12

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

الإلكترونيّات الصناعيّة

(نظري وعملي)

المسار المهني - الفرع الصناعي

رزمة تعليمية_ غزة

فريق التأليف:

م. باسل عبد الحق (منسقاً)　　م. فؤاد قطمش　　م. عاصم عسراوي

م. ماهر يعقوب

قررت وزارة التربية والتعليم في دولة فلسطين
تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي 2018 / 2019م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج	أ. د. مروان عورتاني
نائب رئيس لجنة المناهج	د. بصري صالح
رئيس مركز المناهج	أ. ثروت زيد

الدائـرة الفنية

اشراف إداري رفني	أ. كمال فحماوي
التصميم	أ. سمر عامر
التحرير اللغـوي	أ. أحمد الخطيب
متابعة المحافظات الجنوبية	د. سمية النخالة

الطبعة التجريبية
٢٠٢٠ م / ١٤٤١ هـ

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولـــة فلـسطين
وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 - رام الله - فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com
فاكس +970-2-2983250 هاتف +970-2-2983280
moehe.gov.ps | mohe.pna.ps | mohe.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym

تقديم

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقّي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعديد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكريّة المتوخّاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلك للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تآلفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمّة مرجعيات تؤطّر لهذا التطوير، بما يعزّز أخذ جزئية الكتب المقررّة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلّاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجّه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، وللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج الفلسطينية

آب / 2018م

مقدمة:

يأتي هذا المقرر ضمن خطة وزارة التربية والتعليم لتحديث المناهج الفلسطينية وتطويرها في الفروع التعليم المهني، بحيث يتضمن مصفوفة مهارات يجب توفيرها لخريج التعليم المهني، تكسبه مجموعة من الكفايات والمهارات التي يطلبها سوق العمل، وتواكب آخر التطورات الحديثة في علم الصناعة .

لقد تم تأليف هذا الكتاب ضمن منهجية الوحدات النمطية المبنية على المواقف والأنشطة التعليمية، حيث يكون الطالب منتجاً للمعرفة لا متلقياً لها، ونعطي له الفرصة للانخراط في التدريبات التي يتم تنفيذها بروح الفريق والعمل الجماعي، لذا تضمنت وحدات هذا المقرر الحالات الدراسية التي تعمل على تقريب الطالب المتدرب من بيئة سوق العمل، والانشطة التعليمية ذات الطابع التطبيقي والمتضمنة خطة العمل الكامل للتمرين، لما يحتويه من وصف ومنهجية وموارد ومتطلبات تنفيذ التمرين، اضافة الى صناديق المعرفة، وقضايا التفكير التي تزيد من ذاكرة الطالب .

لقد تم ربط انشطة هذا الكتاب وتدريباته بقضايا عملية مرتبطة بالسياق الحياتي للطالب، وبما يراعي قدرته على التنفيذ، كما تم التركيز على البيئة والسوق الفلسطيني وخصوصياتهما عند طرح الموضوعات، وربطها بواقع الحياة المعاصرة، تجلى ذلك من خلال الامثلة العملية، والمشاريع.

يحتوي الكتاب على أربع وحدات نمطية. تتناول الوحدة الأولى موضوع «الكترونيات القوى» في خمسة مواقف يتم فيها تركيب تطبيقات على عناصر الكترونيات القوى مثل الثايرستور والترياك وترانزستور (IGBT). وفي الوحدة الثانية «الالكترونيات الرقمية»، يتم من خلال خمسة مواقف التعرف على أساسيات الالكترونيات الرقمية وبناء تطبيقات عملية مثل مسجلات الإزاحة والعدادات. وفي الوحدة الثالثة « المجسات الصناعية وأنظمة التحكم الهوائية» فيتم ومن خلال أربعة مواقف تشغيل المجسات الضوئية والحرارية والتقاربية في دارات عملية وكذلك تشغيل دارات تحكم هوائية. أما في الوحدة الرابعة « المتحكم المنطقي المبرمج PLC» فيتم ومن خلال أربعة مواقف توصيل وبرمجة وتشغيل المتحكم المنطقي المبرمج PLC من اجل استخدامه في دارات عملية للتحكم بالآلات الصناعية.

ولما كانت هناك حاجة لصقل المعلومة النظرية بالخبرة العملية، فقد تم وضع مشروع في نهاية كل وحدة نمطية، وذلك لتطبيق ما تعلموه، ونأمل تنفيذه بإشراف المعلم .

ونسأل الله ان نكون قد وفقنا في عرض موضوعات هذا الكتاب، بما يراعي قدرات الطلبة ومستواهم الفكري وحاجاتهم وميولهم النفسية والوجدانية والاجتماعية، وكلنا امل بتزودنا بملحوظاتكم البناءة على هذا العمل، ليتم ادخال التعديلات والاضافات الضرورية في الطبعات اللاحقة، ليصبح هذا الجهد تاماً ومتكاملاً وخالياً من أي عيب أو نقص قدر الامكان، هذا والله ولي التوفيق .

والله ولي التوفيق

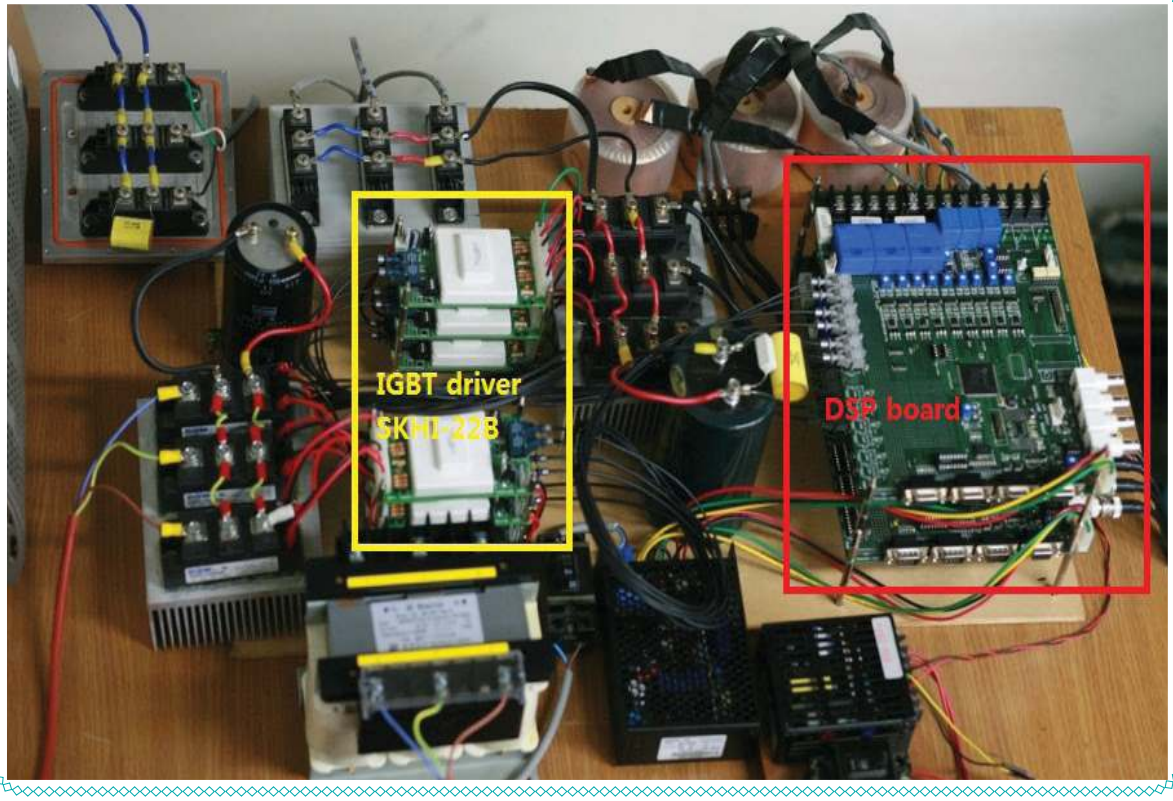
فريق التأليف

المحتويات

	الموضوع	الصفحة
الوحدة الأولى إلكترونيّات القوى	الكفايات المهنية	8
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (1 - 1): بناء دارة مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة (UJT).	١٠
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (1 - 2): استخدام الثايرستور كمؤقت زمني.	١٩
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (1 - ٣): تركيب وصيانة دارات التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل باستخدام (الترياك، والدياك).	٢٩
	أسئلة الوحدة	٤٤
الوحدة الثانية الإلكترونيات الرقمية	الكفايات المهنية	٥١
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (2 - 1): تركيب البوابات المنطقية الأساسيّة.	٥٣
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (2 - 2): تصميم الدارات المنطقية، وتبسيطها.	٧٣
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (2 - 3): إنشاء الدارات المنطقية التجميعية، وتشغيلها.	٨٦
	أسئلة الوحدة	٩٦
الوحدة الثالثة المجسات الصناعية، وأنظمة التحكم الهوائية	الكفايات المهنية	١٠٢
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (3 - 1): تركيب وتشغيل المجسات الضوئية.	١٠٤
	الموقف التعليمي التّعلّميّ (3 - 2): بناء دارات المجسات الحرارية وتشغيلها.	١١٧
	أسئلة الوحدة	١٣٤
الوحدة الرابعة المتحكم المنطقي المبرمج	الكفايات المهنية	١٤٠
	الموقف التعليميّ (4 - 1): تشغيل المتحكم المنطقي المبرمج PLC	١٤٢
	الموقف التعليميّ (4 - 2): برمجة دارات التحكم باستخدام الملامسات بواسطة المتحكم المنطقي المبرمج PLC	١٥٨
	أسئلة الوحدة	١٧٩

إلكترونيّات القوى
Power Electronics

الوحدة النمطية
الأولى



أتأمّل، وأناقش:

تُعدّ إلكترونيّات القوى العنصر الرئيسي للتحكم بالقدرة المنقولة للحمل.

إلكترونيّات القوى

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على (تركيب الدارات الإلكترونية التي تستخدم عناصر إلكترونيّات القوى)، وذلك من خلال الآتي:

١- بناء دارة مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة

٢- استخدام الثايرستور كمؤقت زمني.

٣- تركيب، وصيانة دارات التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل باستخدام (التريك، والدياك)

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أولاً الكفايات الحرفية:

1. القدرة على بناء دارة مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة (UJT).
2. القدرة على استخدام الثايرستور كمؤقت زمني.
3. القدرة على إنشاء تطبيقات عملية باستخدام الثايرستور، وتشغيلها.
4. القدرة على تركيب، وصيانة دارات التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل باستخدام (الترياك، والدياك).
5. القدرة على تشغيل العاكس للتحكم بسرعة المحركات الحثّيّة.

ثانياً الكفايات الاجتماعية والشخصية

1. مصداقية التعامل مع الزبون.
2. الحفاظ على خصوصية الزبون، والمسؤولية، والإحساس بالواجب.
3. الضمان الذاتي.
4. الدقة في المواعيد.
5. الموثوقية.
6. تقبل النقد.
7. التعامل بشكل بناء مع النزاعات.
8. الاستقلالية.
9. الموقف الإيجابي نحو التعلم مدى الحياة.
10. الموقف الإيجابي نحو المهام، والعمل، والحياة.
11. المبادرة، والاستجابة، والالتزام بالعلاقات الاجتماعية.
12. المسؤولية الاجتماعية.
13. قبول توزيع الأدوار.

14. القدرة على التأمل الذاتي، والتفهم، والمشاركة في التفاعلات.
15. التواصل، والاتصال الفعالين مع الزبون، والمظهر اللائق.
16. التمثل بأخلاقيات المهنة في العمل.
17. الاستعداد لاستشارة ذوي الخبرة، والاختصاص.

ثالثاً الكفايات المنهجيَّة

1. العمل التعاوني (لعب الأدوار، والمحاكاة، وفرق العمل، والبحث العلمي، والمجموعات...إلخ)
2. الحوار، والمناقشة.
3. البحث العلمي.
4. العصف الذهني (استمطار الأفكار).

قواعد، وإجراءات الأمن، والسلامة، والسلوك المهني المرتبط بهذه الوحدة

1. ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة، وغير فضفاضة، أو ذات أطراف طويلة)، وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين، أو الجسم (خواتم، وسلاسل، وساعات...إلخ) للوقاية من أي خطر.
2. توفر متطلبات السلامة الشخصية، والبيئة المحيطة (الكفوف، والأرواب، والعوازل الأرضية، والشفاطات إن لزم الأمر، الطفايات، وأنظمة المراقبة، والأمان، وحقيبة الإسعافات الأولية...إلخ).
3. التركيز أثناء العمل، والتزام الانضباط، والحذر، والحد من أي ضوضاء.
4. عدم العبث بالأجهزة، والأدوات الموجودة داخل المشغل، أو الورشة، وحفظها بصورة جيدة.
5. الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز، أو أداة تدريبية، وعدم إزالة أي جزء مخصص للحماية، والأمان.
6. التأكد من عزل الأسلاك التي تتعامل معها، وعدم تعريضها للتلف، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنية، أو مياه، والانتباه إلى أي أسلاك كهربائية يمر بها تيار كهربائي.
7. الانتباه إلى الجهد المقرر لكل قطعة، وجهاز قبل الاستخدام.
8. المحافظة على نظافة المكان، وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
9. عمل صيانة دورية للأجهزة، وفحص الأسلاك، والتوصيلات، وبيئة التدريب.
10. مراعاة السلامة عند تداول الدارات المتكاملة، وتركيبها، واستخدامها.
11. اتّباع تعليمات المدرّب، ومراجعته عند الضرورة.

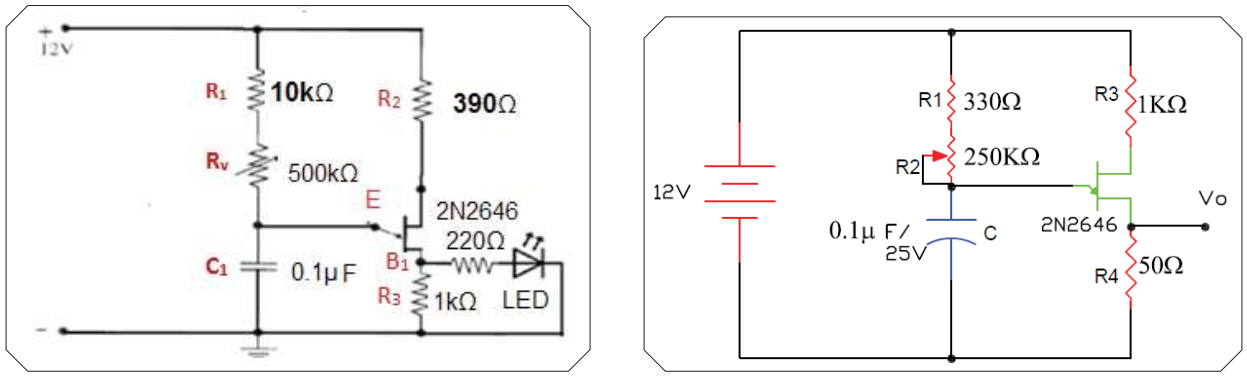
1 - 1 الموقف التعليمي التّعلّميّ: بناء دارة مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة (UJT).

وصف الموقف التعليمي: (حضر مقاول لمشغل الإلكترونيّات الصناعية، وطلب تصميم دارة تعمل كفلاشر (ومّاض) يستخدمها كإشارة تحذيرية أثناء العمل على الشوارع ليلا).

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من المقاول حول طلبه من حيث: - طبيعة الاستخدام، ومدته. - التكلفة المتوقعة. - مصادر التغذية الكهربائية المتوفرة. • أجمع البيانات عن: - ترانزستور أحادي الوصلة (UJT). - ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج (PUT). - المواصفات الفنية لكل منهما. - مبدأ عمل كل منهما. - تركيب كل منهما.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني.	• الوثائق: طلب المقاول الكتابي، كتالوجات، دليل الشركات المصنعة، كتب المكافئات للعناصر المتنوعة، مخططات الدارات الإلكترونية ذات العلاقة، والمواصفات الفنية للقطع المستخدمة. • الإنترنت: مواقع إلكترونية موثوقة.
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات التي تمّ جمعها حول (ترانزستور أحادي الوصلة، وترانزستور أحادي الوصلة المبرمج). • أُحدِّد خطوات العمل: - أرسم المخطط الإلكتروني المتعلق بدارة الوماض. - أستحضر القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. - أُحدِّد الأدوات، والعِدَد، والأجهزة اللازمة. - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة، والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة، والحوار. • التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، بيانات تمّ جمعها) • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة) • طلب المقاول. • الإنترنت. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسية اللازمة.
أنفذ	• أصل الدارة حسب المخطط في الشكل رقم (1 -أ). • أظهر شكل الاشارة على المخرج وعلى المواسع على راسم الاشارة. • أغير قيمة المقاومة المتغيرة وألاحظ التغير على شكل الاشارة. • أصل الدائرة المبينة بالشكل (1 -ب) وألاحظ اضاءة الثنائي وأغير قيمة المقاومة المتغيرة وألاحظ الفرق. • أشغّل الدارة، وأتحقّق من عملها.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• ترانزستورات: ترانزستور أحادي الوصلة (2N2646)، أو ما يكافئه، ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج(PUT (2N6027 • مكثفات (µf / 25V 0.1)، (µf/25V 1) • مقاومات ثنائي (30KΩ، 2X220Ω 1KΩ ،100KΩ 10KΩ (LED) (،15KΩ 390Ω) • مصدر جهد مستمر.

