد عدد المواقع التي يمكن الوصول اليها فلو كان طول هذا السجل 8 بت فان عدد المواقع يساوي 256 موقع اما سجل الكلمة فيحدد طول الكلمة التي يمكن تخزينها في الذاكرة لاحظ الشكل (1-20).



الشكل (1-20) سجل الكلمة وسجل العنوان

مثال (1-1):

احسب حجم الذاكرة إذا علمت أن طول سجل العنوان يساوي 8 خلايا وطول سجل الكلمة 4 خلايا .



الحل:

عدد المواقع (Address) يساوي 2^8 =256 موقع

حجم الذاكرة يساوي 4 x 256 = 1024 بت

حجم الذاكرة بالكلمة = 256 كلمة (لان الموقع الواحد يخزن كلمة)

حجم الذاكرة بالبايت $\frac{1024}{8}$ = 128 بايت

مثال (1-2):

احسب طول سجل العنوان وطول سجل الكلمة إذا كان عدد المواقع 256 موقع وحجم الذاكرة 2048 بت.

الحل:

طول سجل العنوان = n و طول سجل الكلمة = m

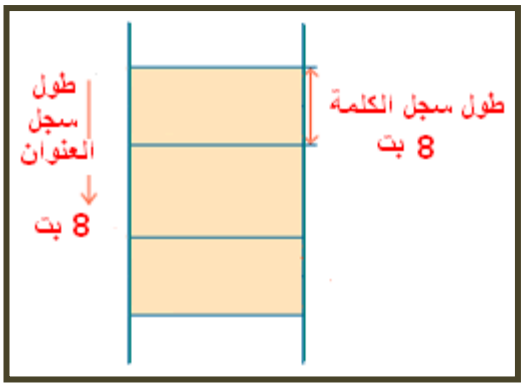
عدد المواقع (Address) يساوي 2^n =256 موقع

طول سجل العنوان n= 8 بت

حجم الذاكرة = عدد المواقع x طول سجل الكلمة

m x 256 = 2048

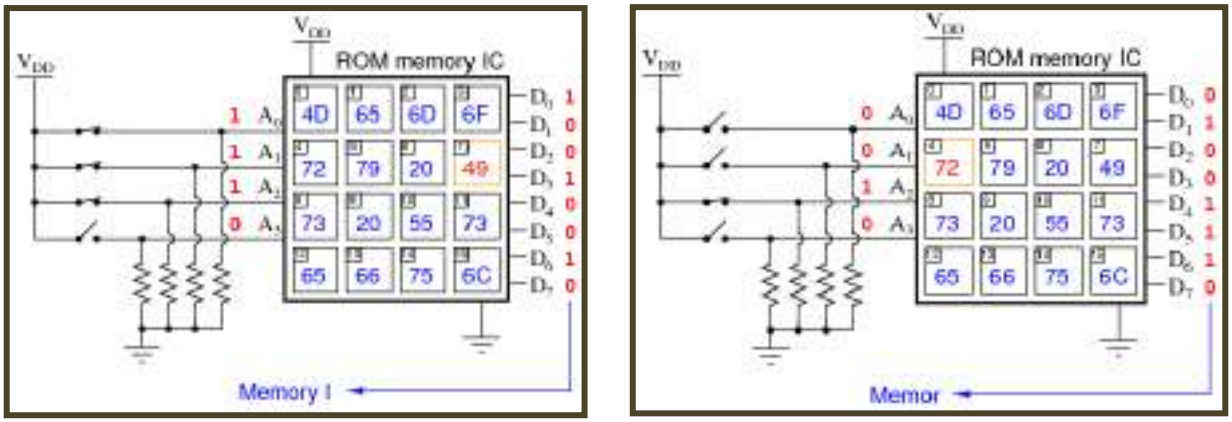
m = 8 بت



انواع الذاكرة : Memory Types

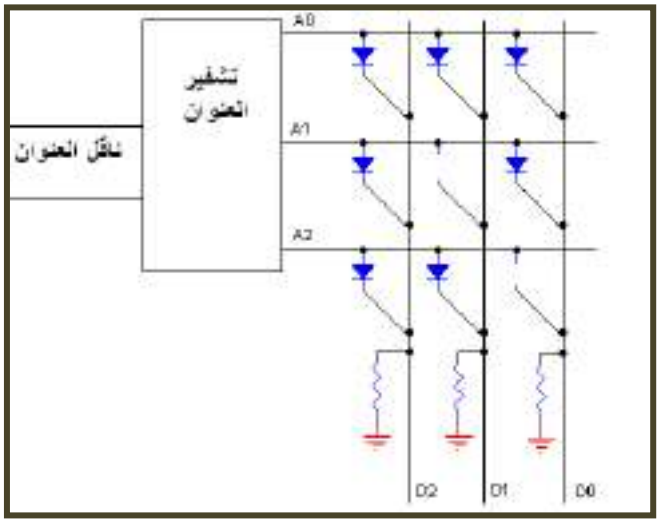
1- ذاكرة القراءة فقط : ROM (Read Only Memory)

تصمم ذاكرة القراءة فقط للخزن الدائم (Permanent) للبرامج الثابتة والبيانات ومنها قراءة المحتويات ولا يمكن الكتابة عليها ويكون نموذج البت الذي يمثل البرنامج ثابتاً في العناصر من وقت التصنيع وفي الدوائر المدمجة (IC,s) لذاكرة ROM والتي تصنع من TTL او MOS لاحظ الشكل (21-1) ويستخدم نظام PLC رقائق (ROM Chips) وتعرف بالقناع (Mask) المبرمج للذاكرة ROM أو MROM لتطبيقات البرنامج .



الشكل (21-1) الدائرة المدمجة لذاكرة ROM

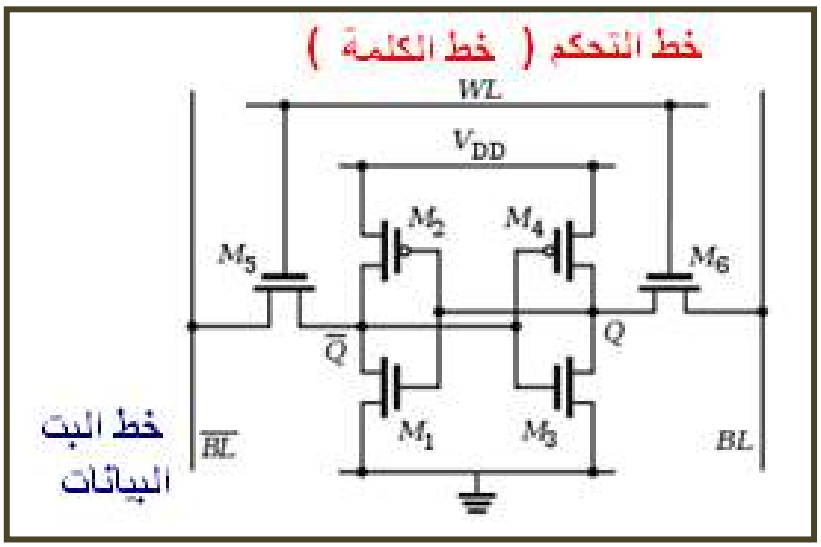
الشكل (1-22) يوضح ذاكرة القراءة فقط ROM فكما هو معروف ان الثنائي يسمح بمرور التيار باتجاه واحد فقط عندما يكون بالانحياز الأمامي و تكون الفولتية على طرفيه 0.7V ورقاقة ROM يمكن أن ترسل شحنة أعلى من فولتية التشغيل المخصص مع اختيار الصف الموصل بالأرضي لتوصيله إلى خلية معينة وجود الثنائي في هذه الخلية سوف يتم التوصيل مع الأرضي وحسب النظام الثنائي فان الخلية سوف تقرأ كحالة توصيل (ON) وتكون القيمة (1) وعندما تكون الخلية بالقيمة (0) ولا يوجد ثنائي ارتباط في نقطة التقاطع (Intersection) للتوصيل بين العمود والصف فان الشحنة على العمود سوف لن يتم نقلها إلى الصف وتعمل رقاقة ROM بموجب برنامج لبيانات كاملة عند إنشاء الرقاقة.



الشكل (1-22) ذاكرة القراءة فقط ROM

2- ذاكرة الوصول العشوائي : RAM (Random Access Memory)

تدعى أيضا بذاكرة القراءة \ الكتابة وتصمم بحيث يمكن كتابة المعلومات عليها و القراءة من اي موقع منها وتتركب ذاكرة الوصول العشوائي من رقائق مصنعة من (TTL) او (MOS) ويوجد نوعان من (RAM) هي الساكنة (Static) وتدعى SRAM والفعالة او الديناميكية وهي (Dynamic) (DRAM) تستخدم ذاكرة الوصول العشوائي الساكنة عناصر خزن رقمية تدعى بالنطاطات (Flip–Flops) في النوع (SRAM) تتصل كل خلية من خلايا هذه الذاكرة مع خط تحكم"خط الكلمة" وخطي بيانات (خطي البت) يأخذان الحالة المنطقية (1) أو (0) بشكل متعاكس إذا كان احد الخطوط (1) يكون الخط الآخر(0) لاحظ الشكل (1-23)



الشكل (1-32) خلية SRAM

الوصول إلى الخلية يتم بواسطة خط الكلمة WL الذي يسيطر على الترانزستور M5 و M6 الموصلة مع خطي البت او البيانات BL و BL وتستخدم لنقل البيانات لعمليتي الكتابة والقراءة ويصل حجم (SRAM) مع m من خطوط العناوين و n من خطوط البيانات 2^m والى 2^mxn بت.

مميزات الذاكرة SRAM

1- استهلاكها للطاقة قليل إذ أن بطارية كهربائية صغيرة تكفي لإبقائها في حالة نشاط عدة سنوات.

2- استطاعتها صغيرة وتستخدم مثلاً في بعض البرامج كالمفكرات وجداول الأعمال الإلكترونية الأكثر شيوعاً.

3- تحتاج إلى إنعاش إذ أنها لا تستخدم متسعات.

مساوئ الذاكرة SRAM

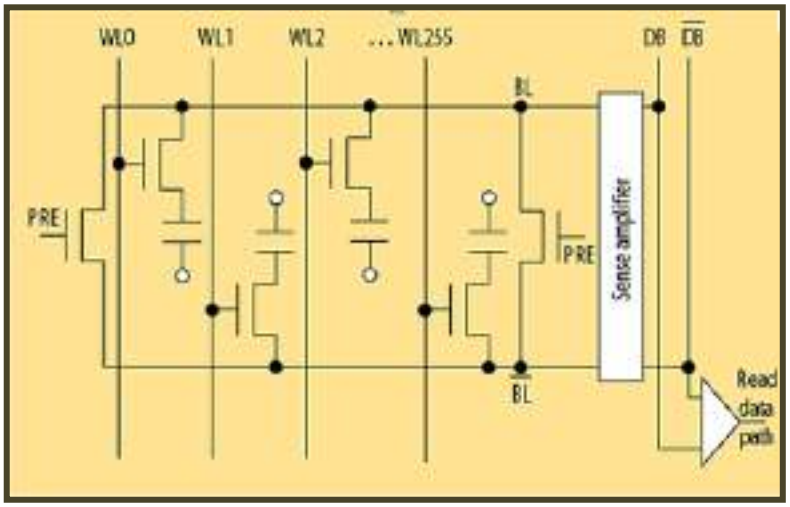
1- تعتبر هذه الذاكرة مكلفة وذات حجم أكبر مقارنةً مع الذاكرة الفعالة DRAM.

2- تبديد القدرة في الذاكرة S RAM أكبر منه في الذاكرة DRAM.

3- سعتها أصغر من سعة الذاكرة الفعالة DRAM.

مميزات الذاكرة DRAM

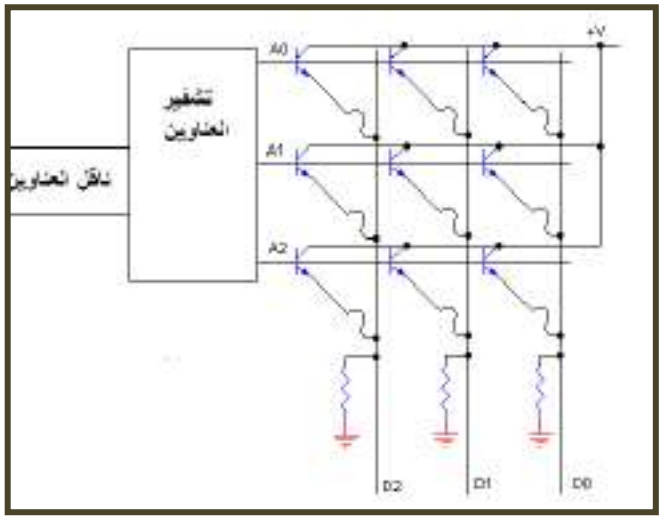
تستخدم ذاكرة الوصول العشوائي الفعالة DRAM في تقنيات مختلفة تعتمد على مبدأ خزن الشحنات على المتسعة الصغيرة جداً وتكون هذه الذاكرة اصغر حجما من الذاكرة الساكنة لاحظ الشكل (1-24) الذي يوضح خطوط الكلمة من (WL0……WL250) وخطي البت BL و BL تكبر الإشارة الصغيرة من خلية البت الغير فعالة والتي تظهر عبر خطي البت في مكبر حساس (Sense Amplifier) وإعادة خزنها بمستوى كامل طاقته في خلية البت وهذا يحتاج إلى خط بت حساس وإعادة الخزن ولهذا السبب يكون وصول وقت الذاكرة (DRAM) ابطىء من وقت وصول الذاكرة (SRAM) .



الشكل (1-24) الذاكرة DRAM

3- ذاكرة القراءة فقط المبرمجة : Programmable Read Only Memory) PROM

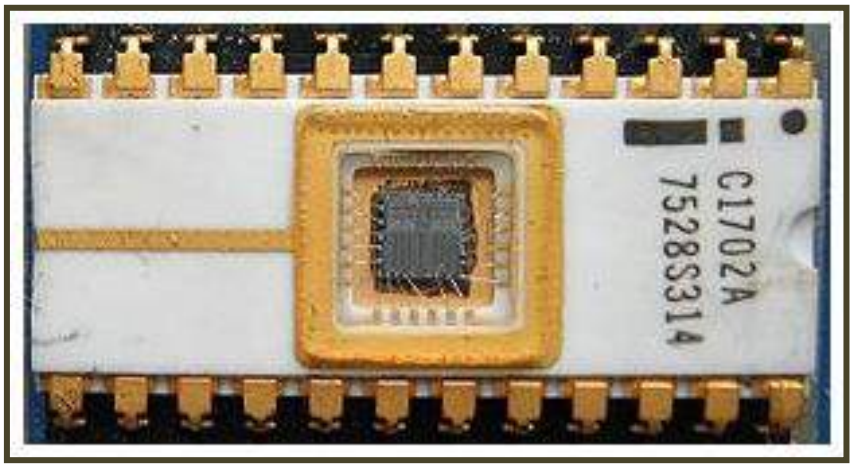
نوع خاص لذاكرة القراءة فقط (ROM) يمكن برمجتها ، ويستخدم هذا النوع بشكل عام في الذاكرة لتجهيز الخزن الدائمي نسخة احتياطية لذاكرة (RAM) ويستلزم جهاز خاص للبرمجة لإدخال البرنامج وبعد ذلك لا يمكن تغييره الدائرة الالكترونية الموضحة بالشكل (1-25) هي ذاكرة (PROM) نموذجية تتكون من شريحة فيها العديد من عناصر المصفوفة ومواد منصهرة (Fuses) وبحرق المنصهرات حسب مخطط الشريحة لتكوين البوابات المنطقية لبرمجة الشريحة وتصبح ثابتة لا يمكن تغييرها.



الشكل (1-25) تركيب ذاكرة PROM

4- الذاكرة EPROM: (Erasable Programmable Read Only) Memory

ذاكرة القراءة فقط المبرمجة القابلة للمسح (المحو) (Erasable) تحتوي على نافذة صغيرة يسلط عليها مصدر ضوء الأشعة فوق البنفسجية UV (Ultra Violet) لمسح محتويات الذاكرة وإعادة وضع بيانات جديدة بداخلها لاحظ الشكل (1-26) ذاكرة (EPROM) ملائمة للبرامج التطبيقية عند الحاجة إلى الذاكرة الغير متطايرة ويجب فصل (EPROM) عن الجهاز إثناء مسح البيانات وإعادة برمجتها.



الشكل (1-26) شكل النافذة على الذاكرة PROM

5- الذاكرة EEPROM : Electrically Erased Programmable ROM

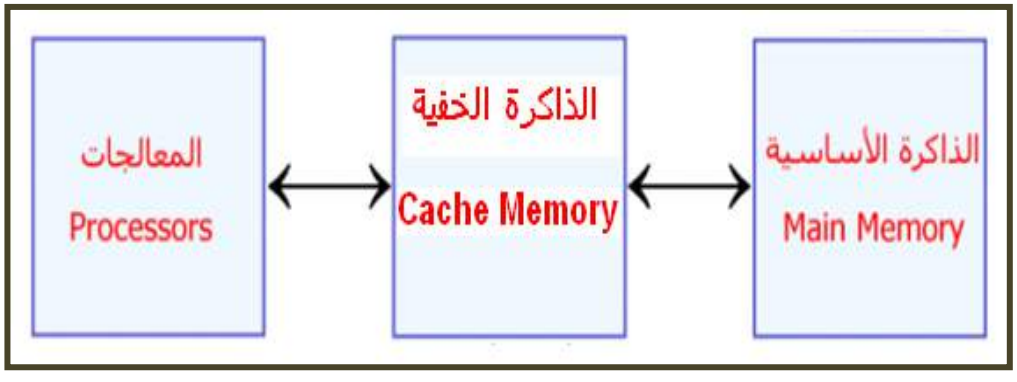
ذاكرة غير متطايرة تستخدم في الحواسيب وفي الأجهزة الالكترونية الأخرى لخزن كمية من البيانات بحيث تبقى محتفظة بها رغم انقطاع التيار الكهربائي ويمكن مسحها وإعادة برمجتها وهي مع الدائرة أي بدون فصلها عن الجهاز عكس الذاكرة (EPROM) وفي هذه الذاكرة يجب إجراء عملية المسح كهربائياً قبل إدخال المعلومات الجديدة وتستغرق عملية المسح / الكتابة حوالي 10 ملي ثانية، وذلك لتفادي حدوث خسارة أو مشكلة عند كتابة البيانات كجزء من تنفيذ البرنامج التطبيقي وهذه النوعية من الشرائح تعمل بنفس طريقة (EPROM) ولكن بدلاً من استخدام الأشعة فوق البنفسجية لمسح محتوياتها يتم ذلك كهربائياً عن طريق جهد كهربائي ومن مساوئها هو عمرها الافتراضي المحدود بعدد معين من مرات المسح والبرمجة عند الحاجة إلى تغيير (Bit) واحد من الشريحة يجب مسحها بالكامل ثم إعادة نسخها بالكامل مرة أخرى ولها أشكال متنوعة منها كما موضح في الشكل (1-27).



الشكل (1-27) احد أشكال الذاكرة EEPROM

الذاكرة الخفية : Cache Memory:

(Cache) يعني ذاكرة خزن في الحاسوب أو (الذاكرة الخفية) عبارة عن سجلات بالغة السرعة أسرع من سجلات الذاكرة الرئيسية وأقل سرعة من سجلات وحدة المعالجة المركزية (CPU Register) وتقع الذاكرة المؤقتة (الخفية) بين المعالجات (Processors) والذاكرة الأساسية وفيها يتم تخزين الايعازات المنتظرة والبيانات المرتبطة بها مما يحقق تقليل زمن الاستدعاء بنسبة 90% تقريباً وعند استدعاء مجموعة من البيانات من الذاكرة الأساسية إلى المعالج ،يتم فحص الذاكرة المؤقتة فيما إذا كانت تحتوي على البيانات أم لا فإذا كانت لا تحتوي على البيانات المطلوبة يتم إحضار البيانات من الذاكرة الأساسية إلى المواقع الفارغة في الذاكرة المؤقتة (الخفية) لاحظ الشكل (1-28).



الشكل (1-28) الذاكرة الخفية Cache Memory

رابعاً: وحدة الإدخال Input Unit :

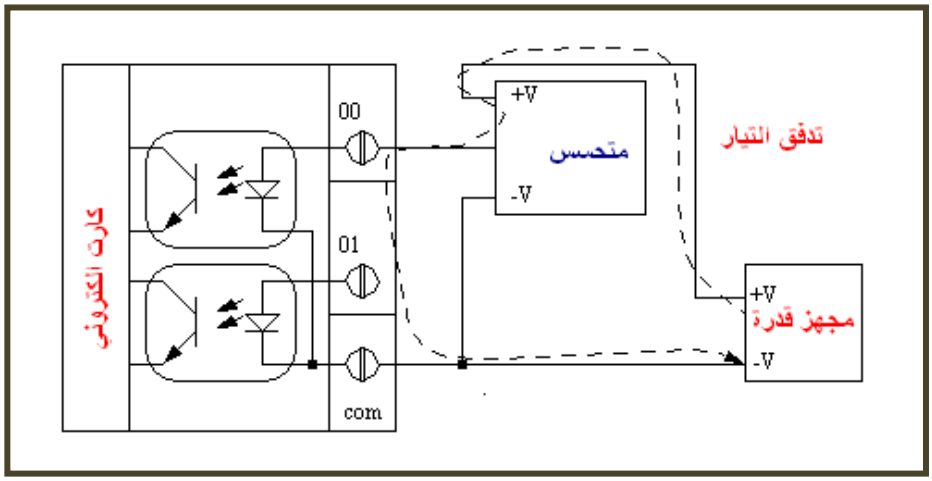
وهي الوسيط بين أجهزة الإدخال وبين وحدة المعالجة المركزية CPU وتقوم وحدات الإدخال باستقبال الإشارات الكهربائية (تناظرية أو رقمية) وتحويلها إلى ما يقابلها من بيانات (Data) وإرسالها إلى دوائر الربط ومنها إلى وحدة المعالجة المركزية وتحتوي وحدات الإدخال على مرشحات (Filters) ودوائر عزل (Isolation Circuits) ودوائر التحويل (Conversion Circuits) بالإضافة إلى دوائر الربط Interfacing (Circuits) ويوجد نوعين رئيسين لوحدات الإدخال :

♦ الإدخال الرقمي Digital Input:

وهو خاص بالإشارات الرقمية (فولتية أو تيار) وحدة (بطاقة) الإدخال الرقمي (Digital Input Cards) يؤدي نفس الوظيفة التي تقوم بها المرحلات (Relays) ومفاتيح التلامس بحيث أنها تشبه حالات التشغيل والإيقاف ولكن بأسلوب منطقي آخر (إشارة جهد دخل ذو مستوى مرتفع أم منخفض).

♦ الإدخال التناظري Analog Input:

وهو خاص بالإشارات التناظرية (فولتية أو تيار) عادة ما يكون خرج هذه الوحدات هو جهد ذا تيار مستمر V_{DC} متغير القيمة ويمكن تشبيهه بمقسم الجهد (Voltage Divider) وحدة (بطاقة) الإدخال التماثلي (Analog Input Cards) يشبه إلى حد ما أجهزة محولات الطاقة أو المجسات حيث يمكن أن تكون لقياس الحرارة، الجهد، أو غير ذلك وتوجد بعض الأنواع الخاصة مثل التي تستقبل نبضات التردد (Frequency) أو عرض نبضة (Pulse Width) أو الكود (Code) ويوضح الشكل (1-29) طريقة تجهيز الفولتية وتدفق التيار في كارت إدخال الالكتروني للترانزستورات الضوئية والمتحسس.



الشكل (1-29) طريقة تجهيز الفولتية لكارت إدخال الكتروني

متحسسات الإدخال : Input Sensors:

ان الوظيفة الأساسية للحساس هو إنتاج إشارة كهربائية تتناسب مع التغير في كمية فيزيائية أو ميكانيكية أو كيميائية، ومن أمثلة ذلك (حساس الحرارة ، السرعة ، الضغط ، الوزن الكثافة , معدل التدفق ، الفولتية ، التيار ، العزم ، القدرة) وتقوم وحدات الحساس بإرسال الإشارات إلى وحدة الإدخال للمسيطر المنطقي المبرمج والذي تقوم بتحويلها إلى صورة بيانات في الذاكرة.

خامساً: وحدة الإخراج Output Units:

وهي الوسيط بين أجهزة الإخراج وبين وحدة المعالجة المركزية CPU تستقبل بيانات التحكم من وحدة المعالجة المركزية عن طريق دوائر الربط وتقوم بتحويلها إلى إشارات كهربائية تناظري (Analog) أو رقمية (Digital) وتقوم بتكبير قدرة هذه الإشارات لكي يمكنها التأثير على المشغلات (actuators) وتحتاج أحيانًا إلى مصدر قدرة خارجي والمشغل هي الوحدة التي تستلم إشارة كهربائية وتحولها إلى ما يقابلها من حركة ميكانيكية مثل فتح أو غلق صمام تحكم أو بوابة أو تشغيل مفتاح محرك كهربائي (Contactor) أو السيطرة على حزام ناقل وتقوم وحدة الإخراج بالحاكم المنطقي المبرمج بإرسال الإشارات الكهربائية إلى المشغلات طبقًا لبرنامج التحكم الموضوع.

- **وحدة (بطاقة) إلا خراج الرقمي (Digital Output Card):**

تعمل هذه الوحدات على تنفيذ عمليات التوصيل والفصل كما في المفاتيح العادية ونقاط التلامس المفتوحة والمغلقة في عنصر المرحل (Relay).

- **وحدة (بطاقة) إلا خراج التماثلي (Analog Output Card):**

عادة ما يكون خرج هذه الوحدات عبارة عن جهد تيار مستمر V_{DC} متغير القيمة ويمكن تشبيهها بالحساسات.

ويوجد نوعان من الحساسات :

أ- حساس تناظري: ينتج إشارة تناظرية (صفر إلى 5 فولت أو من 4 إلى 20 ملي أمبير).

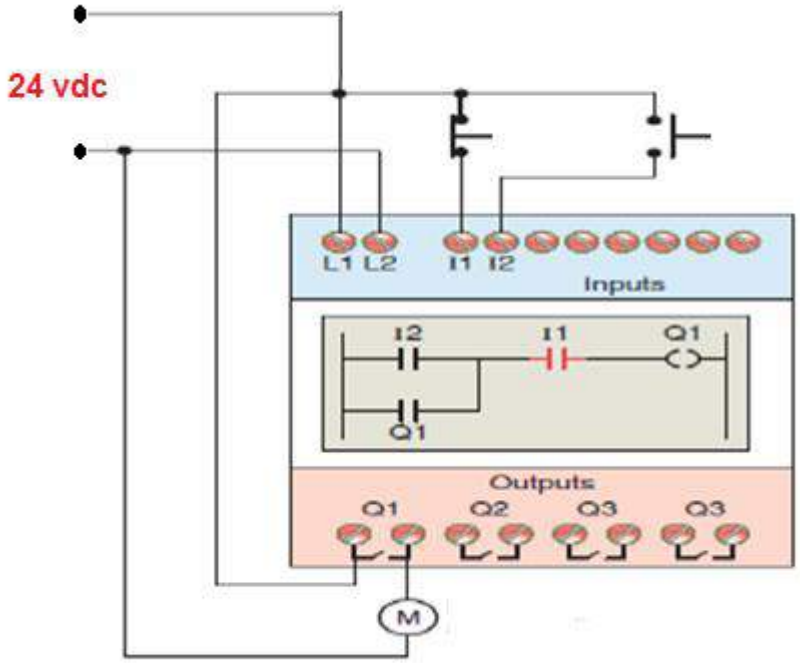
ب- حساس رقمي: ينتج إشارة ذات قيمتين فقط (صفر- 5) فولت و(صفر- 24) فولت ومن هذه الأنواع من ينتج ترددات في شكل نبضات (صفر- 5) فولت يتناسب ترددها مع قيمة الإشارة. والمفاتيح هي نوعمن الحساسات ولكن تعتمد على إنتاج إشارة فتح وغلق (ON-OFF) طبقا لنوع الإشارة والضبط ومن أمثلتها مفتاح الموضع ومفتاح الحرارة ومفتاح الضغط.

وحدة الإدخال والإخراج I\O عبارة عن وحدة ارتباط لها وظيفة تحويل إشارة الدخول وإشارة الخرج وعليه فان وحدة المعالجة المركزية CPU سوف تستلم الاشارات الرقمية من وحدة الادخال توصل او تنقل البيانات مع الأدوات الخارجية مثل المفتاح ، صمام الفتح – غلق، محرك الخطوة، المتحسس ..... الخ ، وحدة الإدخال والإخراج لها نوعان هما التماثلي والرقمي.

عناصر الخرج : Output Devices:

1- محرك تيار مستمر (DC motor) على سبيل المثال تشغيل الحزام الناقل (Conveyor).
2- محرك تيار متناوب (على سبيل المثال تشغيل مضخة)
3- مشغل كهربائي خطي (Linear Electric Actuator) لتشغيل مصابيح انارة .
4- صمام (فتح-غلق) لأنظمة السوائل او الغاز (Solenoid Valve In Hydraulic Or Pneumatic System) في منظومات التبريد مثلاً .
5- صمام (فتح- غلق) لأنظمة السقي (Solenoid Valve on plant Systems) (على سبيل المثال فتح صمام الأنبوب او السماح للبخار للمسخن).
6- للضوء (على سبيل المثال الإشارات الضوئية)
7- للإنذار Alarm (على سبيل المثال في إنذار الحرائق أو مستوى الوقود).
8- عناصر التسخين (Heating Elements) (على سبيل المثال السخان في حوض السوائل)

المفاتيح النموذجية التي تعمل بالفولتيات (12v,24v,110v,220v) في حالات كثيرة لا يمكن لجهاز PLC استعمالها مباشرة بسبب الفولتية العالية او الحاجة للتيار لذلك تستخدم المرحلات والترانزستورات.
الشكل (1-30) يوضح الرسم التخطيطي لعناصر الإدخال والإخراج لجهاز االتحكم المنطقي المبرمج باستخدام مجهز القدرة $24V_{DC}$.



الشكل (1-30) الرسم التخطيطي لتوصيلات عناصر الإدخال والإخراج لجهاز PLC

طريقة عمل أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC):

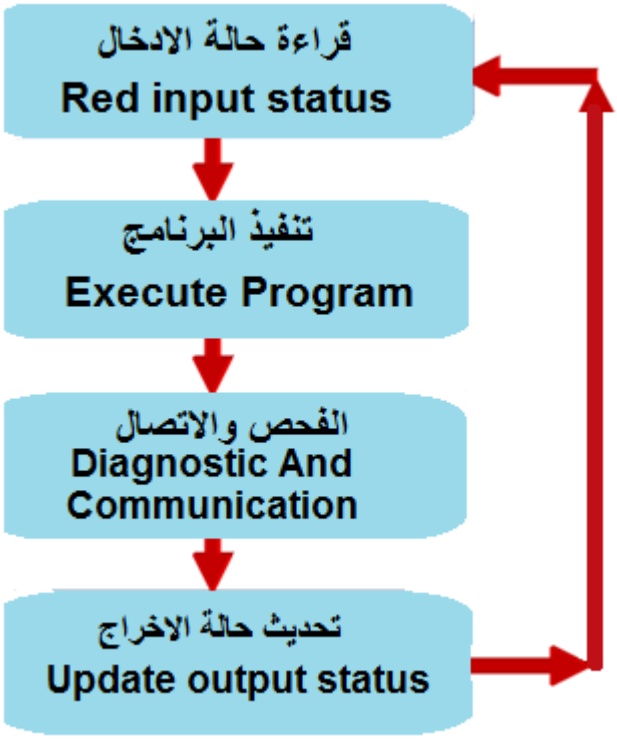
1- 5 دورة المسح لجهاز PLC (Scan Cycle):

تنفذ وحدة (PLC) عملية مسح دوري (Scan Cycle) مستمر للبرنامج تبدا عند توصيل مصدر التغذية اي عندما يكون الجهاز في وضع التشغيل (Run) ومن خلال المخطط الكتلي نلاحظ ان هذه العملية تمر بعدة خطوات هي :

الخطوة الأولى: قراءة حالة الإدخال: حيث تقوم (PLC) بقراءة حالة الإدخالات (المفاتيح، المتحسسات، وأزرار تشغيل وإطفاء) وذلك لتحديد ما إذا كانت في وضعية (On أوOff) ثم تقوم بتخزين البيانات في الذاكرة لآستعمالها في الخطوة التالية.
الخطوة الثانية: تنفيذ البرنامج: حيث تقوم (PLC) بتنفيذ البرنامج بعد تحديد حالة الإدخال وقراءة أوامر البرنامج المترتبة على كل حالة من حالات كل إدخال ومن ثم تخزين نتائج التنفيذ لآستخدامها في الخطوة التالية.
الخطوة الثالثة: الفحص والاتصال: حيث تقوم (PLC) بالفحص والاتصال للمكونات الداخلية التي يعمل بها نظام التشغيل.

الخطوة الرابعة: تحديث حالة الاخراج: حيث تقوم (PLC) بتحديث حالات الإخراج وفقاً لأوامر البرنامج الصادرة في الخطوة الثانية.

بعد الإنتهاء من الخطوة الرابعة تقوم (PLC) بالرجوع للخطوة الأولى لتعيد نفس الخطوات بصورة متكررة ومستمرة والشكل (1-31) المخطط الكتلوي لخطوات عملية المسح التي ينفذها (PLC).



الشكل (1-31) المخطط الكتلوي لخطوات عملية المسح التي ينفذها (plc)

زمن دورة المسح لجهاز plc:

يعرف زمن المسح لدورة واحدة على أنه الزمن الذي يستغرقهُ (PLC) لتنفيذ الخطوات الأربع المذكورة سابقاً، وهذا الزمن يستغرق أجزاء من الملي لثانية وإن زمن المسح لدورة واحدة يعتمد على عدة عوامل هي :

- **حجم البرنامج.**
- **عدد عمليات الإدخال والإخراج المستخدمة.**
- **حجم متطلبات الاتصال المطلوبة.**

1- 6 الصلة بين المستخدم - الآلة : HMI (Human – Machine Interface)

الصلة بين المستخدم والآلة باستخدام أجهزة الترابط (Interface) في مجال التصاميم الصناعية تدعى HMI وهو المكان الذي يحدث فيه التفاعل بين الإنسان والآلة والهدف من هذا التفاعل هو عملية التأثير والتحكم بالآلة والتغذية العكسية من الآلة تساعد المشغل على اتخاذ قرارات العمليات المطلوبة مثل أنظمة التشغيل والتحكم بالأدوات والمكائن الثقيلة والتحكم بالعمليات ويتضمن الترابط للمستخدمين

(UsersInterface) على المكونات المادية (Hardware) والبرمجيات (Software) لأنظمة مختلفة وتجهيز الإمكانيات التالية:

- الدخل ، السماح للمستخدمين التعامل مع النظام .
- الخرج ، السماح للنظام لتوضيح التعامل مع تأثير المستخدمين .

الشكل (1-32) يوضح إحدى أنواع (HMI) المستخدم في معامل السكر ويحتوي على مفاتيح تعمل بالضغط (Push Buttons) .



الشكل (1-32) HMI في معمل السكر

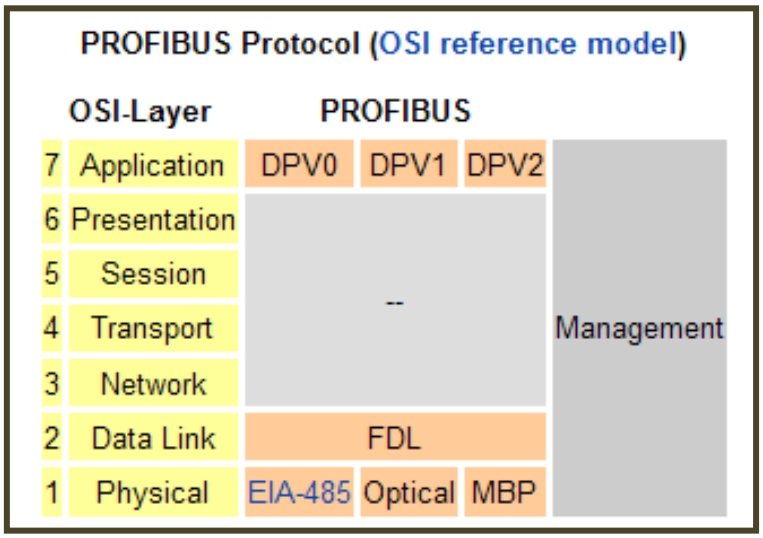
7-1 الاتصالات : Communications

تتألف عادة موانئ الاتصالات من تسعة دبابيس (pins) ممثلة بالتوصيلة (RS-232) و التوصيلات (EIA – 485) ، الاثرنيت (Ethernet) , (MODbus) , (BACnet) , أو (DE1) حيث تتضمن إحدى بروتوكولات الاتصال (البروتوكول (Protocol) يعني مجموعة من القواعد التي تحكم انتقال البيانات خلال الشبكة (Network) ومن هذه الأنواع والأكثر شيوعا (Profibus) (Process Field Bus) و (Ethernet) والشكل (1-33) يوضح جهاز الربط (hub) الصناعي وهو المحور الذي يوصل بين أجهزة الشبكة.



الشكل (1-33) جهاز الربط hub الصناعي نوع Ethernet

(Field bus) اسم العائلة لبروتوكول شبكات الحاسوب الصناعية تستخدم في توزيع التحكم ومن أنواعها تعرف بالرقم (IEC61158) وتستعمل في الأنظمة الصناعية الذاتية المعقدة مثل الصناعات التي تعتمد على خطوط التجميع والتي تحتاج عادة إلى تنظيم وبخطوات متسلسلة لأنظمة التحكم للقيام بهذه الوظيفة ويكون HMI من الوحدات المهمة كي يراقب المشغل عمل النظام و يوصل البيانات إلى الطبقة الوسطى من PLC خلال نظام الاتصال مثل (Ethernet) بينما يكون (Field Bus) في أسفل سلسلة التحكم و يوصل البيانات إلى المكونات التي تقوم بالعمل مثل المتحسسات والمشغلات والمحركات الكهربائية ولوحة الإضاءة والمفاتيح وغيرها لاحظ الشكل (1-34).



الشكل (1-34) طبقات البروتوكول

ويتكون بروتوكول الاتصالات من الطبقات الاتية:

1- الطبقة الفيزيائية: Physical Layer

هي الطبقة الاولى مهمتها تحديد نوع وخصائص الوسط المادي المستخدم في الاتصال الشبكي ، طريقة تمثيل البتات ، توقيت الاشارات والمسافة الممكن ان تنقلها الاشارة.

2- طبقة توصيل البيانات: Data Link Layer

طبقة توصيل البيانات (Data Link Layer) وهي الطبقة الثانية التي تحدد المعايير التي تعطي معنى للبتات (Bits) المنقولة عبر الطبقة الأولى. كما تؤمن العنونة الفيزيائية (والتي تمثل رقم البطاقة الموضوعة في الجهاز ولكل جهاز رقم خاص به في أنظمة الشبكات).وتقسم البروتوكولات التي تعمل في طبقة الشبكة المعطيات القادمة من طبقة الشبكة إلى وحدات نقل معطيات تسمى إطارات frames قبل تسليمها إلى الطبقة الأولى.

3- طبقة الشبكة: Network Layer

طبقة الشبكة (Network Layer) هي الطبقة الثالثة والمسؤولة عن توصيل المعطيات عبر الشبكة. لتحقيق ذلك تقوم البروتوكولات التي تعمل ضمن هذه الطبقة بعمليات العنونة المنطقية والتوجيه (Routing) لتحديد مسار المعطيات ضمن الشبكة.

تقسم البروتوكولات التي تعمل في طبقة الشبكة المعطيات القادمة من طبقة النقل إلى وحدات نقل معطيات أصغر تسمى طرود packets قبل تسليمها إلى الطبقة الثانية.

4- طبقة النقل: Transport Layer

طبقة النقل (Transport Layer) الطبقة الرابعة، وهي تؤمن إدارة عملية نقل المعطيات من عقدة شبكية إلى أخرى وهذا يتضمن : ترتيب الطرود المستلمة بشكل صحيح بغض النظر عن الترتيب الذي وصلت به, التحكم بتدفق المعطيات، كشف وتصحيح الأخطاء.

5- طبقة المخاطبة: Session Layer

تعمل على تنظيم الحوار بإعطاء الأوامر المناسبة او تقطع الإرسال لأحد الأجهزة وإعطاء الدور لجهاز آخر ذو أولوية أعلى لسبب ما ، فهي تنظم مرور الرسائل ومدتها.

6- طبقة التحضير: Presentation Layer

طريقة تمثيل وتنفيذ البيانات تختلف من جهاز لآخر لذلك فقد وجدت هذه الطبقة للتحويل بين الأنظمة وكذلك قد تعمل هذه الطبقة بما يحتوي من بروتوكولات على ضغط هذه البيانات لتتم عملية الإرسال بصورة أسرع وبالتالي اقل كلفة وتقوم هذه الطبقة بالتشفير وهي من طرق ضبط المعلومات والسرية في نقل البيانات

7- طبقة التطبيقات: Application Layer

تتعلق كافة وظائف هذه الطبقة بالعمليات التي يتطلبها كل من التطبيقات وبرامج التشغيل الجاري تنفيذها على كلا الجهازين مثل عملية التحكم او بالأحرى استخدام بيانات موجودة في الذاكرة المساعدة لدى جهاز بعيد وكذلك نقل ملف كامل من جهاز إلى آخر وكذلك استخدام قواعد البيانات الموزعة على الأجهزة.

1- 8 نظام التحكم الاشرافي وأستحصال البيانات SCADA:

(SCADA) (Supervisory Control And Data Acquisition)

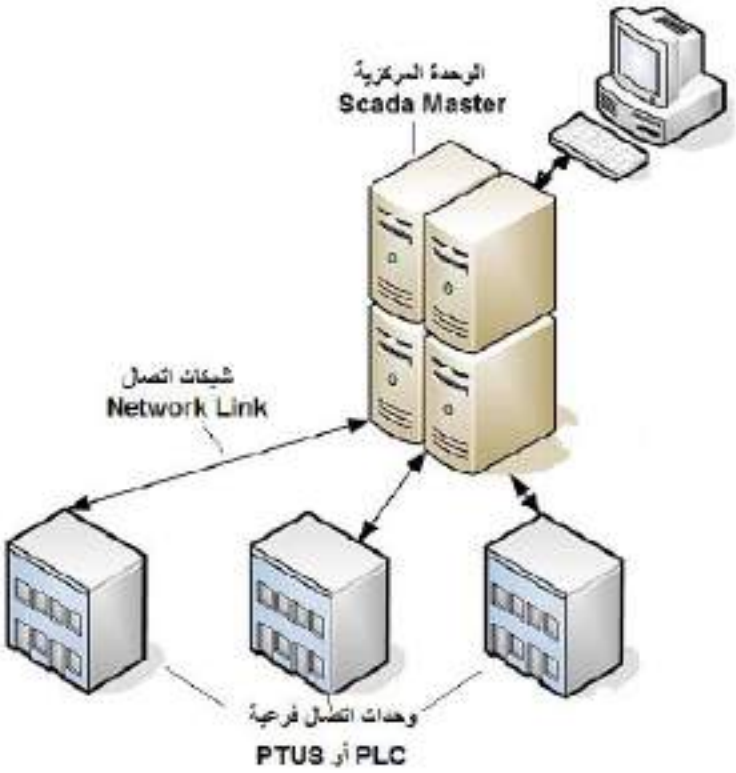
لقد اصبحت انظمة الاتمتة والتحكم والمراقبة تتدخل في كل حياتنا اليومية في البيت وفي الطريق وفي المكتب وفي الوظيفة وفي جميع المجالات الصناعية وازراعية والخدمية فكان من البديهي انتشار تطبيقاتها ونظام سكادا هو أحد اهم هذه التطبيقات والذي شاع استخدامه كوسيلة مراقبة وتحكم بمحطات الطاقة الكهربائية ومحطات الاتصالات والتحكم في الاجهزة المستخدمة في مصافي النفط وتنقية المياه وتقوم هذه الانظمة بنقل البيانات الى الوحدة المركزية التي تمثل قلب النظام والذي هو عبارة عن حاسوب رئيسي يتلقى البيانات من عدد من الوحدات الطرفية البعيدة أو اجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (plc) ويقوم النظام بجمع المعلومات ويقوم بدوره باصدار انذار وأرسال رسائل تبين حالة النظام والاعطال التي تعرف عليها وهذه الانظمة يمكن أن بسيطة مثل مراقبة شروط بيئية بسيطة أو نظام تحكم صغير او نظام معقد مثل مراقبة الاحداث أو العمليات التي تجري في محطة طاقة نووية أو حدوث تسرب على خط انابيب او تغير درجة حرارة أو الضغط عن قيم معينة في نظام ما ويتم أستخدام شبكات أتصالات محلية للمراقبة او تقنيات اتصالات لاسلكية وتتكون أنظمة سكادا من العناصر الاتية:

1- PTUS أو PLC: التي تقوم بنقل المعلومات الى الوحدة المركزية ونقل الاوامر الى التجهيزات

2- شبكات أتصال محلية او أقمار صناعية: تستخدم لتأمين الاتصال بين الوحدات المركزية والمناطق الموزعة البعيدة عن مركز التنسيق

3- مجموعة البرمجيات المستخدمة في النظام

لاحظ الشكل يوضح مكونات نظام سكادا (1-35).



الشكل (1-35) مكونات نظام سكادا

مما سبق يمكن أن نعرف Scada: هو نظام يقوم بتجميع البيانات من الحساسات الموزعة في نظام التحكم وأرسالها الى الحاسب الرئيسي لغرض الادارة والتحكم والمراقبة. وبتعريف أخر: هو أحد البرامج التطبيقية المستخدمة من أجل انجاز عمليات التحكم التي يتم من خلالها جمع البيانات من أماكن بعيدة لمراقبة التجهيزات والمعدات من أماكن وبنس الوقت التحكم بها ونظام Scada يحتوي على قسمين من التجهيزات (Hardware) وهي التجهيزات التي تجمع المعلومات وترسلها الى حاسوب يحتوي مسبقا على البرمجة الخاصة بنظام Scada (Software) ثم يقوم الحاسوب بمعالجة هذه المعلومات وتمثيلها وعرضها للمستخدم من خلال شاشات كما في الشكل (1-36) لقرائتها واتخاذ القرار المناسب بشأنها , وغالبا مايقترن أستخدام نظام Scada مع أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (plc) حيث يمثل جهاز (plc) المتحكم الذي يقوم بتنظيم المعلومات وأرسالها الى نظام Scada لتنفيذها



الشكل (1-36) شاشة عرض لنظام Scada

1- 9 كتابة برنامج التحكم:

يعمل جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة PLC بنظام تشغيل خاص به بحيث يستطيع ترجمة البرنامج المخزون (بشكل مصفوفة أو قاعدة من البيانات) وعند تنفيذ البرنامج يتم دائما قراءة وتنفيذ العمليات من اليسار إلى اليمين ومن الأعلى للأسفل سطر بسطر (أو تعبير تلو اخر) وهنا تكمن الأسبقية وضمان عدم احتمالية التعارض مقارنة بطرق التحكم التقليدية بواسطة المرحلات والمفاتيح.

يوجد ثلاثة أنواع لغات شائعة تستخدم لتمثيل البرنامج المراد كتابته وحفظه في جهاز PLC وهي:

تبدأ عملية البرمجة بتحديد دراسة النظام المراد التحكم فيه وتحليله من خلال تحديد نقاط الإدخال (مفاتيح، أزرار تشغيل وإطفاء، متحسسات)، كما يتم تحديد نقاط الإخراج (مرحلات، مؤقتات، عدادات). ثم ترقيم هذه النقاط بما يتناسب مع وحدة الإدخال والإخراج المستخدمة، ثم نبدأ بتحديد طريقة البرمجة المناسبة، وتوجد ثلاث طرق لكتابة لغة البرنامج وهي :

1 - المخطط السلمي (Ladder Diagram Method) وآختصارها (LAD) وهي الطريقة الاكثر استخداما وذلك لبساطتها وقربها لمخططات التحكم التقليدي (أنظمة المرحلات).
2 - مخطط البوابات المنطقية (Function Block Diagram) وآختصارها (FBD).
3 - قائمة الإجراءات (StatementList) وآختصارها (ST L).

1- 10 وحدة البرمجة Programming Unit:

وتكون على عدة أنواع مختلفة وهي :
1- جهاز البرمجة المحمول (Hand Held Programming Device):

هذا النوع يكون صغير الحجم، رخيص الثمن. يستخدم لأعمال البرمجة عندما يتصل بـ (PLC) لإجراء تعديلات في برنامج التحكم. وهو محدود الأوامر ولا يمكنه إظهار عدة أوامر في نفس الوقت على الشاشة. كما مبين في الشكل (1-37).



شكل (1-37) أنواع مختلفة من جهاز البرمجة المحمول

2- جهاز البرمجة الخاص (Dedicated Programming Device):

وهو سهل الآستعمال يمكن نقله من مكان إلى آخر، ذو حجم كبير نسبياً وتكلفته ليست منخفضة، يقوم بإظهار عدة أجزاء من برنامج التحكم في نفس الوقت.

يتم توصيل هذا الجهاز بـ (PLC)، كما مبين في الشكل (1-38) ويستخدم فيما يأتي :

1- يتم كتابة البرنامج فيه ومراقبة (PLC).

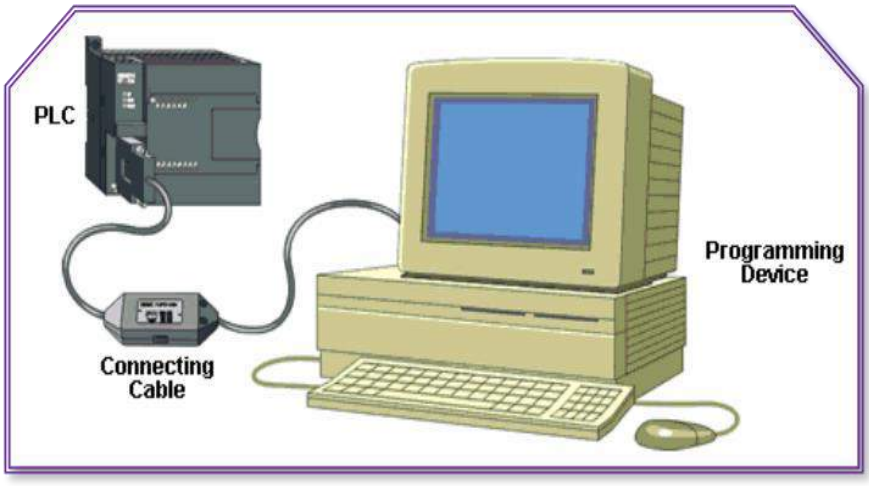
2- يتم بواسطته نقل البرنامج إلى (PLC) عن طريق قابلو بيانات.



شكل (1-38) برمجة (PLC) بوساطة جهاز البرمجة الخاص

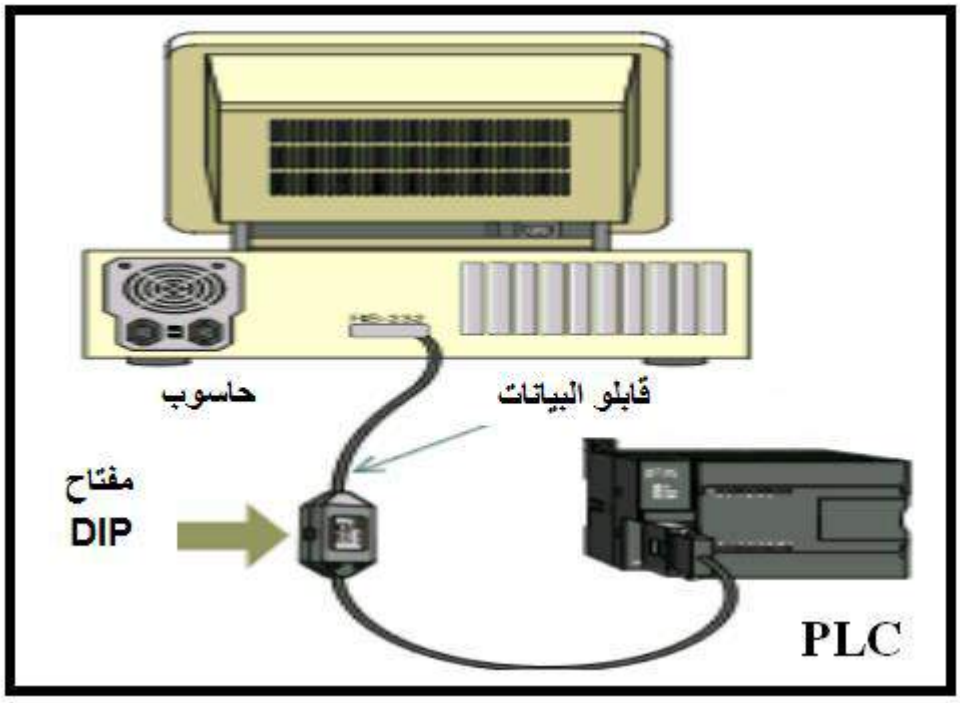
3- جهاز الحاسوب (Computer Device) :

انتشر آستخدام جهاز الحاسوب كمبرمج لجهاز (PLC) كما مبين في الشكل (1-39) وإن من أهم مميزات أستخدام هذا الجهاز إمكانية الطباعة وتخزين البرامج وأعادة برمجة الجهاز بسهولة.



شكل (1-39) برمجة (PLC) بوساطة جهاز الحاسوب

ويتم توصيل أجهزة البرمجة مع جهاز (plc) بواسطة قابلو البيانات (Data Cable) ويسمى (PC / PPI) وتعني (Point To PointInterface) ويكون على أشكال وأحجام مختلفة ويحتوي هذا القابلو أحياناً على مفاتيح من نوع (DIP) لتحديد معدل نقل البيانات (Band Rate) وكما مبين في الشكل (1-40).



شكل (1-40) ربط القابلو بين (PLC) والحاسوب الشخصي

11-1 دوائر الربط : Interfacing Circuits

تقوم هذه الدوائر بتخزين البيانات الداخلة أو الخارجة من المعالج الدقيق أو وحدات الذاكرة وتتصل هذه الدوائر بالوحدات الطرفية الأخرى وتنقل لها أو تستقبل منها البيانات.

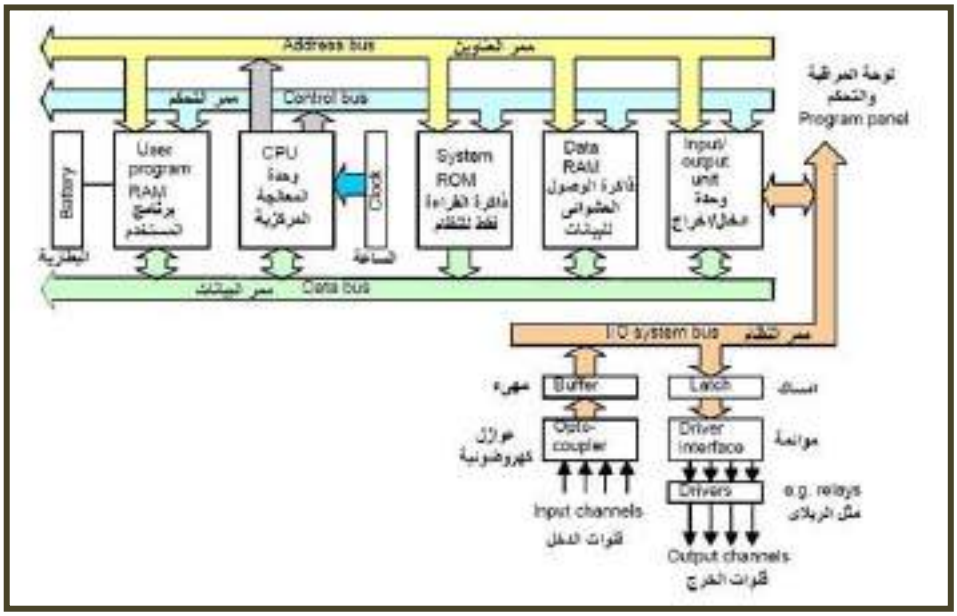
وتوجد أنواع من دوائر الربط:

أ- دوائر الربط المتوازي Parallel Interface: وتنقل عن طريقها البيانات في شكل مجموعة من الكلمات Bits8 , Bits16

ب- دوائر الربط التسلسلي (المتتالي) Serial Interface: وتنقل عن طريقها البيانات إلى الخارج أو تستقبل من الخارج على شكل نبضات متتالية حيث يتم تحويلها إلى بيانات في صورة توازي.

جـ - دوائر الربط المباشر مع وحدات إدخال البيانات: وتقوم بإدخال البيانات وإظهار البيانات مثل وحدة المفاتيح Key pad أو المبينات (العارضة) Display .

والشكل (1-41) يوضح المخطط الكتلوي للربط بين الوحدات المختلفة للحاكم المنطقي المبرمج وسريان البيانات والأوامر والإشارات.



الشكل (1-41) التركيب الداخلي للمسيطر المنطقي المبرمج PLC

12-1 دوائر تحويل البيانات : Data Conversion

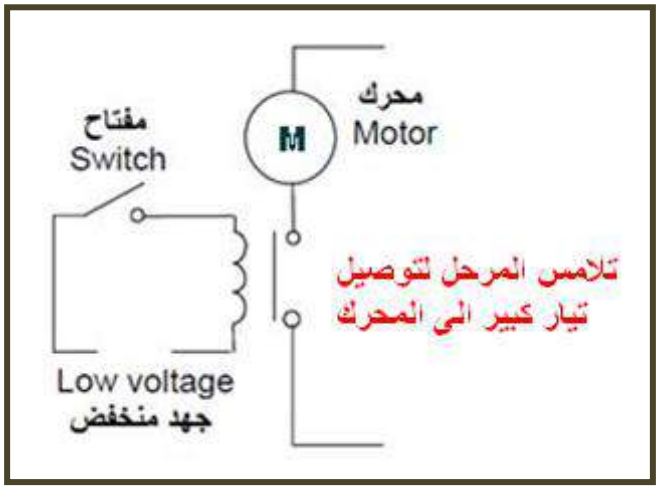
وتقوم هذه الوحدة بتحويل الإشارات والترددات من صيغة الى اخرى وكما يأتي:

أ- وحدة تحويل الإشارات التناظرية إلى بيانات رقمية (Analog / Digital): وتستعمل لتحويل إشارة المتحسسات التناظرية إلى ما يقابلها من بيانات.

ب- وحدة تحويل االبيانات الرقمية إلى تناظرية (Digital / Analog): وتستعمل لتحويل البيانات الرقمية الخاصة بالتحكم إلى ما يقابلها من إشارة تحكم تناظرية ترسل إلى المشغلات.

جـ- دوائر تحويل التردد إلى بيانات: وتقوم بتحويل التردد بشكل بيانات.

فعلى سبيل المثال عند تشغيل محرك او عمل صمام في دائرة كهربائية بوساطة غلق وفتح مفتاح التشغيل او استخدام المرحل او استعمال مفتاح لتشغيل المرحل كي يمر التيار في المحرك كما موضح بالشكل (1-42).



الشكل (1-42) مثال على فكرة عمل المرحل في دائرة التحكم

فيمكن الاستعاضة عنها باستخدام المعالج الدقيق كأساس للنظام وكتابة برنامج عن كيفية التعامل مع كل اشارة من الأدخالات مثل المفاتيح واعطاء المخارج مثل المحرك او الصمام فيكون لدينا برنامج على شكل اوامر وعلى الشكل الاتي.

إذا أغلق المفتاح A

أخرج إلى دائرة المحرك

إذا أغلق المفتاح B

أخرج إلى الصمام

بتغيير التعليمات بالبرنامج يمكننا استعمال نفس المعالج الدقيق للتحكم في أنظمة مختلفة وفى مواقف ومتطلبات متعددة بكل نظام .

ومثال توضيحي على ذلك : الغسالة المنزلية الحديثة تستعمل نظام المعالج الدقيق.

تؤخذ المدخلات من:

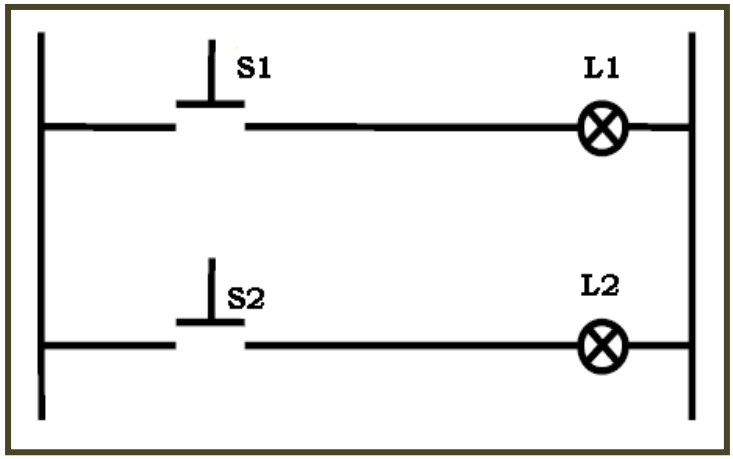
- **المفاتيح المستعملة في اختيار دورة الغسيل المطلوبة.**
- **ومن المفتاح الدال على غلق باب الغسالة.**
- **ومن متحسس درجة الحرارة الذي يحدد درجة حرارة المياه.**
- **ومن مفتاح أو متحسس أو طوافة الكشف عن مستوى الماء.**

وعلى أساس هذه المدخلات يتم برمجة المعالج لإعطاء مخارج. والتي تقوم بالوظائف الآتية:

- **تشغيل المحرك والتحكم في سرعته.**
- **فتح أو غلق صمامات المياه الباردة والساخنة.**
- **تشغيل صمام تدفق الماء أو مضخة الصرف.**
- **التحكم في سخان المياه.**
- **التحكم في غلق أو قفل الباب بحيث لا يمكن فتح الباب إلا بعد اكتمال دورة الغسيل .**

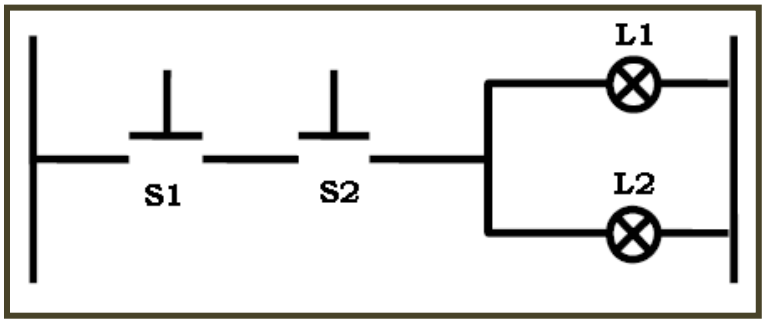
أمثلة تطبيقية بسيطة :

الشكل (1-43) يمثل دائرة إضاءة بسيطة مكونة من مصباحين ومفتاحين ، المصباح الاول L1 مسيطر عليه بوساطة المفتاح الاول S1 والمصباح الثاني L2 مسيطر عليه بوساطة المفتاح الثاني S2



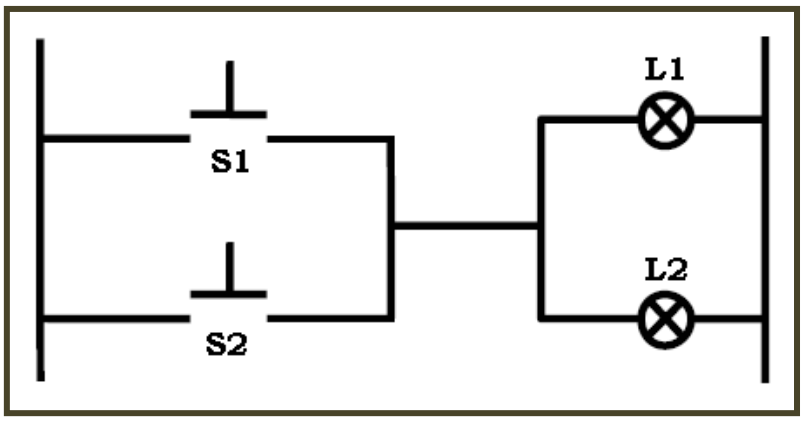
الشكل (1-43) دائرة إضاءة بسيطة

نلاحظ ان التوصيل بين هذه العناصر بوساطة أسلاك توصيل فإذا أردنا تغيير الربط بحيث يتم إضاءة المصباح الأول والثاني بالضغط على المفتاحين (المفتاحين على التوالي) معاً فيجب علينا إعادة توصيل الدائرة من جديد بوساطة أسلاك التوصيل لاحظ الشكل (1-44).



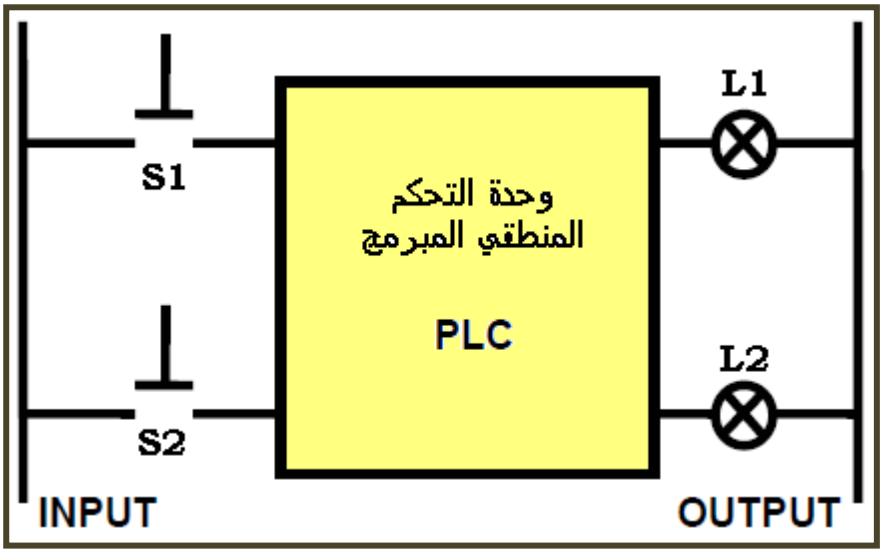
الشكل (1-44) دائرة إضاءة بسيطة (تعمل في حالة غلق كلا المفتاحين)

أو تغيير التوصيل لكي يضاء المصباحين باستعمال اي من المفتاحين لاحظ الشكل (1-45).



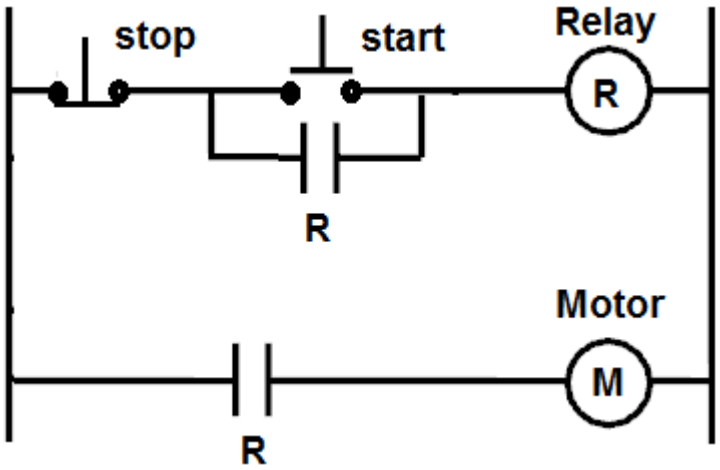
الشكل (1-45) دائرة إضاءة بسيطة (تعمل في حالة غلق اي من المفتاحين)

وعليه كلما نريد إجراء توصيل جديد بين أجزاء الدائرة نحتاج إلى إعادة توصيلات الدائرة بالكامل وهذا يتطلب جهد ووقت على الرغم من بساطة الدائرة وكلما زاد تعقيد الدائرة الكهربائية كلما زاد التعقيد في إعادة التوصيلات وفي إضافة عدد كبير من المرحلات والمفاتيح للسيطرة على الدائرة إلى أن يصبح هذا الأمر مستحيلا. فلذلك تم استعمال وحدة التحكم المنطقي المبرمج للسيطرة على هذه العمليات بدون اللجوء الى إعادة التوصيلات والاستغناء عن المرحلات التي كانت تستخدم في الدائرة بأعداد كبيرة في العمليات الصناعية، لاحظ الشكل (1-46).