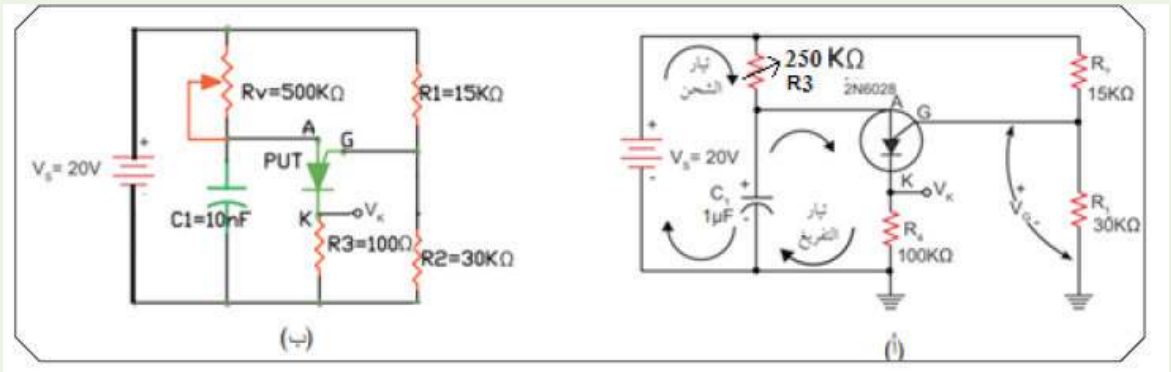
أتحقق	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل، وتوصيله مع الدارات المتكاملة. • أتحقَّق من توصيل الدارة حسب المخطط. • أتحقَّق من مطابقة القيم العملية، والقيم النظرية حسب العلاقة. • أتحقَّق من عمل الدارة حسب المطلوب. • أتأكَّد من الوثائق، والنماذج التي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد، والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظِّف موقع العمل.	• البحث العلمي. • الحوار، والمناقشة. • عمل المجموعات.	• طلب المقاول. • الوثائق، والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الإلكترونية • العلاقات الحسابية. • أجهزة القياس، والفحص الإلكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة
أوثِّق، وأعرض	• أوثِّق نتائج جمع البيانات حول: - ترانزستور أحادي الوصلة، واستخدامه كمذبذب التراخي - مخطط دارة المؤقت الزمني. - أجهزة القياس المستخدمة. - القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. • أعرض النتائج. • أجهّز تقريرا فنيا للمقاول. • أنشئ ملفا لهذه الحالة.	• الحوار، والمناقشة. • العمل التعاوني.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائية، وتتبعها. • نماذج عملية. • الإنترنت.
أقوِّم	• رضا المقاول عن تصميم الدارة، وعملها. • مطابقة الدارة في التركيب، والعمل حسب المخطط المطلوب، وحسب المواصفات الفنية المعتمدة. • تعبئة نموذج التقييم	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي.	• طلب المقاول. • المواصفات، والكتالوجات. • المخططات الفنية. • الدارة العملية. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم.



(1 - أ) (1 - ب)

الشكل (1): دارة، ومّاض، ومذبذب التراخي باستخدام أحادي الوصلة (UJT)

نشاط اضافي



الشكل (2): دارة مذبذب التراخي باستخدام أحادي الوصلة المبرمج (PUT)

الأسئلة

1. أوضح أثر تغير قيمة المقاومة Rv، والمواسع C1 في الدارة المبينة بالشكل (1 - ب)؟
2. أرسم شكل الإشارة عند النقطة VB1 والإشارة على المواسع في الدارة المبينة بالشكل (1 - ب).
3. أذكر تطبيقات الدارة المُبيَّنة في الشكل (1 -أ).

أتعلم

بناء دارة مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة (UJT)

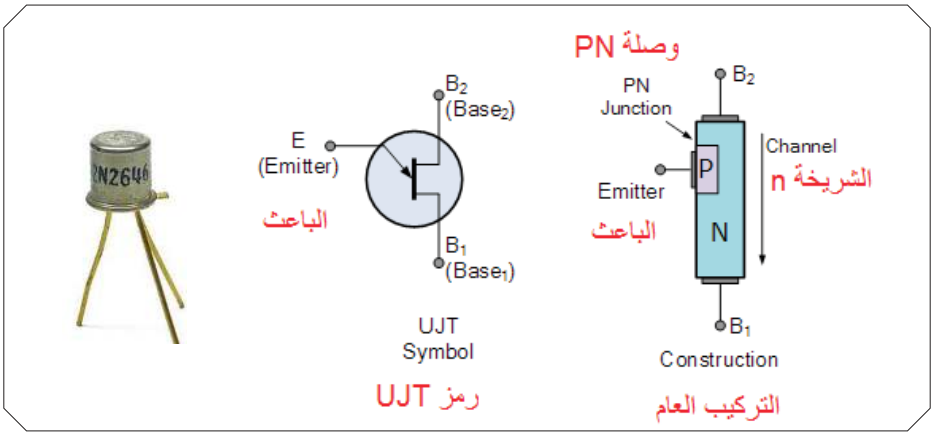
نشاط (1): أبحث عن تطبيقات مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة.

أولا: الترانزستور أحادي الوصلة Unijunction Transistor (UJT):

هو عنصر ثلاثي الأطراف يعمل كمفتاح ولا يعمل كمكبر. ويستخدم للتحكم بتشغيل عناصر الكترونيات القدرة كالثايرستور والترياك من أجل التحكم بالقدرة الواصلة للاحمال الكهربائية، بالاضافة إلى استخدامه في دارات المؤقتات ومولدات الاشارة والمذبذبات.

1. تركيبه

سمي ترانزستور أحادي الوصلة بهذا الاسم؛ لأنّه يتركب من وصلة واحدة هي وصلة PN كما يبين الشكل (3) تركيبه العام، ورمزه، يتصل الباعث بالشريحة P، بينما يتصل بالشريحة N طرفان: القاعدة الثانية B_2، والقاعدة الأولى B_1، ويكون الباعث أقرب إلى القاعدة الثانية كما يبين الشكل، وتكون قُطبيّة القاعدة الثانية موجبة بالنسبة للقاعدة الأولى، حيث توصل القاعدة الثانية بالقطب الموجب للمصدر، والقاعدة الأولى توصل بالقطب السالب.



الشكل (3): التركيب العام للترانزستور، ورمزه، وشكله (UJT)

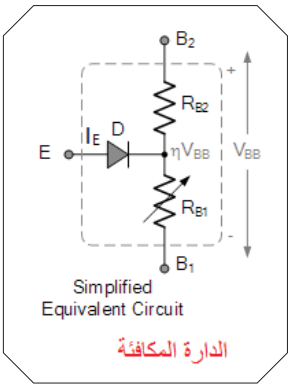
2. الدارة المكافئة لترانزستور أحادي الوصلة

تتكون الدارة المكافئة لترانزستور أحادي الوصلة كما يبين الشكل (4)؛ مما يأتي:

1. الثنائي الذي يمثل وصلة PN.
2. المقاومة RB_1 التي تمثل المقاومة الداخلية بين الباعث، والقاعدة الأولى.
3. المقاومة RB_2 التي تمثل المقاومة الداخلية بين الباعث، والقاعدة الثانية.

تسمى المقاومة الكلية بين القاعدتين R_{BB}، وهي مجموع مقاومتي القاعدتين عندما يكون تيار الباعث مساويا الصفر ($I_E=0$)، وتكون المقاومة في حدود ($4K\Omega$ -$10K\Omega$)، أما المقاومة RB_1 فتمثل بمقاومة متغيرة كما يبين الشكل (4)، حيث قيمتها تتناسب مع قيمة تيار الباعث I_E:

$$R_{BB} = RB_1 + RB_2$$



الشكل (4): الدارة المكافئة لترانزستور أحادي الوصلة

نسبة الابتعاد الجوهري (η): هي النسبة بين هبوط الفولتية على المقاومة RB_1، والفولتية بين القاعدتين عندما يكون تيار الباعث يساوي صفرا.

$$\eta = \frac{RB_1}{R_{BB}} = \frac{RB_1}{RB_1 + RB_2}$$

وتقع نسبة الابتعاد الجوهري بين (0.45-0.88)

ويعمل ترانزستور أحادي الوصلة من خلال الفولتية المطبقة بين الباعث والقاعدة الأولى V_E، فإذا تجاوزت فولتية الباعث مجموع الفولتية على القاعدة الأولى V_{RB1} والفولتية على الثنائي يتم قدح الترانزستور، ويبدأ التيار بالسريان فيه. ألاحظ الشكل (4).

وتعرف الفولتية التي يبدأ عندها تيار الباعث بالسريان فولتية القدح للباعث، أو فولتية القمة (Emitter Firing Potential) V_p، وتحسب فولتية القمة من العلاقة الآتية:

$$Vp = \eta V_{BB} + V_D$$

حيث V_{RB1} حسب قانون تجزئة الجهد.

$$V_{RB1} = \eta V_{BB}$$

مثال (1)

احسب قيمة فولتية القمة Vp للترانزستور أحادي الوصلة إذا كانت قيمة نسبة الابتعاد الجوهري 0.8، وقيمة فولتية المصدر VBB تساوي 10V.

الحل:

$$Vp = \eta V_{BB} + V_D$$
$$= 0.8 \times 10 + 0.7 = 8.7 \text{ V}$$

مثال (2)

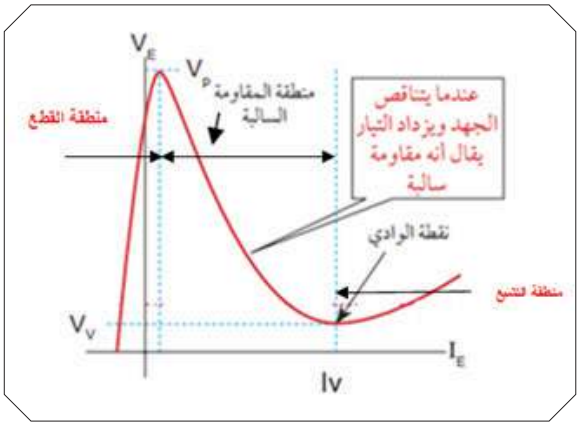
احسب قيمة نسبة الابتعاد الجوهري للترانزستور أحادي الوصلة إذا علمت أن Vp = 10V وأن فولتية المصدر VBB=15V.

الحل:

$$Vp = \eta V_{BB} + V_D$$
$$10 = \eta \times 15 + 0.7$$
$$\eta = \frac{9.3}{15} = 0.62$$

3. مبدأ العمل ومنحنى الخصائص للترانزستور أحادي الوصلة:

يبين الشكل (5) منحنى الخصائص للترانزستور أحادي الوصلة، حيث يمثل هذا المنحنى العلاقة بين فولتية الباعث وتياره عند قيم محددة للفولتية VBB، وكما يلاحظ فإن للترانزستور ثلاثة مناطق عمل وهي منطقة القطع ومنطقة المقاومة السالبة ومنطقة التشبع، ويمكن تلخيص مبدأ عمل الترانزستور بالاستعانة بمنحنى الخصائص بالنقاط التالية:



الشكل (5): منحنى الخصائص لترانزستور أحادي الوصلة

-عندما تكون فولتية الباعث أقل من فولتية القمة (Vp)، تكون وصلة الباعث- القاعدة الأولى منحازة عكسيا ويكون الترانزستور في منطقة القطع ولا يسري تيار من الباعث إلى القاعدة الأولى (يسري تيار صغير جدا يسمى تيار التسرب العكسي) .

- عند ازدياد فولتية الدخل VE بحيث تصبح مساوية أو أعلى من فولتية القمة (Vp) بقليل يسري تيار في الترانزستور ويدخل الترانزستور منطقة المقاومة السالبة حيث يزداد تيار الباعث وتقل فولتيته حتى يصل الترانزستور إلى نقطة الوادي.

- إذا زادت فولتية الباعث أعلى من الجهد عند نقطة الوادي فان التيار يزيد ويدخل الترانزستور إلى منطقة التشبع.

- إذا قل جهد الباعث أو تيار الباعث عن تيار وجهد نقطة الوادي فان الترانزستور يعود إلى منطقة القطع مرة أخرى.

- **منطقة المقاومة السالبة:** عند انحياز الوصلة أماميا تنخفض الفولتية على الترانزستور، ويزيد التيار المار من الباعث للقاعدة الأولى. تسمى هذه المنطقة المقاومة السالبة Negative Resistance Region. وسميت سالبة؛ لأنّ قيمة المقاومة في المنحنى تحسب من العلاقة الآتية:

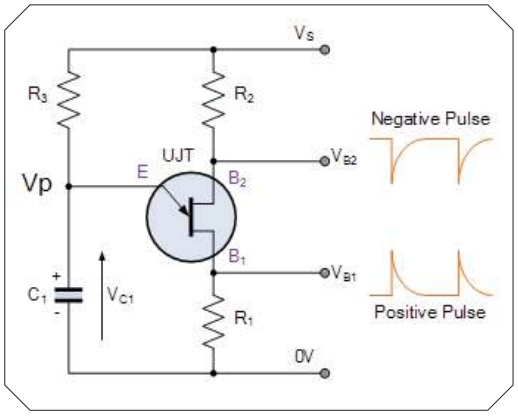
$$R = \frac{\Delta V_E}{\Delta I_E}$$

حيث إنَّ التغير في الجهد يكون سالبا، حيث يتغير من القيمة العظمى إلى الدنيا. والتغير في التيار يكون موجبا، فتُعدّ المقاومة سالبة.

4. مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة

يبين الشكل (6) دارة مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة

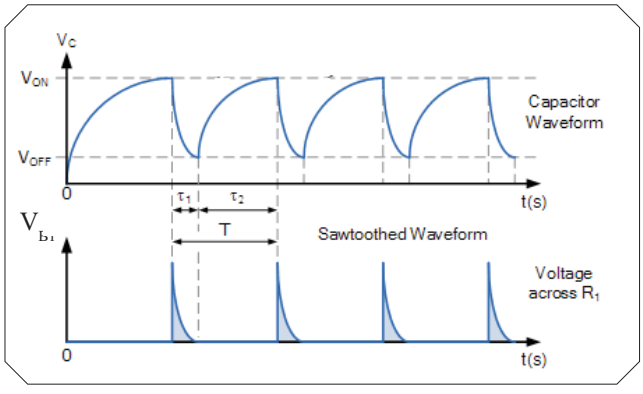
مبدأ العمل:



الشكل (6): مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة

1. في البداية عند إغلاق مفتاح المصدر تكون وصلة باعث القاعدة منحازة عكسيا، إذ إن المواسع يكون مفرغا من الشحنة.
2. يتم شحن المواسع من خلال المقاومة R_3، وبمعدل يعتمد على الثابت الزمني $R_3\ C_1$.
3. عندما تصبح الفولتية على المواسع مساوية لفولتية قدح ترانزستور أحادي الوصلة Vp تصبح الوصلة منحازة أماميا، وتكون مقاومتها صغيرة جدا، ويتم تفريغ المواسع بسرعة كبيرة، فتظهر إشارة التفريغ على المقاومة R1 كما يبين الشكل (7).
4. بعد تفريغ المواسع تنخفض الفولتية، وتعود الوصلة منحازة عكسيا مرة أخرى، وهكذا.

ويبين الشكل (7) شكل فولتية الشحن على المواسع على شكل سن منشار، كذلك شكل تيار التفريغ على المقاومة R_1 على شكل نبضي.



الشكل (7): شكل فولتية الشحن، والتفريغ

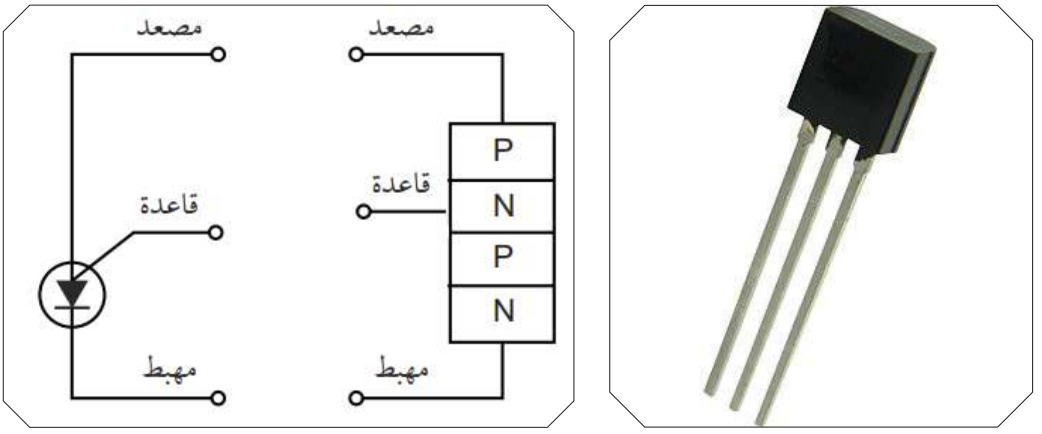
ثانيا: الترانزستور أحادي الوصلة المبرمج Programmable Unijunction Transistor (PUT)

يختلف تركيب ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج، ومبدأ عمله عن تركيب ترانزستور أحادي الوصلة، ويتشابه كل منهما باستخدامهما كمذبذب التراخي في توليد نبضات القدح للثايرستورات.