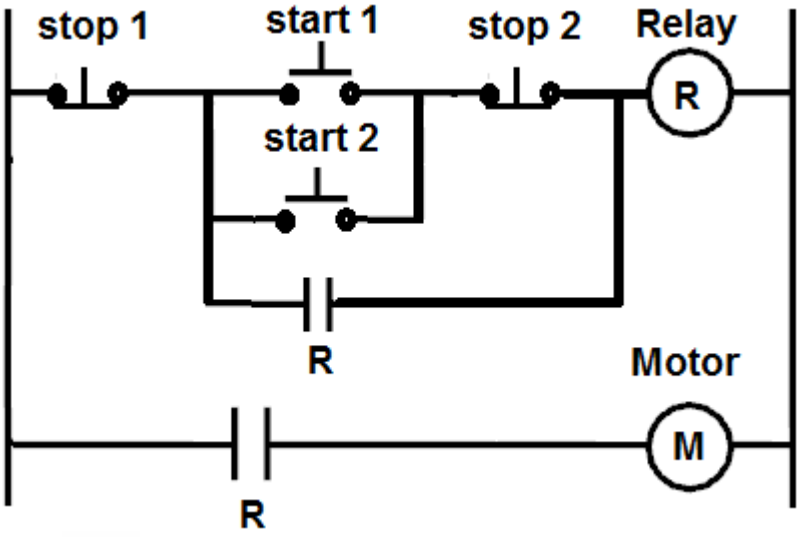
الشكل (1-46) دائرة كهربائية بسيطة باستعمال وحدة التحكم المنطقي المبرمج

مثال١: دائرة تشغيل واطفاء مرحل (Relay) يستخدم لتشغيل محرك كما في الشكل (1-47) وتتكون من مفتاح البدء (Start) ومفتاح الاطفاء (STOP) اللذان يعملان بالضغط (Push Button) وعند الضغط على مفتاح التشغيل يعمل المرحل الذي وبسبب غلق مفتاح التوصيل للمرحل (R) الذي يعمل على توصيل الجهد الى المحرك (M) الذي يبدأ بالدوران حتى يتم اطفائه من المفتاح (STOP)



الشكل (1-47) دائرة تشغيل المرحل لتشغيل او ايقاف المحرك

مثال ٢: دائرة تشغيل واطفاء مرحل (Relay) يستخدم لتشغيل محرك من مكانين كما في الشكل (1-48) وتتكون الدائرة من مفتاحي التشغيل (Start 1) , (Start 2) ومفتاحي الاطفاء (STOP1) , (STOP1) وجميع المفاتيح نوع (Push Button) وعند الضغط على احد مفتاحي التشغيل يعمل المرحل ويسبب غلق مفتاح التوصيل (R) فيتم توصيل الجهد الى المحرك (M) الذي يبدأ بالدوران حتى يتم اطفائه من أحد مفتاحي الاطفاء.



الشكل (1-48) دائرة تشغيل المرحل لتشغيل او ايقاف المحرك

1 - يمتاز جهاز التحكم المنطقي المبرمج .....

أ- بالكفاءة والسرعة في التشغيل

ب- بطيء ومعقد التصميم

ت- ليس له القدرة على تخزين المعلومات

ث- زيادة في زمن الصيانة

2- يستخدم المعالج الدقيق في جهاز التحكم المنطقي المبرمج في .....

أ- ROM

ب- CPU

ت- CRT

ث- BUS

3- الذاكرة المتطايرة .....

أ- هي دائماً ROM

ب- لا تستخدم في PLC

ت- تفقد بياناتها عند قطع الفولتية عنها

ث- هي ذاكرة القلب دائما

4- ذاكرة القلب.....

أ- أسرع من ذاكرة أشباه الموصلات

ب- لا تستخدم في PLC

ت- تستخدم دائما في PLC

ث- لها قيمة عالية للحجز والتخزين (Retentively)

5- وضع البرنامج في PLC من قبل المستخدم عبارة عن .....

أ- ROM

ب- RAM

ت- برنامج تنفيذي

ث- برنامج تحكم تطبيقي

6- من أكثر الذاكرات الشائعة التي تستعمل لخزن البرنامج التنفيذي في PLC .....

أ- EEPROM

ب- EPROM

ت- ROM

ث- RAM

أسئلة الباب الاول – الفصل الثاني

س1- عدد أهم مميزات أستخدام اجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة PLC

س2- ارسم المخطط الكتلي للمكونات المادية لجهاز التحكم المنطقي المبرمج .

س3- اشرح مع الرسم الدائرة الالكترونية لتحويل الفولتية لمستوى المنطق (5V). Dc

س4- اشرح مع الرسم الدائرة الالكترونية لخرج PLC باستخدام المزدوج الحراري.

س5- اشرح مستعيناً بالمخطط الكتلي العلاقة بين CPU وجهاز PLC.

س6- ما هو الإدخال الرقمي والإدخال التناظري.

س7- عدد عناصر الخرج لجهاز PLC.

س8- أشرح مع رسم مخطط كتلوي خطوات عملية المسح الدوري (Scan Sycle) التي ينفذها (plc).

س9- ماهو زمن المسح وعلى ماذا يعتمد.

س10- عدد أنواع اللغات المستخدمة في كتابة برامج التحكم لجهاز PLC.

س11- ماهو عمل وحدة البرمجة وماهي انواعها عددها.

س12- ماهي وظيفة دوائر الربط (Interfacing circuit) وماهي انواعها عددها مع شرح مبسط لكل نوع.

س13- عرف بالتفصيل الذاكرة المتطايرة والذاكرة غير المتطايرة.

س14- ماهي وظيفة وحدة تحويل البيانات (Data conversion) وماهي انواعها.

س15- اشرح مستعيناً بالمخطط الكتلي سجل الكلمة وسجل العنوان.

س16- احسب حجم الذاكرة اذا علمت ان طول سجل العنوان يساوي ١٦ خلية وطول سجل الكلمة يساوي ٨ خلية.

س17- احسب طول سجل العنوان وطول سجل الكلمة اذا كان عدد المواقع ٥١٢ موقع وحجم الذاكرة ٢٠٤٨ بت.

س18- ما هي مميزات و مساوئ الذاكرة SRAM .

س19- عرف وحدات الاخراج في جهاز plc وماهو عملها وماهي انواعها.

س20- اشرح مستعيناً بالرسم الذاكرة DRAM .

س21- ماهو نظام التحكم والمراقبة الاشرافية (SCADA).

س22- اشرح مستعيناً بالرسم الذاكرة الخفية Cache Memory .

س23- وضح الصلة بين المستخدم – الالة HMI

س24- عرف بروتوكول الاتصالات وعدد الطبقات التي يتكون منها.

س25- ارسم دائرة تحكم مكونة من مصباحين موصلة على التوازي تعمل من خلال الضغط على مفتاحين.

س26- أرسم دائرة المخطط السلمي لتشغيل محرك من ثلاث اماكن وإطفائه من مكانين.

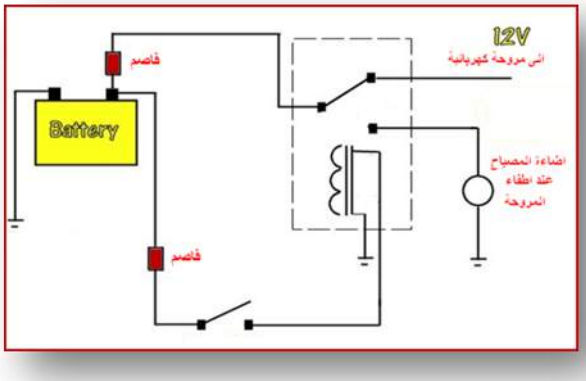
٢

برمجة وحدة التحكم المنطقي المُبرمج PLC

Programmable Logic Controller

أهداف الفصل الثاني :

- كتابة برامج التحكم على وحدة التحكم المنطقي المبرمج باستعمال طريقة المخطط السلمي LAD
- كتابة برامج التحكم على وحدة التحكم المنطقي المبرمج باستعمال طريقة الخريطة الدالية CSF
- كتابة برامج التحكم على وحدة التحكم المنطقي المبرمج باستعمال طريقة قائمة الإجراءات STL



محتويات الباب الثاني

1-1 تمهيد
2-1 برمجة وحدة التحكم المنطقي المبرمج PLC.
طريقة المخطط السلمي Ladder Diagram LAD))
البرمجة بطريقة المخطط السلمي LAD.
مرحلات زمن التاخير Time Delay Relay
طريقة قائمة الإجراءات STL

اختبارات موضوعية
أسئلة الفصل الثاني

برمجة وحدة التحكم المنطقي المبرمج PLC

1-2 تمهيد:

عند إعداد برنامج للتحكم يوضع في الذاكرة الخاصة بالحاكم المنطقي ويقوم بتنفيذ عملية التحكم ويتم كتابة هذه البرامج على وحدات تشبه الحاسوب او الوحدات المحمولة وذلك باستخدام حزم برامج خاصة بكل نوع من الحاكم المنطقي ، وتتصل وحدات البرمجة بالحاكم المنطقي خلال مرحلة البرمجة عن طريق دائرة اتصال توالي (Serial) وبعد كتابة البرنامج واختباره على وحدة البرمجة يتم تنصيب البرنامج للحاكم المنطقي الذي يكون في وضع برمجة (Programming) عن طريقة دائرة الاتصال واختبار تشغيله بمساعدة وحدة البرمجة في حالة التشغيل (Run) ويمكن استخدام وحدة البرمجة في مراقبة تشغيل الحاكم المنطقي.

2-2 برمجة وحدة التحكم المنطقي المبرمج PLC

لكي نقوم ببرمجة وحدة التحكم المنطقي فيجب علينا إتباع الخطوات التالية وبالتسلسل:

1- دراسة المشكلة المراد حلها :

في هذه الخطوة يجب معرفة المشكلة التي نتعامل معها ليتسنى لنا وضع البرنامج المناسب لحل تلك المشكلة.

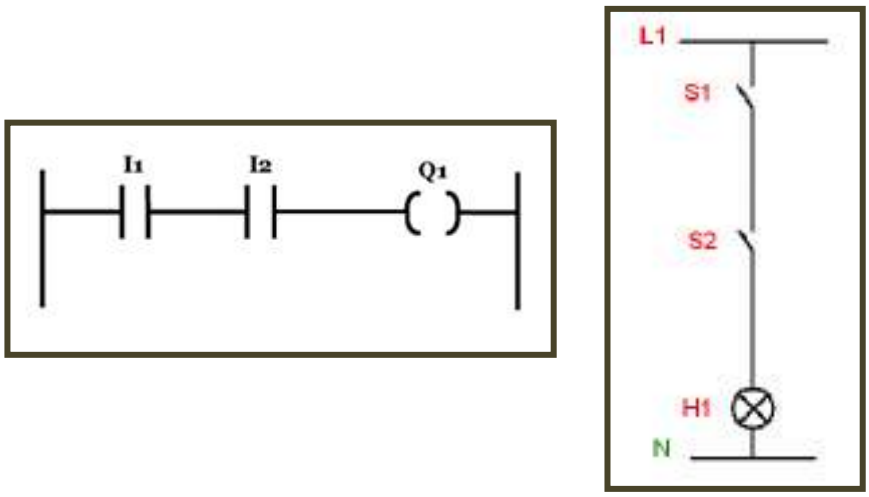
2- تهيئة قائمة الإجراءات المطلوبة :

لتنفيذ عملية التشغيل يجب علينا تحديد قائمة بإشارات الدخل وإشارات الخرج وإعطاء كل منهما رمز معين في دائرة التحكم وما يقابله من رمز في وحدة الـ PLC وكما مبين في الجدول (2-1) الذي يوضح ترميز إشارة الدخل وإشارة الخرج المستعمل في دائرة التحكم بما يقابله في PLC .

الرمز المقابل في وحدة الـ PLC	الرمز المستعمل في دائرة التحكم
I1 أو I0.1	S1 رمز إشارة الدخل
I2 أو I0.2	S2 رمز إشارة الدخل
O1 أو Q1	K1 رمز إشارة الخرج
O2 أو Q2	K2 رمز إشارة الخرج

الجدول (2-1) الرموز المستخدمة في دائرة التحكم و PLC

والشكل (2-1) يوضح دوائر بعض التطبيقات لهذه الرموز في دوائر التحكم ووحدة التحكم PLC للسيطرة على مصباح كهربائي مثلاً او محرك ..... الخ

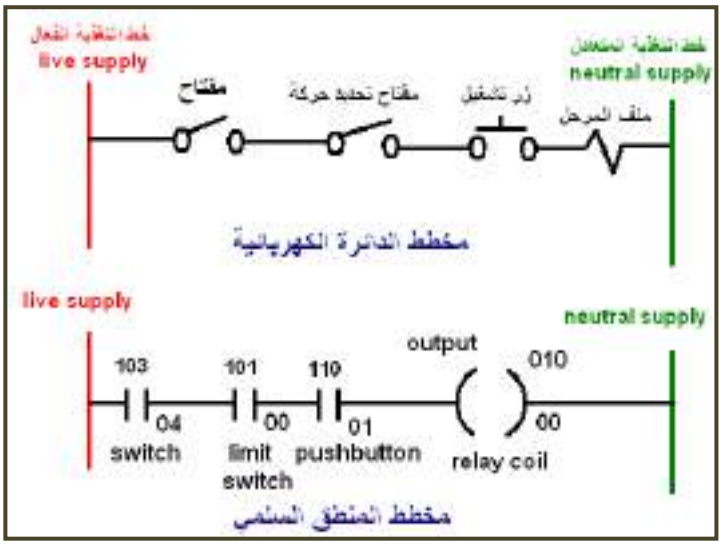


الشكل (2-1) الرموز في الدوائر الكهربائية

3- عملية البرمجة : توجد ثلاث طرق لبرمجة الـ PLC يستعمل كل منها حسب نوع المشكلة المراد حلها وهذه الأنواع هي :

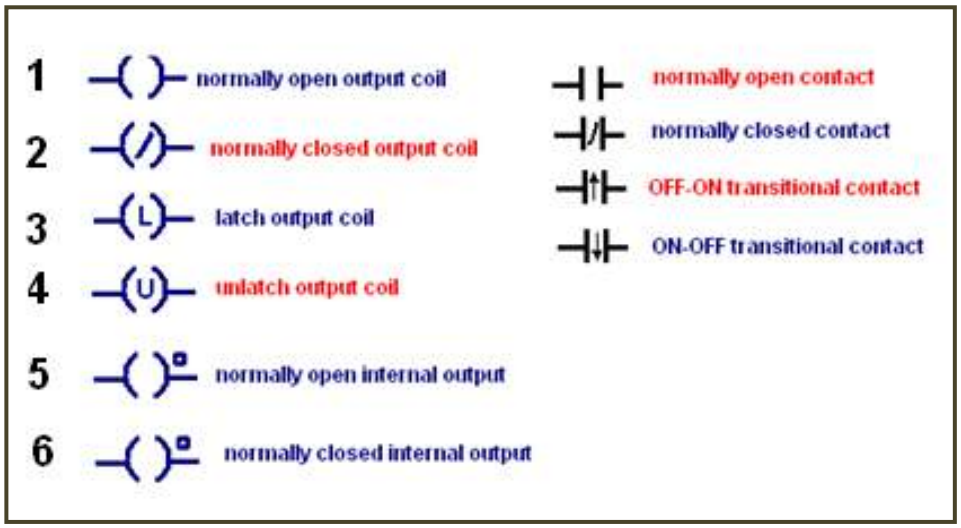
أ - طريقة المخطط السلمي LAD (Ladder Diagram):

ان المخطط السلمي الموضح بالشكل (2-2) هو الصيغة المثالية لكثير من المسيطرات المنطقية المبرمجة ، فهي تتضمن عدد من المفاتيح تمثل الدخول وملف المرحل (Relay Coil) الذي يمثل الخرج، كلاهما يشكلان مقطع سلمي (Rung) للمخطط السلمي ، الجهة اليسرى من المخطط تمثل خط التغذية الفعال (Live Supply) والجهة اليمنى تمثل الخط المتعادل (Neutral Common Supply) ان نقاط التوصيل تكون فعالة (Active) أي حالة غلق (Closed) لغرض تشغيل ملف المرحل .



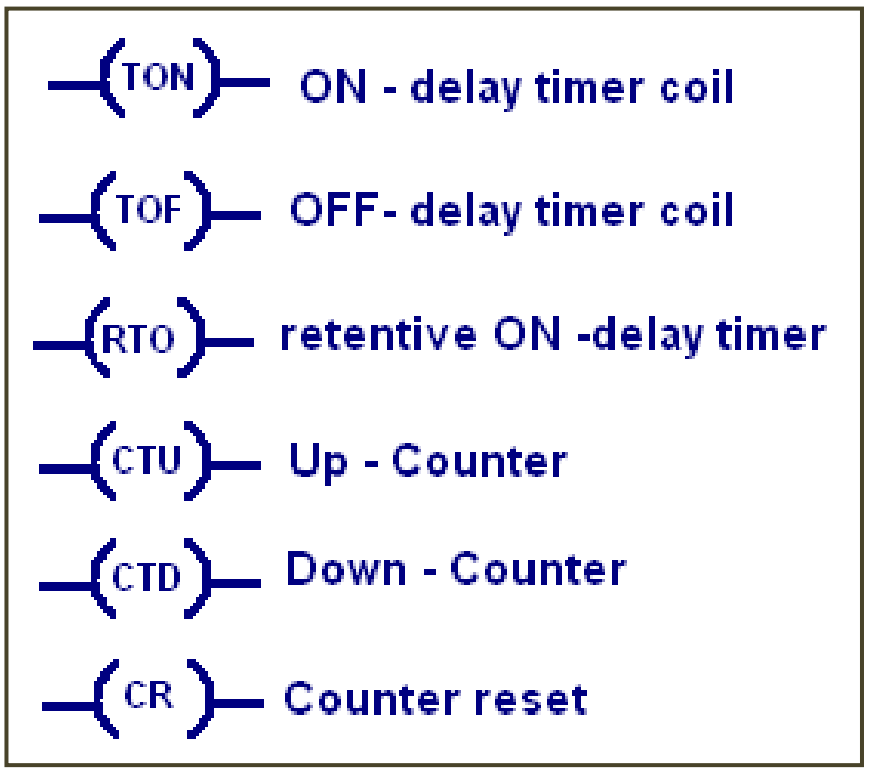
الشكل (2-2) مخطط الدائرة الكهربائية والمنطق السلمي

الشكل (2-3) يوضح رموز المخطط السلمي التي تمثل تلخيص التعليمات الستة الرئيسية الموجودة في لغة المخطط السلمي وهي منطق المرحل (Relay Logic) .



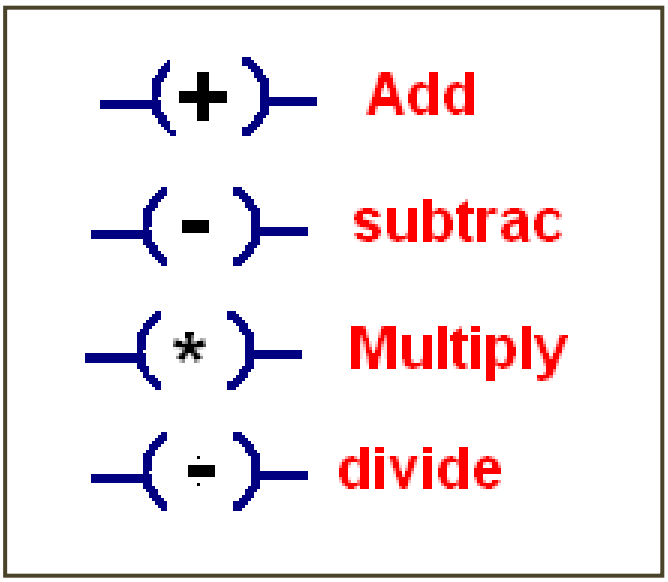
الشكل (2-3) رموز المخطط السلمي

والشكل (2-4) يمثل رموز المؤقت والعداد.



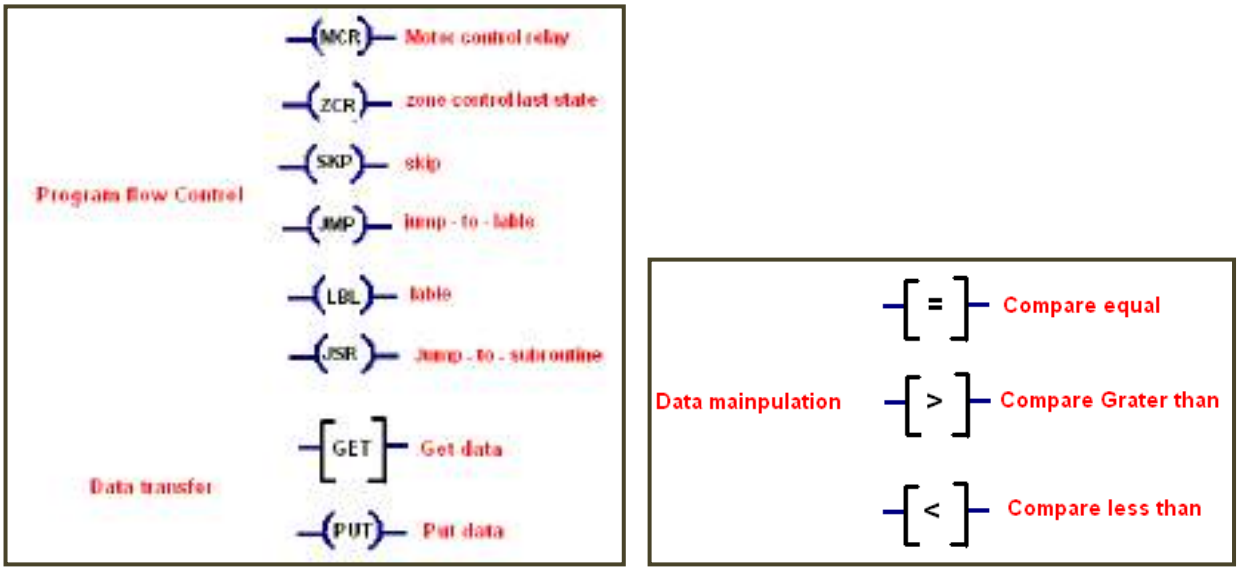
الشكل (2-4) رموز المؤقت والعداد

أما الرموز الرياضية المستخدمة في المنطق السلمي كما موضح بالشكل (2-5).



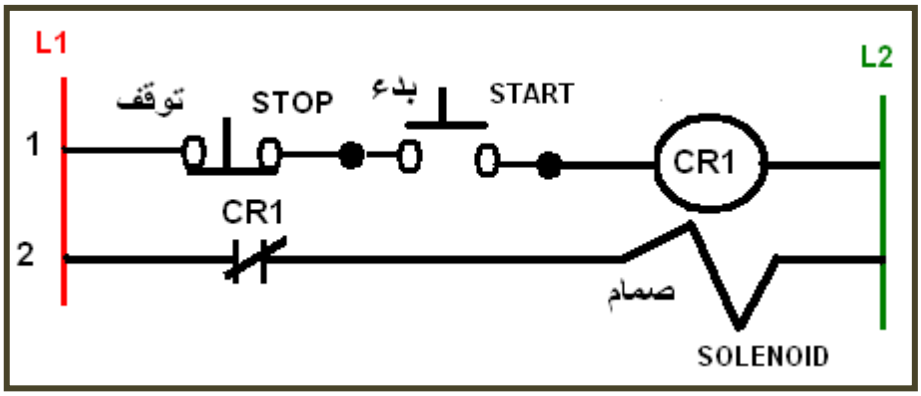
الشكل (2-5) الرموز الرياضية

وفي الشكل (2-6) يبين رموز بيانات التعامل وبيانات النقل و التحكم بمسار البرنامج.



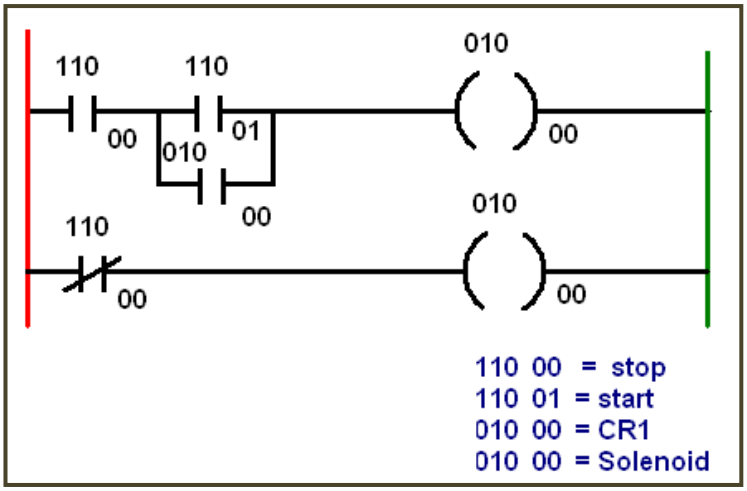
الشكل (2-6) رموز بيانات التعامل والنقل والتحكم بمسار البرنامج

أن المنطق السلمي تم تطويره على أساس منطق المرحل ولذلك توجد أوجه تشابه كثيرة بين منطق النظامين . ان الفرق الرئيسي بينهما هو أن منطق المرحل يمكن رؤية الأجهزة الحقيقة في المخطط ، أما في المنطق السلمي فأن نقاط التوصيل (Contacts) والملفات (Coils) تمثل أجهزة الإدخال والإخراج فقط . الشكل (2-7) يمثل مخطط دائرة بمنطق المرحل بمفتاح (توقف – بدء) (Stop \ Start) ومرحل سيطرة CR1 (Control Relay) عندما يكون CR1 في حالة OFF فان الصمام (Solenoid) سوف يعمل (Energized).



الشكل (2-7) مخطط الدائرة الكهربائية

وإذا أردنا رسم نفس هذا المخطط بالمنطق السلمي سوف يظهر كما في الشكل (2-8) في هذه الدائرة نلاحظ أن أجهزة الإدخال والإخراج ممثلة بأرقام يشار إليها بالعناوين (Addresses) هذه العناوين الموضحة تمثل عنونة النظام (PLC) نوع (Allen – Bradley)



الشكل (2-8) مخطط سلمي

من الجدير بالذكر توضيح بعض النقاط الأساسية التي تتعلق بمخططات المنطق السلمي وهي :

1- كل الأجهزة التي تمثل أحمال (مقاومة او محاثة) للدائرة يمكن رؤيتها في الجهة اليمنى من المخطط .
2- كل الاجهزة التي تمثل عمل او الغاء لتوصيلات الكهربائية يمكن رؤيتها في الجهة اليسرى من المخطط .
3- الأجهزة التي تربط بالتوازي مع بقية الأجهزة تسمى تفرعات (Branches) كل خط أفقي مكتمل للمخطط السلمي يشار اليه بمقطع سلمي (Rung).
4- الأجهزة الكهربائية بنفس هيئتها في مواقعها الطبيعية ترسم في المخطط السلمي , أي ان النقطة الغالقة (Nc)يظهر في المخطط السلمي لتوصيلة الغلق (Nc)، و النقطة (N0) تظهر في المخطط السلمي كتوصيلة فتح (N0). كل التوصيلات المرافقة للجهاز سوف تتغير حالتها عندما يعمل الجهاز في حالة تحفيز (Energized).
5- أن الأجهزة التي تؤدي وظيفة التوقف (Stop) تربط عادة على التوالي (Series) بينما الأجهزة التي تؤدي وظيفة البدء (Start) تربط على التوازي (Parallel).

في كثير من الحالات لا يمكن كتابة البرنامج بلغة المخطط السلمي من وصف تسلسل للأحداث للعملية المطلوب السيطرة عليها وإنما بشكل عام يجب إتباع الخطوات الآتية :

أ- عرف العملية التي يتطلب السيطرة عليها أو التحكم بها .

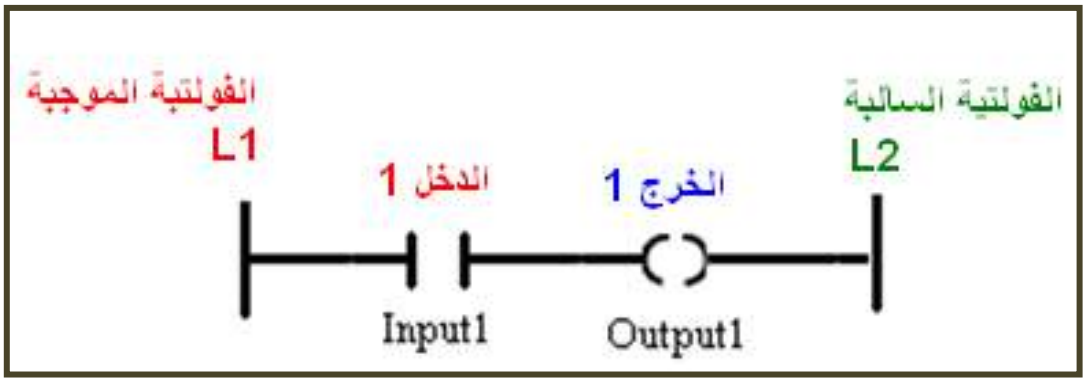
ب- ارسم مخطط مسار العملية ، تأكد من وجود جميع العناصر أو مكونات النظام في الرسم .

ت- حدد تسلسل العمليات المطلوب انجازها ، اعمل قائمة بتسلسل الخطوات العملية، واكتب التسلسل في جمل او ضعه في جدول.

ث- اكتب مخطط المنطق السلمي (Ladder Logic) وفقاً لتسلسل العمليات .

المخطط السلمي او المنطق السلمي (Ladder Diagram) من أكثر لغات البرمجة الشائعة والمستخدمة في برمجة PLC .

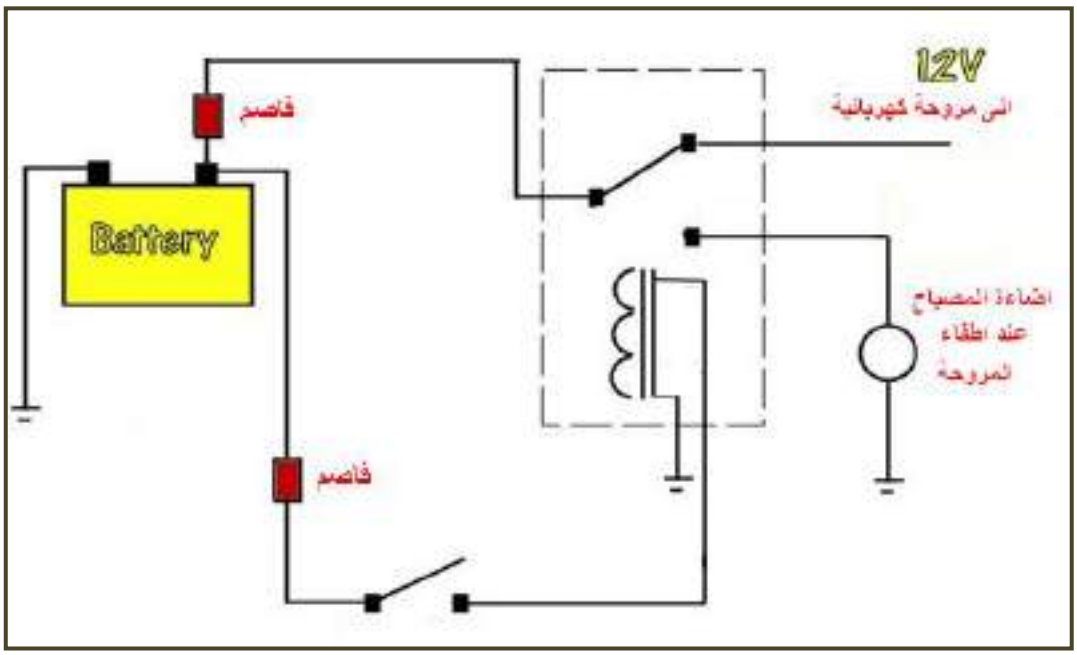
كان المنطق السلمي (Ladder Logic) أول إحدى البرامج التي استخدمت في التحكم بالعمليات الصناعية لأنها أُقتبست من مخططات المرحل الالكتروني (Relay Logic) المصنعة بشكل متطور وحديث ، وتتألف الرموز المستخدمة في مرحل (Relay) المنطق السلمي من خطين عموديين من اليسار واليمين يمثلان خطي القدرة الكهربائية كما موضح بالشكل (2-9) والذي يوضح منطق أي دائرة أو درجة السلم يبدأ من اليسار إلى اليمين .



الشكل (2-9) خطي القدرة الكهربائية

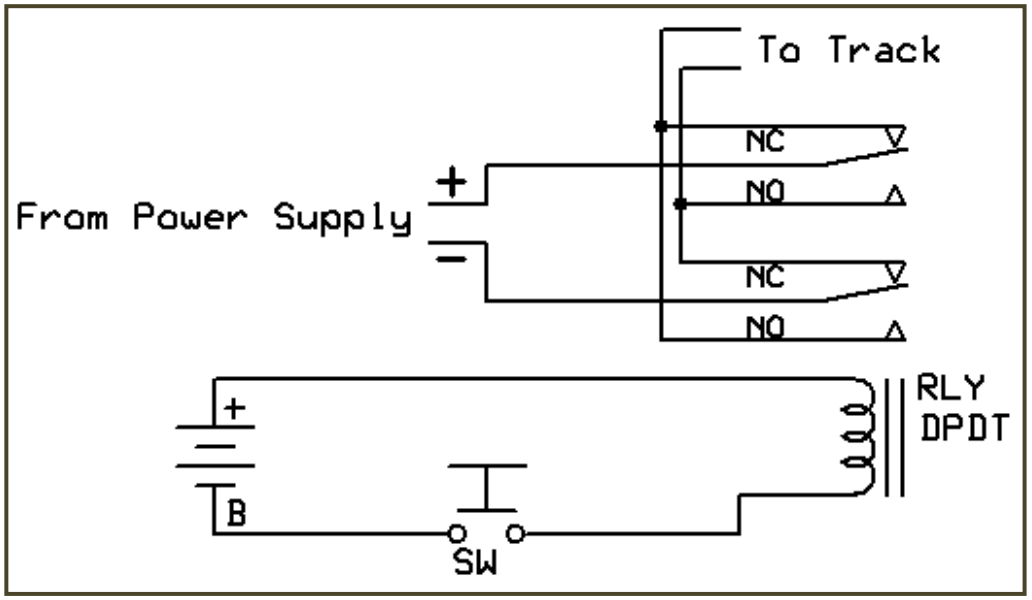
وتظهر الرموز الموضحة بالمخطط تشبه السلم مع خطين جانبين ودوائر تشبه الدرجات على السلم ، ويمثل الشكل (٢ – ٩) دائرة مفردة او درجة من السلم .

- إذا كان الدخل (Input1) في حالة توصيل (On) أو حقيقي (True) (اي تحقيق دائرة كاملة) من اليسار إلى اليمين سيصبح الخرج في حالة توصيل (ON) أو حقيقي (True).
- إذا كان الخرج في حالة (OFF) أو خطأ (False) تصبح الدائرة في حالة فتح ولا يتم تحقيق دائرة كاملة من اليسار إلى اليمين ويصبح الخرج (Output 1) في حالة (OFF) ، يوجد عدة رموز متعددة في المنطق السلمي ، تتضمن المؤقتات (Timers) ،العدادات (Counters) ونواقل البيانات وغيرها مثل أي شرط منطقي او حلقة تحكم يمكن تمثيلها في المنطق السلمي ومنها الرموز الرئيسية نقاط اتصال مغلقة ، نقاط اتصال مفتوحة ، ملف مغلق ، ملف مفتوح أو أي شرط منطقي يمكن تمثيله . والمرحل في الأساس عبارة عن مفتاح يمكن تشغيله من موقع عن بعد، ويستخدم
- المرحل زوج او أكثر من نقاط التلامس لتشغيل أو توقف الدوائر الكهربائية وقد استخدمت المرحلات ولعدة سنوات في طرق التحكم في أنظمة الصناعة الالكترونية ومبدأ عمل المرحل المنطقي يعتمد على عملية التمغنط لحث (تحفيز) (Energize) أو عدم الحث (De- Energize) لتغيير حالة نقاط التلامس كما موضحة في الشكل (2-10).



الشكل (2-10) تحفيز وعدم تحفيز ملف المرحل

بمرور التيار خلال ملف المرحل تتغير حالة المرحل من الفتح إلى الغلق أو بالعكس والشكل (2-11) يوضح رمز ملف المرحل ونقاط تلامس مفتوحة ومغلقة .

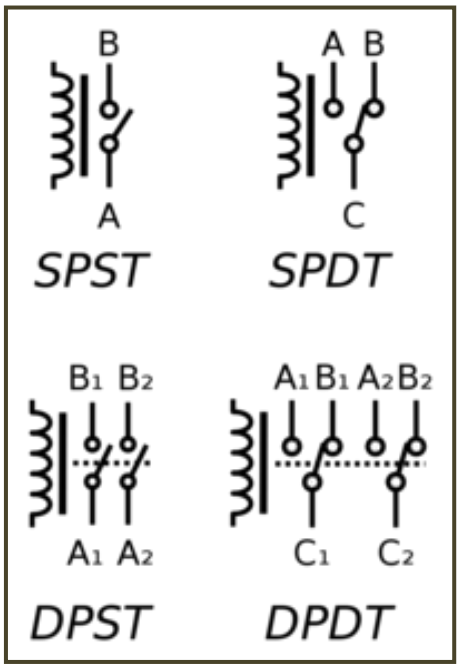


الشكل (2-11) رمز ملف المرحل ونقاط تلامس مفتوحة ومغلقة

وتوجد ثمانية أنواع أساسية لنقاط التلامس في المرحلات وهي كما يلي :

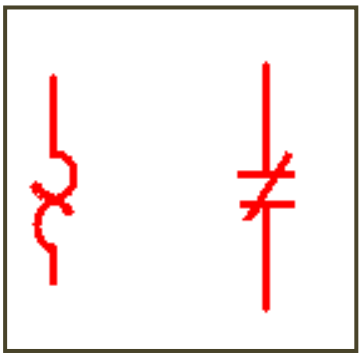
1- Single –Pole (SP) أحادي القطب
2- Double-Pole (DP) ثنائي القطب
3- Single-Throw (ST) أحادي الرمية
4- Double-Throw (DT) ثنائي الرمية
5- Normally Open (NO) فتح- اعتيادي
6- Normally Closed (NC) غلق – اعتيادي
7- Single-Break (SB) أحادي - التوقف
8- Double-Break (DB) ثنائي – التوقف

والشكل (2-12) يوضح عدد من هذه المرحلات .



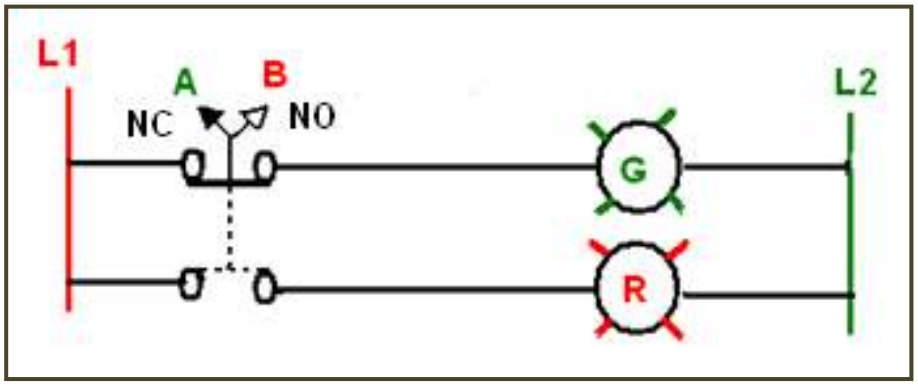
الشكل (2-12) أنواع مختلفة من المرحلات

يستخدم في معظم دوائر المرحل المنطقي عنصر حماية من زيادة الحمل (Overload) تتألف من ملف حراري ونقاط توصيل (NC) . يوضع الملف الحراري بالتوالي مع الآلة المطلوب التحكم بها مثل المحرك فيتحسس الملف الحراري بالتيار المار خلال المحرك فإذا ازداد الحمل على المحرك يزداد التيار المار خلاله فتزداد درجة حرارة الملف الحراري فيصبح في حالة فتح (Open) فتصبح نقطة التلامس (NC) في حالة فتح أيضا ويرمز للملف الحراري للحمل العالي كما موضح بالشكل (2-13).



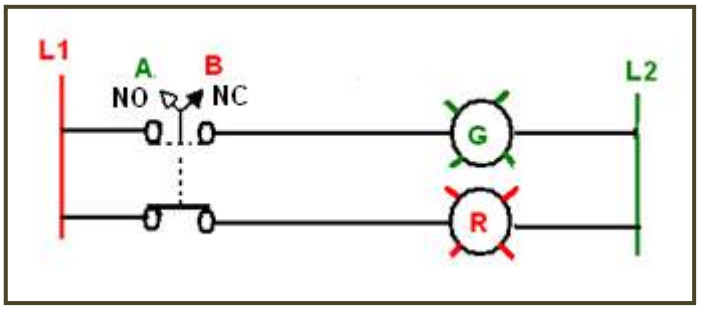
الشكل (2-13) رمز الملف الحراري

في أنظمة المرحلات التقليدية يستخدم مفتاح الاختيار(Selector Switch) يتركب من نقاط تلامس (NC) و (NO) ففي الدائرة الموضحة بالشكل (2-14) عندما يكون مفتاح الاختيار في الموقع A فيتوهج المصباح باللون الأخضر فقط .



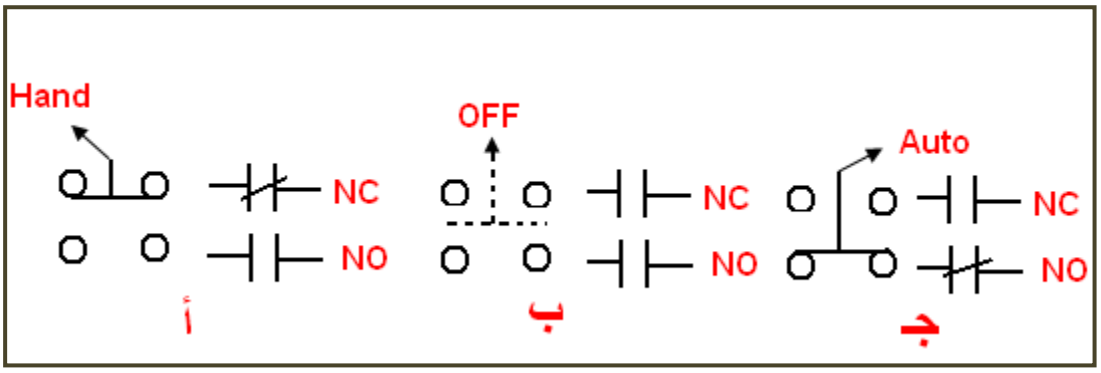
الشكل (2-14) توهج المصباح باللون الأخضر

وعند وضع مفتاح الاختيار في الموقع B يتوهج المصباح باللون الأحمر فقط كما موضح بالشكل (2-15)



الشكل (2-15) توهج المصباح باللون الأحمر

ولهذا المفتاح ثلاثة مواقع ويسمى هذا المفتاح Hand\Off\Auto ويوضح الشكل (2-16 أ- ب– جـ) ثلاثة حالات ممكنة لهذا النوع من المرحلات فمن الشكل (أ) يوضح الموقع HAND وهي الحالة الاعتيادية وفيه تكون (NC) مغلق و (NO) مفتوح ، والشكل (ب) يوضح الموقع (OFF) وفيه (NC) تصبح في حالة فتح ولا تغيير في حالة (NO) ، الشكل (جـ) يوضح موقع (AUTO) وفيه تكون حالة (NC) في حالة فتح و (NO) في حالة غلق.



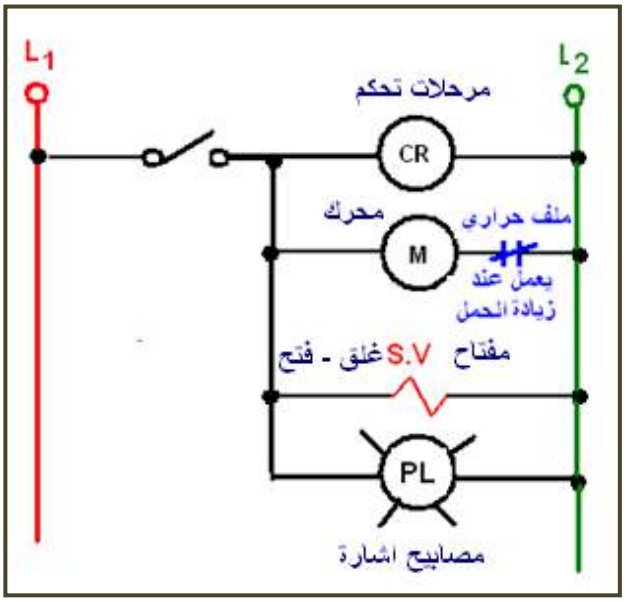
الشكل (2-16 أ – ب – جـ) مفتاح Hand\Off\Auto

يمكن تمثيل عمل وموقع نقاط التلامس كمفتاح الاختيار باستخدام جدول الحقيقة Truth Table (2-2) فيمكن استخدام (1) او (X) للنقاط المغلقة .

	نقاط التوصيل	
الموقع	A	B
Hand	x	
OFF		
Auto		X

جدول (٢ - ٢)

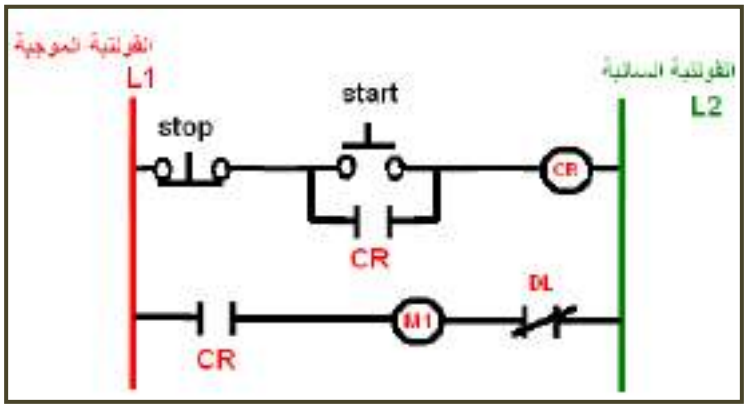
مخطط المرحل المنطقي للخرج يمثل بوساطة مرحلات تحكم ، محرك،مصابيح إشارة وصمام (فتح-غلق) (Solenoid) والشكل (2-17) يوضح أربعة عناصر في الخرج . توضح الدائرة أربعة عناصر أساسية للخرج في الدائرة ويوضع عادة مع المحرك ملف حراري يعمل عند زيادة الحمل (Over Load) ويعبر عنه في المخطط (1.2) او (ALL OLs) .



الشكل (2-17) مخطط لاخراجات قياسية تستخدم المرحل المنطقي

من الدوائر الشائعة في المرحل المنطقي و PLC دائرة منع التسرب (Seal – In Circuit) والشكل (2-18) يوضح تشغيل محرك M1 باستخدام المرحل المنطقي، فعند الضغط على المفتاح (Start) تصل إشارة لحظية إلى (CR) فيتحفز وتغلق نقاط التلامس ويمر تيار خلال التوصيلة

(CR) وبالضغط على Stop يصبح (CR) بدون تحفيز فيجعل نقاط التماس في الحالة (NO) فيتوقف عمل المحرك ويعمل من جديد عند الضغط على المفتاح Start

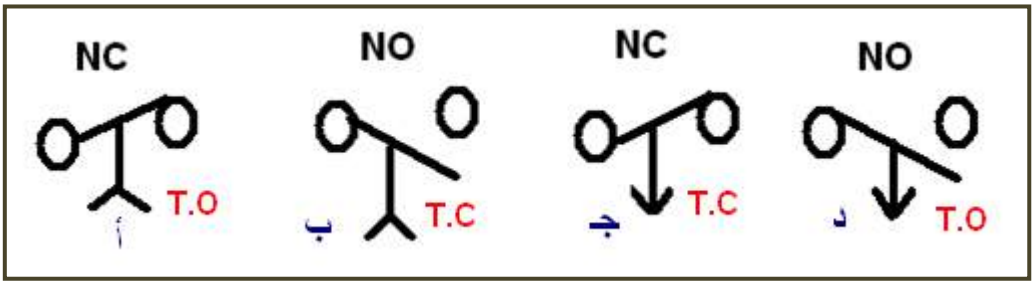


الشكل (2-18) دائرة منع التسرب Seal – In

مرحلات زمن التاخير: Time Delay Relay

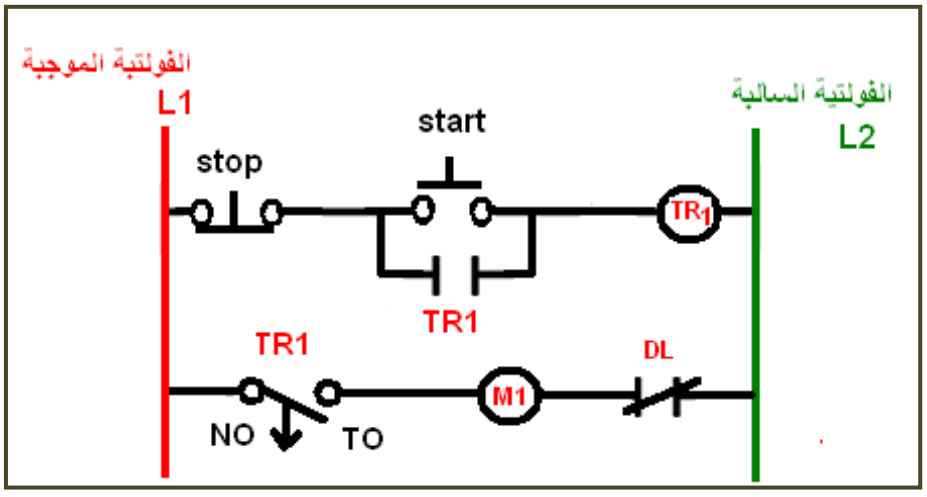
TDR عبارة عن عنصر يجهز تأخير لمفتاح التشغيل بين زمن حدث Event بدء وزمن لحدث قد أنجز، توجد عـــــدة أنـــــواع TDR مثـــــل الكهروهـــــوائي (Electropneumatic) والكهروميكـــــانيكي (Electromechanical) والالكتروني.مرحل (Dashpot) مـؤخر زمنـي يتـألف مـن مرحـل لـه غطـاس (Plunger) وهو عنصر يستخدم الغاز مثل الهواء او سائل لامتصاص الطاقة ثم يؤخر أو يجعل الأجزاء المتحركة تتراجع لكي يحقق تأخير زمني والشكل (2-19) يوضح رموز المرحلات مع المؤخر الزمني وهي كما يلي :

أ- T.O (Normally Closed Time Opening ON- delay)
ب- T.C (Normally Open Time Closing ON- delay)
ت- T.C (Normally Closed Time Closing OFF- delay)
ث- T.O (Normally Open Time Opening OFF- delay)



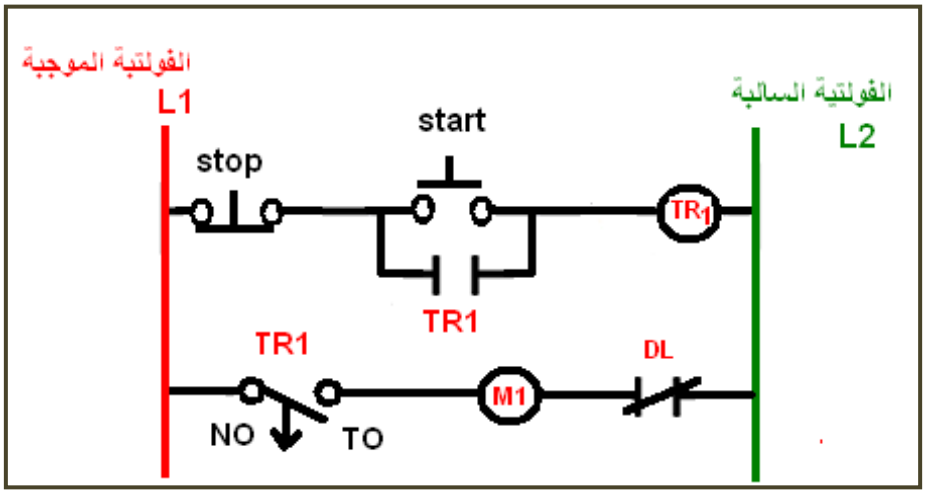
الشكل (2-19) رموز مرحلات مؤخر زمني

الشكل (2-20) يوضح مثالا لدائرة تحتوي مفتاح لحظي ومؤخر زمني ، في حالة الضغط على المفتاح (Start) يتحفز الملف (TR1) وتغلق نقاط (TR1) المتصل بالتوازي مع المفتاح (Start) باللحظة وبعد زمن مؤجل لقيمة موضوعة مسبقاً (Preset) لتشغيل المحرك.



الشكل (2-20) التحكم بتشغيل وغلق محطة مع مؤخر زمني ON

الـدائرة الموضـحة بالشـكل (2-21) توضـح وظيفـة المـؤخر الزمنـي (OFF) عنـد الضـغط علـى المفتـاح (Stop) يظهر زمن التأخير في الموقع (NO) وعند الضغط على المفتاح (Start) يبدأ المحرك بالحركة وبعد زمن تأخير لقيمة معينة يتوقف المحرك .



الشكل (2-21) التحكم بتشغيل وغلق محطة مع مؤخر زمني ON

وتستعمل طريقة المنطق السلمي (ladder logic) بكثرة في عمليات التحكم الكهربائي والتي يراد منها رسم مسار التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية وطريقة تمثيل هذا النوع من البرمجة تكون برسم مخطط أفقي بين خطين عموديين ، الخط الأيسر يمتلك إشارة موجبة ليمثل طرف مصدر الجهد الموجب، إما الخط العمودي الأيمن فيكون متصلاً بالأرض (الأرضي) ويستعمل المبرمج الرموز الخاصة بهذه الطريقة من البرمجة وحسب الجدول (2-3):

المعنى	الرمز المستعمل
نقطة اتصال مفتوحة	
نقطة اتصال مغلقة	
خرج	
خرج معكوس	

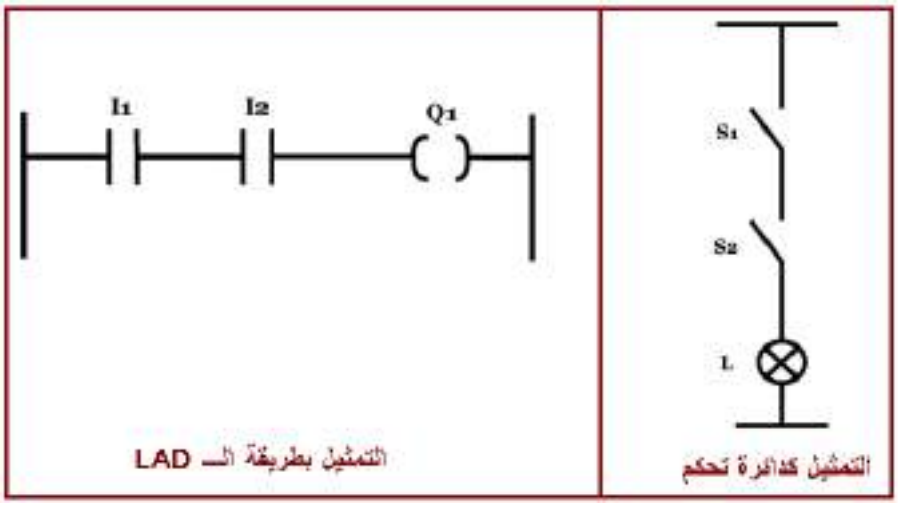
جدول (2-3) الرموز المستعملة بطريقة المخطط السلمي

مثال (2-1):

ارسم مخطط سلمي LAD لإضاءة مصباح بالضغط على مفتاحين معاً ومثلها كدائرة تحكم.

الحل:

لكي يتوهج المصباح بالضغط على المفتاحين معاً هذا يعني ان المفتاحين متصلين على التوالي ولتمثيل المفتاحين (S1) و (S2) في هذه الطريقة يكون (I1) و (I2) ولتمثيل المصباح (L) يكون (Q1) وكما موضح بالشكل (22-2):



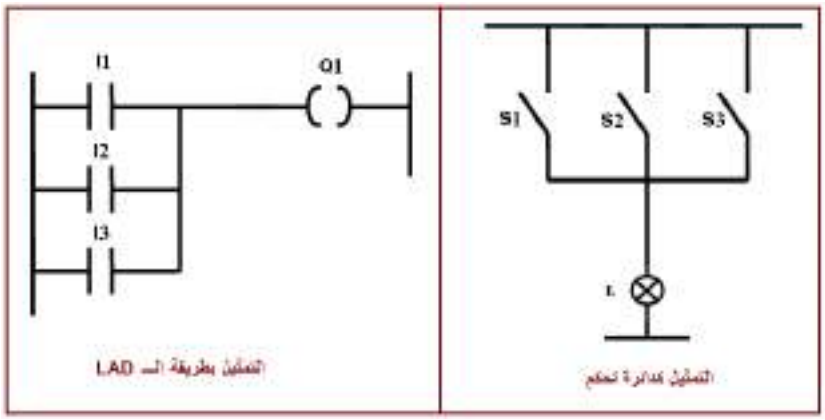
الشكل (2-22) مصباح مع مفتاحين توالي

مثال (2-2):

ارسم مخطط سلمي LAD لإضاءة مصباح بالضغط على أي مفتاح علماً إن الدائرة تحتوي على ثلاثة مفاتيح ومثلها كدائرة تحكم.

الحل:

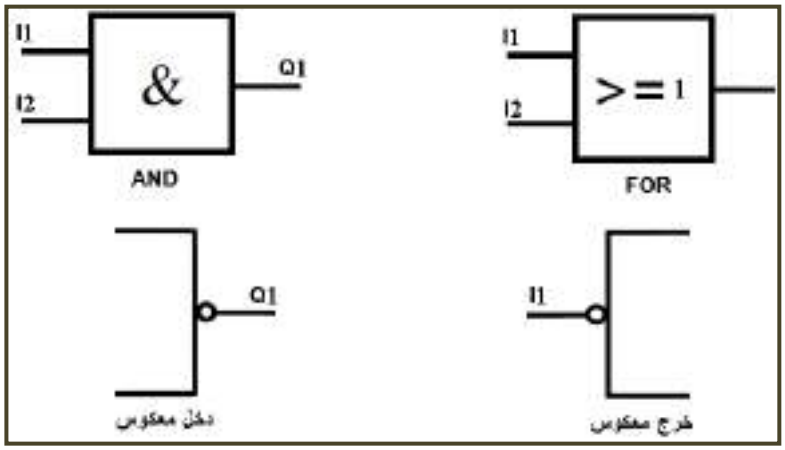
لكي يتوهج المصباح بالضغط على أي مفتاح من المفاتيح الثلاثة هذا يعني إن المفاتيح متصلة على التوازي ولتمثيل المفاتيح S1 و S2 و S3 في هذه الطريقة يكون I1 و I2 و I3 ولتمثيل المصباح L يكون Q1 وكما موضح بالشكل (2-23).



الشكل (2-23) تمثيل دائرة تحكم بطريقة LAD
(تمثيل مصباح مربوط مع ثلاثة مفاتيح على التوازي)

ب - طريقة الخريطة الدالية CSF (Control System Flow Chart):

تستعمل هذه الطريقة مع المشاكل التي نستطيع وضع مخطط انسيابي لها ضمن نظام تعاقبي زمني وتعتمد هذه الطريقة على استعمال البوابات المنطقية ولكن بشكل رباعي الأضلاع بنهايات الدخل والخرج وكما موضح في الشكل (2-24).



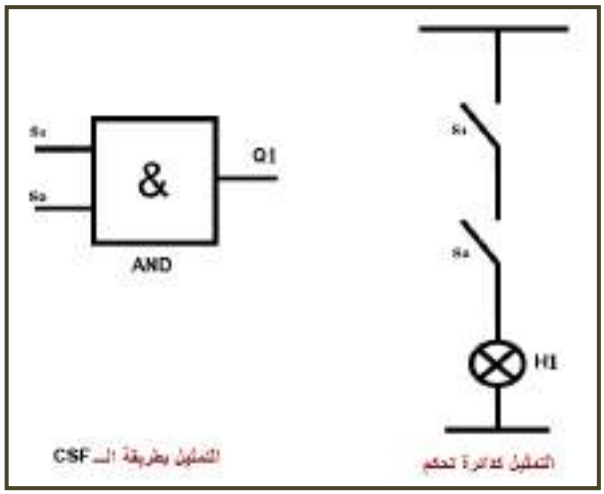
الشكل (2-24) استعمال البوابات المنطقية وتمثيلها باستعمال طريقة الـ CSF

مثال (2-3):

ارسم الخريطة الدالية لدائرة التحكم لإضاءة مصباح بوجود مفتاحين مع المصباح على التوالي.

الحل:

ان توصيل المفاتيح على التوالي يتمثل بحالة البوابة المنطقية (و) AND Gate فتكون الخريطة الدالية لدائرة التحكم بالشكل (2-25).

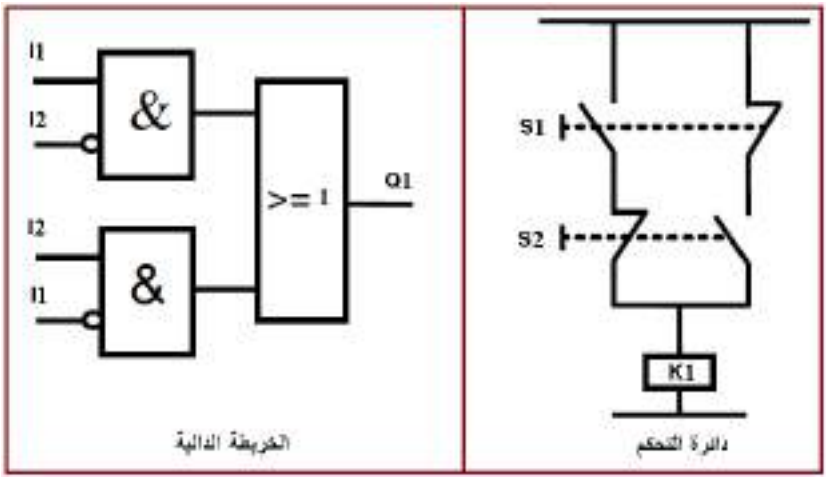


الشكل (2-25) تمثيل دائرة تحكم بطريقة

مثال (2-4):

أوجد الخريطة الدالية لدائرة التحكم المبينة في الشكل (2-26)؟ واشرح عمل الدائرة .

الحل: من تتبع الدائرة نجد ان المفاتيح في حالة ريط على التوالي وعلى التوازي لذلك نستخدم البوابة AND لتمثيل الربط على التوالي وبوابة OR للربط على التوازي .



الشكل (2-26) دائرة التحكم والخريطة الدالية

جـ- طريقة قائمة الإجراءات STL :

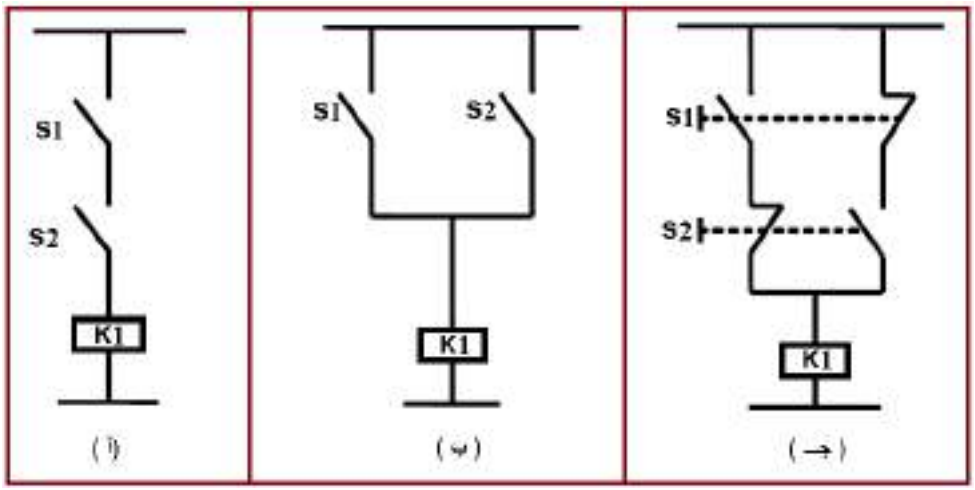
تستعمل هذه الطريقة مع المشاكل التي نستطيع تمثيلها بمعادلات منطقية معبراً عنها بحروف أو رموز إذ لا تستعمل في هذه الطريقة اي مخططات أو رسومات لاحظ الجدول (2-4)

بعض الرموز المستعملة بطريقة الـ STL	المعنى
A	تعني البوابة AND
O	تعني البوابة OR
N	تعني البوابة NOT
AN	تعني نفي داخل البوابة AND
XO	تعني البوابة XOR
=	تعني المساواة
(	بدء البرمجة (فتح قوس)
)	نهاية البرمجة (قفل قوس)
BE	نهاية البرنامج

جدول (2-4) بعض الرموز المستعملة في البرمجة بطريقة STL ومعنى كل رمز

مثال (2-5):

اكتب برنامج لبرمجة وحدة التحكم المنطق المبرمج وبطريقة الـ STL لدوائر التحكم الموضحة في الشكل (2-27).



الشكل (2-27) دوائر التحكم

الحل:

(أ) يكون حل دائرة التحكم للشكل (2-27 أ) كما يلي :

الرمز المستعمل في دائرة التحكم ومعناه	الرمز المقابل في الـ PLC	الرمز بطريقة STL	الموقع
S1 (تمثل اشارة دخل)	I1	A	00
S2 (تمثل اشارة دخل)	I2	A	01
K1 (تمثل اشارة خرج)	Q1	=	02
		BE	03

(ب) يكون حل دائرة التحكم للشكل (2-27 ب) كما يلي :

الرمز المستعمل في دائرة التحكم ومعناه	الرمز المقابل في الـ PLC	الرمز بطرقة STL	الموقع
S1 (تمثل اشارة دخل)	I1	A	00
S2 (تمثل اشارة دخل)	I2	O	01
K1 (تمثل اشارة خرج)	Q1	=	02
		BE	03

(جـ) يكون حل دائرة التحكم للشكل (2-27 جـ) كما يلي :

الدخل أو الخرج	الامر بطرقة الـ STL	الموقع
I1	A	00
I2	AN	01
	O(	
I1	AN	
I2	A	
	)	
Q1	=	02
	BE	03

الرمز المستعمل في دائرة التحكم ومعناه	الرمز المقابل في الـ PLC
S1 (تمثل اشارة دخل)	I1
S2 (تمثل اشارة دخل)	I2
K1 (تمثل اشارة خرج)	Q1

اختبارات موضوعية

الباب الثاني الفصل الثاني

1- يتم التحكم في خرج برنامج المنطق السلمي بوساطة .....

أ- أوامر الخرج

ب- أوامر الدخول

ت- أوامر الدخول والخرج

ث- كل ما مذكور أعلاه

2- يدل كل خط افقي للمخطط السلمي الى .....

أ- درجة السلم RUNG

ب- الفرع BRANCH

ت- الدخول

ث- الخرج

3- الرمز BE بطريقة STL يمثل .....

أ- البوابة AND

ب- البوابة OR

ت- نهاية البرنامج

ث- البوابة NOT

4- الرمز O بطريقة STL يمثل.....

أ- البوابة NOT

ب- البوابة XOR

ت- البوابة OR

ث- بدء البرمجة

5- الرمز (بطريقة STL يمثل.....

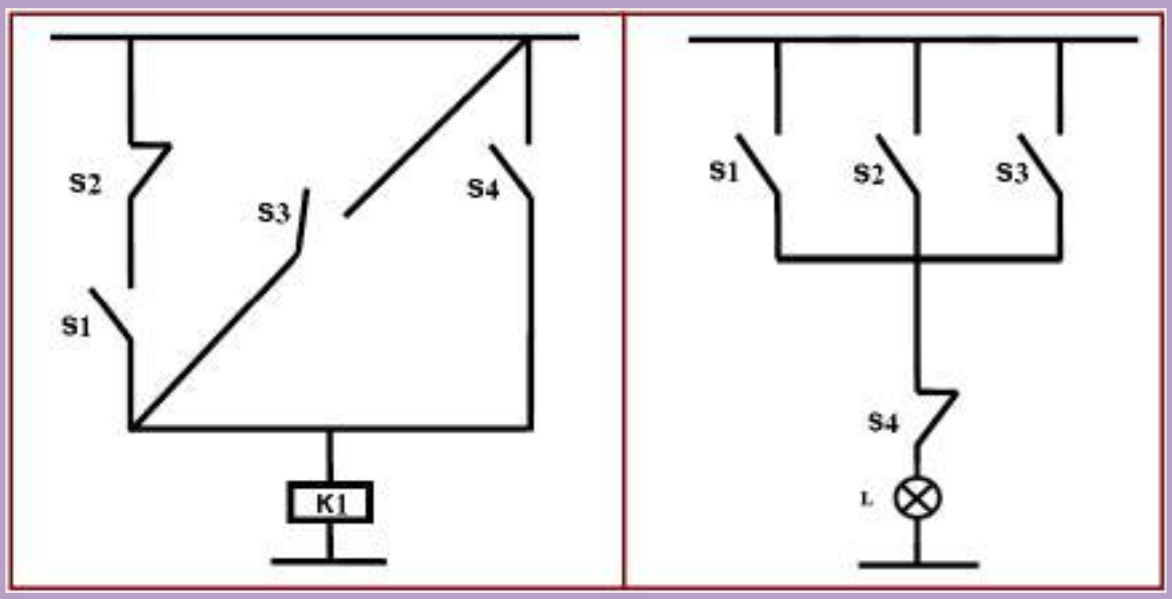
أ- نهاية البرنامج

ب- بدء البرنامجة

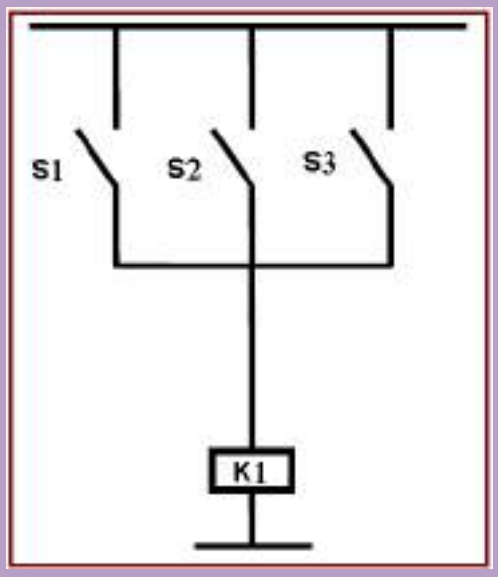
ت- نهاية البرمجة

أسئلة الباب الثاني - الفصل الثاني

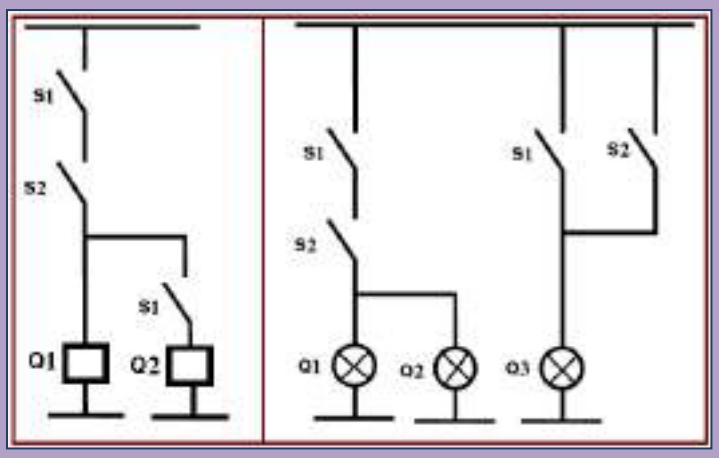
س1 : ارسم المخطط السلمي لدوائر التحكم الموضحة في ادناه واشرح عمل الدائرة .