1. تركيب ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج:

يبين الشكل (8) تركيب ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج ورمزه، ومن الشكل نلاحظ أنه:

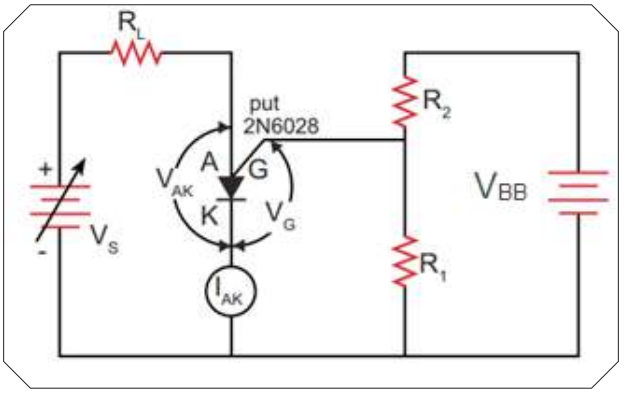
1. يتركب من أربع شرائح PNPN.
2. عنصر ثلاثي الأطراف (مصعد، وبوابة، ومهبط).
3. تتصل البوابة (القاعدة) بالشريحة n القريبة من المصعد.



الشكل (8): تركيب ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج، ورمزه

2. مبدأ عمل ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج

يبين الشكل (9) دارة قدح ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج:



الشكل (9): دارة قدح ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج

1. توصل البوابة، بحيث تكون قطبيتها موجبة بالنسبة للمهبط، وتسمى فولتية البوابة V_G، وتحدد فولتية البوابة من خلال مجزأ الجهد (R_1، R_2) الذي يضاف إلى الدارة خارجيا.
2. يكون ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج في حالة انحياز عكسي عندما تكون الفولتية بين المصعد، والبوابة (V_{AG}) سالبة.
3. يكون ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج في حالة انحياز أمامي عندما تكون الفولتية بين المصعد والبوابة موجبة، وتتجاوز 0.7V، بينما إذا انخفضت إلى أقلّ من 0.7V يتحول إلى حالة الفصل.

الأسئلة

1. أعرف ما يأتي فيما يتعلق بترانزستور أحادي الوصلة:
   - منطقة المقاومة السالبة.
   - منطقة التشبع.
2. أشرح تركيب ترانزستور أحادي الوصلة، ثمَّ أرسم التركيب العام، ورمزه؟
3. أرسم الدارة المكافئة لترانزستور أحادي الوصلة، وأبين ممّ تتكون؟

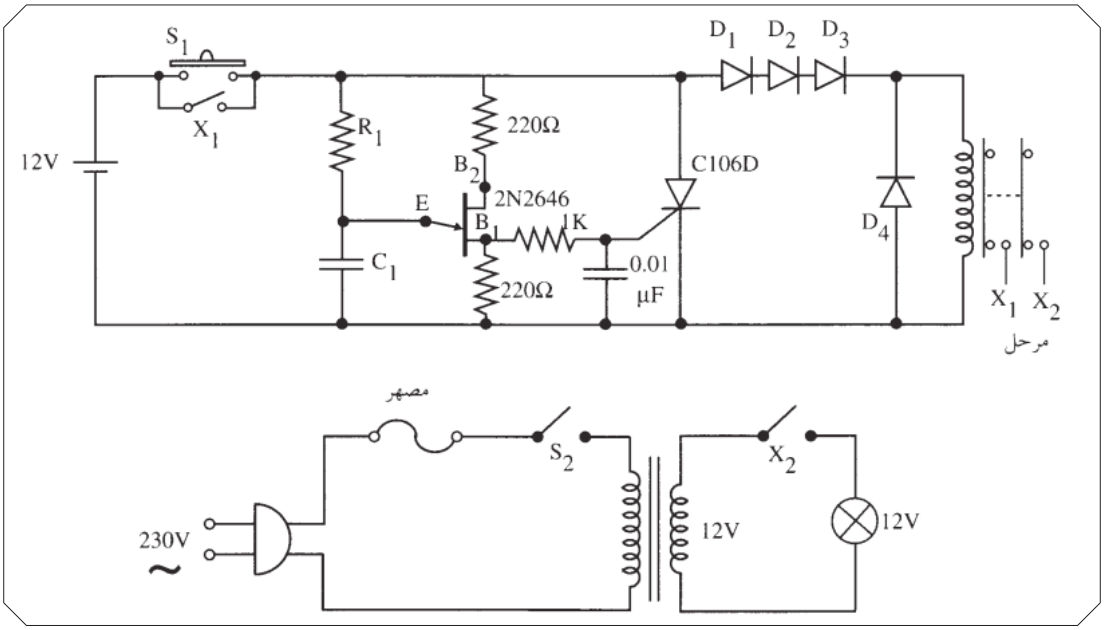
2 - 1 الموقف التعليمي التّعلّميّ: استخدام الثايرستور كمؤقت زمني.

وصف الموقف التعليمي: (حضر صاحب عمارة سكنية لمشغل الإلكترونيّات الصناعية، وطلب تصميم دارة للتحكم بتشغيل مصابيح للدرج لفترة زمنية محددة تفصل بعد انقضاء المدة أوتوماتيكيا).

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب العمارة حول طلبه من حيث: - الفترة الزمنية لتشغيل المصابيح. - طبيعة الاستخدام. - التكلفة المتوقعة. - مصادر التغذية الكهربائية المتوفرة. • أجمع البيانات عن: - تركيب الثايرستور، ومبدأ عمله. - خصائص الثايرستور. - طرق قدح الثايرستور. - دارة تايمر باستخدام الثايرستور.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني.	• الوثائق: طلب صاحب العمارة الكتابي (وصف المهمة، وكتاب رسمي) كتالوجات، أدلة الشركات المصنعة، الكتب العلمية ذات العلاقة. • الإنترنت: مواقع إلكترونية موثوقة.
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات التي تمّ جمعها حول (ترانزستور أحادي الوصلة، ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج، وخصائص الثايرستور، وطرق قدح الثايرستور). • أُحدِّد خطوات العمل: - أرسم المخطط الإلكتروني المتعلق بدارة المؤقت. - أرسم دارات قدح الثايرستور. - أستحضر القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. - أُحدِّد الأدوات، والعِدَد، والأجهزة اللازمة. - أعدّ خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة، والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة، والحوار. • التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، بيانات تمّ جمعها) • نموذج جدولة، ووقت تنفيذ المهام (الخطة) • طلب صاحب العمارة • الإنترنت. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسية اللازمة.

أُنفِّذ	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأنتبه إلى: - الجهد الذي تعمل عليه الدارة. - عدم ملامسة أطراف العناصر الإلكترونية أثناء التشغيل. • أرسم مخطط دارة المؤقت كما في الشكل رقم (١). • أصل الدارة حسب المخطط. • أضع قيمة المقاومة R، والمواسع C حسب الجدول (١). • أشغل الدارة، وأقيس الزمن. • أوثِّق الزمن بالحساب، والقياس.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• ترانزستور أحادي الوصلة (2N2646)، أو ما يكافئه. • مكثفات (0.47/)، (0.1 µf 25V)، (100 µf/25V)، (µf/25V)، (220 µf /25V) • ثنائي عادي (1N4007X4). • مقاومات (47KΩ، 220ΩX2، 1KΩ، 100KΩ،) • مرحل Relay ثنائي الرمية. • مفتاح SPST، كبسة ضغط /ON OFF • ثايرستور C106D • حمل (مصباح 12 فولت، ...) • مصدر جهد مستمر، ومتناوب 12 فولت.
أتحقَّق	• أتحقَّق من توصيل الدارة حسب المخطط. • أتحقَّق من مطابقة القيم العملية، والقيم النظرية حسب العلاقة. • أتحقَّق من عمل الدارة حسب المطلوب. • أتأكَّد من الوثائق، والنماذج التي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد، والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظِّف موقع العمل.	• البحث العلمي. • عمل المجموعات. • الحوار، والمناقشة.	• طلب صاحب العمارة • الوثائق، والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الإلكترونية. • العلاقات الحسابية. • القرطاسية. • أجهزة القياس، والفحص الإلكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة.
أُوثِّق، وأعرض	• أوثِّق نتائج جمع البيانات حول: - ترانزستور أحادي الوصلة، واستخدامه كمذبذب التراخي - مبدأ عمل الثايرستور. - مخطط دارة المؤقت الزمني. - أجهزة القياس المستخدمة. - القوانين، والعلاقات الحسابية. اللازمة. • أعرض النتائج. • أجهّز تقريرا فنيا لصاحب العمارة. • أنشئ ملفا لهذه الحالة.	• الحوار، والمناقشة. • العمل التعاوني.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائية، وتتبعها. • نماذج عملية. • قرطاسية.
أُقوِّم	• رضا صاحب العمارة عن تصميم للدارة، وعملها. • مطابقة عمل الدارة للعمل المطلوب، وذلك حسب المواصفات الفنية المعتمدة • تعبئة نموذج التقييم.	• النقاش الجماعي • البحث العلمي.	• طلب صاحب العمارة. • المواصفات، والكتالوجات. • المخططات الفنية. • الدارة العملية. • برامج رسم الدارات الكهربائية المحوسبة.



الشكل (1): المخطط التمثيلي لدارة المؤقت الزمني

R_1	C_1	T (بالحساب)=R_1C_1	T (بالقياس)
47KΩ	100μF/25V		
100KΩ	100μF/25V		
100KΩ	220μF/25V		
47KΩ	220μF/25V		

الجدول (1): علاقة تغير قيمة R_1، وC_1 على T

المعلومات الأساسية للدارة المبينة بالشكل (1):

1- تعمل الدارة عند غلق المفتاح S2، والضغط لحظيا على المفتاح S1 يمر تيار خلال المرحل، فيتم غلق ملامساته X1،X2، ويعمل المصباح، ويبقى يعمل لفترة زمنية تحددها قيمة المقاومة R1، والمواسع C1، فيتم قدح الثايرستور، فيمر التيار من خلال الثايرستور، ويتوقف المرحل عن العمل، وتعود ملامساته للفصل، ويطفئ المصباح، ويتوقف التيار من المرور في الدارة لغاية الضغط على المفتاح S1 مرة أخرى.

2- يوصل الثنائي D4 على التوازي مع ملف المرحل لحماية عناصر الدارة من الجهود العكسية الناتجة من ملف المرحل عند فصل المرحل.

3- تستخدم الثنائيات D1،D2،D3 للتغلب على الفولتية على الثايرستور عند قدحه، حيث ينشأ هبوط في الفولتية على هذه الثنائيات، فيتلاشى أثر الفولتية على المرحل ليبقى في حالة الفصل حتى يتم الضغط على المفتاح S1 لحظيا مرة أخرى، وهكذا.

نشاط (1): أبين في خطوات كيفية فحص الثايرستور لتحديد أطرافه، وصلاحيته.

الأسئلة

1. أشرح مبدأ عمل الدارة المبينة بالشكل (1).
2. أبين أهمية كل من (D_1، D_2، D3)، و (D_4) في الدارة.
3. أوضح أثر تغير قيمة كل من C_1، R_1 على عمل الدارة.
4. أبين أثر حصول كل من الأعطال الآتية على عمل الدارة:
   - قصر بين المصعد، والمهبط.
   - فصل بين المصعد، والمهبط.
   - قصر في الثنائي D_4.
5. أذكر تطبيقات عملية ممكنة للدارة المُبيَّنة في الشكل (1).

أتعلم

استخدام الثايرستور كمؤقت زمني.

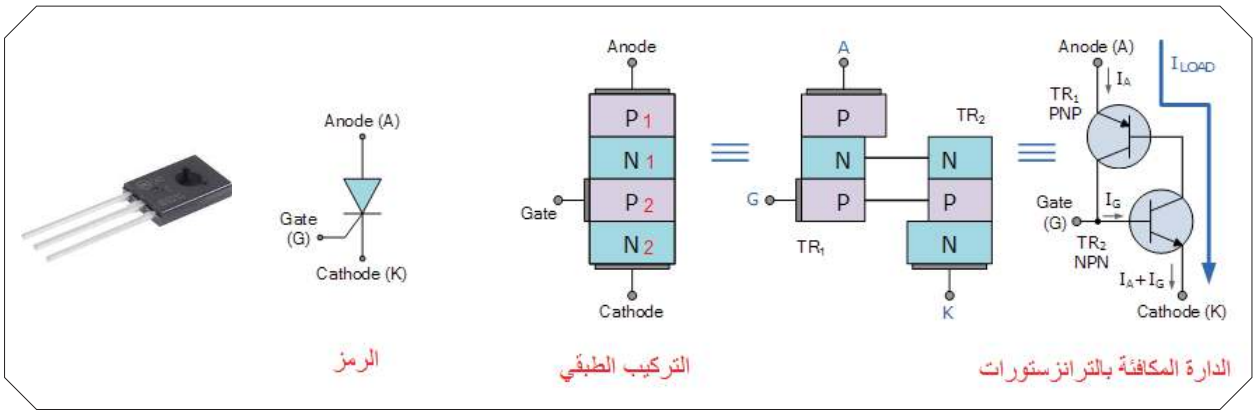
نشاط (2): يعد المقوم السيلكوني المحكوم SCR (الثايرستور) من العناصر المهمة في عالم إلكترونيّات القوى، أبحث عن سبب ذلك، وعن تطبيقاته في مجال الإلكترونيّات الصناعية.

المقوم السيلكوني المحكوم SCR (الثايرستور):

هو عنصر ثلاثي الأطراف (مصعد، وبوابة، ومهبط) أحادي الاتجاه يمرِّر التيار باتجاه واحد من المصعد إلى المهبط، ويتم التحكم في تشغيله عن طريق البوابة.

1. تركيب الثايرستور (Thyristor):

يتركب الثايرستور من أربع طبقات $P_1N_1P_2N_2$ كما يبين الشكل (2) التركيب الطبقي، والدارة المكافئة بالترانزستورات، ورمز الثايرستور:



الشكل (2): التركيب الطبقي، والدارة المكافئة بالترانزستورات، ورمز الثايرستور، وشكله.

تتصل الشريحة P_1 بطرف خارجي يسمى المصعد (Anode)، والشريحة N_1 تسمى طبقة الحجز، والشريحة P_2 تتصل بطرف خارجي يسمى البوابة (Gate)، والشريحة N_2 تتصل بطرف خارجي يسمى المهبط (Cathode).

ويكافئ الثايرستور ترانزستورين أحدهما PNP، والثاني ترانزستور NPN كما يبين الشكل (2) الدارة المكافئة بالترانزستورات.

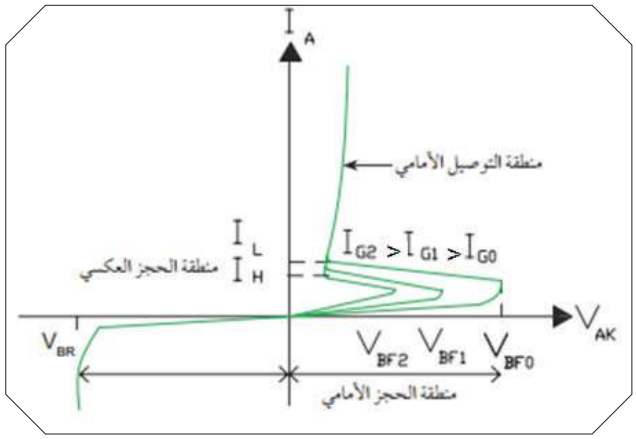
2. مبدأ عمل الثايرستور:

عندما يكون المصعد موجبا بالنسبة إلى المهبط، وعند تطبيق نبضة موجبة على البوابة بالنسبة للمهبط فإنّ الثايرستور يتحول إلى حالة التوصيل، حيث يمر تيار من المصعد إلى المهبط. وإذا زاد هذا التيار عن تيار معين يسمى تيار الإمساك فإنّ الثايرستور يبقى في حالة التوصيل، حتى لو تمّ إزالة النبضة عن البوابة، وذلك إلى أن يقل التيار المار فيه عن تيار معين يسمى تيار الاستمرار بالتوصيل، فيتحول إلى حالة الفصل مرة أخرى.

3. مناطق عمل الثايرستور:

- **منطقة الحجز العكسي:** يكون جهد المصعد سالباً بالنسبة للمهبط، ولا يمر بالثايرستور إلا تيار قليل جدا يسمى تيار التسرب العكسي.
- **منطقة الحجز الأمامي:** يكون جهد المصعد موجباً بالنسبة للمهبط، وأقل من جهد الانهيار الأمامي، وتيار البوابة يساوي صفراً، ولا يمر في الثايرستور إلا تيار قليل يسمى تيار التسرب الأمامي.
- **منطقة التوصيل الأمامي:** في هذه المنطقة يكون جهد المصعد موجباً بالنسبة للمهبط، ويمر تيار من المصعد إلى المهبط يعتمد على جهد المصدر، ومقاومة الحمل، حيث يكون الثايرستور في وضع التوصيل، ويكون فرق الجهد على طرفيه في حدود 2 فولت، ويتم الوصول إلى هذه المنطقة بطرق، وظروف تشغيلية مختلفة سيتم التطرق لها لاحقا.
- **تيار الإمساك (البدء بالتوصيل) (IL Latching current):** هو تيار المصعد الذي يتحول عنده الثايرستور من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي حتى بعد إزالة النبضة عن البوابة.
- **تيار الاستمرار بالتوصيل (Holding Current IH):** هو أقلّ تيار مصعد يلزم مروره في الثايرستور ليبقى في حالة التوصيل، ولا ينتقل إلى حالة الفصل.
- **تيار البوابة (القدح) (IG):** هو تيار البوابة اللازم لنقل الثايرستور من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي.

ويبين الشكل (3) منحنى الخصائص للثايرستور مبينا عليه مناطق عمل الثايرستور

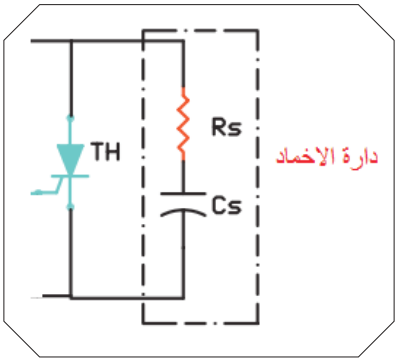


4. طرق قدح الثايرستور:

ينتقل الثايرستور من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي بعدة طرق، وبعضها لا يمثل الطرق المعتمدة لتشغيل الثايرستور، وإنما ظروفا تشغيلية يجب أخذ الاحتياطات منها؛ حتى لا تؤدي إلى انتقال الثايرستور إلى منطقة التوصيل الأمامي:

- **البوابة:** تعد هذه الطريقة من أهم طرق قدح الثايرستور، وأكثرها استعمالا، وتتم عن طريق حقن كمية كافية من التيار إلى طرف البوابة لنقل الثايرستور إلى منطقة التوصيل الأمامي، ولتتم عملية القدح بهذه الطريقة يجب أن يتحقق الشرطان التاليان:
  - أن يكون جهد المصعد موجباً بالنسبة للمهبط.
  - توفر نبضة قدح موجبة على بوابة الثايرستور.
- **الحرارة:** إذا زادت درجة حرارة الثايرستور فإنّ تيار التسرب الأمامي يزداد، وإذا زاد عن حد معين فإنه ينتقل إلى منطقة التوصيل الأمامي؛ لذلك يجب تبريد الثايرستور؛ حتى لا تؤدي الحرارة الزائدة إلى تشغيل الثايرستور أو تلفه.
- **الضوء:** إذا تعرض الثايرستور للضوء، فإنّ تيار التسرب الأمامي يزداد، وإذا زاد عن حد معين فإنه ينتقل إلى منطقة التوصيل الأمامي، ويتم استخدام هذه الخاصية في الثايرستور الضوئي.
- **زيادة الجهد الأمامي:** إذا زاد الجهد الأمامي المطبق على الثايرستور عن جهد الانهيار الأمامي، فإنّ الثايرستور ينتقل إلى منطقة التوصيل الأمامي؛ لذلك يتم استخدام ثايرستورات ذات جهد انهيار أعلى من جهد التشغيل للدارة.
- **زيادة معدل تغير الجهد الأمامي:** إذا زاد معدل التغير في الجهد بين المصعد والمهبط فإنّ هذا التغير قد ينقل الثايرستور إلى منطقة التوصيل الأمامي، ولا تستخدم هذه الطريقة في عملية قدح الثايرستور.

ويتم حماية الثايرستور من القدح بهذه الطريقة عن طريق دارة تسمى دارة الإخماد، وهي عبارة عن دارة مكونة من مقاومة ومواسع موصولات على التوالي، وتوصل على التوازي مع الثايرستور كما يبين الشكل (4).



الشكل (4) دارة الإخماد

5. فصل الثايرستور (التبديل):

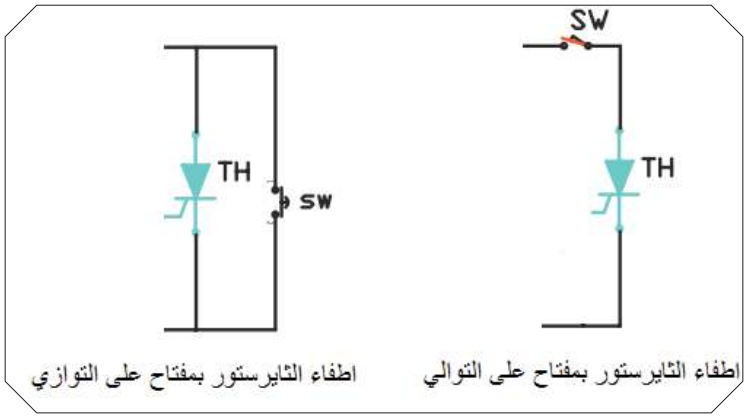
هو عملية نقل الثايرستور من منطقة التوصيل الأمامي إلى منطقة الحجز الأمامي، أو العكسي، إذ لا يمكن إطفاء الثايرستور عن طريق البوابة، وتتم عملية التبديل بتوفر الشروط التالية:

- تقليل التيار عن قيمة تيار الاستمرار بالتوصيل.
- تطبيق جهد عكسي بين المصعد والمهبط لفترة زمنية معينة.

طرق التبديل

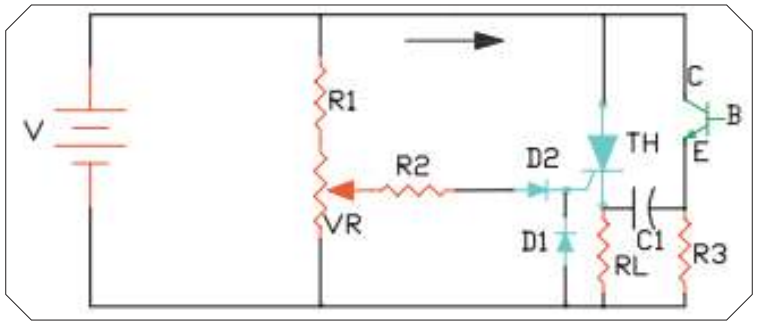
- **التبديل الطبيعي:** حيث يتم بشكل طبيعي في دارات التيار المتناوب حيث يتحقق نتيجة تحول الجهد المتناوب بين نصف الموجة الموجب والسالب.
- **التبديل القسري:** يستخدم التبديل القسري في دارات التيار المستمر، ويتم إطفاء الثايرستور بطريقتين

أ. باستخدام المفاتيح على التوالي، أو التوازي كما يبين الشكل (5)، فعند الضغط على المفتاح لفترة زمنية يقل التيار المار بالثايرستور عن قيمة تيار الاستمرار بالتوصيل؛ فيتم إطفاؤه.



الشكل (5): طريقة إطفاء الثايرستور بالمفاتيح

ب. باستخدام المكثف: يستخدم المكثف بشكل أساسي في عملية الإطفاء، ويتلخص دوره في توفير جهد ذي قُطبيّة معاكسة على مصعد الثايرستور كما يبين الشكل (6) دارة إطفاء تستخدم مكثفا مع مفتاح ترانزستوري، عندما يكون الثايرستور في حالة وصل، والترانزستور في حالة فصل يتم شحن المواسع إلى قيمة جهد المصدر بقُطبيّة، بحيث يكون طرفه الأيسر موجبا بالنسبة للطرف الأيمن كما يبين الشكل، وعند الحاجة لإطفاء.



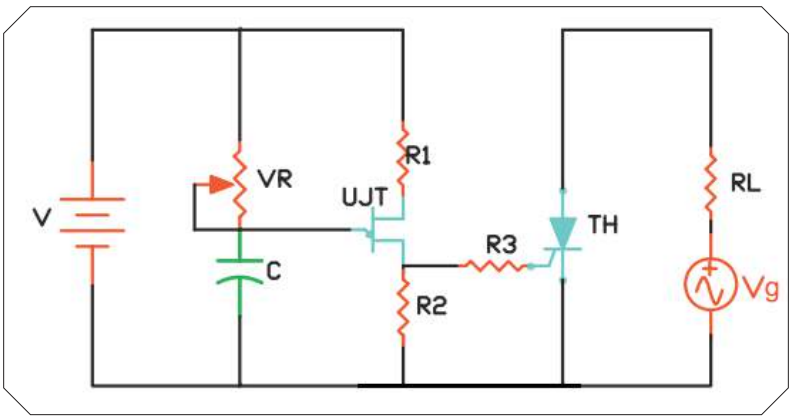
الشكل (6): يبين دارة إطفاء الثايرستور من خلال المكثف (الاقتصار على فهم عمل الدارة، وليس حفظها)

الثايرستور يتم تشغيل المفتاح الترانزستوري بواسطة جهد قاعدة مناسب، فيتم تطبيق جهد المكثف عكسيا على مصعد الثايرستور، حيث يتوقف الثايرستور عن العمل.

6. دارات قدح الثايرستور:

أ. دارة قدح الثايرستور غير المتزامنة: يبين الشكل (7) إحدى دارات قدح الثايرستور غير المتزامنة باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة:

مبدأ عمل الدارة: عند تغيير قيمة المقاومة VR يتم تحديد الزمن اللازم لشحن المواسع، وعندما تصل الفولتية إلى فولتية القمة لترانزستور أحادي الوصلة يبدأ بالتوصيل، ويعمل المواسع على تفريغ الشحنة من خلال ترانزستور أحادي الوصلة، والمقاومة R2، تظهر على المقاومة R2 نبضة تعمل على قدح الثايرستور بزاوية قدح، أو زاوية التأخير تتراوح بين (0 - 180)درجة مع ملاحظة أن يكون تطبيق نبضة القدح خلال النصف الموجب لفولتية المصدر.

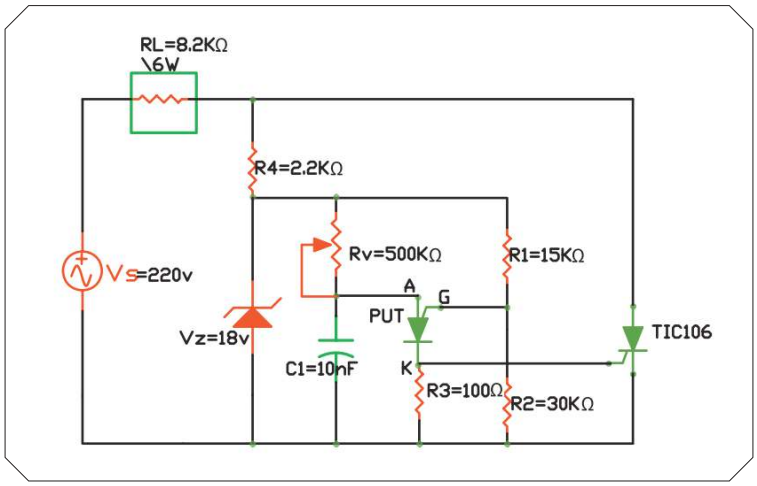


الشكل (7): دارة قدح الثايرستور غير متزامنة (الاقتصار على فهم عمل الدارة، وليس لحفظ هذه الدارة)

مساوئ القدح بهذه الطريقة:

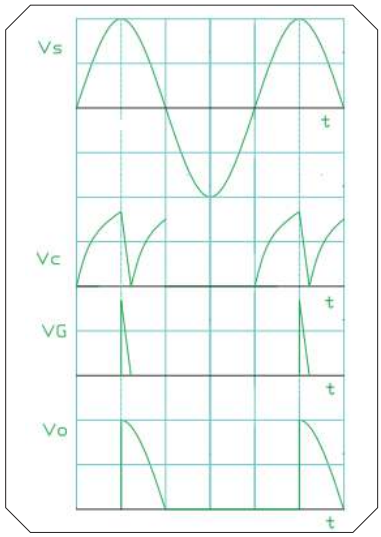
- عدم وجود توافق بين نبضة قدح الثايرستور، ومصدر التغذية المتناوب؛ لأنّ دارة القدح تتغذى من مصدر، ودارة الحمل من مصدر آخر.
- زاوية القدح (0 - 180) غير ثابتة القيمة، وبالتالي القدرة الواصلة إلى الحمل غير ثابتة.

ب. دارة قدح الثايرستور المتزامنة: يبين الشكل (8) دارة قدح الثايرستور المتزامنة باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج؛ لأنّ دارة القدح، ودارة الحمل تتغذيان من مصدر واحد، وتكون زاوية القدح ما بين (0 - 180) درجة.



الشكل (8): دارة قدح الثايرستور المتزامنة (الاقتصار على فهم عمل الدارة، وليس لحفظ هذه الدارة)

مبدأ عمل الدارة: في النصف الموجب لفولتية المصدر يعمل الثنائي الزينر على تحديد جهد تشغيل دارة القدح على جهد الزينر المستخدم، ويتم تحديد جهد البوابة بواسطة مجزئ الجهد R_2 ، R_1، ويتم شحن المكثف من خلال المقاومة R_V، وما أن يزيد جهده عن جهد البوابة ب $0.7V$ يتم قدح الترانزستور أحادي الوصلة المبرمج، حيث يفرغ المواسع شحنته من خلال ترانزستور أحادي الوصلة المبرمج، والمقاومة R_3 فيتم قدح الثايرستور، ويعمل الحمل. أما في النصف السالب فلا تعمل دارة القدح، ولا يعمل الثايرستور، ولا الحمل، ويبين الشكل (9) أشكال الإشارات الكهربائية عند النقاط المختلفة للدارة.



الشكل (9): أشكال الإشارات الكهربائية عند النقاط المختلفة للدارة

الأسئلة

1. أعرف الثايرستور، وأشرح تركيبه مع رسم الدارة المكافئة له بالترانزستورات.
2. أعدد طرق قدح الثايرستور لنقله من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي.
3. أعرف التبديل، وأذكر شروطه.

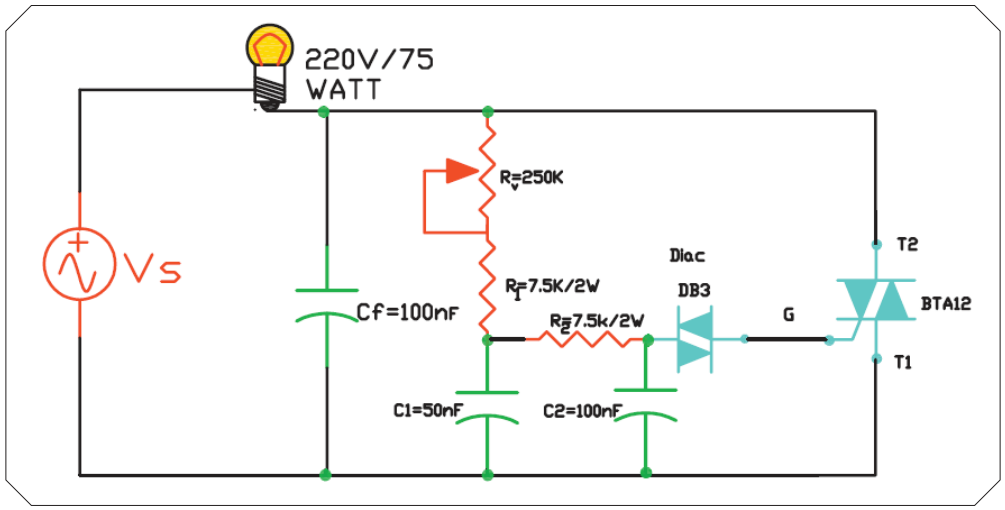
4 - 1 الموقف التعليمي التّعلّميّ: تركيب وصيانة دارات التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل باستخدام (الترياك، والدياك).

وصف الموقف التعليمي: (حضر مالك فندق إلى ورشة صيانة إلكترونيّات صناعية، وطلب تصميم دارة للتحكم في شدة الإضاءة لغرض استخدامها في الغرف الفندقية، والممرات، وذلك للتحكم بشدة الإضاءة).

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من مالك الفندق حول طلبه من حيث: - قيمة الجهد الكهربائي المستخدم وطبيعته. - طبيعة الاستخدام ومدته. - التكلفة المتوقعة. • أجمع البيانات عن: - تركيب الترياك، والدياك. - مبدأ عمل الدياك، والترياك، ومنحنيات الخواص لهما. - تطبيقات عملية على استخدام الترياك، والدياك. - مخطط دارات التحكم باستخدام الترياك. - طرق قدح الترياك. - قوانين حساب القدرة المنقولة إلى الحمل.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني.	• الوثائق: طلب صاحب الفندق الكتابي (وصف المهمة، وكتاب رسمي)، كتالوجات، ودليل الشركات المصنعة، وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة، ومخططات الدارات الإلكترونية ذات العلاقة، والكتب العلمية ذات العلاقة. • الإنترنت: مواقع إلكترونية موثوقة.
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات التي تمّ جمعها حول (تركيب، وعمل الترياك، والدياك، ومنحنيات الخواص، دارات التحكم، وطرق القدح). • أُحدِّد خطوات العمل: • أرسم المخطط الإلكتروني المتعلق بدارة التحكم. • أستحضر القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. • أعد جدولاً بالبدائل المقترحة لاستبدال القطع التالفة، ومواصفاتها وجدوى الاستبدال إن وجد. • أُحدِّد الأدوات، والعِدَد، والأجهزة اللازمة. • أعدّ خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة، والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة، والحوار. • التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمّ جمعها). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب الفندق. • الشبكة العنكبوتية. • كتب علمية ذات العلاقة • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسية اللازمة.