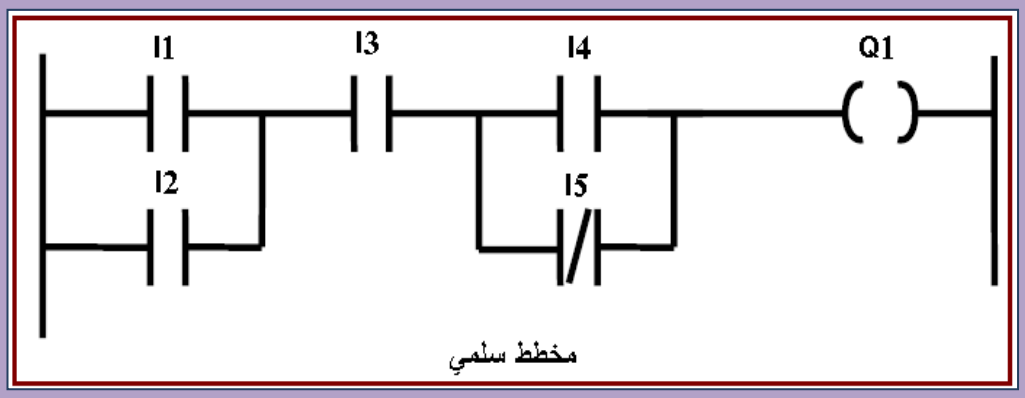
س2 : ارسم الخريطة الدالية لدالة التحكم الاتية واشرح عمل الدائرة .



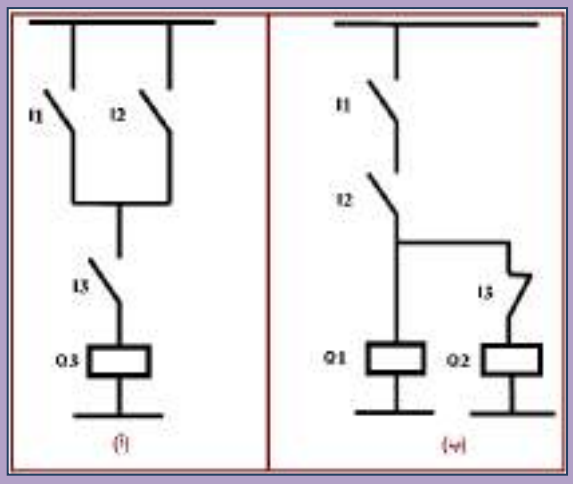
س3 : ارسم الدالة الخطية لدالتي التحكم الموضحة في ادناه واشرح عمل الدائرة .

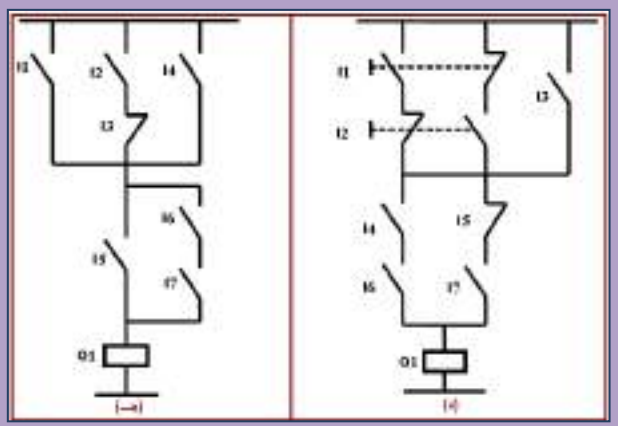


س4 : حول المخطط السلمي في الشكل ادناه الى دالة خطية CSF واشرح عمل المخطط .



س5 : ارسم المخطط السلمي والدالة الخطية واكتب برنامج بطريقة الـ STL لدوائر التحكم في الشكل ادناه واشرح عمل كلاً منها ؟

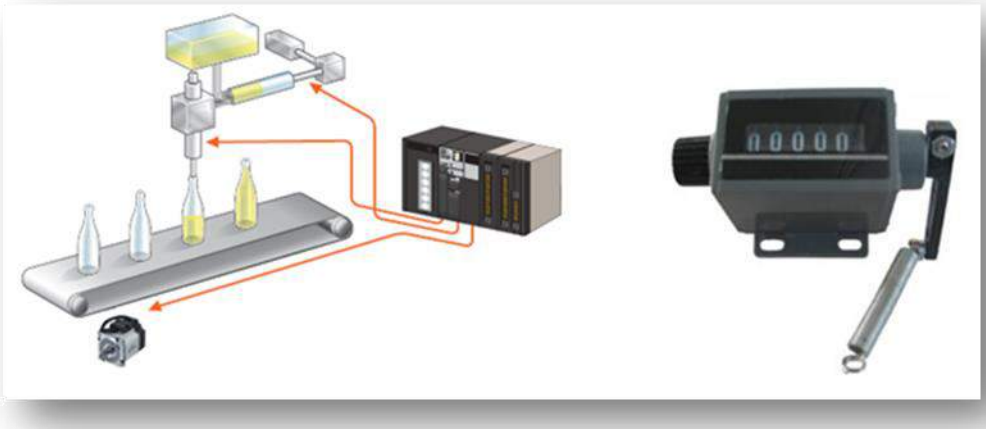


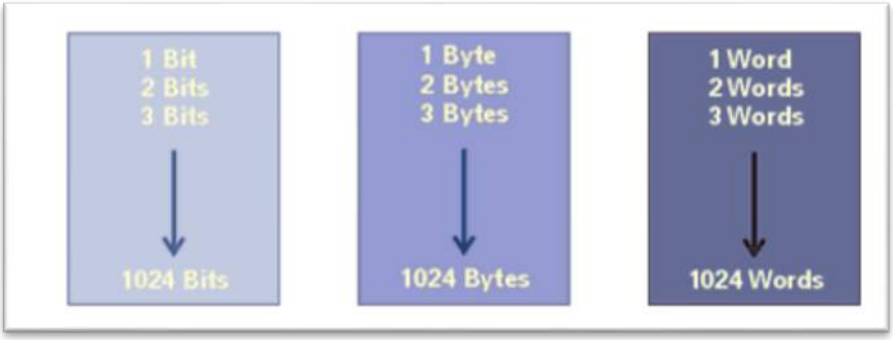


٢ برامج التحكم باستخدام الدوال الأساسية

أهداف الفصل الثالث : معرفة واكتساب

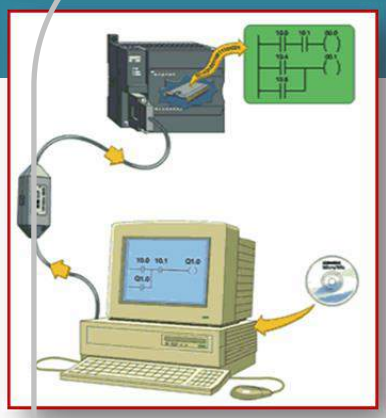
- دالة التخزين Flags.
- دالة الإبقاء والإلغاء (النطاط) Set / Reset Flip – Flop.
- المؤقتات (المزمنات) Timers.
- العدادات Counters.
- المقارنات Comparators.
- دالة القفز The Jump Function .
- تطبيقات عملية في تقنية التحكم المبرمج.





محتويات الفصل الثالث

البرمجيات – التكوين المادي – الذاكرة .



1-3 تمهيد
2-3 الدوال الأساسية .
3-3 البرمجة باستعمال بعض الدوال .
4-3 المزمنات (المؤقتات).
5-3 العدادات.
6-3 عدادات الين برادلي.
7-3 المقارنات .
8-3 الاوامر المتخصصة .
1-8-3 دالة القفز.
9-3 تطبيقات عملية في تقنية التحكم المبرمج.
1-9-3 قائمة التخصيص .
10-3 تشغيل وايقاف محرك من مكانيين مختلفين .

اختبارات موضوعية .
اسئلة الفصل الثالث .

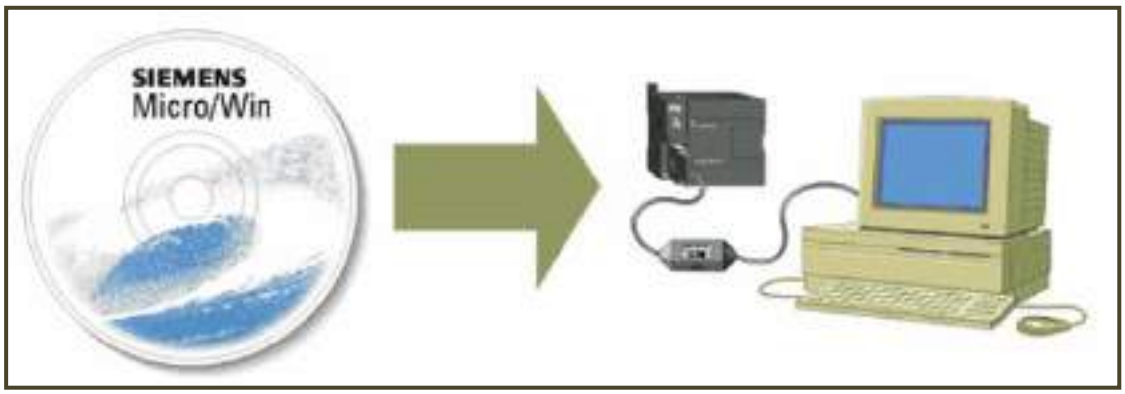
الفصل الثالث

الدوال الأساسية في برمجة الـ PLC

3 - 1 تمهيد:

البرمجيات software

عبارة عن معطيات تكون في هيئة معينة تجعل الحاسوب وجهاز التحكم المبرمج PLC قابلة للاستخدام من قبل المستخدم (User) وتحتوي على الأوامر او البرامج التي تتحكم بأجهزة PLC والشكل (3-1) يوضح ما المقصود بالبرمجيات .



الشكل (3-1) وضع البرنامج الى الحاسوب

المكونات المادية Hardware

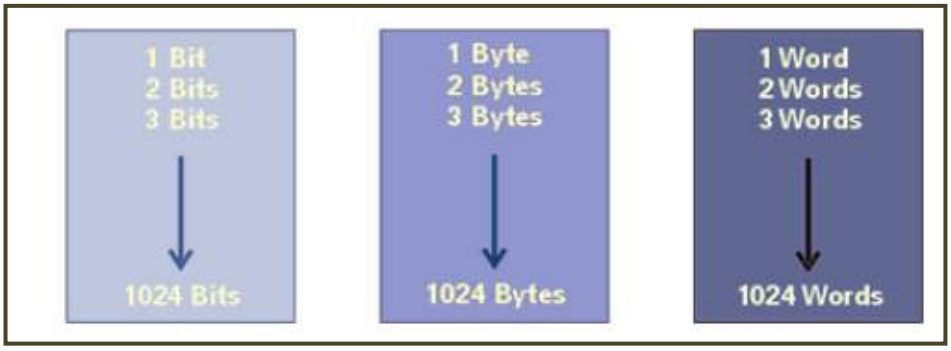
تعني الأجهزة وهي جميع المعدات مثل جهاز التحكم المنطقي المبرمج PLC وقابلو التوصيل (Connecting) ، جهاز البرمجة والشكل (3-2) يوضح هذه الأجهزة.



الشكل (3-2) أجهزة تحتوي على المكونات المادية

حجم الذاكرة Memory Size

عندما نتحدث عن جهاز التحكم المنطقي المبرمج PLC فأن 1K يساوي 1024 وهذا بسبب النظام الثنائي المستخدم في أنظمة الحاسوب وجهاز التحكم المنطقي المبرمج PLC وذلك لان (2^{10} =1024) بمعنى آخر وحسب سعة الذاكرة يمكن ان يكون لدينا Bit (1024) أو byte (1024) أو (1024) كلمة لاحظ الشكل (3-3).



الشكل (3-3) سعات الذاكرة

وتقسم ذاكرة اجهزة التحكم المنطقي المبرمج PLC الى ثلاثة اقسام هي :

1- قسم البرنامج
2- قسم البيانات
3- قسم المعاملات القابلة للتعريف

يكون قسم البرنامج مسؤول على تخزين أوامر البرنامج وهذا الجزء من الذاكرة مسؤول أيضا عن الطريقة التي يتم التحكم فيها لقسم البيانات ونقاط الدخل . يتم كتابة البرنامج بأحدى الطرق LAD (Ladder) STL (Structure Text List) , FBD (Function Block Diagram) ثم عن طريق جهاز البرمجة يتم تحميل البرنامج الى قسم البرامج بذاكرة اجهزة التحكم المنطقي المبرمج PLC والشكل (4-3) يوضح كيف يتم كتابة وتحميل البرامج .



الشكل (4-3) كتابة وتحميل البرنامج لأجهزة التحكم المنطقي المبرمج PLC

قسم البيانات يعتبر منطقة عمل حيث تستخدم الذاكرة به للعمليات الحسابية ، التخزين المؤقت ، النتائج الابتدائية وتخزين القيم الثابتة (Constants) ويحتوي على عناوين المؤقتات والعدادات والمداخل والمخارج التماثلية ويمكن الوصول الى هذه العناوين من خلال التحكم بالبرنامج ، اما قسم المعاملات القابلة للتعريف فانه يستخدم لتخزين معاملات التجهيز الأساسية او المعدلة مثل تعريف أنواع وصفات وحدات الدخل والخرج المتصلة والتي تم وضعها مع أجهزة التحكم المنطقي المبرمج PLC .

اما المتطلبات للتعامل مع اجهزة التحكم المنطقي المبرمج PLC فهي

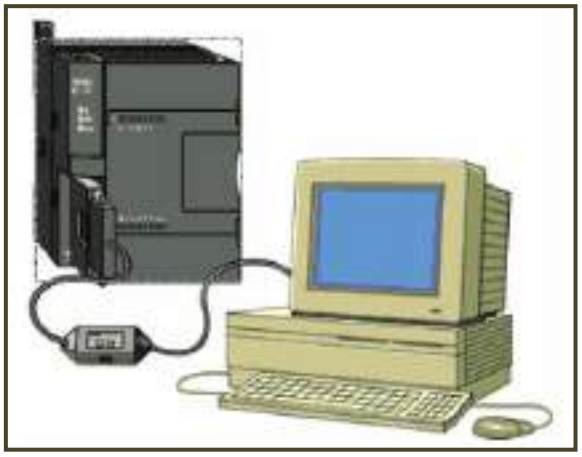
1- جهاز PLC.
2- جهاز برمجة.
3- برمجيات البرمجة Software.
4- قابلو (Cable) توصيل.

ويمكن استخدام جهاز برمجة PG مخصص لهذا الغرض مثل الجهاز الموضح بالشكل (3-5).



الشكل (3-5) جهاز البرمجة مع جهاز PLC

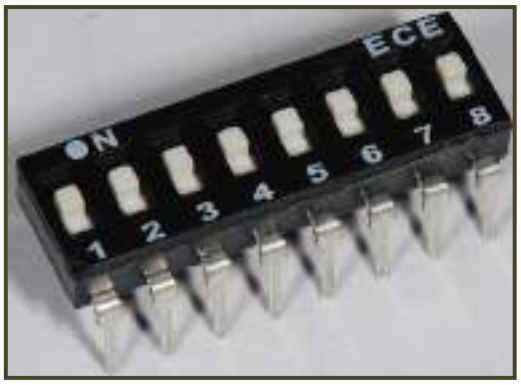
او استخدام الحاسوب الشخصي كما موضح بالشكل (3-6)



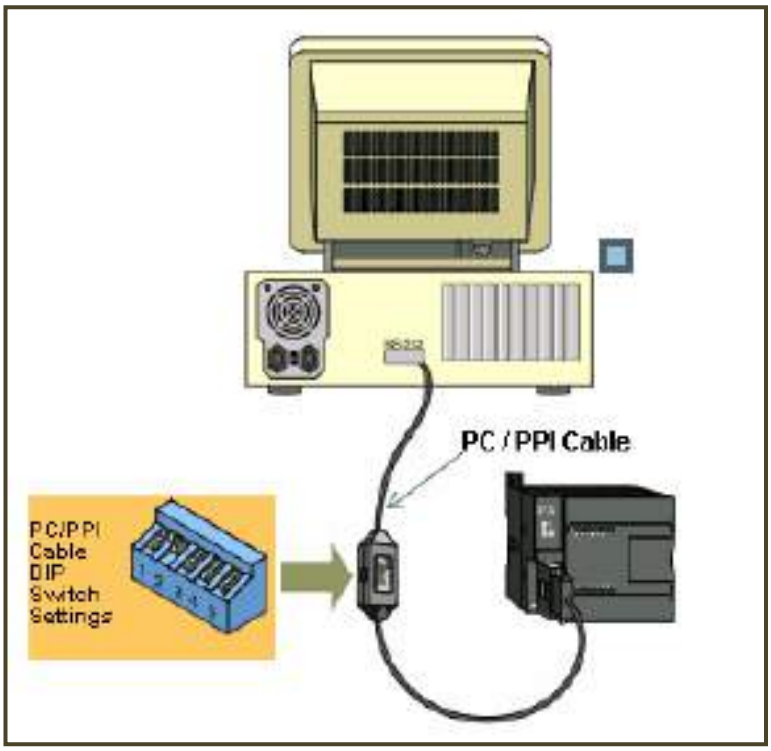
الشكل (3-6) جهاز الحاسوب الشخصي PC مع جهاز PLC

يستخدم نوع خاص من القابلوات (Cables) عند استخدام جهاز الحاسوب الشخصي PC بدلاً من جهاز البرمجة ويدعى هذا القابلو PC\PPI (Point To Point Interface) يسمح بالاتصال بين جهاز PLC وجهاز الحاسوب من خلال منفذ التوالي وتوجد مفاتيح من نوع (DIP) (Dual In-Line Package) والموضح في الشكل (3-7 أ) لتحديد معدل نقل البيانات والشكل

(7-3 ب) يوضح كيفية ربط القابلو وضبط مفاتيح (DIP) بين جهاز البرمجة وجهاز التحكم المنطقي المبرمج PLC .



الشكل (7-3 أ) المفاتيح من نوع DIP



الشكل (7-3 ب) طريقة ضبط وتوصيل القابلو

3 - 2 الدوال الاساسية Basic Functions

يجب التعرف على أساليب العنونة داخل أجهزة PLC قبل التطرق للدوال الأساسية والمتقدمة لما تمثله من أهمية قصوى في فهم طرق برمجة أجهزة PLC ويمكن تقسيم أساليب العنونة الى :

العنونة المطلقة (Absolute Addressing)

وتتكون بصفة عامة من جزئين هما :

1- معرف العنوان : Address Identifier

2- موقع الذاكرة : Memory Location

يوضح الشكل (3-8) كل من معرف العنوان عن الوظيفة والوحدة المراد التعامل معها مثل الرموز الاتية:

I : الدخل .

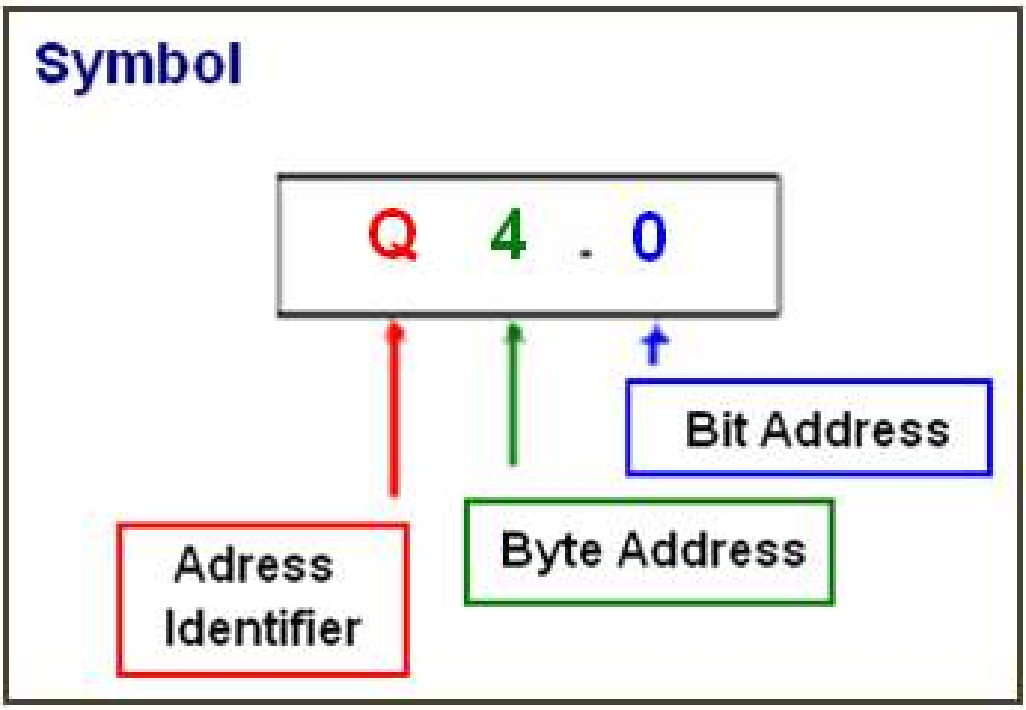
Q : الخرج .

M: الذاكرة.

T: المؤقت .

C: العدادات .

أما بالنسبة لموقع الذاكرة فهو يحدد البايت والبت المراد التعامل معه ومن الشكل نجد أن المقصود بالعنوان هو البت رقم 0 من البايت رقم ٤ .



الشكل (3-8) معرّف العنوان

ويمكن تقسيم العنونة المطلقة الى عدة انواع هي:

1- العنونة الفورية : Immediate Addressing

مثل الامر(L+27V) (تحميل المركم بالقيمة ٢٧).

2- العنونة المباشرة : Direction Addressing

مثل الامر (A I0.0) (إجراء عملية AND على المدخل I0.0)

3- العنونة غير المباشرة للذاكرة Memory Indirect Addressing

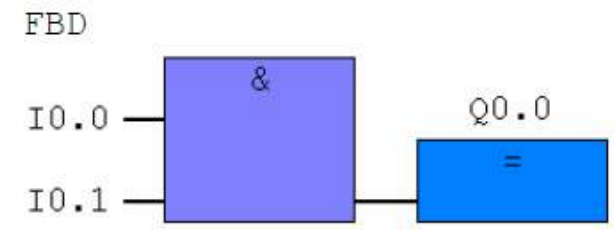
مثل الامر ([MD3] (A) اجراء عملية AND على المدخل الموجود عنوانه بموقع الذاكرة MD3).

4- العنونة الرمزية Symbolic Addressing

وتستخدم هذه الطريقة لجعل عملية فحص البرنامج اسهل حيث يتم اعطاء المداخل او المخارج او مواقع الذاكرة رموز وأسماء يمكن قراءتها ويشير الى الوظيفة مثل اعطاء الخرج Q4.0 الاسم (MOTOR_ON) ولكن يجب تعريف هذه العناوين الرمزية في برنامج خاص يسمى محرر الرموز (Symbol Editor) وحفظها حتى يستطيع المبرمج التعامل معها مباشرة .

مثال (3-1) :

يعمل الخرج Q 0.0 عندما يكون الدخل I 0.0 والدخل I 0.1 في حالة توصيل كما بلي :

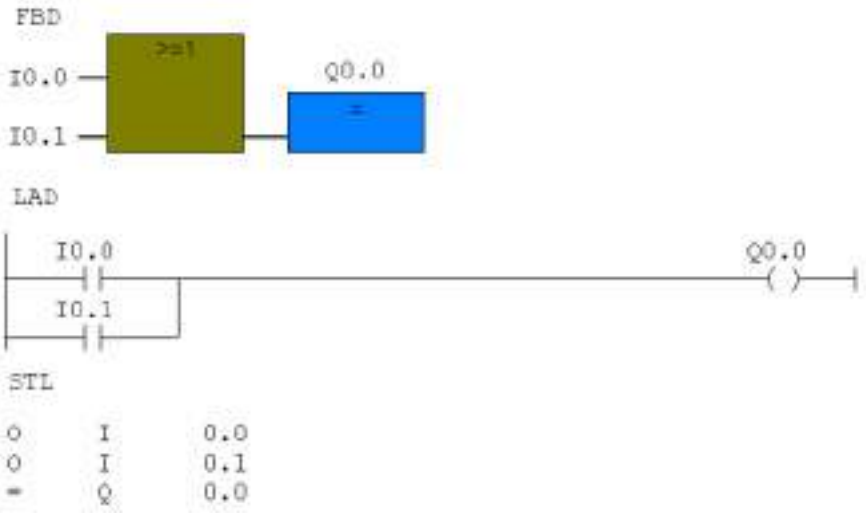





```
STL
 A      I      0.0
 A      I      0.1
 =      Q      0.0
```

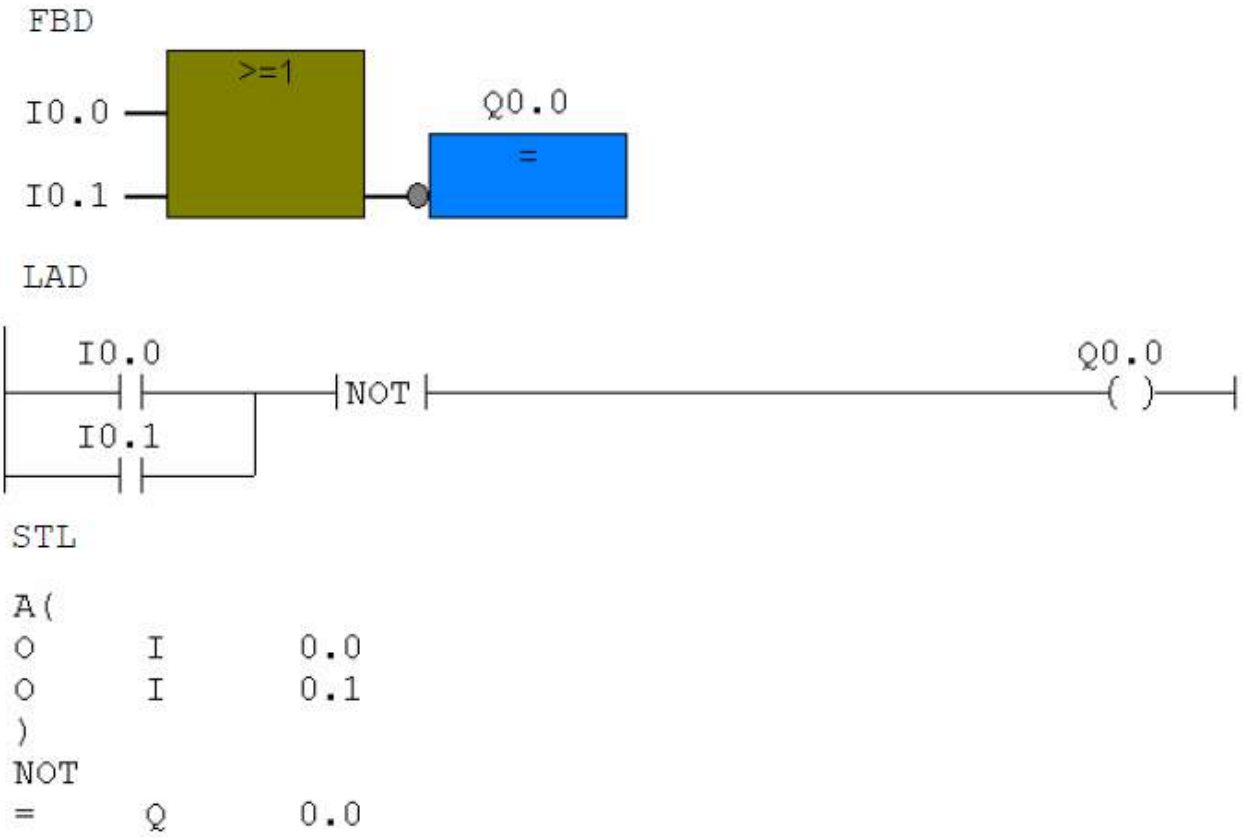
مثال (3-2) :

يعمل الخرج Q 0.0 عندما يكون الدخل I 0.0 والدخل I 0.1 في حالة توصيل كما يلي :



مثال (3-3) :

يعمل الخرج Q 0.0 في حالة واحدة فقط عندما يكون المدخلان I 0.0 و I 0.1 غير موصلين بسبب وجود NOT وكما يلي :



3 - 3 البرمجة باستعمال بعض الدوال:

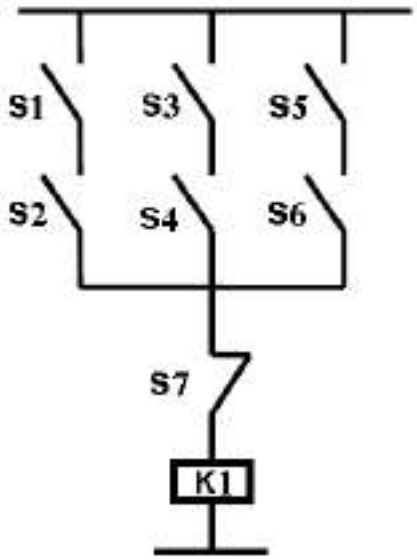
سنتطرق في هذا الفصل الى شرح بعض الدوال الأساسية والدوال المساعدة والتي تستعمل بكثرة في البرمجة وهي:

1- دالة التخزين Flags F أو Marker M :

تستعمل دالة التخزين في نظام التحكم باستعمال الـ PLC عوضاً عن المرحلات المستعملة بين الدخل والخرج في نظام التحكم، والنقاط المستعملة لهذا الغرض تسمى Flags ولها اماكن خاصة في وحدة التحكم المركزي CPU . وعند استعمال هذه العناصر فإن البرنامج يتم تجزئته وتبسيطه الى مجموعة برامج صغيرة. ويرمز لدالة التخزين بالحرف F واحياناً الحرف M وتبدأ بالرمز F0,0 الى F0,7

مثال (3-4) :

اكتب برنامج باستعمال دالة التخزين لدائرة التحكم الموضحة في الشكل (3-9) بطريقتي المخطط السلمي وقائمة الإجراءات.

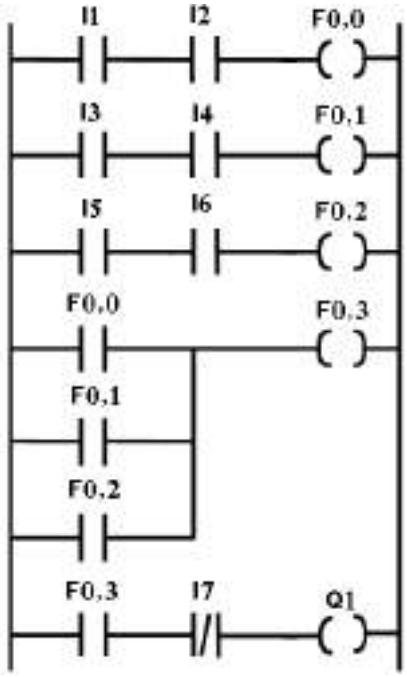


قائمة التخصيص	
S1	I1
S2	I2
S3	I3
S4	I4
S5	I5
S6	I6
S7	I7
K1	Q1

الشكل (3-9) دائرة تحكم وقائمة التخصيص لها

الحل:

باستعمال المخطط السلمي وباستعمال قائمة الإجراءات لاحظ الشكل في (3-10).