أُنفّذ	• أحضر القطع الإلكترونية المطلوبة في التصميم كما في الشكل (١)، وأتأكّد من صلاحيتها، ومواصفاتها الفنية. • أُحدِّد أطراف التريّاك. • أرسم مخطط دارة التحكم بشدة الإضاءة باستخدام التريّاك. • أصل الدارة، وأشغلها. • أُغيِّر شدة الإضاءة (منخفضة – متوسطة - عالية)، وأقيس شدة التيار، وفرق الجهد على الحمل. • أعدّل على الدارة لتشغيل حمل حثّي. • أحسب القدرة المنقولة إلى الحمل	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• مصدر جهد متناوب. • مصدر جهد مستمر. • تريّاك (BTA12) • دياك (DB3) • مكثفات: 0.1 µf/ 400V، 0.1µf/ 100V، 500nf/ 400V • ثنائي عادي (1N4007). • مقاومات ثابتة: 7.5KΩ/ 2W، • مقاومات متغيرة: 250 KΩ/1W • لوحة توصيل.
أتحقّق	• أتحقَّق من توصيل الدارة حسب المخطط. • أتحقَّق من مطابقة القيم العملية، والقيم النظرية. • أتحقَّق من عمل الدارة حسب المطلوب. • أتأكَّد من الوثائق، والنماذج التي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد، والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظِّف موقع العمل.	• البحث العلمي. • عمل المجموعات. • الحوار، والمناقشة.	• طلب مالك الفندق. • الوثائق، والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الإلكترونية. • العلاقات الحسابية. • القرطاسية. • أجهزة القياس، والفحص الإلكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة.
أوثّق، وأعرض	• أوثّق نتائج جمع البيانات حول: - تركيب التريّاك، والدياك. - المواصفات الفنية للتريّاك، والدياك، وطبيعة العمل، ومنحنيات الخواص لهما. - تطبيقات عملية على استخدام التريّاك، والدياك. - مخطط دارات التحكم باستخدام التريّاك. - طرق قدح التريّاك. - قوانين حساب القدرة المنقولة إلى الحمل. • أعرض النتائج. • أجهّز تقريرا فنيا لمالك الفندق. • أنشئ ملفا لهذه الحالة.	• الحوار، والمناقشة. • العمل التعاوني.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائية، وتتبعها. • نماذج عملية.
أقوّم	- رضا مالك الفندق: موافقته على عمل الجهاز. - مطابقة عمل الآلة للعمل المطلوب، وذلك حسب المواصفات الفنية المعتمدة. - تعديل الدارات لتطوير عملها. - تعبئة نموذج التقييم.	- الحوار، والمناقشة. - البحث العلمي.	- طلب مالك الفندق. - المواصفات، والكتالوجات. - المخططات الفنية. - الدارة العملية. - الكتب العلمية ذات العلاقة. - ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم.



الشكل (1): دارة التحكم بشدة الإضاءة باستخدام الترياك.

تمرين عملي إضافيّ (1):

الدارة أدناه تمثل «محول إلكتروني» يستخدم لتشغيل الأجهزة الكهربائية التي تعمل على مصدر جهد (110V)، وذلك باستخدام الترياك:

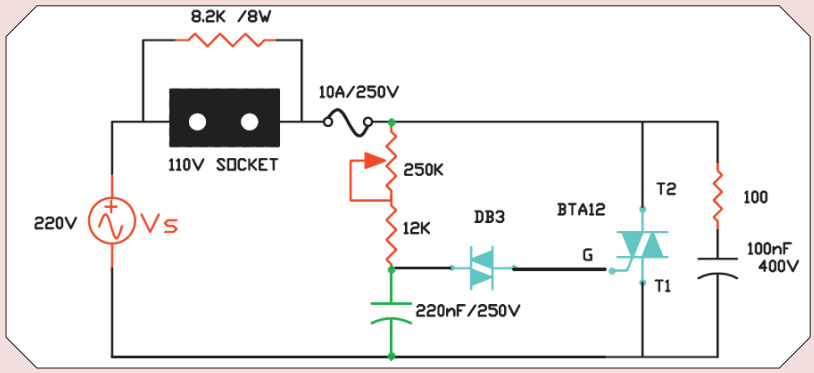
1- أشرح مبدأ عمل الدارة موضحا وظيفة العناصر الإلكترونية المكونة لها.

2- أركّب الدارة، وأشغلها، وأضبط المقاومة المتغيرة، بحيث يكون الجهد الخارج = 110 فولت.

3- أتأكّد من عمل الدارة بتوصيل حمل يعمل على 110 فولت، وفحص قيمة الجهد الخارج للمحول.

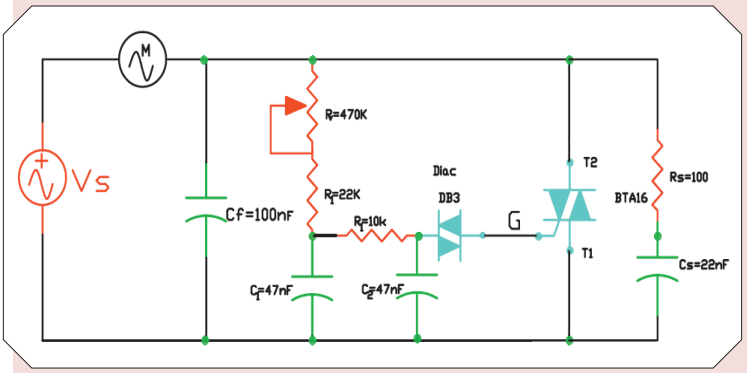
4- أعدد ميزات وعيوب كل من المحول الإلكتروني، والمحول الكهرومغناطيسي.

5- أحسب القدرة القصوى للمحول إذا كان الترياك يتحمل مرور تيار أقصى (12A)، وفرق الجهد على طرفي حمل أومي موصولاً على مخرج المحول يساوي (110V).



تمرين عملي إضافيّ (2):

الدارة أدناه تمثل دارة للتحكم بسرعة محرك مكنسة كهربائية، بحيث يتم التحكم بسرعة المحرك عن طريق التحكم بالقدرة المنقولة من المصدر إلى المحرك بواسطة التحكم بزاوية قدح التريك:



1. أركب الدارة، وأتأكّد من عملها.
2. أقيس قيمة التيار والجهد على الحمل عند سرعات مختلفة.

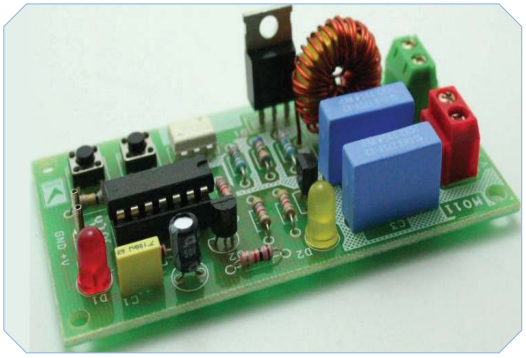
الأسئلة

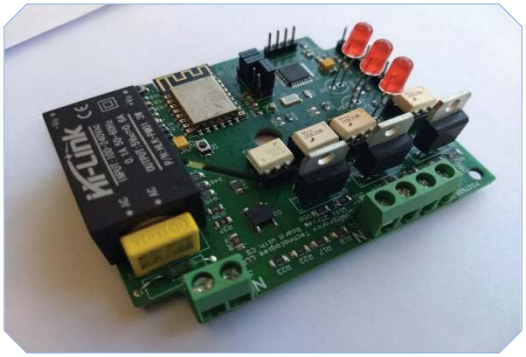
1. أوضح مدى قيمة زاوية القدح للتريك للدارة في الشكل (1).
2. أذكر أهمية كل من R_v ، C_{f_1} ، C_1 ، C_2 للدارة في الشكل (1).
3. أبين سبب / أسباب الخلل المتوقعة لكل من:
   - الحمل (اللمبة) يعمل، ولا تتأثر بقيمة التغير في المقاومة المتغيرة.
   - الحمل (اللمبة) لا يعمل بالرغم من سلامة التوصيلات.
4. أحسب قيمة القدرة المنقولة للحمل إذا كانت مقاومة الحمل (20Ω)، وزاوية القدح (45°) لنفس جهد المصدر المستخدم (220V).

أتعلم

تركيب، وصيانة دارات التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل باستخدام (التريك، والدياك).

نشاط (1): يستخدم التريك بشكل كبير في دارات التحكم بالقدرة المنقولة للحمل، ودارات التقطيع، والدارات المفتاحية .إلخ، أبحث عن لوحات إلكترونية، وأقوم بفك عنصر التريك، وأبحث عن مواصفاته الفنية مستعينا بالإنترنت، وكتب المواصفات.





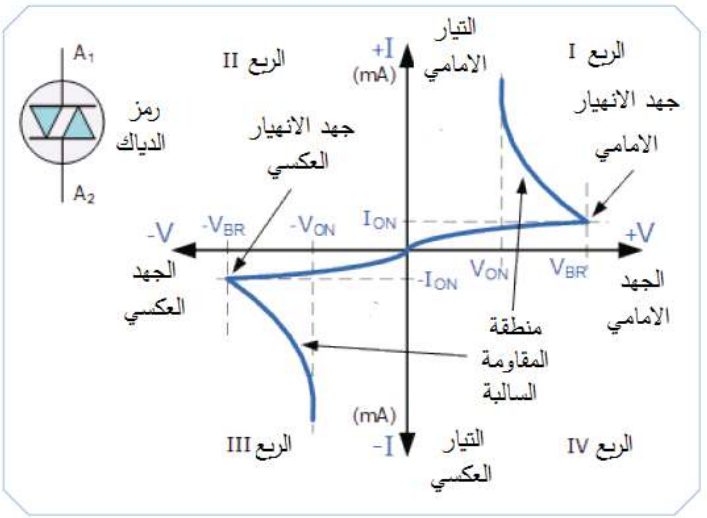
أولا: الدياك (DIAC) (Diode Alternating Current Switch)

هو أحد عناصر عائلة الثايرستور، له طرفان متماثلان هما المصعد الأول (A_1)، والمصعد الثاني (A_2)، ويعمل كمفتاح ثنائي الاتجاه، حيث يسمح بمرور التيار في اتجاهين متعاكسين، ويتكوّن من خمس طبقات شبه موصلة كما في الشكل (2).

الشكل (2): رمز، وتركيب الدياك

1. مبدأ العمل

يوصل (يعمل) الدياك في أي من الاتجاهين عن طريق زيادة الجهد عليه إلى قيمة تتجاوز قيمة جهد الانهيار الأمامي، حيث إنَّ له جهدي انهيار: أحدهما موجب، والآخر سالب كما هو موضّح في منحنى الخصائص في الشكل رقم (3)، ويعمل الدياك على جهود منخفضة في حدود (25V - 40V).



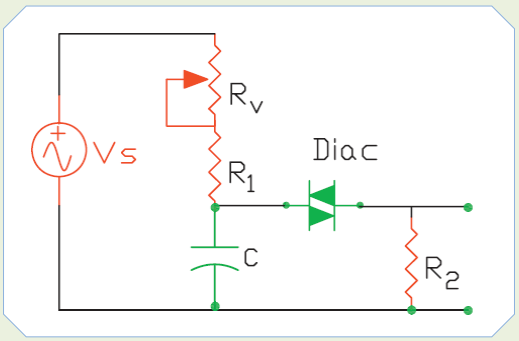
الشكل (3): منحنى الخصائص للدياك.

2. تطبيقات الدياك الرئيسية

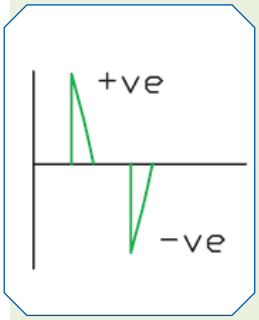
يستعمل الدياك كمذبذب، وغالبا ما يستخدم في دارات قدح التريك.

مثال (1)

أشرح مبدأ عمل الدارة الآتية التي تمثل تطبيقا عمليا لاستخدام الدياك كمذبذب.



مبدأ العمل: في النصف الموجب لموجة مصدر جهد التغذية يبدأ المكثف بالشحن بقُطبيّة موجبة، حتى يصل فرق الجهد على المكثف إلى جهد الانهيار الأمامي الموجب للدياك، فتنخفض مقاومة الدياك، ويسمح بمرور التيار، ويتم التفريغ في المقاومة R_2 على شكل نبضة موجبة على المخرج.



في النصف السالب لموجة مصدر جهد التغذية يبدأ المكثف بالشحن بقُطبيّة سالبة (عكسية) حتى يصل فرق الجهد على المكثف إلى جهد الانهيار الأمامي السالب للدياك فتنخفض مقاومة الدياك، ويسمح بمرور التيار، ويتم التفريغ في المقاومة R_2 على شكل نبضة سالبة على المخرج.

تكون الإشارة على المخرج كما في الشكل المجاور.

سؤال: بالرجوع للدارة في المثال السابق، أُحدِّد مسار الشحن خلال النصفين الموجب والسالب لموجة مصدر التغذية، وأبين كيف يمكن التحكم بزمن الشحن، والتفريغ.

3. المواصفات الفنية

يتم معرفة المواصفات الفنية (جهد الانهيار وتياره) للدياك من خلال كتب المواصفات، أو من خلال المواقع الإلكترونية ذات الصلة، فمثلا يبيّن الجدول في الشكل رقم (4) المواصفات الفنية للدياك ذي الرقم (NTE6411)، حيث يظهر قيمة كل من جهد الانهيار الأمامي (40 V)، وتيار الانهيار الأمامي (100μA)

MNFR#	V_{BO} (V)	I_{BO} MAX (μA)	I_{PULSE} (A)	V_{SWITCH} (V)	P_D (mW)
NTE6411	40	100	2	6	250

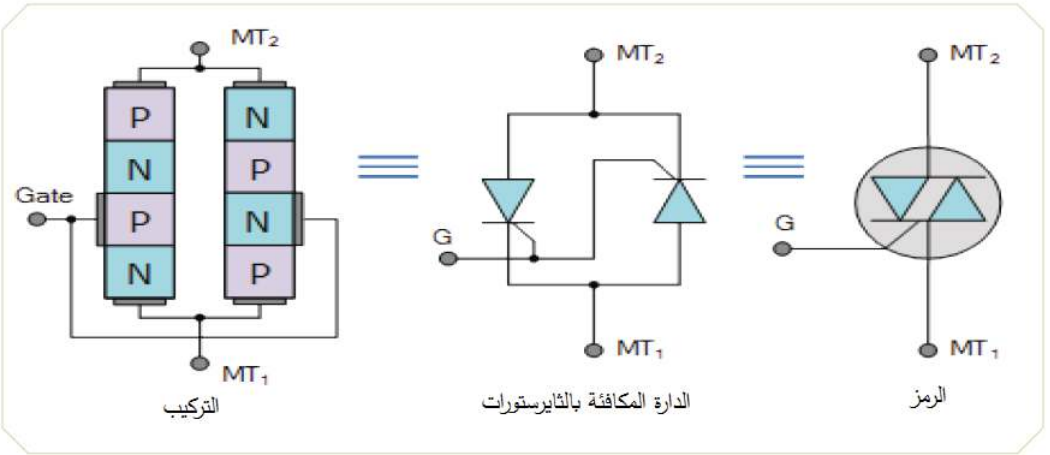
الشكل (4): يبيّن المواصفات الفنية للدياك (للاطلاع فقط)

نشاط (2): اعمل بحثاً أقارن فيه بين الدياك والمفتاح السيليكوني ثنائي الاتجاه SBS من ناحية الاطراف ومبدأ العمل وجهود الانهيار والتطبيقات؟

ثانيا: التريك (TRIAC) (Triode for Alternating Current)

هو عنصر شبه موصل يكافئ مفتاح ثلاثي الأطراف ثنائي الاتجاه، يتحكم بمرور التيار باتجاهين متعاكسين؛ لذلك فهو مناسب في دارات التحكم التي تعمل بالتيار المتناوب، ويكافئ ثايرستورين موصولين على التوازي، ومتعاكسين، أي أن

مصعد الثايرستور الأول موصول إلى مهبط الثايرستور الثاني، ومصعد الثايرستور الثاني موصول إلى مهبط الثايرستور الأول، وتوصل بوابتهما معا.



الشكل (5): يوضح رمز عنصر التريك، وتركيبه، ومكافئه.

أ. مبدأ العمل

عند توفير نبضة قدح مناسبة على البوابة يسمح التريك بمرور التيار بالاتجاهين معتمدا على جهد كل من T_1، وT_2، وفولتية البوابة، ويوجد أربعة أنماط لقدح التريك تبعا لإشارة أطراف التريك (T_1، T_2، G)، وهي:

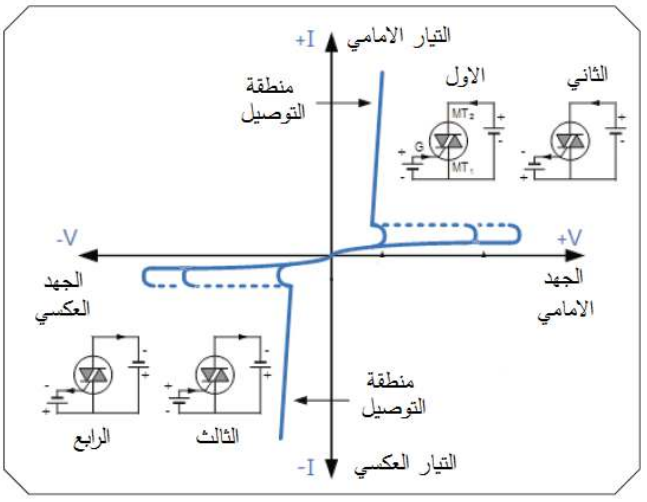
النمط الأول: T_2 موجبة، T_1 سالبة، G موجبة.

النمط الثاني: T_2 موجبة، T_1 سالبة، G سالبة.

النمط الثالث: T_2 سالبة، T_1 موجبة، G موجبة.

النمط الرابع: T_2 سالبة، T_1 موجبة، G سالبة.

وانسب هذه الأنماط لقدح التريك هي النمط الأول والنمط الرابع حيث تتوافق اشارة البوابة مع قطبية الطرف T_2 حيث تكون حساسية البوابة أعلى في هذين النمطين.



الشكل (6): يوضح منحنى الخصائص للتريك، وأنماط العمل.

سؤال: أُحدِّد أي الأنماط الأربعة تُعدّ الأفضل لعمل التريك، ولماذا؟

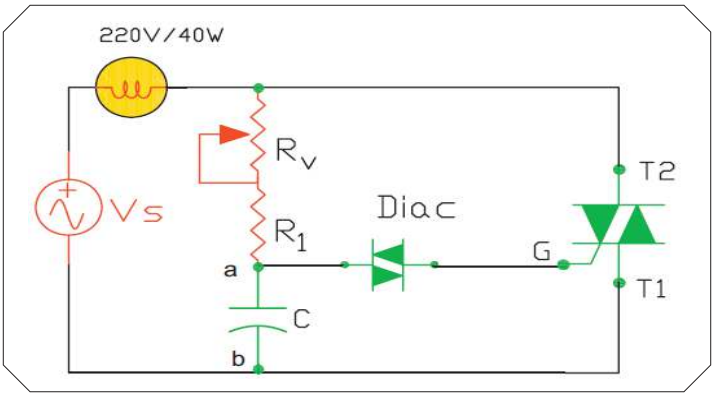
ب. استخدامات التريّاك

يستخدم التريّاك بشكل أساسي للتحكم بالقدرة الكهربائية المنقولة إلى الحمل، وذلك من خلال التحكم في تغيير زاوية القدح، حيث إنَّ له زاوية قدح في النصف الموجب والسالب، ومن تطبيقاته التحكم في:

1. الإنارة.
2. درجة الحرارة.
3. سرعة المحركات.

ج. دارة قدح التريّاك

كما تمّ ذكره سابقا فإنّ التريّاك يعد مناسبا للتطبيقات التي تستخدم التيار المتناوب؛ لأنّه يمرِّر التيار في اتجاهين، وتصمم دارات القدح، بحيث تتشابه إشارة جهد البوابة مع إشارة الطرف T_2، وهذا يعني أن دارة القدح ستولّد نبضتي قدح: موجبة، وسالبة تتزامن مع إشارة مصدر التغذية المتناوب، ويبيّن الشكل (7) دارة قدح التريّاك باستخدام الدياك.



الشكل (7): دارة قدح التريّاك باستخدام الدياك. (الاقتصار على فهم عمل الدارة، وليس حفظها)

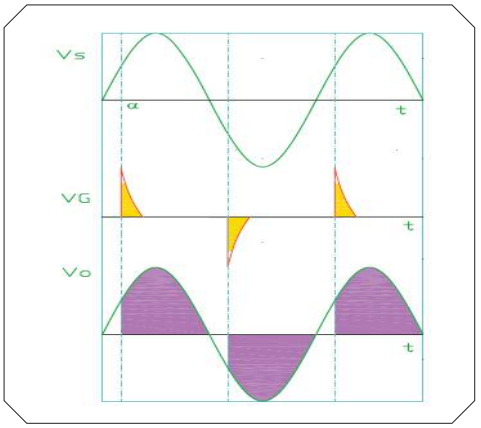
مبدأ عمل الدارة:

في النصف الموجب لموجة مصدر التغذية: تكون قُطبيّة الطرف T_2 موجبة، ويبدأ المكثف بالشحن، بحيث تكون قُطبيّة النقطة a موجبة بالنسبة للنقطة b، ويستمر بالشحن إلى قيمة تساوي جهد الانهيار الموجب للدياك، وعندها يتم تفريغ شحنته بسرعة في دارة البوابة على شكل نبضة موجبة تعمل على قدح التريّاك.

في النصف السالب لموجة مصدر التغذية: تكون قُطبيّة الطرف T_2 سالبة، ويبدأ المكثف بالشحن، بحيث تكون قُطبيّة النقطة a سالبة بالنسبة للنقطة b، ويستمر بالشحن إلى قيمة تساوي جهد الانهيار السالب للدياك، وعندها يتم تفريغ شحنته بسرعة في دارة البوابة على شكل نبضة سالبة تعمل على قدح التريّاك.

تحتاج الدارات التي تستخدم التريّاك عادة إلى توصيل دارة للحماية من التغير في الجهد، فيتم توصيل دارة إخماد (مكثف،

ومقاومة) على التوازي مع التريك، ويبيّن الشكل (8) شكل إشارة الدخل، والبوابة، والخرج لدارة قدح التريك.



الشكل (8): شكل إشارة الدخل، والبوابة، والخرج.

نشاط (3): حدد المواصفات الفنية للتريك ذي الرقم BTA41، BT12.

د. التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل

يتم التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل في دارات التريك بطريقتين:

1. التحكم بزاوية القدح: يتم ذلك من خلال الحصول على قيمة فعّالة للجهد تتناسب مع زاوية القدح، حيث يمكن التحكم بزاوية القدح ضمن المدى (180 - 0)، وهذا يسمح بالتحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل من 0% إلى 100%، وتعطى القيمة الفعّالة للجهد على طرفي الحمل بالعلاقة الآتية:

$$V_o^2 = V_s^2 \left\{ 1 - \frac{\alpha}{180} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right\}$$

حيث:

- V_s: القيمة الفعّالة لمصدر التغذية.
- α: زاوية القدح بالدرجات.
- V_o: القيمة الفعالة لجهد الخرج.

- تعطى القدرة المنقولة إلى الحمل بالعلاقة الآتية:

$$P = V_o \times I$$
$$= V_o \times \frac{V_o}{RL}$$
$$= \frac{V_o^2}{R_L}$$

مثال (2)

وضّح كيف يمكن الحصول على قدرة منقولة إلى الحمل بنسبة 100%، و0%؟

الحل:

1. نفرض أن $\alpha = 0$، وبتطبيق العلاقة المذكورة أعلاه:

$$V_o^2 = V_s^2 \left\{1 - \frac{\alpha}{180} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}\right\}$$
$$= V_s^2 \left\{1 - \frac{0}{180} + \frac{\sin 0}{2\pi}\right\}$$
$$= V_s^2$$

وبالتعويض في معادلة القدرة: $P = \frac{V_o^2}{R_L}$

تكون القدرة المنقولة 100%، حيث إنَّ $V_o = V_s$.

2. نفرض أن $\alpha = 180$، وبتطبيق العلاقة المذكورة أعلاه:

$$V_o^2 = V_s^2 \left\{1 - \frac{\alpha}{180} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}\right\}$$
$$= V_s^2 \left\{1 - \frac{180}{180} + \frac{\sin 360}{2\pi}\right\}$$
$$= 0$$

وبالتعويض في معادلة القدرة: $P = \frac{V_o^2}{R_L}$

تكون القدرة المنقولة 0%.

مثال (3)

في تطبيقات التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل عن طريق التحكم بزاوية قدح الترياك، أحسب القدرة المنقولة إلى حمل مقاومته (30Ω) عند زاوية قدح ($\alpha = 30$)، علما بأنّ جهد المصدر هو ($220V$).

الحل:

$$V_o^2 = V_s^2 \left\{1 - \frac{\alpha}{180} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}\right\}$$

$$V_o^2 = 220^2 \left\{1 - \frac{30}{180} + \frac{\sin 60}{2\pi}\right\}$$

$$V_o^2 = 220^2 \left\{1 - \frac{1}{6} + \frac{0.87}{2\pi}\right\}$$

$$V_o^2 = 47038.4$$

وبالتعويض في علاقة القدرة:

$$P = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{47038.4}{30} = 1568 \text{ watt}$$

سؤال: أحسب جهد الخرج والقدرة المنقولة إلى الحمل في دارة قدح الترياك بواسطة الديك في مثال (3) عند زوايا القدح الآتية:

1. $\alpha = 90$
2. $\alpha = 180$

ثم أرسم شكل إشارة الدخل والخرج في كل حالة.

2. التحكم ثنائي الموضع (ON - OFF)

يتم في هذه الطريقة قدح الترياك بزاوية قدح ثابتة ($\alpha = 0$) لعدد متتال من دورات موجة المصدر، والامتناع عن القدح لعدد آخر من دورات المصدر في مدة زمنية محددة تعرف بزمن دورة النظام.

ولحساب القدرة المنقولة إلى الحمل: (1) ..... $P_o = \gamma Pr$

حيث إنَّ:

- P_o: القدرة على الحمل.
- γ : هي النسبة بين عدد مرات دورات القدح إلى عدد دورات النظام الكلي، وتمثل هذه النسبة الكلية للقدرة المنقولة إلى الحمل.
- P_r : القدرة الاسمية للحمل.
- وفي حال ثبات الحمل يمكن حساب جهد الخرج: (2) ..... $V_o = \sqrt{\gamma}\ V_s$

حيث إنَّ:

- V_s: جهد المصدر.
- V_o: الجهد الخارج (جهد الخرج).

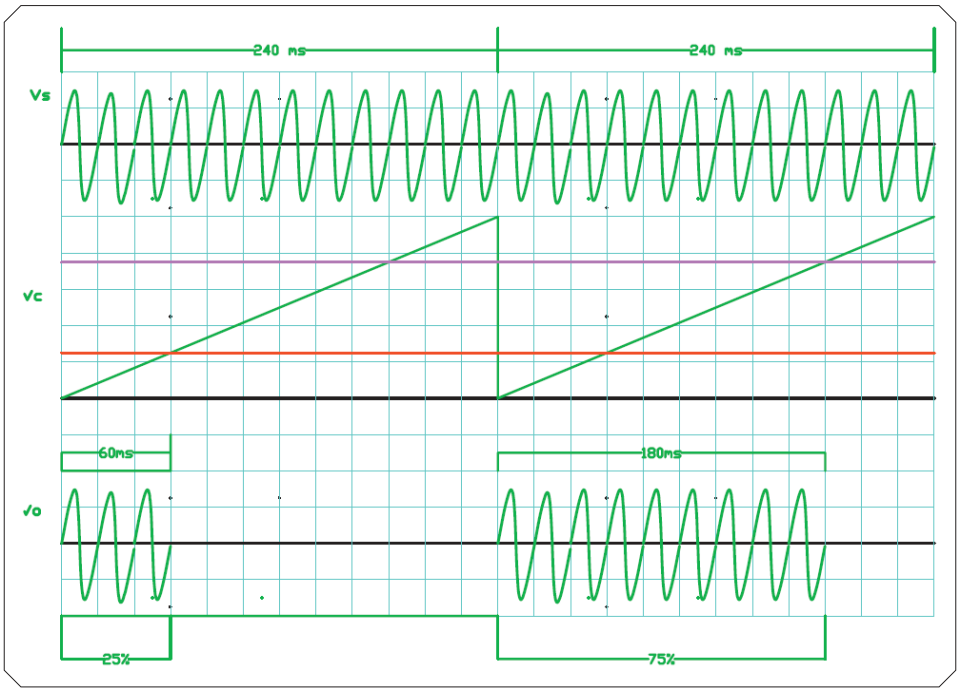
لتوضيح فكرة هذه الطريقة نفترض أن دورة النظام تتسع لـ (12) دورة من موجة المصدر، وأنه تمّ قدح الترياك (3) دورات متتالية فتكون:

$$Po = \gamma Pr$$

$$Po = \frac{3}{12} \times Pr$$

$$Po = 0.25\ Pr$$

أي أن نسبة 25% من القدرة الاسمية تمّ نقلها إلى الحمل، وعادة تستخدم دارة لتوليد نبضة قدح متزامنة مع مرور موجة المصدر بالصفر، وتستعمل موجة سن المنشار في تحديد زمن دورة النظام بالمقارنة بجهد مرجعي كما هو موضح في الشكل (9).



الشكل (9): توضيح لشكل موجات الدخل والخرج في ثنائي الموضع.

مثال (3)

في دارة تحكم ثنائي الموضع، أحسب جهد الخرج، والقدرة المنقولة إلى حمل مقاومته (30Ω)، إذا كان جهد المصدر (220V)، عند (γ= 0.5)

الحل:

لحساب القدرة المنقولة إلى الحمل:

$$Po = \gamma Pr$$

$$P_o = \gamma \frac{Vs^2}{Rl}$$

$$P_o = 0.5 \text{ X} \frac{220^2}{30}$$

$$P_o = 806.6 \text{ watt}$$

لحساب جهد الخرج:

$$V_o = \sqrt{\gamma}\, V_s$$
$$V_o = \sqrt{0.5} \times 220$$
$$V_o = 155.5\ V$$

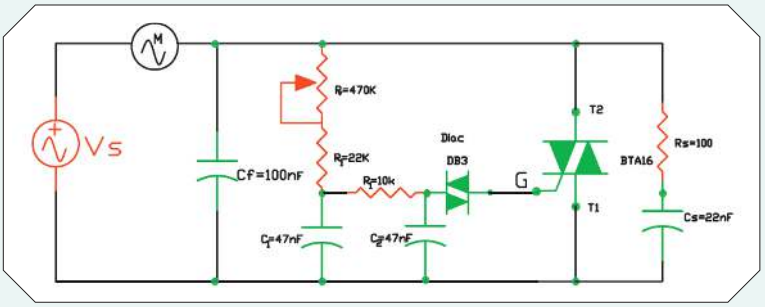
نظرا لميزات عناصر إلكترونيّات القوى أصبح بالإمكان استخدامها عوضا عن المفاتيح الميكانيكية، حيث تتميز هذه العناصر بالميزات الآتية مقارنة بالمفاتيح الميكانيكية:

1. إمكانية استخدامها في التطبيقات التي تتطلب سرعة الوصل، والفصل.
2. عدم وجود أجزاء ميكانيكية متحركة؛ مما يؤدي إلى طول عمرها.
3. عدم حدوث الشرارة التي ترافق عمليات الفتح، والإغلاق في المفاتيح الميكانيكية؛ مما يقلل الحاجة إلى الصيانة، وما يترتب على ذلك من تكلفة.
4. عدم حدوث عمليات فتح ارتدادية قد تسبب عطل للأجهزة، وخاصة الأجهزة الحساسة، وبالتالي عدم الحاجة إلى دارات أخرى لإلغاء هذا الأثر.
5. إمكانية التحكم بمرور تيار عالٍ بواسطة تيار بوابة صغير.

الأسئلة

1- أشرح مبدأ عمل كل من الدياك، والترياك.

2- الدارة الآتية تمثل دارة تحكم في سرعة محرك مكنسة كهربائية :



- أشرح عمل الدارة في النصف الموجب والسالب لموجة المصدر موضحا وظائف عناصرها.
- أبين أهمية دارة الإخماد في هذه الدارة.

3- أحسب جهد الخرج والقدرة المنقولة إلى الحمل عن طريق التحكم بزاوية القدح للترياك إذا علمت أن جهد المصدر هو (220V)، ومقاومة الحمل (20Ω)، عند زاوية قدح ($\alpha = 45^\circ$).

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. لماذا سمي ترانزستور أحادي الوصلة بهذا الاسم؟

أ. لأنه يتكوّن من وصلتين
ب. لأنه يتكوّن من ثلاث وصلات
ج. لأنّه يتكوّن من وصلة واحدة
د. لأنّه يتكوّن من أربع وصلات.

2. ما قُطبيّة أطراف الثايرستور في منطقة الحجز العكسي؟

أ. المصعد سالب بالنسبة للمهبط.
ب. المصعد موجب بالنسبة للمهبط.
ج. المصعد موجب بالنسبة للبوابة.
د. البوابة موجبة بالنسبة للمهبط.

3. ما هو أحد شروط قدح الثايرستور عن طريق البوابة؟

أ. توفر نبضة قدح موجبة على البوابة.
ب. توفر نبضة قدح سالبة على البوابة.
ج. أن يكون المصعد سالباً بالنسبة للمهبط.
د. أن يكون المصعد سالباً بالنسبة للبوابة.

4. كيف تتم عملية التبديل؟

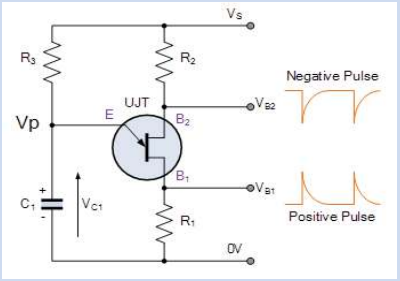
أ. تطبيق جهد موجب بين المصعد، والمهبط.
ب. زيادة تيار الاستمرار بالتوصيل.
ج. زيادة التيار المار بين البوابة، والمهبط.
د. أن يقل التيار عن تيار الاستمرار بالتوصيل.

6. في التطبيقات التي تستخدم الترياك للتحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل، ما نسبة التحكم بالقدرة المنقولة؟

أ. (0-50)%　　ب. (0-75)%　　ج. (0-100)%　　د. (0-180)%

7. عند تقليل زاوية القدح في دارة تقويم نصف الموجة باستخدام الثايرستور متزامنة, كيف تتغير القدرة الواصلة للحمل؟

أ- تنقص　　ب- تزداد　　ج- لا تتأثر　　د- تصبح القدرة متغيرة وغير ثابتة القيمة

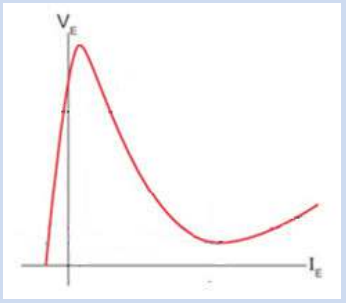


السؤال الثاني:

أ. يبين الشكل التالي دارة مذبذب التراخي باستخدام ترانزستور أحادي الوصلة، أشرح مبدأ عمل الدارة.