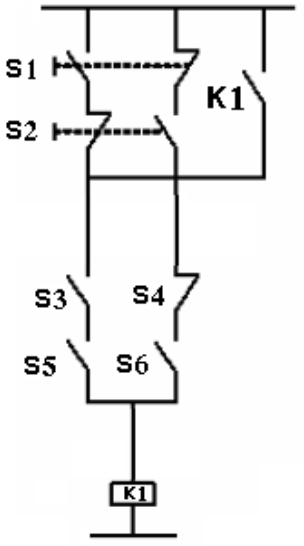


A	I1
A	I2
=	F0,0
A	I3
A	I4
=	F0,1
A	I5
A	I6
=	F0,2
O	F0,1
O	F0,2
=	F0,3
A	F0,3
AN	I7
=	Q1
BE	

الشكل (3-10) المخطط السلمي وقائمة الإجراءات

مثال (3-5) :

باستعمال دالة التخزين ارسم المخطط السلمي وقائمة الإجراءات والخريطة الدالية لدائرة التحكم والموضحة في الشكل (3-11):

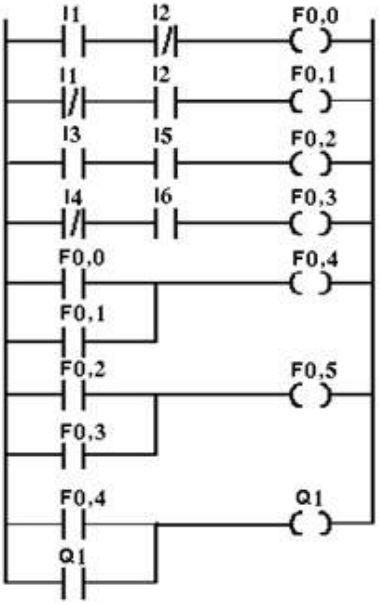


قائمة التخصيص	
S1	I1
S2	I2
S3	I3
S4	I4
S5	I5
S6	I6
K3	Q1

الشكل (3-11) دائرة تحكم وقائمة التخصيص لها

الحل :

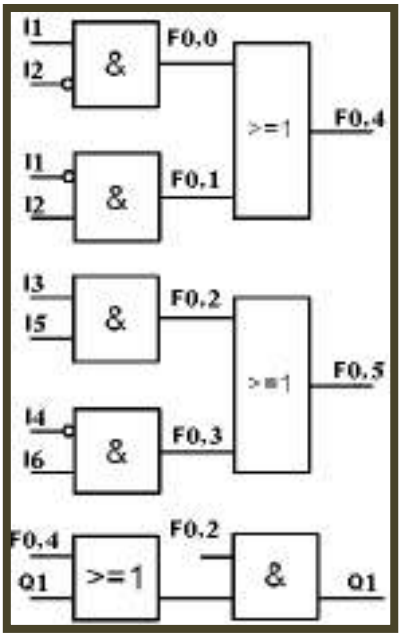
اولاً : المخطط السلمي وقائمة الإجراءات لدائرة التحكم في الشكل (3-12) يكون:



A	I1
AN	I2
=	F0,0
AN	I1
A	I2
=	F0,1
A	I3
A	I5
=	F0,2
AN	I4
A	I6
=	F0,3
A	F0,0
O	F0,1
=	F0,4
A	F0,2
O	F0,3
=	F0,5
A	F0,4
O	Q1
A	F0,5
=	Q1
BE	

الشكل (3-12) المخطط السلمي وقائمة الإجراءات

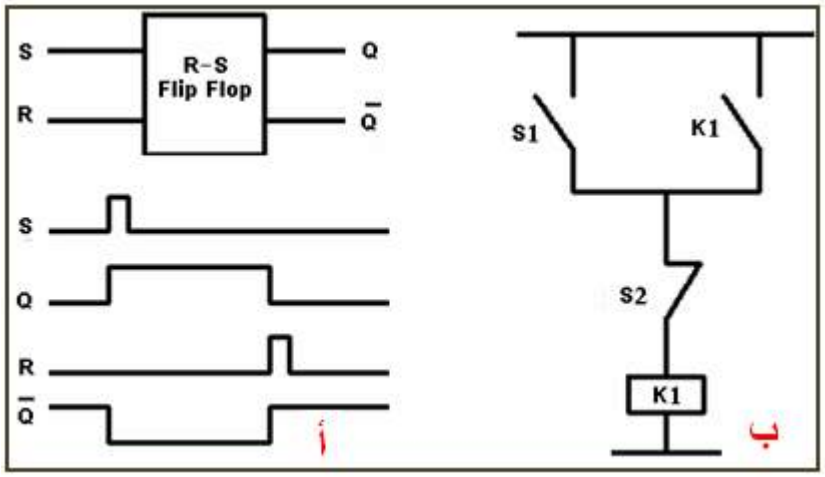
ثانياً : الخريطة الدالية موضحة في الشكل (3-13).



الشكل (3-13) الخريطة الدالية

2- دالة الابقاء والالغاء (القلاب) Set /Reset :

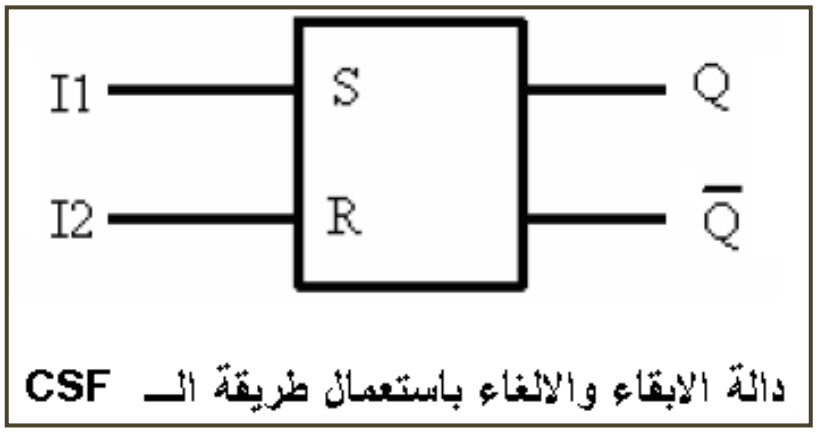
تستعمل هذه الدالة القلاب RS في المحافظة على حالة توصيل عند نقطة خرج معينة أو الغاء ذلك التوصيل. فأذا استعملنا (Set) يتم المحافظة على حالة التوصيل، أما اذا استعملنا (Reset) فيتم الغاء التوصيل وهذه الدالة مفيدة لانه عند استعمال اشارة دخل بتردد عالي فيمكننا عندها جعل الخرج في حالة توصيل لفترة طويلة لغاية وصول اشارة ثانية لعمل حالة (Reset) لاحظ الشكل (3-14 أ). اما في حالة نظم التحكم بالملامسات فإن هذه الدائرة تمثل دائرة الامساك والموضحة في الشكل (3-14 ب) فعند الضغط على المفتاح الاول (S1) يتم تشغيل الملامس الاول ويبقى ذاتيا في حالة فتح وهي تمثل (Set) وعند الضغط على المفتاح الثاني يلغى التوصيل وهي تمثل حالة (Reset) .



الشكل (3-14) دالة الابقاء والالغاء

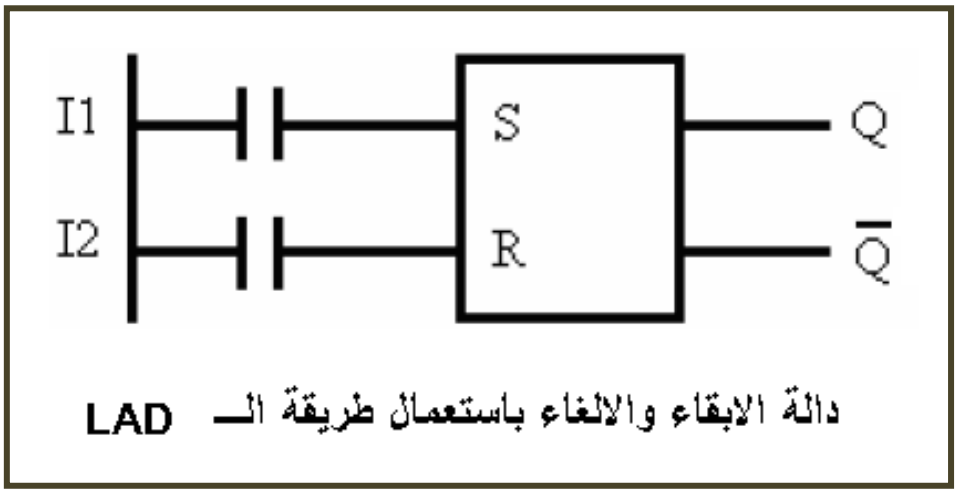
ويمكن تمثيل دالة الابقاء والالغاء بطرق البرمجة الثلاث بعد تحديد قائمة التخصيص.

اولاً: تمثيل دالة الابقاء والالغاء بطريقة الخريطة الدالية: الشكل (3-15) يبين البرنامج بطريقة الخريطة الدالية.



الشكل (3-15) دالة الإبقاء والإلغاء باستعمال الخريطة الدالية

ثانياً: تمثيل دالة الابقاء والالغاء بطريقة المخطط السلمي: الشكل (3-16) يبين البرنامج بطريقة المخطط السلمي.



الشكل (3-16) دالة الابقاء والالغاء باستعمال المخطط السلمي

ثالثاً: تمثيل دائرة الابقاء والإلغاء بطريقة قائمة الاجراءات: الجدول (3-1) يبين البرنامج بطريقة قائمة الإجراءات.

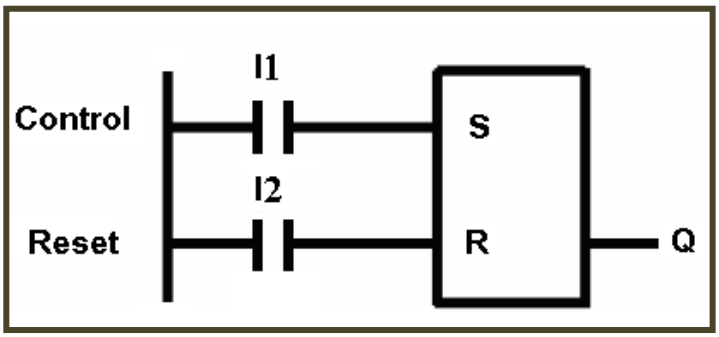
A	I1
S	Q1
A	I2
R	Q1
BE	

جدول (3-1) البرنامج بطريقة قائمة الإجراءات

3 - 4 المزمنات (المؤقتات) Timers:

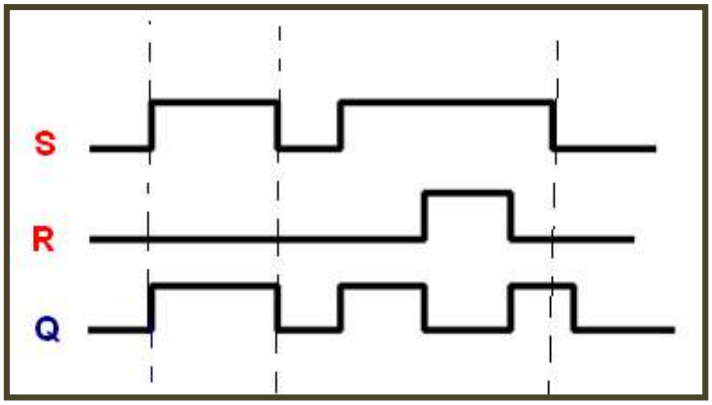
إن عملية التوقيت (Timing) هي عملية تحقيق التوافق في زمن الإشارات التي يولدها (PLC) مع الأجهزة المتصلة به ، الأجهزة الميكانيكية المتصلة بالـ (PLC) والتي يقوم بالسيطرة عليها تكون بطيئة الاستجابة مقارنة مع الأجهزة الالكترونية لذا يتطلب عمل تأخير بالوقت (Time Delay) في برنامج (PLC) لضمان تزامن بين البرنامج والجهاز الالكتروني كما ان المؤقتات تؤدي وظائف أخرى مثل تنظيم الفترات الزمنية ، تكرار دورات التشغيل (Operational Cycles)، توفير إمكانية إعادة التشغيل عند إتمام دورة معينة . في دوائر منطق المرحل تكون المؤقتات عبارة عن أجهزة الكترونية او الكتروميكانيكية ويوجد منها نوعين الرقمي (Digital) و التناظري (Analog) ويستخدم النوع الأول لعد النبضات التي تولدها دائرة التوقيت الالكترونية أما النوع التناظري فيستجيب إلى الكميات الفيزيائية والتغير الفيزيائي في منظومة (PLC) يكون المؤقت عبارة عن مجموعة من التعليمات الموجودة في برنامجه الرئيسي ، وهذا النوع يؤدي عمله بكفاءة ومقدرة كما انه يمكن زيادة الوظائف التي يؤديها المؤقت من خلال تطوير تعليمات البرنامج.

ومن العمليات الصناعية التي تحتاج استعمال المؤقتات هي عمليات اللحام ، وعمليات الدهان ومعالجات الحرارة، ويستعمل لأكثر من عملية بزمن محدد بين عملية وأخرى مثل إيقاف محرك معين وبدأ محرك آخر بالعمل ويتكون المؤقت من نقطتي دخل S, R و نقطة خرج Q ، لاحظ الشكل (3-17).



الشكل (3-17) الرسم التخطيطي للمؤقت

أما نقطة الدخل S فهي طرف بدء عمل المزمن ويبدأ المزمن بالعمل عند تغيير الدخل من ٠ الى ١. والدخل R يمثل طرف إيقاف المؤقت عند تغيير الحالة من ٠ إلى ١ ، لاحظ الشكل (3-18) الذي يوضح عمل المؤقت والتحكم فيه من خلال التحكم بطرفي الدخل S, R .



الشكل (3-18) التحكم بعمل المؤقت

بدء تشغيل المؤقت = S
انهاء تشغيل المؤقت =R
الخرج المراد تشغيله =Q

وللمؤقتات مكان محجوز في ذاكرة CPU بطول ١٦ خلية ويختلف من جهاز لآخر تبعا للمعالج المركزي ويصل الى ٥١٢ ويكتب زمن المؤقت بطريقتين وكما يلي:

1- الطريقة الاولى : ان يكتب بالصيغة S5T#aH_bbM_ccS_ddMS
A هو عدد الساعات ، b هو عدد الدقائق ، c هو الثواني ، d ملي ثانية

مثال (3-6) :

٤٠ ثانية	S5T#40S
ساعة و ١٥ دقيقة	S5T#1H_15M
ساعتين و٤٦دقيقة و ٢٠ ثانية	S5T#2H_46M_20S

2- الطريقة الثانية : ان يكتب بالصيغة W#16#wxyz
W هو المعامل xyz هو الزمن

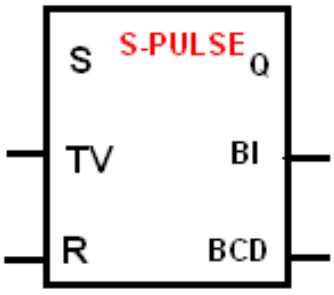
حيث يم ضرب المعامل في الزمن للحصول على الزمن الحقيقي للمؤقت ، أما المعامل فهو موضح بالجدول الآتي :

المعامل الثنائي	الزمن
٠٠	10ms
٠١	100ms
١٠	1s
١١	10s

ويمكن تقسيم المؤقتات الى :
1- المؤقت النبضي Pulse Timer
2-المؤقت النبضي الممتد Extended Pulse Timer
3- مؤقت التشغيل المتأخر Delay On Time
4-مؤقت التشغيل المخزن المتأخر Retentive On Delay Timer_
5-مؤقت الإلغاء المتأخر: Off Delay Timer

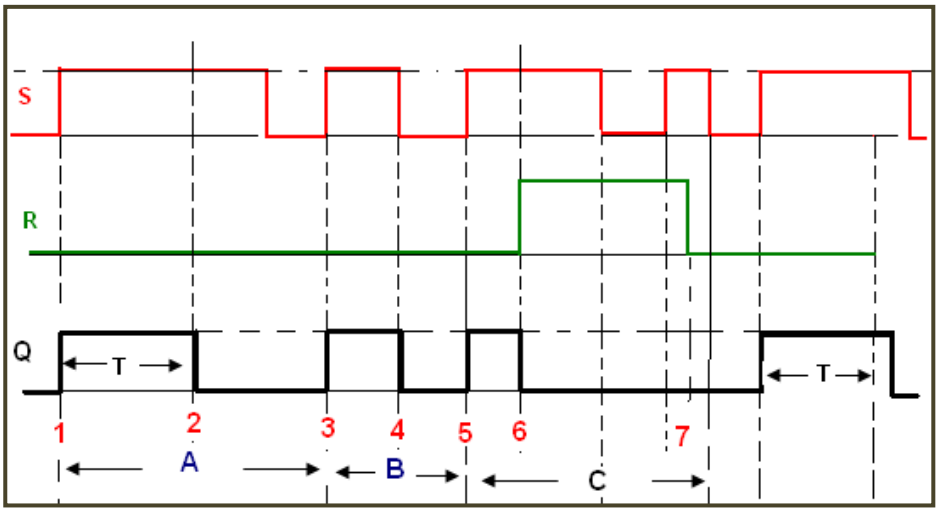
1- المؤقت النبضي : Pulse Timer (SP)

الشكل (3-19) يمثل رمز المؤقت النبضي موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين S, R دخلي المؤقت والطرف Q هو الخرج، ويمثل الطرف TV الفترة الزمنية المحددة، ويظهر BI وهو زمن المؤقت الثنائي (Binary) وكذلك زمن المؤقت BCD (Binary Coded Decimal) .



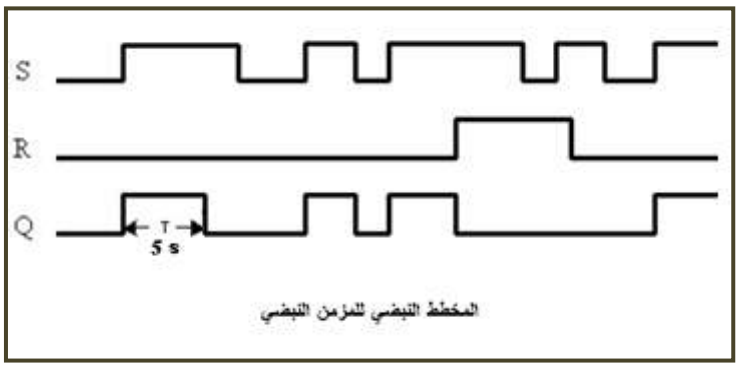
الشكل (3-19) رمز المؤقت النبضي

يظهر الخرج Q في هذا المؤقت عند النقطة ١ وبعد تشغيل المفتاح S يستمر الخرج Q بمقدار الفترة الزمنية T المحددة من قبل المستخدم وينتهي الخرج عند النقطة ٢ بالرغم من تشغيل الطرف S ويغلق S بعد الفترة T فيصبح الخرج Q= 0 ،في النقطة ٣ و ٤ يستمر الطرف في حالة OFF ، عند النقطة ٥ يتم تشغيل المفتاح S ويعمل المؤقت لحين النقطة ٦ فيعمل المفتاح R فيصبح الخرج Q= 0 مباشرة ونستنتج (كلما يكون R في حالة ON يكون الخرج صفراً)، وللحصول على خرج لابد من تغيير المفتاح S من ON الى OFF ثم ON كما موضح بالشكل (3-20) اي عندما تتغير إشارة الدخل من ٠ الى ١ يبدأ المؤقت النبضي بالعمل ويتوقف عند وصول إشارة الإلغاء من ٠ إلى ١ على الدخل R .



الشكل (3-20) إشارات الدخول والخرج للمؤقت النبضي الممتد

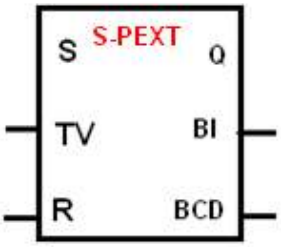
وعلى سبيل المثال عند تحديد الفترة الزمنية تكون قائمة الإجراءات للمؤقت النبضي كما موضح بالشكل (3-21)



الشكل (3-21) اشارات الدخول والخرج للمؤقت النبضي بالزمن 5s

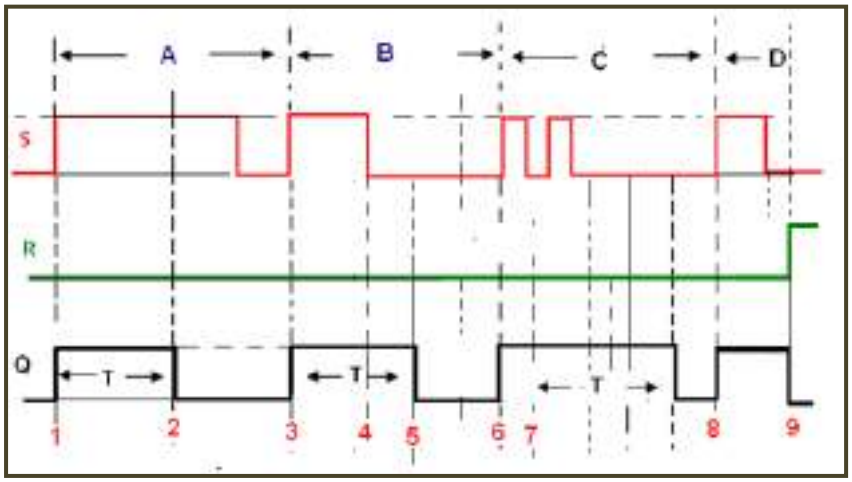
2- المؤقت النبضي الممتد : SE (Extended Pulse Timer)

الشكل (3-22) يمثل رمز المؤقت النبضي الممتد موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين S, R دخلي المؤقت والطرف Q هو الخرج ويمثل الطرف TV الفترة الزمنية المحددة ، ويظهر BI وهو زمن المؤقت الثنائي (Binary) وكذلك زمن المؤقت BCD (Binary Coded Decimal)



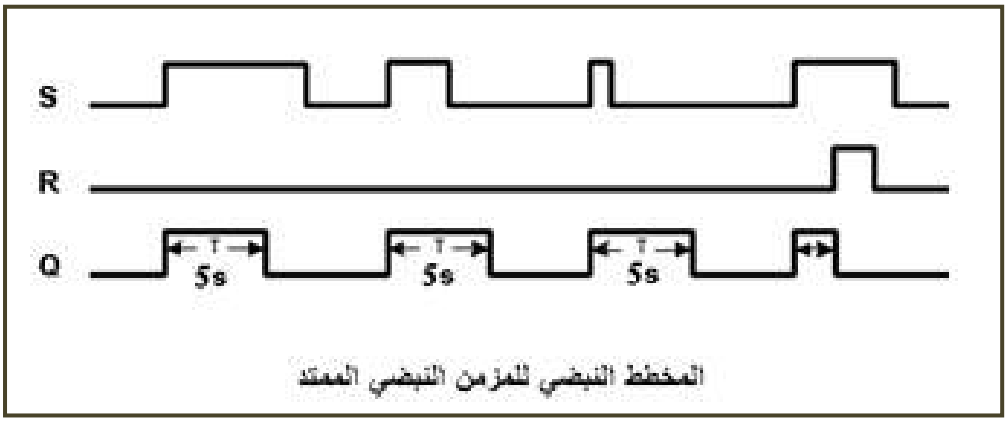
الشكل (3-22) رمز المؤقت النبضي الممتد

من الشكل (3-23) نلاحظ في النقطة ١ عند وضع المفتاح S في الوضع ON يبدأ المؤقت بالعمل ويظهر الخرج Q ويستمر هذا الخرج لفترة زمنية T التي يتم تحديدها لزمن معين وينتهي الخرج عن النقطة ٢ بعد انتهاء المؤقت بالفترة T بالرغم من استمرار S = ON . في النقطة ٣ يكون S في الوضع ON ويبدأ المؤقت في أعطاء الخرج Q ولكن عند النقطة ٤ نضع S في الوضع OFF ويبقى الخرج Q موجوداً وتستمر الفترة الزمنية T وتنتهي عند النقطة ٥ ، عند النقطة ٦ نضع S في الوضع ON فيبدأ المؤقت في العمل ويظهر الخرج Q وبتغير S إلى OFF ثم إلى ON مرة أخرى يبدأ المؤقت بحساب الفترة الزمنية ابتداء من آخر مرة ثم وضع المفتاح S على الوضع ON . في النقطة ٨ نضع S في الوضع ON فيبدأ المؤقت في العمل ويظهر الخرج وإذا تم وضع R في الوضع OFF يصبح الخرج صفراً في النقطة ٩.



الشكل (3-23) إشارات الدخول والخرج للمؤقت النبضي الممتد

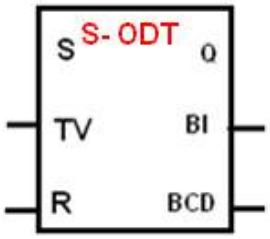
وعلى سبيل المثال عند تحديد الفترة الزمنية تكون قائمة الإجراءات للمؤقت النبضي الممتد كما موضح بالشكل (3-24)، تستمر إشارة الخرج لفترة الزمن المحدد سابقاً حتى لو انقطعت إشارة الدخل S وهذا لا ينطبق على حالة المؤقت النبضي .



الشكل (3-24) إشارتي الدخل وإشارة الخرج للمؤقت النبضي الممتد بالزمن 5s

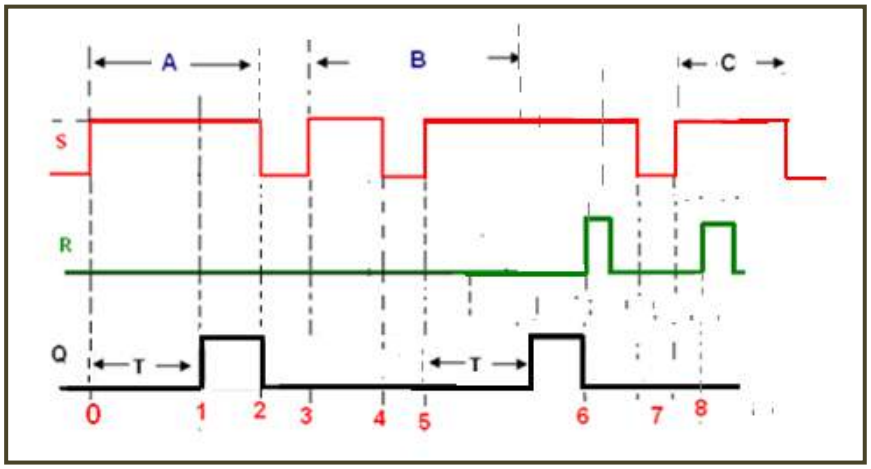
3 - مؤقت التشغيل المتأخر: On Delay Timer (SD)

الشكل (3-25) يمثل رمز مؤقت التشغيل المتأخر موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين S, R دخلي المؤقت والطرف Q هو الخرج. ويمثل الطرف TV الفترة الزمنية المحددة ، ويظهر BI وهو زمن المؤقت الثنائي (Binary) وكذلك زمن المؤقت BCD (Binary Coded Decimal).



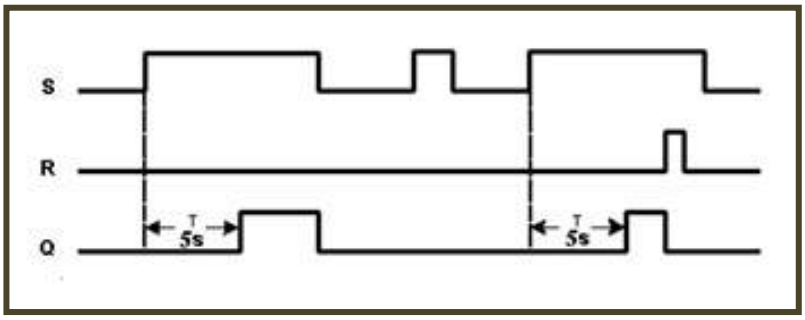
الشكل (3-25) رمز مؤقت التشغيل المتأخر

في مؤقت التشغيل المتأخر يؤخر فيه زمن الحصول على إشارة الخرج بعد أشارة الدخل بفترة زمنية محددة سابقاً ويظل الخرج حتى تتغير إشارة الدخل على الطرف S أو تأتي إشارة على الطرف R. والشكل (3-26) يبين مؤقت التشغيل المتأخر وإشارتي الدخل وإشارة الخرج.



الشكل (3-26) إشارات الدخول والخرج وتتبع عمل مؤقت التشغيل المتأخر

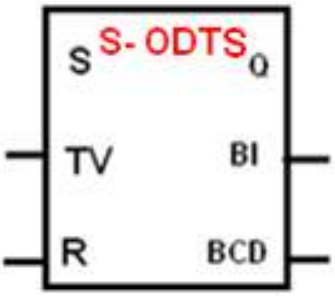
في النقطة (٠) نضع المفتاح (S)في الوضع (ON) ويبدأ الخرج من النقطة (١) بعد مرور الفترة الزمنية المحددة على الطرف (TV) يستمر الخرج لحين تغير((S الى الوضع OFF ، في النقطة (٣) يتم وضع (S) في حالة (ON) لحين النقطة (٤) وبسبب عدم مرور الفترة الزمنية المحددة في (TV) لا يظهر الخرج (Q).
في النقطة (٥) يتم إعادة وضع (S) الى (ON) فيعمل المؤقت ويظهر الخرج خلال الفترة (T) . في النقطة (٦) يصل الخرج الى الصفر مباشرة بسبب تشغيل المفتاح (R).
وعلى سبيل المثال عند تحديد الفترة الزمنية للمؤقت التشغيل المتأخر كما موضح بالشكل (3-27) الذي يوضح إشارات الدخول والخرج .



الشكل (3-27) يوضح إشارتي الدخل وإشارة الخرج لمؤقت التشغيل المتأخر بالزمن 5s

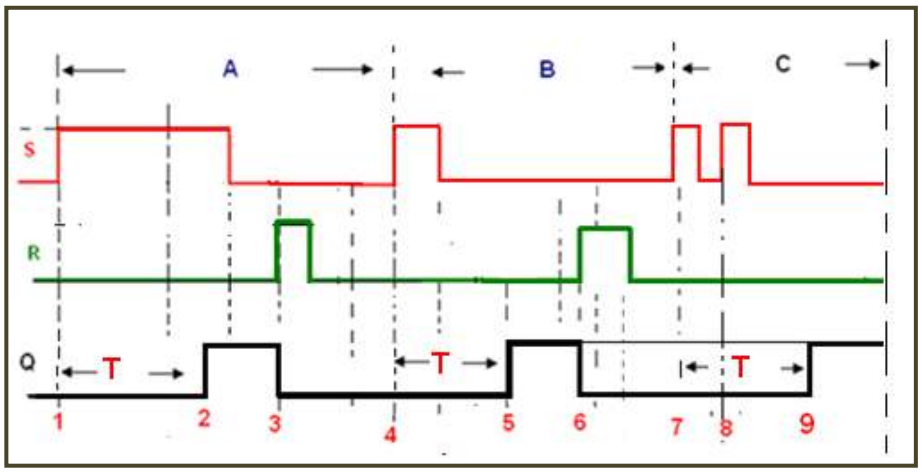
4 - مؤقت التشغيل المخزن المتأخر : Retentive on Delay Timer (SS)

الشكل (3-28) يمثل رمز مؤقت التشغيل المخزن المتأخر موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين S, R دخلي المؤقت والطرف Q هو الخرج ويمثل الطرف TV الفترة الزمنية المحددة. ، ويظهر BI وهو زمن المؤقت الثنائي (Binary) وكذلك زمن المؤقت BCD (Binary Coded Decimal) .



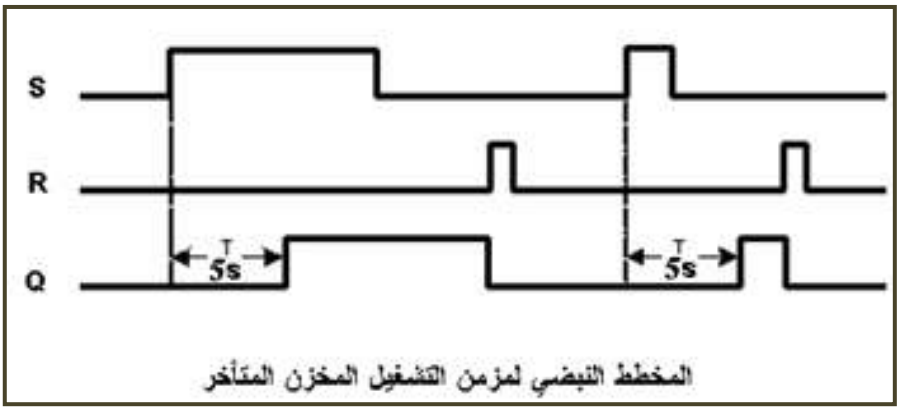
الشكل (3-28) رمز مؤقت التشغيل المخزن المتأخر

في هذا النوع من المؤقتات يتم إلغاء الخرج بعد الحصول على إشارة الدخل R أي بعد إدخال إشارة الدخل S بالفترة الزمنية المحددة يتم الحصول على الخرج ولو حدث بعد ذلك تغيير في إشارة الدخل S لن يتأثر الرج والشكل (3-29) يوضح الرسم التخطيطي لمؤقت التشغيل المخزن المتأخر والمخطط النبضي للمؤقت بالزمن 5s.



الشكل (3-29) إشارات الدخول والخرج وتتبع عمل مؤقت التشغيل المخزن المتأخر

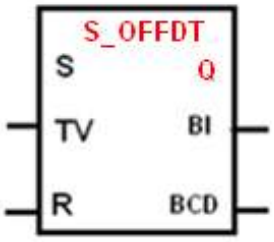
وعلى سبيل المثال عند تحديد الفترة الزمنية للمؤقت التشغيل المخزن المتأخر كما موضح بالشكل (3-30)الذي يوضح إشارات الدخول والخرج



الشكل (3-30) يوضح إشارتي الدخل وإشارة الخرج لمؤقت التشغيل المتأخر بالزمن 5s

5 - مؤقت الالغاء المتأخر: Off Delay Timer

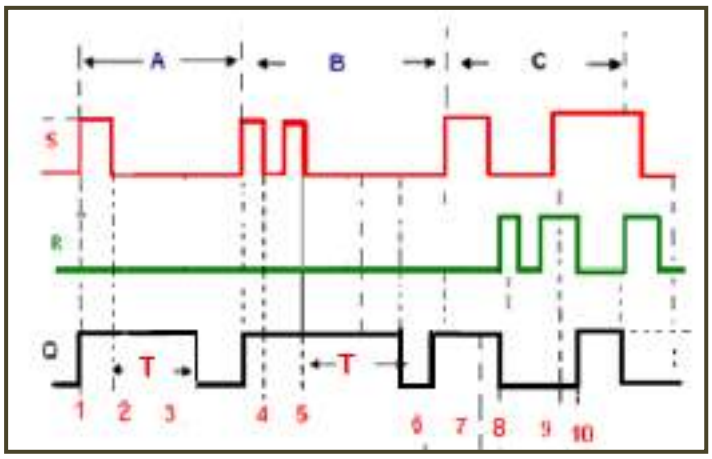
الشكل (3-31) يمثل رمز مؤقت الإلغاء المتأخر موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين S, R دخلي المؤقت والطرف Q هو الخرج. ويمثل الطرف TV الفترة الزمنية المحددة ، ويظهر BI وهو زمن المؤقت الثنائي (Binary) وكذلك زمن المؤقت BCD (Binary Coded Decimal) .



الشكل (3-31) رمز مؤقت الإلغاء المتأخر

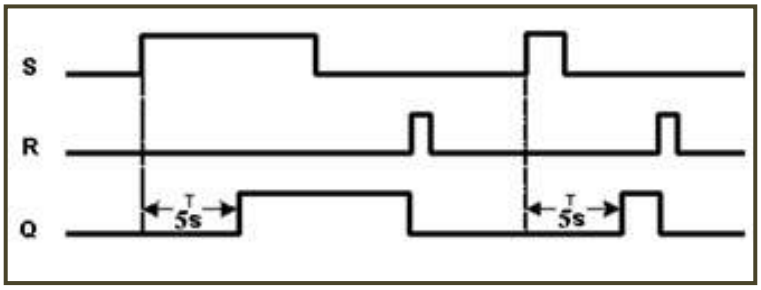
في هذا النوع من المزمنات نحصل على إشارة الخرج Q في نفس اللحظة التي يتم فيها تغيير الدخل S من ٠ إلى ١ وبعد انتهاء إشارة الدخل S بفترة زمنية محددة سابقاً يتم إلغاء الخرج اي انه لا يتم إلغاء الخرج بمجرد إلغاء الدخل. وبوصول إشارة الدخل R يتم إلغاء الخرج فوراً.