ب. يبين الشكل التالي منحنى الخصائص لترانزستور أحادي الوصلة،

أعين على الرسم مناطق عمل الترانزستور الآتية:



- منطقة القطع.
- منطقة التشبع.
- منطقة المقاومة السالبة.
- نقطة الوادي.

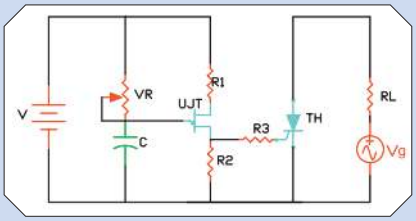
السؤال الثالث:

أ. أعرف ما يأتي: في ضوء دراستي للثايرستور:

1. منطقة الحجز الأمامي.
2. تيار الاستمرار بالتوصيل.
3. تيار البدء بالتوصيل.
4. تيار القدح.

ب. أشرح طريقة قدح الثايرستور بكل مما يأتي:

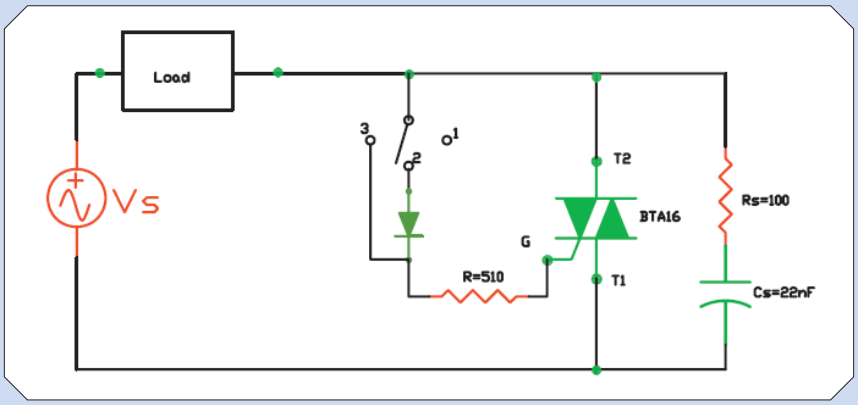
1. الحرارة.
2. زيادة معدل تغير الجهد.
3. الضوء.



د. يبين الشكل التالي دارة قدح الثايرستور غير متزامنة بالنبضات:

1. أشرح مبدأ عمل الدارة.
2. أذكر مساوئ القدح بهذه الطريقة.

السؤال الخامس: الدارة الآتية تمثل استخدام التريك للتحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل، بعد دراسة الدارة أجيب عن الأسئلة الآتية:



- أوضح نسبة القدرة المنقولة إلى الحمل في حالات المفتاح الثلاثة.
- أذكر ميزات المفاتيح الساكنة مقارنة بالمفاتيح الميكانيكية.

السؤال السادس:

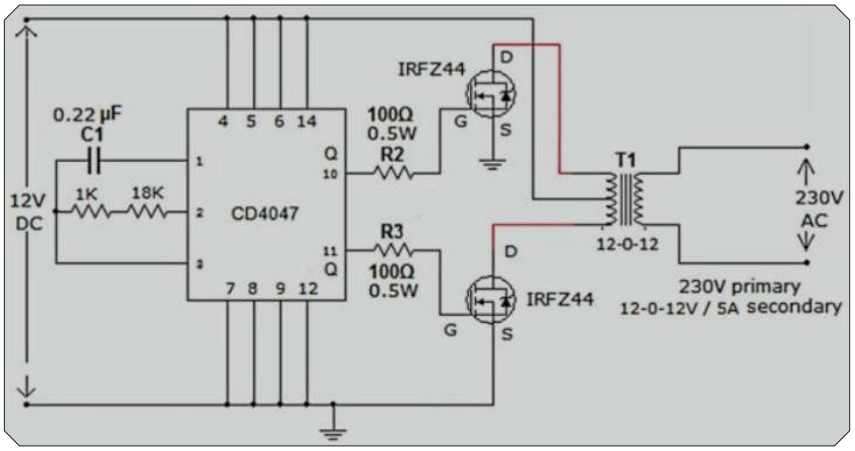
أ. في تطبيقات التحكم بالقدرة المنقولة إلى الحمل عن طريق التحكم بزاوية قدح التريك، أحسب القدرة المنقولة إلى حمل مقاومته (10Ω) عند زاوية قدح ($\alpha = 45°$)، علما بأنّ جهد المصدر هو ($220V$).

ب. أوضّح المقصود بالتحكم ثنائي الموضع باستخدام التريك، ثمَّ أحسب جهد الخرج، والقدرة المنقولة إلى حمل مقاومته (20Ω)، إذا كان جهد المصدر ($220V$)، عند قيمة ($\gamma = 0.5$)

أنفِّذ خطوات العمل الكامل للموقف التعليمي التّعلّميّ الآتي:

حضر صاحب مصنع إلى ورشة الصيانة، وطلب تركيب جهاز للتحكم بمحرك القشط الناقل لديه، بحيث يمكنه التحكم بسرعته، وتشغيله، وعكس دورانه عن بعد، وطلب شراء الجهاز، وعمل ما يلزم، وتشغيله.

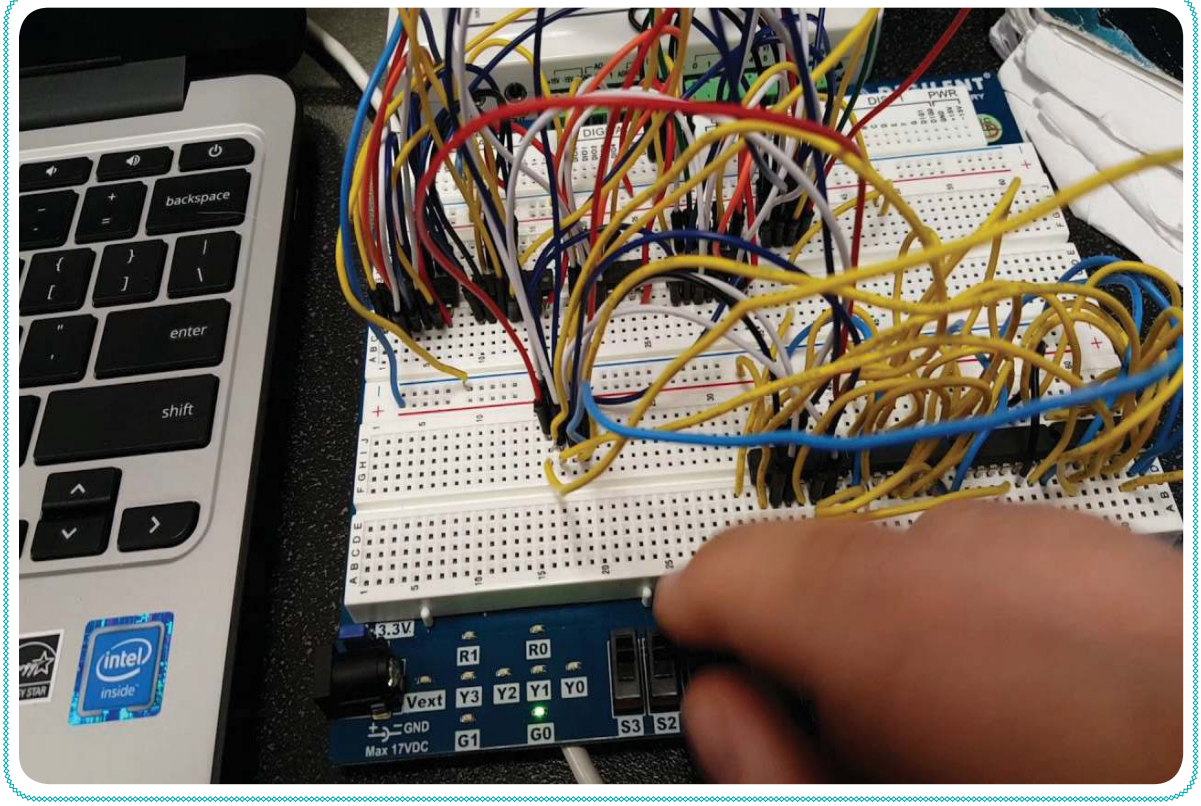
مشروع: يبين الشكل دارة عاكس يقوم بتحويل جهد 12V DC إلى جهد 220V AC، المطلوب:



- أركب الدارة، وأشغلها، وأتأكَّد من عملها.
- أكتب تقريرا يقارن بين هذا العاكس، والعاكس المتكامل الذي قمت بدراسته، وتشغيله في هذه الوحدة مبينا المميزات، والمساوئ لكل منهما.
- مع مراعاة مراحل المشروع من حيث (اختيار المشروع، وخطة المشروع، وتنفيذ المشروع، وأقيم المشروع).

الإلكترونيّات الرقمية
DIGITAL ELECTRONICS

الوحدة النمطية
الثانية



أتأمّل، وأناقش:

ساهمت عناصر الإلكترونيّات الرقمية في تطور الصناعات الحديثة.

الإلكترونيّات الرقمية

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على (تصميم دارات التحكم المختلفة باستخدام الدارات المنطقية، وفحصها، وتحديد مشاكلها)، وذلك من خلال الآتي:

1. تركيب البوابات المنطقية الأساسيّة.
2. تصميم الدارات المنطقية، وتبسيطها. (تبسيط الاقترانات، وتشمل قوانين الجبر البولي، وخريطة كارنوف).

٣- إنشاء الدارات المنطقية التجميعية، وتشغيلها.

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أولاً الكفايات الحرفية:

1. القدرة على تركيب البوابات المنطقية الأساسيّة.
2. القدرة على تصميم الدارات المنطقية، وتبسيطها.
3. القدرة على إنشاء الدارات المنطقية التجميعية، وتشغيلها.
4. القدرة على تركيب الدارات المنطقية التتابعية (مسجلات الإزاحة)، وتشغيلها.
5. القدرة على بناء الدارات المنطقية التتابعية (العدّادات)، وتشغيلها.

ثانياً الكفايات الاجتماعية والشخصية

1. مصداقية التعامل مع الزبون.
2. الحفاظ على خصوصية الزبون، والمسؤولية، والإحساس بالواجب.
3. الضمان الذاتي.
4. الدقة في المواعيد.
5. الموثوقية.
6. تقبل النقد.
7. التعامل بشكل بناء مع النزاعات.
8. الاستقلالية.
9. الموقف الإيجابي نحو التعلم مدى الحياة.
10. الموقف الإيجابي نحو المهام، والعمل، والحياة.
11. المبادرة، والاستجابة، والالتزام بالعلاقات الاجتماعية.
12. المسؤولية الاجتماعية.
13. قبول توزيع الأدوار.

14. القدرة على التأمل الذاتي، والتفهم، والمشاركة في التفاعلات.

15. التواصل والاتصال الفعالين مع الزبون، والمظهر اللائق.

16. التمثل بأخلاقيات المهنة في العمل.

17. الاستعداد لاستشارة ذوي الخبرة، والاختصاص.

ثالثاً الكفايات المنهجيّة

1. العمل التعاوني (لعب الأدوار، والمحاكاة، وفرق العمل، والبحث العلمي، والمجموعات...إلخ)
2. الحوار، والمناقشة.
3. البحث العلمي.
4. العصف الذهني (استمطار الأفكار).

وسائل وإجراءات الأمن والسلامة، والسلوك المهني المرتبط بهذه الوحدة

1. ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة، وغير فضفاضة، أو ذات أطراف طويلة)، وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين، أو الجسم (خواتم، وسلاسل، وساعات...إلخ) للوقاية من أي خطر.
2. توفر متطلبات السلامة الشخصية، والبيئة المحيطة (الكفوف، والأرواب، والعوازل الأرضية، والشفاطات إن لزم الأمر، والطفايات، وأنظمة المراقبة، والأمان، وحقيبة الإسعافات الأولية...إلخ).
3. التركيز أثناء العمل، والتزام الانضباط، والحذر، والحد من أي ضوضاء.
4. عدم العبث بالأجهزة، والأدوات الموجودة داخل المشغل، أو الورشة، وحفظها بصورة جيدة.
5. الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز، أو أداة تدريبية، وعدم إزالة أي جزء مخصص للحماية، والأمان.
6. التأكد من عزل الأسلاك التي تتعامل معها، وعدم تعريضها للتلف، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنية، أو مياه، والانتباه إلى أي أسلاك كهربائية يمر بها تيار كهربائي.
7. الانتباه إلى الجهد المقرر لكل قطعة وجهاز قبل الاستخدام.
8. المحافظة على نظافة المكان، وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
9. عمل صيانة دورية للأجهزة، وفحص الأسلاك، والتوصيلات، وبيئة التدريب.
10. مراعاة السلامة عند تداول الدارات المتكاملة، وتركيبها، واستخدامها.
11. اتّباع تعليمات المدرّب، ومراجعته عند الضرورة.

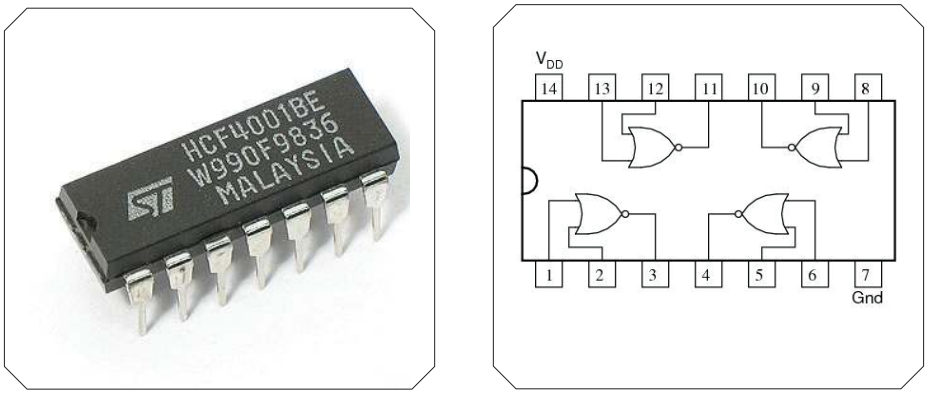
1 - 2 الموقف التعليمي التّعلّميّ: تركيب البوابات المنطقية الأساسيّة.

وصف الموقف التعليمي: (حضر صاحب مزرعة لمشغل الإلكترونيّات الصناعية، وطلب تصميم دارة للتحكم بمستوى المياه في الخزّان الرئيسي الذي يزوّد المزرعة بالمياه، ويغذى من قبل مضخة المياه المركزية بهدف الحفاظ على امتلاء الخزان، والتحكم بذلك أوتوماتيكيا).

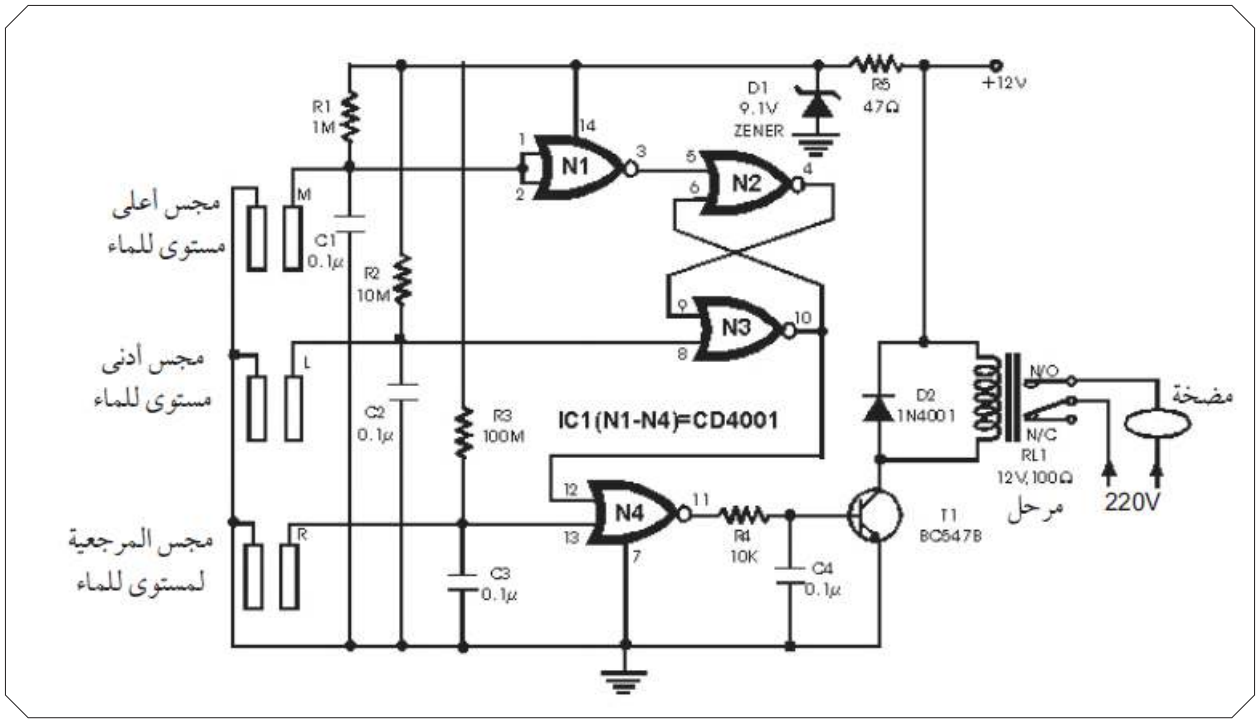
العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب المزرعة حول طلبه من حيث - مستويات المياه المطلوبة في الخزان. - طبيعة الاستخدام ومدته. - التكلفة المتوقعة. - مصادر التغذية الكهربائية المتوفرة. • أجمع البيانات عن: - أنظمة العد، وطرق التحويل بينها. - الدارات المنطقية الأساسيّة، ورموزها، وعملها. - المواصفات الفنية للدارات المنطقية. - أنواع الدارات المتكاملة، ومخططاتها. - مخطط دارة التحكم بمستوى السائل. - جدول الصواب للدارات المنطقية. - الاقتران الخاص بالمدخل، والمخرج للدارات المنطقية.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني.	• الوثائق: طلب صاحب المزرعة الكتابي، وكتالوجات، ودليل الشركات المصنعة، وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة، ومخططات الدارات الإلكترونية ذات العلاقة. • الإنترنت: مواقع إلكترونية موثوقة.
أخطط، وأقرّر	• أصنّف البيانات التي تمّ جمعها حول (أنظمة العد، والبوابات المنطقية الأساسيّة، وتركيبها، ورموزها، وعملها، والفرق بين الدارات المتكاملة، ورموزها، ومكونات دارة التحكم). • أُحدِّد خطوات العمل: - أرسم المخطط الإلكتروني المتعلق بدارة التحكم. - أرسم رموز الدارات المنطقية، والمتكاملة وأُحدِّد رموزها، وآلية عملها. - أرسم جدول الصواب للدارات المنطقية . - أستحضر القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. أعد جدولاً بالبدائل المقترحة لاستبدال القطع التالفة، ومواصفاتها وجدوى الاستبدال - أُحدِّد الأدوات، والعِدَد، والأجهزة اللازمة. - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة، والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة، والحوار • التعلم التعاوني.	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمّ جمعها). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب صاحب المزرعة. • الإنترنت. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسية اللازمة.