والشكل (3-32) يوضح إشارات الدخول والخرج وتتبع عمل مؤقت الإلغاء المتأخر حيث عندما يكون الوضع للمفتاح S على الوضع ON يظهر الخرج لفترة زمنية مقدارها T وتحسب من لحظة وضع المفتاح S في حالة ON. وبعد الفترة T يصبح Q=0 في النقطة ٣ ، وفي النقطة ٤ يوضع المفتاح في الوضع OFF فيبدأ المؤقت بالعمل ومن النقطة ٥ يبدأ بحساب الزمن من هذه اللحظة . في النقطة ٧ يوضع المفتاح (S) في الوضع (ON) ويستمر ظهور الخرج ويبدأ المؤقت بحساب الفترة الزمنية (T) وبوضع R بالوضع ON يصبح الخرج صفر فجأة في النقطة ٨ ، في النقطة ٩ يتم وضع S في الوضع (ON) و (R) في الوضع ON ولا يوجد خرج إلا عند تغير R إلى الوضع OFF فيظهر الخرج في النقطة ١٠ .



والشكل (3-32) يوضح إشارة الدخول والخرج لمؤقت الإلغاء المتأخر .

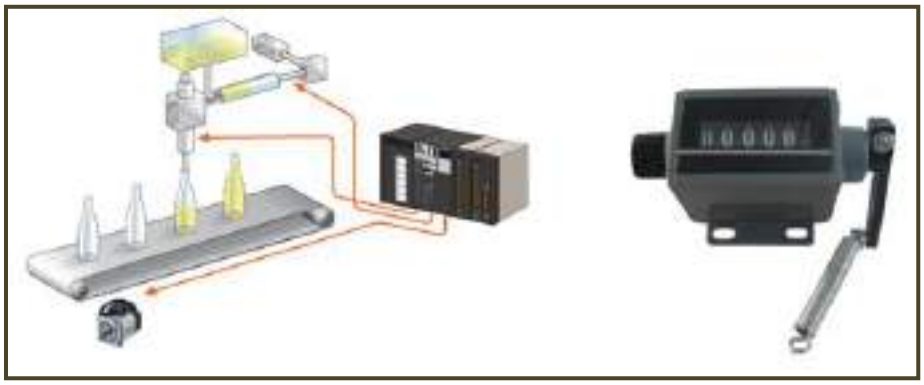
وعلى سبيل المثال عند تحديد الفترة الزمنية لمؤقت الإلغاء المتأخر كما موضح بالشكل (3-33) الذي يوضح إشارات الدخول والخرج



الشكل (3-33) يوضح الإشارات الداخلة والخرج لمؤقت الإلغاء المتأخر بالزمن 5s .

3 - 5 العدادات Counters :

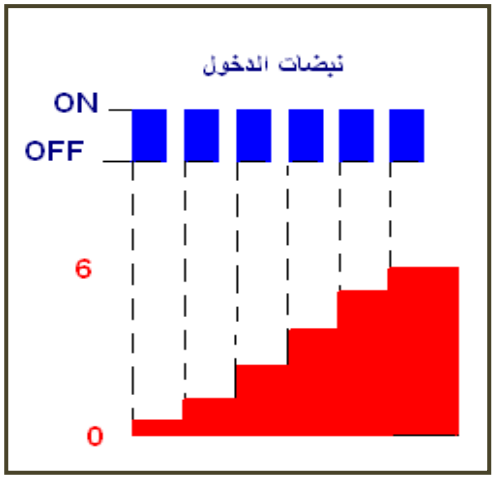
يمكن برمجة (PLC) لتوليد إشارات خرج عندما تكون المجموعة المتسلسلة من الأحداث كاملة أو عدد معين من الخطوات ضمن عمل أي ماكنة أو جهاز . وتعتبر العدادات بنفس أهمية المؤقتات، ويكون مبدأ عمليهما متداخلين ومرتبطين معاً . في دوائر منطق المرحل يكون العداد عبارة عن جهاز ميكانيكي يولد شوط حركة خطية او حركة دائرية ويتطلب وجود اتصال ميكانيكي مع المادة التي يجب عدها لاحظ الشكل (3-34)، أما في نظام (PLC) فهو عبارة عن جزء من تعليمات برنامجه ، وفيه تكون عملية العد أما تصاعدية (Up-Counter) أو تنازلية (Down-Counter) حيث يتم تجميع نبضات الفولتية المستلمة ، يتم تصفير العداد عند بدء عملية عد جديدة .



الشكل (3-34) استخدام العداد في العمليات الإنتاجية

تستعمل العدادات لعدة إغراض مثل القيام بعملية العد لمنتج معين لخط إنتاجي معين.وللعدادات مكان محجوز في ذاكرة (CPU) وبطول ١٦ خلية لكل عداد ، ويختلف عدد العدادات من جهاز إلى الآخر تبعا لنوع وحدة المعالجة المركزية وتصل إلى ٢٥٦ عداد وتتراوح قيمة العداد مابين (999 – 0) وتكتب قيمة العداد بالطريقة آلاتية :

C#XXX حيث XXX تتراوح بين (999 – 0) . ويعتمد العد على دخول العنصر مثل عد النبضات المتولدة من شعاع ضوئي او من أجهزة محولات الطاقة التي تعطي إشارة فولتية الى دخول العداد ، ويكون قدح دخول العداد اما بسلسلة نبضات او بالاعتماد على حافة النبضة الموجبة والشكل (3-35) يمثل قدح مدخل العداد بالحافة الموجبة .

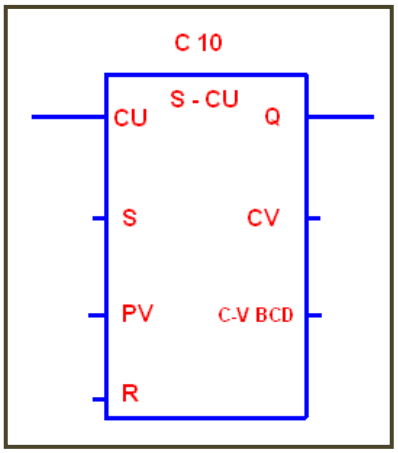


الشكل (3-35) قدح مدخل العداد بالحافة الموجبة

وهنالك نوعان من العدادات وهي :

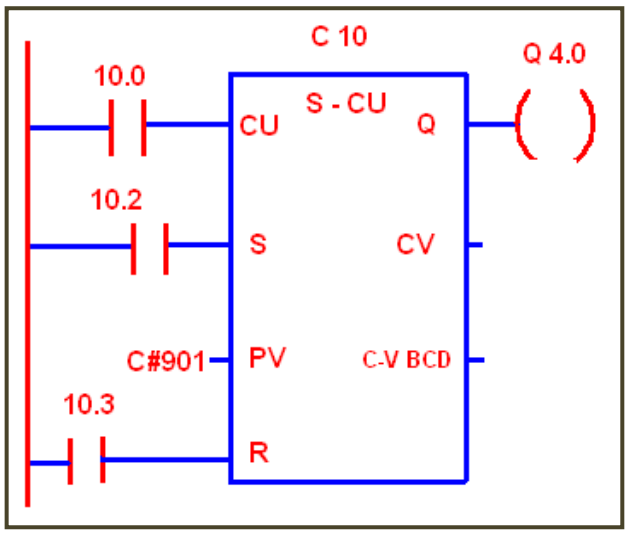
أ- العداد التصاعدي:

يكون فيه العد تصاعدياً ابتداء من الصفر وانتهاء بالقيمة المحددة أو القيمة ٩٩٩ ويتوقف العداد عن العد عند وصول إشارة على الطرف Rest الشكل (3-36) يوضح رمز العداد التصاعدي موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله وأطراف الدخول والخرج بين عناصر الدخول والخروج وباقي العناصر لهذا الشكل .



الشكل (3-36) رمز العداد التصاعدي

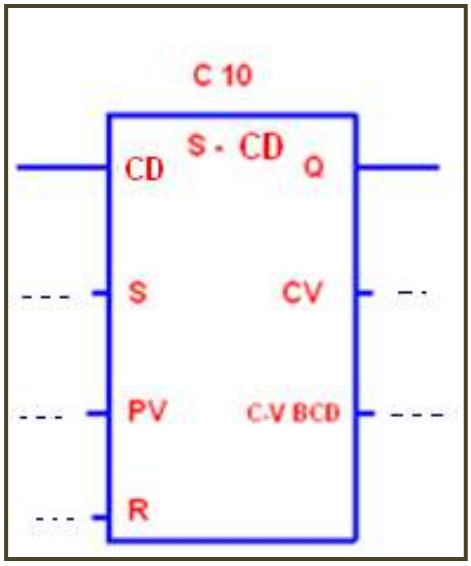
وعند وضع قيمة منطقية على الطرف S يبدأ العداد بالعد عند تثبيت القيمة PV و يتصفر العداد عندما تصل قيمة منطقية على الطرف R ، بوضع قيمة منطقية ١ على الطرف CU يزداد العد بمقدار ١ ، ويكون الخرج Q في حالة ON عندما لا تساوي PV القيمة صفر وبالعكس يصبح الخرج صفراً عندما تكون (PV=0) والدائرة الموضحة بالشكل (3-37) عبارة عن عداد تصاعدي يحمل العداد القيمة (٩٠١) وقيمة العداد تزداد بمقدار ١ ولغاية القيمة ٩٩٩. ولتوقف العداد نحول وضع المفتاح (10.3) من الوضع (OFF) الى الوضع (ON).



الشكل (3-37) مخطط سلمي للعداد التصاعدي للعد ٩٩٩

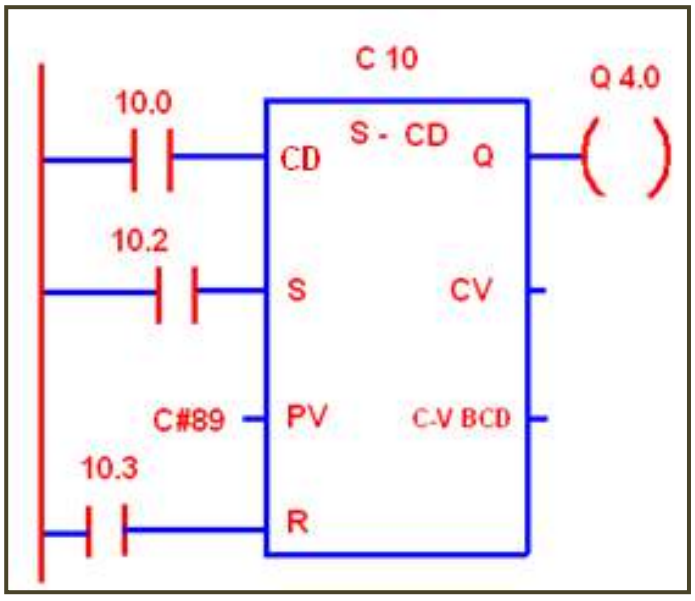
ب-العداد التنازلي :

يكون فيه العد تنازلياً من القيمة العليا المحددة ولغاية الصفر او عند وصول اشارة على الطرف R، وعند وضع قيمة منطقية على الطرف S فان العداد يبدأ بالعمل بإعطائه القيمة PV وإعطاء قيمة منطقية على الطرف R لاحظ الشكل (3-38)، فان العداد يتوقف عن العمل (تصفير العداد)، وعند وضع قيمة منطقية (١) على الطرف cd فان العداد يتناقص عن بالعد بمقدار واحد ، وتكون النتيجة في الخرج Q في حالة ON عندما تكون قيمة PV لا تساوي صفراً .



الشكل (3-38) رمز العداد التنازلي

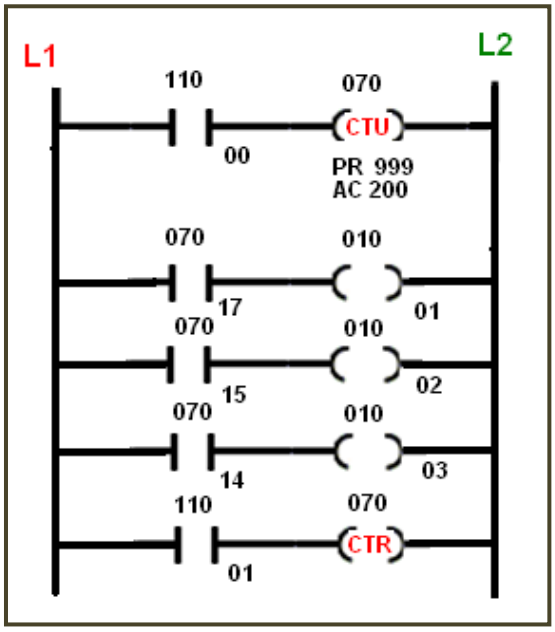
والدائرة الموضحة بالشكل (3-39) عبارة عن عداد تنازلي ولتشغيله نحول وضع المفتاح (10.2) من الوضع OFF الى الوضع ON ونحمل العداد القيمة ٨٩ ويتناقص العد بمقدار ١ الى ان يصل الى الصفر ،ولتوقف العداد نحول وضع المفتاح (10.3) من الوضع OFF الى الوضع ON وخرج العداد يساوي قيمة منطقية (١) طالما لا يساوي PV الصفر.



الشكل (3-39) مخطط سلمي للعداد التنازلي من ٨٩ الى الصفر

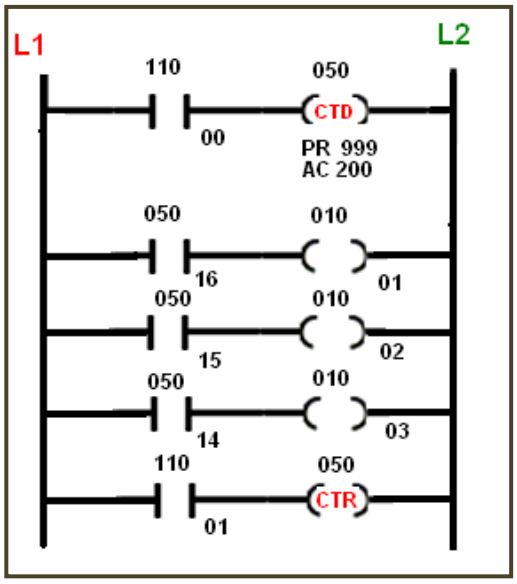
3 - 6 عدادات الين برادلي : Allen – Bradley Counters

الشكل (3-40) يبين عداد الين برادلي التصاعدي وتوصيلاته بالمخطط السلمي وتمثل الحروف CTU ان هذا العداد تصاعدي حيث يبدأ العد من الصفر الى القيمة المحددة مسبقا PR (Preset) الحروف 'PR' و 'AC' تمثل قيم العد المحددة والعد المتراكم AC (Accumulative) بالتعاقب، ومن الشكل نلاحظ موقع العنوان 070 في ذاكرة CPU ولها قيمة لاختيار العد ٩٩٩ بينما القيمة التراكمية ٢٠٠ وتعمل التوصيلة (١١٠00) بالفتح والغلق في كل وقت ويزداد العد التراكمي بالقيمة ١ ، وعندما تتساوى القيمة التراكمية مع المحددة تتحفز التوصيلة والمؤشر عليها (15 070) ، عندما AC= PR يصبح الخرج (02 010) في الوضع ON ، البت ١٧ بت لحظوي لمؤقت الين برادلي ترافق اي توصيلة مع هذا العنوان تحفز ويبدأ العد، في كل وقت تكون (00 110) و (00 070) تكون في حالة فتح وغلق بينما (14 070) فتمثل طلب جهاز الين برادلي بت للتدفق العالي (Overflow) جهاز PLC نوع الين برادلي يحتاج الى ملف منفصل للتصفير وهذا الملف هو (CTR) وبغلق التوصيلة (01 110) فيلغى العد التصاعدي بالعنوان ٠٧٠ للقيمة المتراكمة .



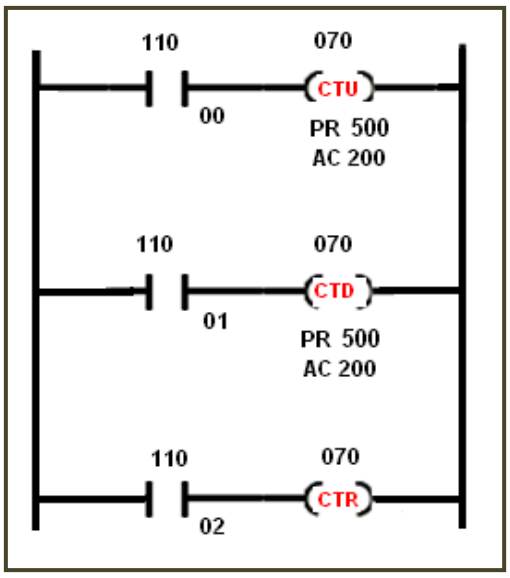
الشكل (3-40) دائرة عداد الين برادلي التصاعدي

اما عداد الين برادلي التنازلي للـ PLC والموضح بالشكل (3-41) فيبرمج باستخدام مفتاح الملف (CTD) والفرق الرئيسي بين CTU و CTD تكون التوصيلة CTD في حالة فتح وغلق في كل وقت وتتناقص بواحد القيمة التراكمية بدلا من الزيادة ، وعندما تصل القيمة التراكمية الى الصفر يتحفز البت 15ويستخدم CTD امر البت ١٦ كبت لحظوي ، ويستخدم تركيب CTD البت ١٦ كبت (Bit) لحظوي ، ويدعى البت ١٤ ببت تدفق تنازلي ، في اي وقت يغلق (00 10) تقل قيمة العد التراكمي بواحد وبغلق 16 050))يعمل العداد التنازلي ، وتشير (14 050) عندما يصل العداد الى (000) ، عندما تتساوى القيم AC=PR تغلق (15 050) فيتحفز الخرج (02 00) و بغلق (0 110) تصبح القيمة (AC= 000) ومع كل نبضة يقل العد من ٩٩٩ الى ٩٩٨ وهكذا .



الشكل (3-41) دائرة عداد الين برادلي التنزلي

ومن عدادات الين برادلي هو العداد التصاعدي التنازلي Up\Down Counter ويجمع في تركيبه العداد التصاعدي والعداد التنازلي لإنشاء دائرة ملائمة للزيادة والنقصان بالعد للقيمة التراكمية (Accumulative) ، والشكل (3-42) مثالاً يوضح دائرة عداد الين برادلي تصاعدي \ تنازلي ويتضح من الشكل إن كل من(CTU) و (CTD) لها نفس العنوان ، عند غلق الدخول (00 110) تزداد القيمة المتراكمة بواحد وعند غلق الدخول (01 110) تنقص القيمة المتراكمة بواحد .



الشكل (3-42) دائرة العداد الين برادلي التصاعدي / التنازلي

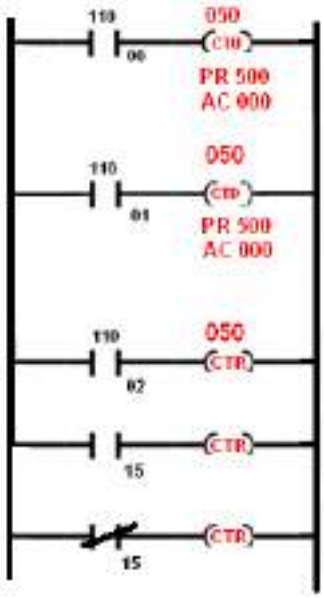
مثال (3-7) :

مراب (PARKING) بسعة وقوف ٥٠٠ مركبة ، تعّد التوصيلة (00 110) عدد المركبات الداخلة بينما تعّد التوصيلة (01 110) عدد المركبات الخارجة وفي حالة وجود ٥٠٠ مركبة في ألمراب يحفز الخرج (01 010) بالعلامة " FULL "، وإذا قل عدد المركبات عن العدد 500 يحفز الخرج (01 010) بالعلامة

" VACANCY" أي وجود فراغ ، مفتاح الدخول 02 110 يبقى في الوضع (مغلق)لتحديد عدد المركبات في ألمرآب ، اكتب برنامج المنطق السلمي لتحقيق هذه العملية .

الحل :

نلاحظ من المثال إن العداد سيعمل تصاعدي وتنازلي بسبب عد المركبات الداخلة والخارجة من ألمراب . لاحظ الشكل (3-43).



الشكل (3-43)المخطط السلمي للعداد تصاعدي تنازلي

3 - 7 المقارنات : Comparators

ويتم بوساطتها مقارنة الأرقام أو مقارنة عدد متغير مع قيمة ثابتة أو مقارنة دخلين متغيرين كل مدة زمنية معينة ، وتكون المقارنة بالصيغ الست الآتية وكما مبين بالجدول (3-2).

العلاقة	الرمز
التساوي	=
أكبر من	>
أصغر من	<
أكبر من أو يساوي	=>
أصغر من أو يساوي	=<
لايساوي	><

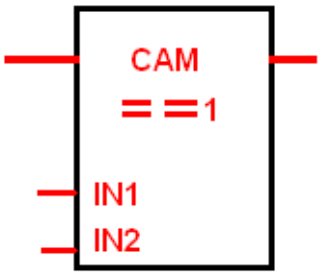
جدول (3-2) صيغ المقارنة

ففي تعليمة مقارنة الأرقام الصحيحة (Compare Integer) فأنها تعمل على مقارنة عددين صحيحين طول كل عدد ١٦ خلية مثل المدخل IN1 و IN2 حسب المقارن المختار وبتحقيق الدالة او التعليمة تكون القيمة المنطقية للمقارن ١ لاحظ الجدول (3-3).

الجدول (3-3)

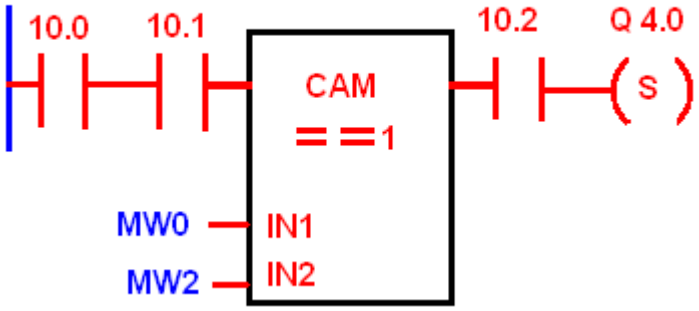
نوع المقارنة	رموز صندوق المقارن
IN1 يساوي IN2	=
IN1 لا يساوي IN2	<>
IN1 اكبر من IN2	>
IN1 اقل من IN2	<
IN1 اكبر او يساوي IN2	>=
IN1 اقل او يساوي IN2	<=

الشكل (3-44) يمثل رمز المقارن موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين IN2, IN1 دخلي المؤقت وطرف الخرج .



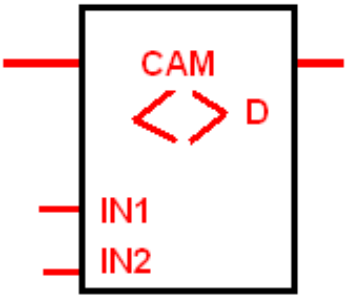
الشكل (3-44) رمز المقارن

الدائرة الموضحة بالشكل (3-45) توضح مثالاً لاستخدام المقارن ، يكون الخرج Q 4.0 في حالة ON عندما يكون المفتاحين 10.0 و 10.1 في حالة ON والمفتاح 10.2 في حالة ON وتمثل MW0 = MW2 قيمة المفتاحين في الذاكرة .



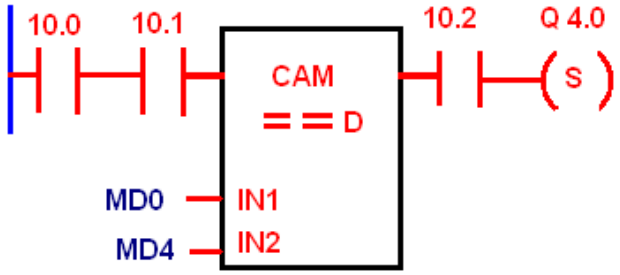
الشكل (3-45) مثال يبين استخدام المقارن لعددين صحيحين

اما تعليمة مقارنة الأرقام الصحيحة المزدوجة (Compare Double Integer) تعمل على مقارنة عددين صحيحين طول كل عدد ٣٢ خلية مثل المدخل IN1 و IN2 حسب المقارن المختار وبتحقيق الدالة أو التعليمة تكون القيمة المنطقية للمقارن ١ . الشكل (3-46) يمثل رمز المقارن للإعداد الصحيحة المزدوجة موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين IN2, IN1 دخلي المؤقت وطرف الخرج .



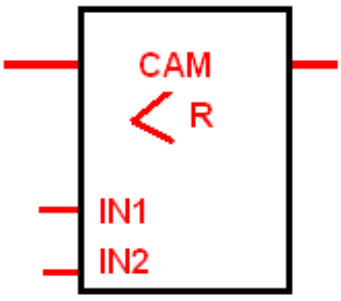
الشكل (3-46) رمز المقارن للأعداد الصحيحة المزدوجة

الدائرة الموضحة بالشكل (3-47) توضح مثالاً لاستخدام المقارن لعددين صحيحين مزدوجين ، يكون الخرج Q 4.0 في حالة ON عندما يكون المفتاحين 10.0 و 10.1 في حالة ON والمفتاح 10.2 في حالة ON وتمثل MD0 = MD4 قيمة المفتاحين في الذاكرة .



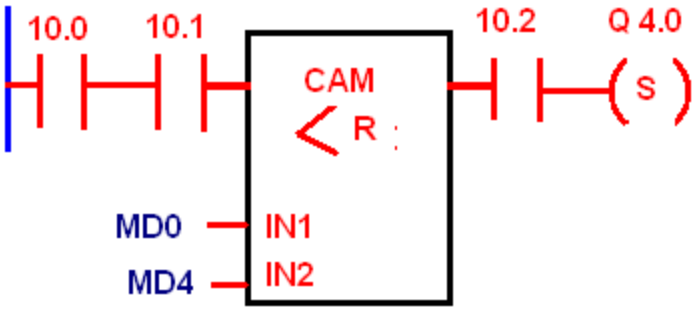
الشكل (3-47) مثال يبين استخدام المقارن لعددين صحيحين مزدوجين

اما تعليمة مقارنة بين عددين حقيقين تعمل على مقارنة بين IN1 و IN2 حسب المقارن المختار وبتحقيق الدالة أو التعليمة تكون القيمة المنطقية للمقارن ١ ، والشكل (3-48)يمثل رمز المقارن بين عددين حقيقين موضوع عليه بعض الرموز والبيانات التي توضح خصائص عمله إذ يمثل الطرفين IN2, IN1 دخلي المؤقت وطرف الخرج .



الشكل (3-48) رمز المقارن
بين عددين حقيقين

الدائرة الموضحة بالشكل (3-49) توضح مثالاً لاستخدام المقارن بين عددين حقيقين ، يكون الخرج Q 4.0 في حالة ON عندما يكون المفتاحين 10.0 و 10.1 في حالة ON والمفتاح 10.2 في حالة ON وتمثل MD0 = MD4 قيمة المفتاحين في الذاكرة .



الشكل (3-49) مثال يبين استخدام المقارن بين عددين حقيقين

إن كثير من أجهزة التحكم المنطقي المبرمج لها القابلية على إجراء وظيفتين للمقارنة المباشرة وهي المساواة EQ وأكبر من أو يساوي GE وللحصول على الوظائف الأربعة الأخرى لابد من الدمج بين هاتين الوظيفتين، وكلما كان جهاز التحكم المنطقي المبرمج لديه القدرة على إجراء أي من الوظائف الستة مباشرة كلما سهلت عملية البرمجة. فإذا كانت العمليات الصناعية التي يتم التحكم فيها باستعمال جهاز التحكم المنطقي المبرمج تعتمد على عمليات المقارنة الستة كلما كان لزاماً توفر هذه الخاصية بجهاز التحكم عند اختياره.

3 - 8 الأوامر المتخصصة :

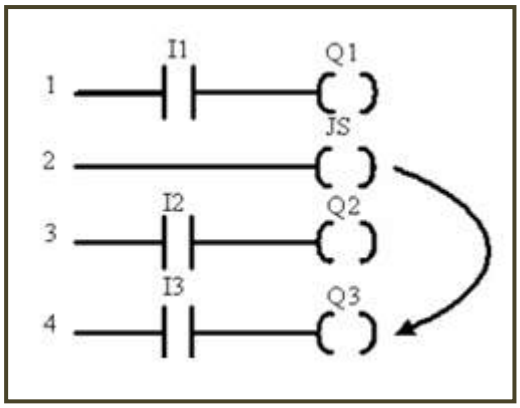
تضم مجموعة من العمليات أولها مرحلات سيطرة رئيسية (MCR,s) ((Master Control Relays وتستخدم في دوائر منطق المرحل للسيطرة على القدرة ، أما لمنظومة متكاملة او قدرة جزء من دائرة والعملية الثانية هي قفل محدد ZCL (Zone Control Latch) وهي تعليمات في PLC لتجميد او قفل ملف الخرج في حالة الفعالية او عدم الفعالية ، وهذه العملية مفيدة في برنامج تحديد الأخطاء (Trouble Shooting) لأنها تحدد الحالة الآنية للخرج عند حدوث فشل (Failure) في المنظومة ويمكن الاستفادة من استخدام (ZCL) في حالات السيطرة على الضغط او درجة الحرارة او معدل تدفق السائل وإعطاء علامات تحذير توقف المنظومة اذا تجاوزت تلك القيم الفيزيائية الحد المسموح , ومن مزايا (ZCL) عند حدوث توقف (Shut Down) في المنظومة سوف يسجل بالضبط اي مجموعة من أجهزة الإدخال هي التي سببت العلامة التحذيرية ، والنوع الثالث من العمليات المتخصصة هي تعليمة القفز (Jump Instruction) وتستخدم للتقليل من زمن المسح وأحيانا يضاف في (PLC) ملف خرج يسمى بتعليمة التجاوز (Skip) والتي لها نفس عمل ملف القفز (Jump Coil) ، ان أمر التجاوز يمكنه التفرع او العبور إلى جزء آخر من البرنامج وتبقى الملفات التي تم تجاوزها على نفس الحالة التي كانت عليها خلال آخر عملية مسح وهكذا فان عمليتي القفز والتجاوز تمكن المعالج من اختصار الوقت ، وآخر نوع من الأنواع المتخصصة هي تعليمات القسر (Force Instruction) في هذا الأمر يتم إجبار الدخل و الخرج على ان يكون في حالة عمل (0N) او توقف (OFF).

وعادة يوجد مفتاح (Force) ضمن لوحة المفاتيح الملحق بجهاز برمجة PLC ، ويمكن اعتبار هذا الأمر من الأوامر الفعالة إضافة إلى انه أداة لتجاوز الخلل وفي بعض أجهزة PLC يمكن إدخال عناوين (Word Addresses) قسرياً مثل إدخال أرقام عشرية او ثنائية إلى مواقع الخزن (Word Locations) ويمكن تحويل وحدة معلومات (Bit) قسرياً الى (1) او (0) .

3 - 8 – 1 دالة القفز The Jump Function :

تساعد هذه الدالة في القدرة على التحكم في سريان برنامج التشغيل ويوجد ثلاث أنواع من عمليات القفز وهي:

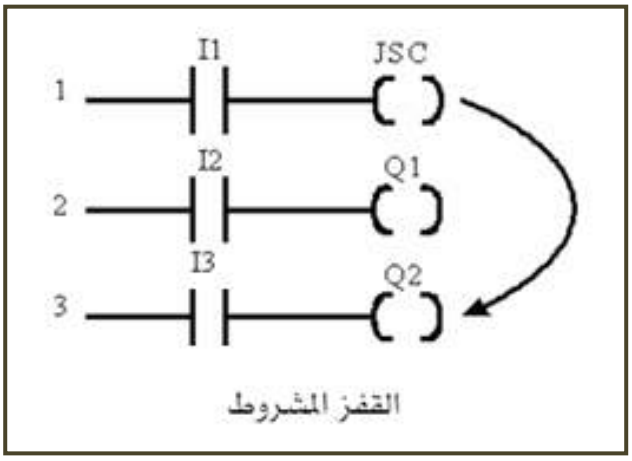
أ- عمليات القفز غير المشروطة Non Conditional Jump : وتستعمل عند القفز من خط إلى آخر، إذ يتم القفز بمجرد الوصول لخط القفز بدون أي شرط والشكل (3-50) مثال يوضح القفز غير المشروط. الأمر بالقفز إلى الخط ٤ ثم يكمل، علماً أن حالة Q2 ستكون صفر حتى ولو وصلت إشارة المدخل I3 ويرجع ذلك نتيجة القفز.



الشكل (3-50) مثال عن عملية القفز غير المشروط

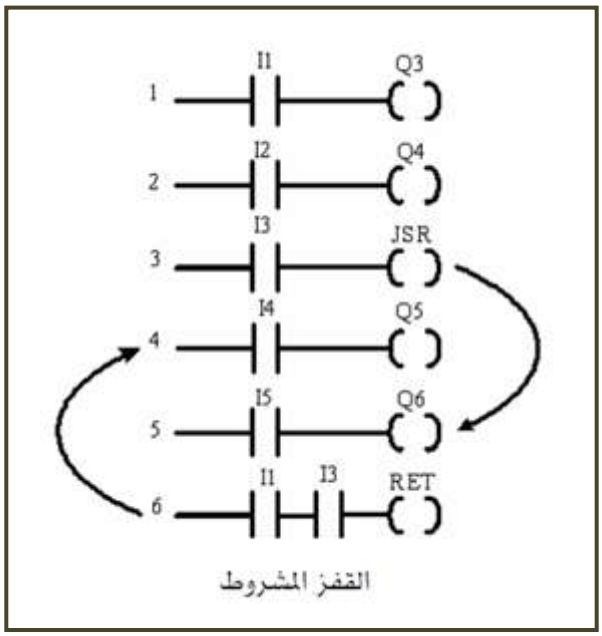
ب- عمليات القفز المشروطة Conditional Jump :

وتحدث هذه العملية عند تحقق شرط ولا تتم العملية الا بتحقق ذلك الشرط ، والشكل (3-51) يوضح عملية القفز المشروط إذ يتم القفز عند وصول إشارة ١ للمدخل I1.



الشكل (3-51) مثال على عملية القفز المشروط

جـ- عملية القفز (القفز مع العودة) للبرامج الفرعية Jump To Subroutine : تستعمل البرامج الفرعية لإجراء حسابات مختلفة او وظائف معينة وتوضع في اخر البرنامج الرئيسي، ويمكن الوصول إليها بأوامر القفز للبرامج الفرعية وبعد ان ينتهي المعالج من تنفيذ البرنامج يعود تلقائياً لتنفيذ الخطوة التالية في البرنامج الرئيسي، وعند وصول إشارة ١ للمدخل I3 ستكون عملية القفز من الخط ٣ الى الخط ٥ ثم يبدأ المعالج بتنفيذ الخط ٦ وبعد ذلك يعود المعالج لتنفيذ الخط ٤ لوجود الأمر عودة (Ret) . والشكل (3-52) يوضح مثال على ذلك

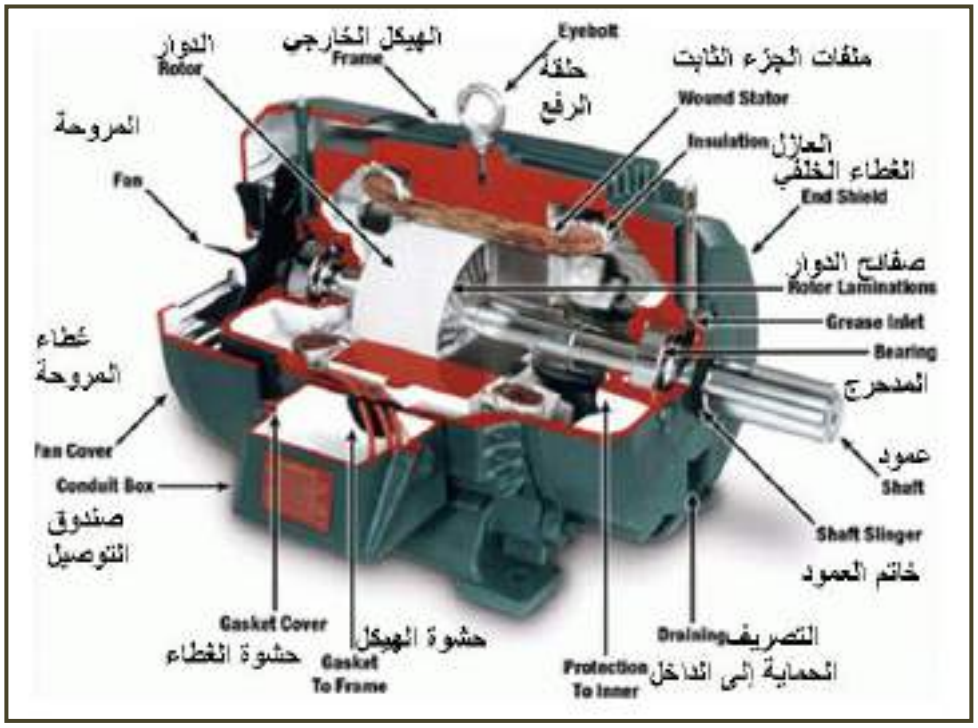


الشكل (3-52) مثال على عملية القفز للبرامج الفرعية

3 - 9 تطبيقات عملية في تقنية التحكم المبرمج

قبل إجراء التطبيقات العملية في تقنية التحكم المبرمج لابد من التعرف على عمل المحركات الكهربائية فالمحرك الكهربائي **electric motor** هو آلة تستخدم لتوفير القوة المحركة لمختلف أنواع الآلات والأجهزة التي تحتاج إلى الطاقة الحركية الميكانيكية سواءً كانت حركتها دورانية أم مستقيمة. وقد انتشرت المحركات الكهربائية على أوسع نطاق في مختلف مجالات الحياة العملية للإنسان، بفضل ميزاتها العديدة التي مكنتها من التفوق على غيرها من أنواع المحركات.

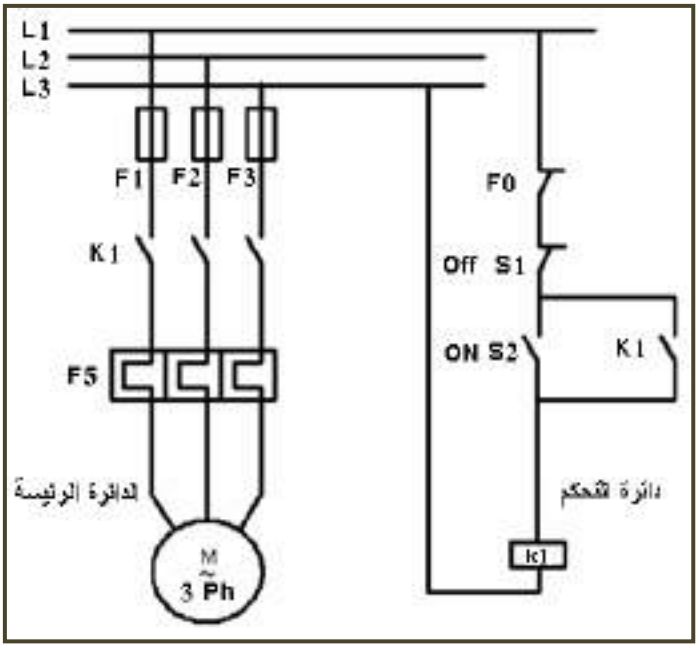
لذلك فالمحركات الكهربائية تستخدم اليوم في فروع الصناعة المختلفة لتدوير مختلف آلات النقل والرفع والضخ والضغط وآلات الغزل والنسيج والطرق والتعدين وقص الحجر والمعادن وغير ذلك ، كما تستخدم هذه المحركات في مجالات أخرى كثيرة كالزراعة والطب والحواسيب والخدمات والتجهيزات المنزلية المختلفة كالغسالات وأدوات المطبخ وغيرها.وسنركز على محركات التيار المتناوب وتقسم إلى أنواع عديدة أهمها المحركات الحثية **(Induction Motors)** والمحركات التزامنية **.(Synchronous Motor)** وبحسب عدد الأطوار يمكن أن تكون محركات التيار المتناوب أحادية الطور أو ثلاثية الأطوار. تعدّ المحركات الحثية وخاصة المحركات الحثية ذات الدائرة المقصورة أو القفص السنجابي **(Squirrel) Cage Rotor** من أكثر أنواع المحركات الكهربائية انتشاراً على الإطلاق لبساطة بنيتها وقلة أعطالها ورخص ثمنها وعمرها الطويل.. وبغض النظر عن ذلك تصنع المحركات الحثية حالياً بنوعيها ضمن مجال واسع من قدرات وفولتيات التشغيل، حيث تنتج على فولتيات تبدأ من الفولتية المنخفضة ٢٢٠ فولت حتى فولتيات متوسطة تصل حتى ٢٠ كيلوفولت وقدرات تراوح بين بضع مئات واط للمحركات الميكروية الصغيرة حتى عشرات الميكاواط في المحركات الحثية العملاقة.تتجاوز قدرة المحركات التزامنية الضخمة في الوقت الحاضر ٥٠ ميكاواط ، وتستخدم المحركات التزامنية في التطبيقات التي تتطلب ثباتاً في سرعة الدوران؛ لأن سرعة هذه المحركات لا تتغير تقريباً مع تغير حملها. الشكل (3-53) يوضح تركيب محرك ثلاثي الأطوار



الشكل (3-53) محرك حثي ثلاثي الاطوار

التحكم في تشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأطوار :

الشكل (3-54) يبين الدائرة الرئيسة ودوائر التحكم بالتوصيلات (Contactors) لتشغيل وإيقاف المحرك ألحثي ثلاثي الأطوار (3 Phase Induction Motor) ، ومن هذه الدائرة يتضح أن تشغيل المحرك M يتم عن طريق الضغط على مفتاح التشغيل S2 يصبح (0N) بينما يتم إيقاف المحرك عن طريق الضغط على المفتاح S1 يصبح (OFF) ، ويعمل المتمم K1 بفصل وتوصيل المحرك مع مصدر الجهد الكهربائي ويستعمل المتمم الحراري F لحماية المحرك من زيادة التيار.



الشكل (3-54) دائرة التحكم والدائرة الرئيسية لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأطوار

3 - 9 - 1 قائمة التخصيص:

في هذه القائمة يتم استبدال جميع الرموز المتداولة بالدائرة الكهربائية بالرموز والعناوين المستعملة مع مداخل ومخارج الـ PLC وكما موضح بالجدول (3-4)

قائمة التخصيص	
الرمز المقابل في الـ PLC	الرمز المستعمل
I1	المتمم الحراري F
I2	مفتاح ايقاف S1
I3	مفتاح تشغيل S2
Q1	مشغل محرك K1

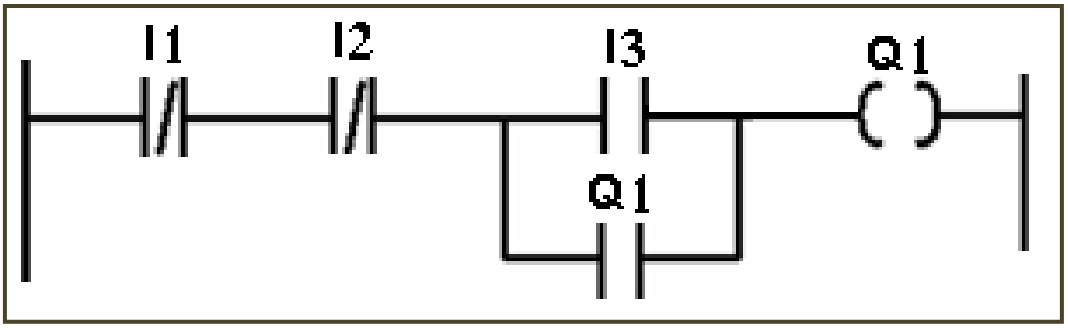
جدول (3-4) قائمة التخصيص للرموز المتداولة بالدائرة الكهربائية والرموز المقابلة لها في الـ PLC

ورغم أن أساسيات البرمجة واحدة في جميع أنواع أجهزة التحكم المبرمج إلا أن رموز وعناوين المداخل والمخارج قد تختلف من نوع إلى آخر. وهذه الرموز والعناوين لا تخل بعملية البرمجة الا ان جهاز التحكم المبرمج لا يتعرف على الرمز غير المعروف لديه. والجدول (3-5) يوضح بعض الاختلافات بين الأنواع المختلفة لأجهزة التحكم المبرمج.

الرموز والعناوين	أجهزة PLC المتكاملة	أجهزة PLC ذات الموديولات
المداخل S1,S2,S3	I1 , I2 , I3 أو IN1 , IN2 , IN3	I0,2 , I0,1 أو IN0,2 , IN0,1
المخارج K1, K2, K3	Q1 , Q2 , Q3 أو O1 , O2 , O3	Q3,2 ,Q3,3 أو Q3,1 O3,2 ,O3,3 O3,1
دالة التخزين	M1 , M2 , M3 أو F1 , F2 , F3	F0,0 , F0,1 أو M0,0 , M0,1

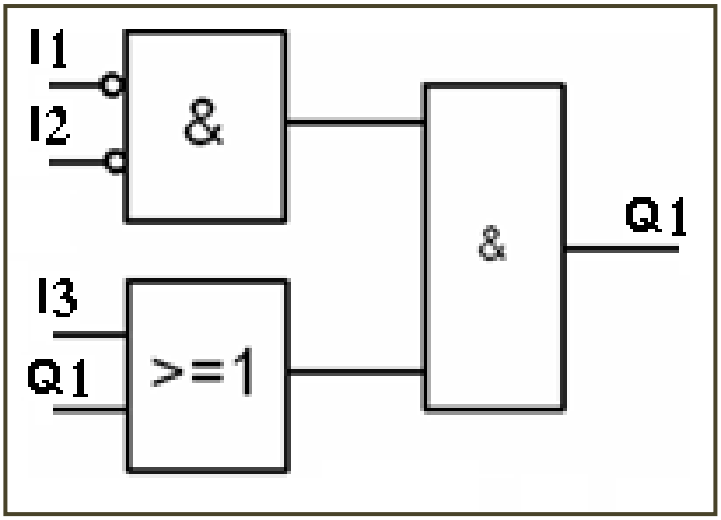
جدول (3-5) بعض أنواع أجهزة التحكم المبرمج

وعلى ذلك يجب قبل بداية عمليات البرمجة التأكد من رموز وعناوين المداخل والمخارج ودالة التخزين والمؤقتات الزمنية كما في جهاز التحكم المبرمج ، والشكل (3-55) يبين المخطط السلمي لكيفية تشغيل المحرك الحثي ثلاثي الأوجه باستعمال جهاز التحكم المنطقي المبرمج.



الشكل (3-55) المخطط السلمي لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه

والشكل (3-56) يعرض تشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه بطريقة الخريطة الدالية .



الشكل (3-56) الخريطة الدالية لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه

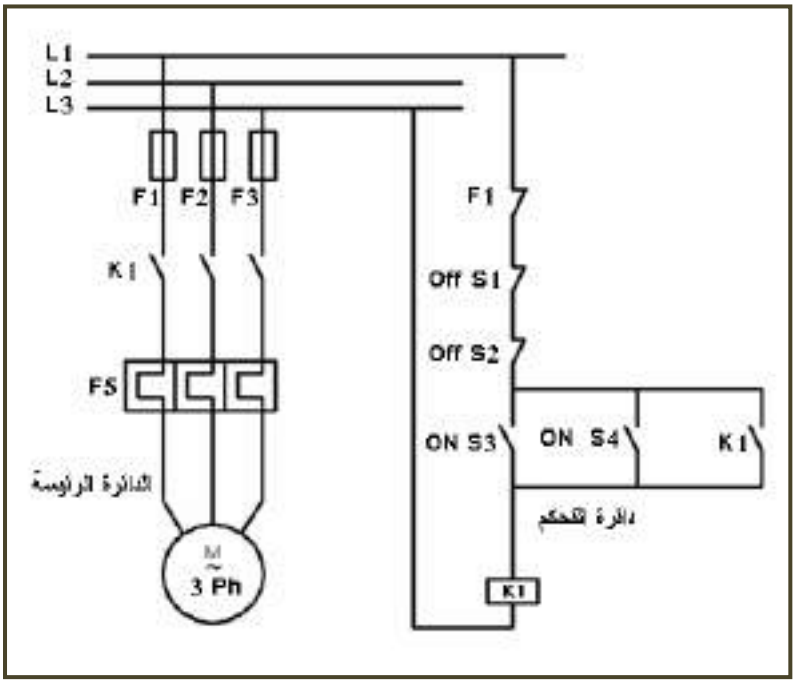
والجدول (3-6) يوضح تشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه بطريقة قائمة الإجراءات

AN	I1
AN	I2
A(	
A	I3
O	Q1
=	Q1
BE	

جدول (3-6) قائمة الإجراءات لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه

3 - 10 تشغيل وإيقاف محرك من مكانين مختلفين :

قد يتطلب الامر في بعض الاحيان تشغيل وإيقاف المحرك من مكانين مختلفين ولتحقيق ذلك يستعمل مفتاحين ضاغطين للتشغيل S3 و S4 ومفتاحين ضاغطين للايقاف S1 و S2 ، والشكل (3-57) يبين الدائرة الرئيسة ودائرة التحكم لتشغيل وإيقاف محرك من مكانين مختلفين.



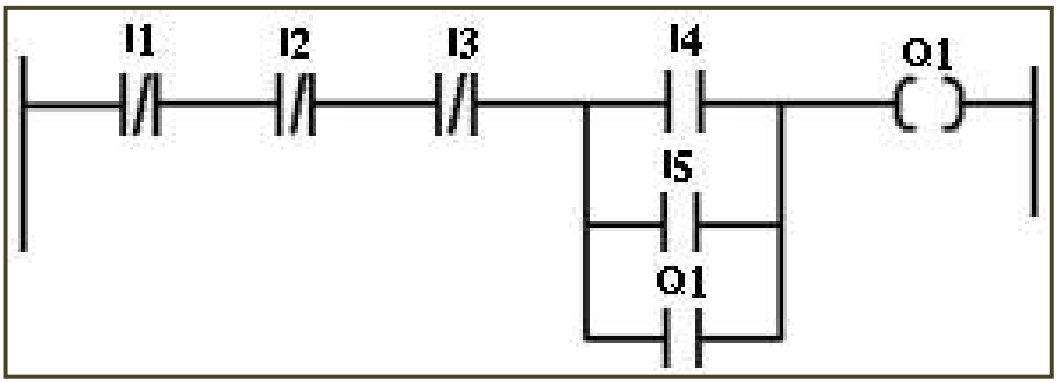
الشكل (3-57) دائرة التحكم والدائرة الرئيسة لتشغيل وإيقاف محرك ثلاثي الاوجه من مكانين مختلفين

والجدول (3-7) يبين قائمة التخصيص لتشغيل وإيقاف محرك ثلاثي الاوجه من مكانين مختلفين

قائمة التخصيص	
الرمز المقابل في الـ PLC	الرمز المستعمل
I1	المتمم الحراري F
I2	مفتاح للايقاف الأول S1
I3	مفتاح للايقاف الثاني S2
I4	مفتاح للتشغيل الأول S3
I5	مفتاح للتشغيل الثاني S4

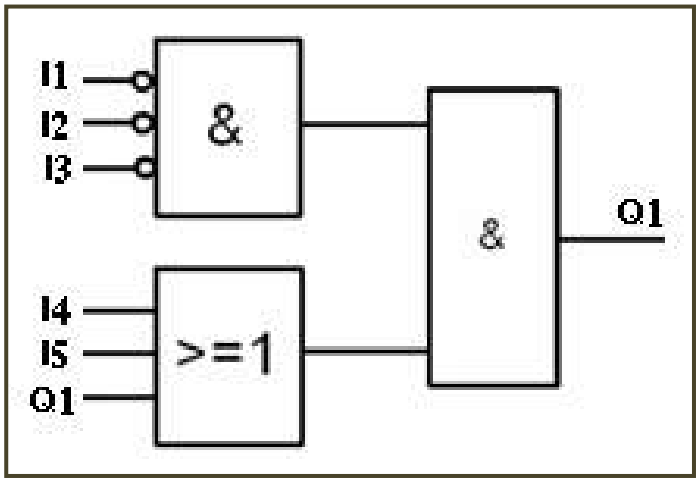
جدول (3-7) قائمة التخصيص لتشغيل وإيقاف محرك ثلاثي الاطوار من مكانين مختلفين

والشكل (3-58) يبين المخطط السلمي لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الاوجه من مكانين مختلفين.



الشكل (3-58) المخطط السلمي لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الاوجه من مكانين مختلفين

والشكل (3-59) يبين الخريطة الدالية لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الاوجه من مكانين مختلفين.



الشكل (3-59) الخريطة الدالية لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه من مكانين مختلفين

والجدول (3-8) يبين قائمة الإجراءات لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه من مكانين مختلفين.

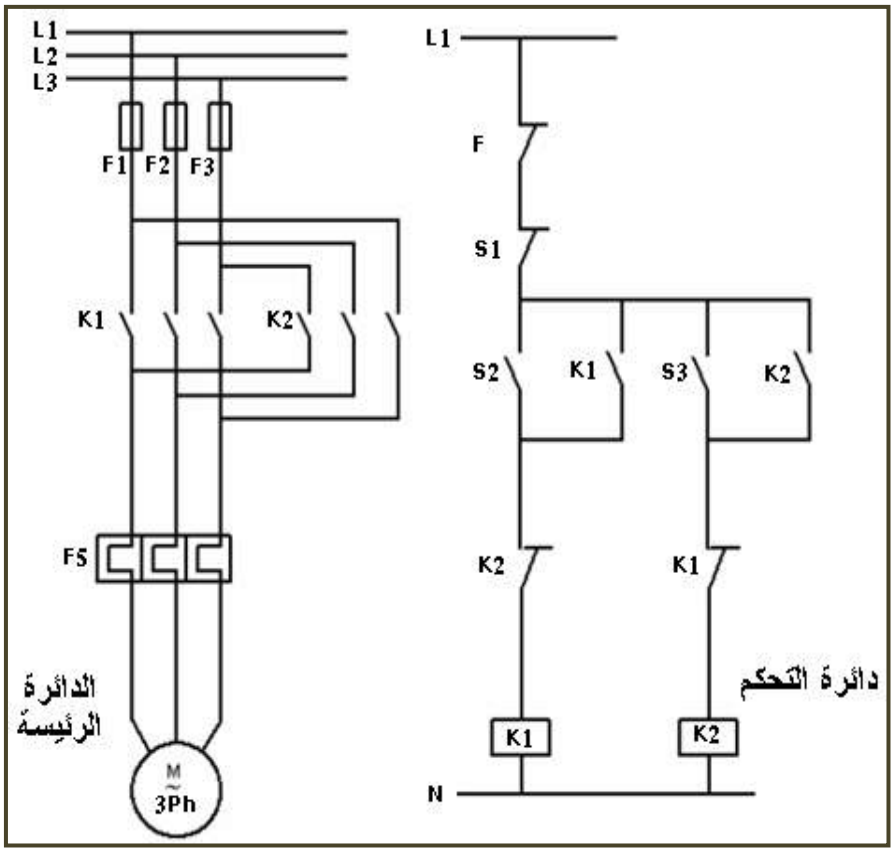
AN	I1
AN	I2
AN	I3
A(	
O	I4
O	I5
O	Q1
)	
=	Q1
BE	

جدول (3-8) قائمة الإجراءات لتشغيل وإيقاف محرك حثي ثلاثي الأوجه من مكانين مختلفين

❖ يتم عكس حركة محرك ثلاثي الأوجه عن طريق تبديل أي طرفين من أطرافه الثلاثة الموصلة بالمصدر الكهربائي، ويستفاد من المتممات في تنفيذ ذلك، وكما في المثال الاتي:

❖

عكس حركة المحرك بتوقف: الشكل (3-60) يبين الدائرة الرئيسة ودائرة التحكم لعكس حركة محرك ثلاثي الأوجه بتوقف، ويتضح من الشكل أنه عند الضغط على المفتاح الضاغط S2 تكتمل دائرة متمم التشغيل K1 ويدور المحرك بجهة اليمين ، وعند الضغط على المفتاح الضاغط S1 ينقطع مسار التيار ويتوقف المحرك في الحال ، وعند الضغط على المفتاح الضاغط S3 يكتمل مسار التيار بالمتمم K2 ويدور المحرك بجهة اليسار.



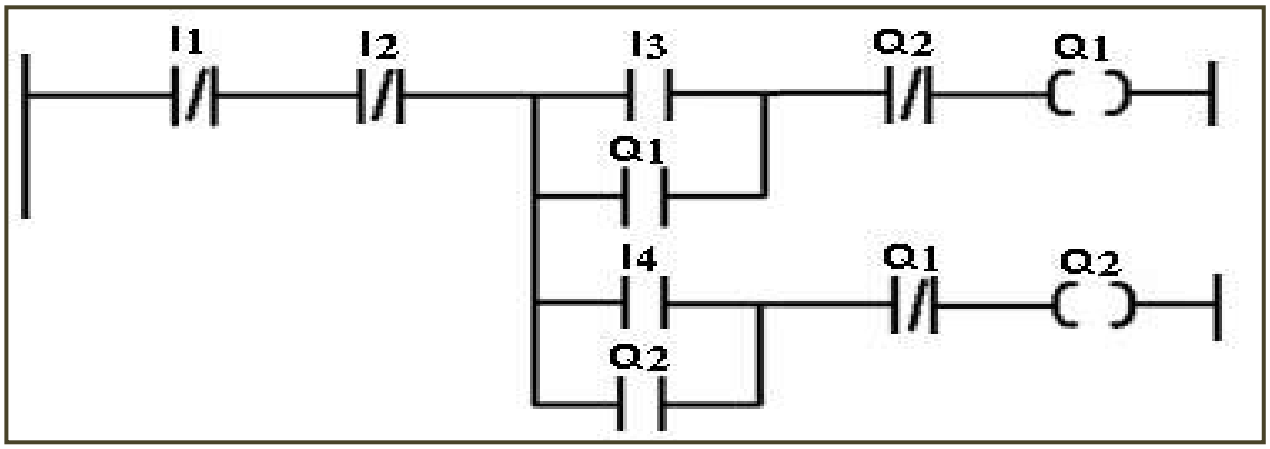
الشكل (3-60) دائرة التحكم والدائرة الرئيسة لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بتوقف

والجدول (3-9) يوضح قائمة التخصيص لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بتوقف.

قائمة التخصيص	
الرمز المقابل في الـ PLC	الرمز المستعمل
I1	المتمم الحراري F
I2	مفتاح للايقاف S1
I3	مفتاح للتشغيل في الاتجاه الأمامي S2
I4	مفتاح للتشغيل في الاتجاه الخلفي S3
Q1	متمم تشغيل المحرك في الاتجاه الأمامي K1
Q2	متمم تشغيل المحرك في الاتجاه الخلفي K2

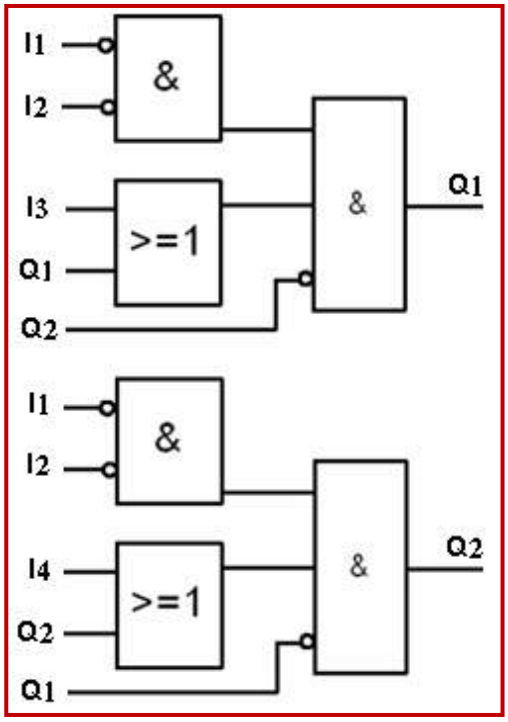
جدول (3-9) قائمة التخصيص لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بتوقف

والشكل (3-61) يوضح المخطط السلمي (LAD) لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الاوجه بتوقف



الشكل (3-61) المخطط السلمي لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بتوقف

والشكل (3-62) يوضح الخريطة الدالية (CSF) لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بتوقف.



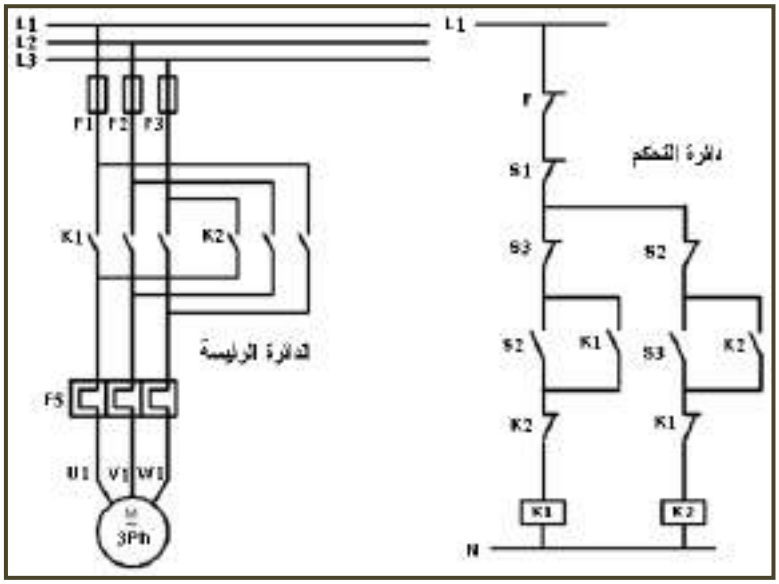
الشكل (3-62) الخريطة الدالية لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بتوقف

والجدول (3-10) يوضح قائمة الإجراءات (STL) لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الاوجه بتوقف.

AN	I1
AN	I2
A(	
O	I3
O	Q1
AN	Q2
-	Q1
AN	I1
AN	I2
A(	
O	I4
O	Q2
AN	Q1
=	Q2
BE	

جدول (3-10) قائمة الإجراءات (STL) لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بتوقف

عكس حركة المحرك بدون توقف (عكس حركة سريع) : الشكل (3-63) يبين الدائرة الرئيسة ودائرة التحكم لعكس حركة محرك ثلاثي الطور بدون توقف. ويبين هنا مفتاحي الضغط بريشتين مغلقتين والفائدة منها هو عكس دوران المحرك بدون توقف. فعند الضغط على مفتاح ضاغط التشغيل في الاتجاه الأمامي S2 فإن مسار تيار المتمم K1 يكتمل ويدور المحرك بجهة اليمين ، وعند الضغط على مفتاح ضاغط التشغيل في الاتجاه العكسي S3 فإن نقط التلامس المغلقة لهذا الضاغط ستفتح وبالتالي ينقطع التيار عن المتمم K1 فيتوقف المحرك ولكن في نفس اللحظة يكتمل مسار المتمم K2 فيدور المحرك بجهة اليسار.



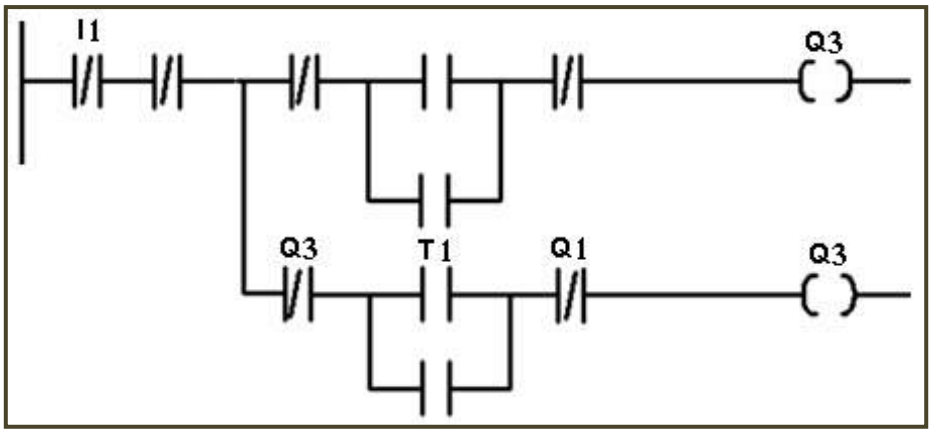
الشكل (3 - 63) دائرة التحكم والدائرة الرئيسة لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الطور بدون توقف

والجدول (3 - 63) يوضح قائمة التخصيص لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بدون توقف.

جدول (3 - 11) قائمة التخصيص لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الاوجه بدون توقف

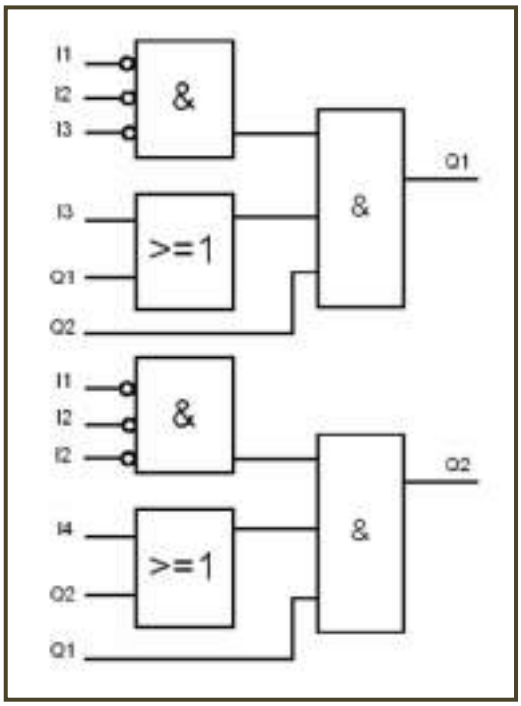
قائمة التخصيص	
الرمز المقابل في الـ PLC	الرمز المستعمل
I1	المتمم الحراري F
I2	مفتاح للايقاف S1
I3	مفتاح للتشغيل في الاتجاه الأمامي S2
I4	مفتاح للتشغيل في الاتجاه الخلفي S3
Q1	متمم تشغيل المحرك في الاتجاه الأمامي K1
Q2	متمم تشغيل المحرك في الاتجاه الخلفي K2

والشكل (3 - 64) يوضح المخطط السلمي (LAD) لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الاوجه بدون توقف.



الشكل (3 - 64) المخطط السلمي لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الاوجه بدون توقف

والشكل (3- 65) يوضح الخريطة الدالية (CSF) لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الطور بدون توقف.



الشكل (3 - 65) الخريطة الدالية لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بدون توقف

والجدول (3 - 12) يبين قائمة الإجراءات لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الأوجه بدون توقف.

جدول (3 - 12) قائمة الإجراءات لعكس حركة محرك حثي ثلاثي الطور بدون توقف

AN	I1
AN	I2
AN	I4
A(	
O	I3
O	Q1
)	
AN	Q2
=	Q1
AN	I1
AN	I2
AN	I3
A(	
O	I4
O	Q2
)	
AN	Q1
=	Q2
BE	

اختبارات موضوعية

الباب الاول الفصل الثالث

1- في قائمة التخصص يرمز للمتتم الحراري

أ- K1

ب- S1

ت- S2

ث- F

2- في المخطط السلمي يرمز للخرج

أ- I1

ب- I2

ت- I3

ث- Q

3- رمز متمم تشغيل المحرك في الاتجاه الخلفي

أ- F

ب- K1

ت- K2

ث- F

4- في قائمة التخصص يرمز لمفتاح التشغيل في الاتجاه الامامي

أ- F

ب- K2

ت- S3

ث- S2

5- في قائمة التخصص يرمز للمزمنات (المؤقتات)

أ- K1

ب- K2

ت- F

ث- T1 , T2

6- في قائمة التخصص يرمز لمفتاح الايقاف

أ- K1

ب- K2

ت- F

ث- S1

أسئلة الباب الاول - الفصل الثالث

س1: أشرح االبرامجيات Software الخاصة بجهاز PLC

س2: ارسم مخطط يوضح المكونات المادية Hardware لجهاز PLC.

س3: اشرح مع الرسم حجم الذاكرة .

س4: عدد المتطلبات للتعامل مع PLC .

س5: اشرح العنونة الفورية واعط مثالاً لامر معين .

س6 : اذكر أنواع المزمنات واشرح أثنين منها بالتفصيل .

س7 : اشرح مع التوضيح بالرسم كيفية عمل العداد التنازلي.

س8 : اكتب قائمة الإجراءات لتشغيل مزمن التشغيل المخزن المتأخر بزمن مقداره ٦ ثواني.

س9 : اكتب قائمة الإجراءات لتشغيل مزمن الإلغاء المتأخر بزمن مقداره ٦٠ ثانية.

س10 : ارسم دائرة التحكم والدائرة الرئيسية لتشغيل وايقاف محرك ثلاثي الاطوار .

أ- المخطط السلمي
ب- الخريطة الدالية
ت- قائمة الإجراءات

س11: ارسم دائرة التحكم والدائرة الرئيسية لتشغيل وإيقاف محرك ثلاثي الأطوار وجدول قائمة التخصص.