أُنفِّذ	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأنتبه إلى: - حدود الجهد الذي تعمل عليه الدارات المتكاملة. - عدم ملامسة أطراف الدارات المتكاملة. • أحضّر الدارات المنطقية الأساسيّة، وأركبها • أرسم مخطط دارة التحكم بمستوى السائل (المياه) كما في الشكل رقم (2). • أصل الدارة محددا النقاط المرجعية، وعدد المجسات اللازمة. • أشغّل الدارة.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• دارات منطقية متكاملة: متنوعة (7400، 7404، 7408، 4001، 4093، 4011، 7432، 7411). • ثنائي ضوئي (LED) • مكثفات (µf 0.1) • ثنائي عادي (1N4007). • مقاومات (1MΩ، 10MΩ، 100MΩ، 10KΩ، 47Ω) • مرحل Relay. • مصدر جهد مستمر، ومتناوب.
أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل، وتوصيله مع الدارات المتكاملة. • أتحقَّق من توصيل الدارة حسب المخطط. • أتحقَّق من مطابقة القيم العملية، والقيم النظرية حسب جدول الصواب. • أتحقَّق من عمل الدارة حسب المطلوب. • أتأكَّد من الوثائق، والنماذج التي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد، والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظِّف موقع العمل.	• البحث العلمي. • عمل المجموعات • الحوار، والمناقشة.	• طلب صاحب المزرعة. • الوثائق، والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الإلكترونية • العلاقات المنطقية. • القرطاسية. • أجهزة القياس، والفحص الإلكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة
أوثّق، وأعرض	• أوثّق نتائج جمع البيانات حول: - أنظمة العد، واستخداماتها، والتحويل بينها . - أنواع الدارات المنطقية الأساسيّة، وعملها وجدول الصواب لكل منها، ورموزها. - مخطط، ومبدأ عمل دارة التحكم بمستوى السائل في الخزان. - مخطط الدارات المتكاملة المستخدمة. - أجهزة القياس المستخدمة. - القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. • أعرض النتائج. • أجهّز تقريرا فنيا لصاحب المزرعة. • أنشئ ملفا لهذه الحالة.	• الحوار، والمناقشة. • العمل التعاوني.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائية، وتتبعها. • نماذج عملية. • قرطاسية.
أقوّم	• رضا صاحب المزرعة عن تصميم الدارة، وعملها. • مطابقة الدارة للعمل حسب المخطط المطلوب، وحسب المواصفات الفنية المعتمدة. • تعبئة نموذج التقييم.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي.	• طلب صاحب المزرعة. • المواصفات، والكتالوجات. • المخططات الفنية. • الدارة العملية. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم.



الشكل (1): المخطط الداخلي لبوابة NOR (4001) من عائلة CMOS، وشكل الدارة المتكاملة



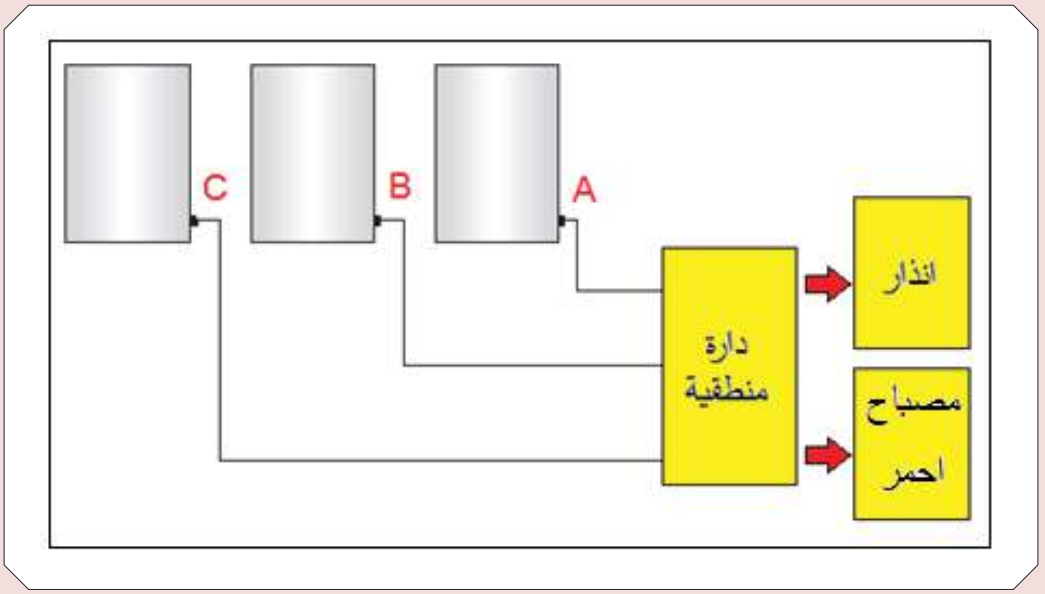
الشكل (2): دارة التحكم في مستوى السائل في الخزان.

تمرين عملي إضافيّ:

يبين الشكل ثلاثة خزانات للمواد في أحد المصانع. يحتوي كل منها على مِجَسّ يعطي إشارة 1 عند انخفاض مستوى السائل فيه. يراد تشغيل مصباح أحمر ليضيء عند انخفاض السائل عن حد معين في أي خزانين من الخزانات، وتشغيل جرس إنذار بشكل متقطع في حالة انخفاض السائل في الثلاث خزانات معا:

1. أكتب جدول الصواب الخاص بالدارة المطلوبة.
2. أرسم مخطط الدارة المنطقية المطلوبة.
3. أركب، وأشغل الدارة، وأتأكد من عملها.

ملاحظة: يتم الاستعانة بدارة مذبذب 555 للحصول على الإشارة المتقطعة.



نشاط (1): بالرجوع إلى الإنترنت: باستخدام لوحة الأوردوينو، والمِجَسّ الفوق صوتي HC-SR04، وشاشة LCD 1602 - ، أركب دارة لقياس مستوى السائل في خزان، وعرض ارتفاع السائل في الخزان على شاشة الـ (LCD)

الأسئلة

1- أتتبع إشارة مداخل، ومخارج البوابات (N1، N2، N3، N4) للحالة (R=0 ، L=1 ، M=1).

2- أبحث عن تطبيقات أخرى لهذه الدارة.

3- أُحدِّد وظيفة البوابات المنطقية N_3 ، N_2 في الدارة.

4- أبين إلى أي العائلات المنطقية تنتمي الرقاقة 4001، اذكر اثنين من خصائصها.

أتعلم

تركيب البوابات المنطقية الأساسيّة.

نشاط (2): أحضر لوحة جهاز إلكتروني تحتوي على دارات متكاملة رقمية:

1. أقرأ أرقامها، وأصنفها بناء على رقمها.
2. أطلع على تركيبها الداخلي مستخدما أحد برامج (Datasheet).

أولا: أنظمة العدّ

تتنوع أنظمة العدّ في حياتنا بناء على الاستخدام، وأفضل الطرق لفهم شيء جديد هو مقارنته بشيء معروف لدينا، وبالتالي تظهر لنا الاختلافات، سنتناول في هذا الموضوع أنظمة العدّ الرئيسية، والمستخدمة بكثرة ضمن مجالات الأجهزة الإلكترونية الرقمية، وتطبيقاتها.

1. نظام العدّ العشري (Decimal Numbering system): يعد هذا النظام من أكثر أنظمة العدّ انتشاراً، وخصوصا في التعاملات، والعمليات الحسابية بين البشر، وسمي بهذا الاسم؛ لأنّه يتكوّن من عشرة أرقام، وهي (0 - 9)، ويمكن حساب الأرقام بما يعرف بأساس العدد كما سنوضحه في الأمثلة اللاحقة.

وحيث إنَّ هذا النظام يعرف باسم نظام الأساس (10) فإنه يمكننا أن نضع مراتب الخانات من اليمين إلى اليسار، بحيث تمثل قوى العدد، أو الأساس 10، وتبدأ من $10^0 = 1$ كما يأتي: $10^4\ 10^3\ 10^2\ 10^1\ 10^0$

وبالتالي يمكن تمثيل العدد (128) كما يأتي:

1	2	8
مرتبة المئات	مرتبة العشرات	مرتبة الآحاد
10^2	10^1	10^0

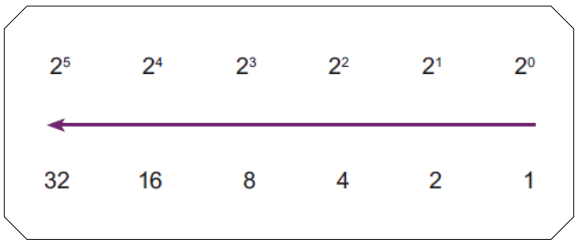
$$1\times 10^2 + 2 \times 10^1 + 8\times 10^0$$

$$100 + 20 + 8$$

$$(128)_{10} = 100 + 20 + 8$$

سؤال: أحلل الأعداد العشرية الآتية طبقا لقيم مواضعها: 1- $(525)_{10}$ 2- $(8753)_{10}$

2. نظام العدّ الثنائي (Binary Numbering system): سمي هذا النظام بهذا الاسم؛ لأنّه يتكوّن من رقمين هما (0، 1)، ويسمى كل حد منهما الحد الثنائي (Bit)، والتي هي مختصرة من كلمة (Binary digit)، وتتكون وحدة التخزين (Byte) من ثماني خانات (8-bit)، وتعتمد الدارات الإلكترونية والحواسيب في تصميمها الداخلي على هذا النظام، حيث يتم إعطاء قيمة (0) عندما يكون الجهد مساويا للصفر، بينما يعطى قيمة (1) إذا كان الجهد مساويا لـ (+5). ويمكن التعبير عن الرقم في هذا النظام باستعمال الأساس (2) مرفوعا إليه الأس حسب المرتبة، بحيث يبدأ (0، 1، 2)، ويمكن تمثيلها على خط الأعداد كالآتي:



وبالتالي فإنّ الرقم $(101)_2$ يكافئ بالنظام العشري $(5)_{10}$، وذلك كما يأتي:

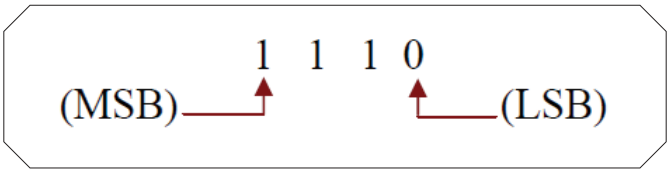
$$2^2 \times 1 + 2^1 \times 0 + 2^0 \times 1 = (101)_2$$
$$4 + 0 + 1 =$$
$$5 =$$

أي أن الرقم $(101)_2$ في النظام الثنائي يكافئ الرقم $(5)_{10}$ في النظام العشري.

سؤال (1): حوّل الأرقام الثنائية الآتية إلى مكافئتها في النظام العشري:

1. $(1110)_2$ 2. $(101011)_2$ 3. $(10101)_2$ 4. $(1110001)_2$

تعرف الخانة الأولى من اليمين في الرقم الثنائي بأنها الخانة الأقل وزنا (LSB) أي (Least Significant Bit)، وذلك؛ لأنّها تحت المرتبة 2^0، والخانة الأخيرة على يسار الرقم الثنائي تعرف بالخانة الأكبر وزنا (MSB) أي (Most Significant Bit)، وذلك؛ لأنّها تحت المرتبة الأعلى عادة، بحيث يمكن أن تكون 2^1، أو 2^2...الخ، وذلك حسب عدد خانات الرقم الثنائي.



وللتحويل من النظام العشري إلى النظام الثنائي يتم استخدام طريقة باقي القسمة، حيث يقسم العدد على (2)، ونستمر بعملية القسمة إلى أن يصل ناتج القسمة إلى الصفر، وعندها تكون انتهت القسمة، ونقرأ باقي القسمة من الأسفل إلى الأعلى، ونكتب من اليسار إلى اليمين كما في المثال التالي.

مثال (1) حول الرقم العشري $_{10}$ (64) إلى النظام الثنائي.

الحل:

	ناتج القسمة	باقي القسمة	
2	64		
2	32	0	← المرتبة الأقل أهمية (LSB)
2	16	0	
2	8	0	
2	4	0	
2	2	0	
2	1	0	
نتوقف ←	0	1	← المرتبة الأكثر أهمية (MSB)

نتوقف عندما يصبح ناتج القسمة مساويا للصفر، ونقرأ باقي القسمة من الأسفل إلى الأعلى، ونكتب من اليسار إلى اليمين، بحيث يصبح العدد المكافئ للرقم $_{10}$ (64) هو $_{2}$ (1000000).

يوجد طريقة أخرى للتحويل من النظام العشري إلى النظام الثنائي، وتُعدّ هذه الطريقة سريعة، وتسمى نظام الأوزان، بحيث نضع خط الأعداد، ثمَّ نضع واحدا أمام مجموع الأعداد التي تشكل الرقم العشري، وصفرا أمام الأعداد غير المستخدمة كما في المثال الآتي:

مثال (2) أوجد $(77)_{10}$ = ( ) $_{2}$

الحل:

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
←						
1	0	0	1	1	0	1
64	32	16	**8**	**4**	2	**1**
1	0	0	1	1	0	1

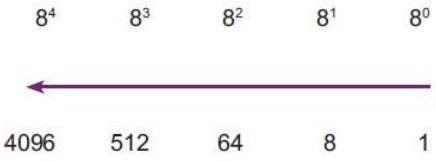
أي أن $_{10}$ (77) = $_{2}$ (1001101)

سؤال (2): حول الأرقام العشرية الآتية إلى مكافئاتها في النظام الثنائي مستخدما الطريقتين السابقتين:

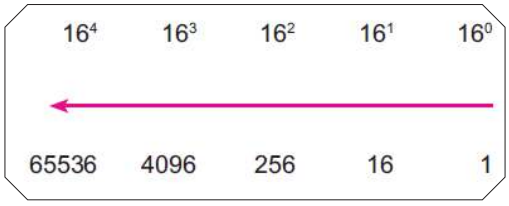
1. $(90)_{10}$ 2. $(105)_{10}$ 3. $(128)_{10}$ 4. $(88)_{10}$

3. نظام العدّ الثماني (Octal Numbering System): يتكوّن هذا النظام من ثمانية أرقام، وهي (0، ..، 7)، ويستخدم هذا النظام في كتابة بعض البرامج الخاصة؛ لأنّها لو كتبت بالنظام الثنائي لأدى ذلك إلى حدوث العديد من المشاكل بسبب كثرة (0، 1). يشبه النظام الثماني النظام العشري في أول ثمانية أرقام (0...7)، ويختلف عنه في كونه أن الرقمين (8، 9) لا يمكن استخدامهما في النظام الثماني.

يمكن التعبير عن الرقم كما في الأنظمة الأخرى بطريقة الأس (0، 1، ...) للأساس (8)، ويمكن تمثيلها على خط الأعداد كما يلي:



4. نظام العدّ السادس عشر (Hexadecimal Numbering System): يعد النظام السادس عشر نظاما وسطا، وموفقا بين النظامين العشري، والثنائي، حيث كما ذكرنا سابقاً يعتبر النظام العشري مناسبا للبشر، والنظام الثنائي مناسبا للآلة، ويستخدم هذا النظام بكثرة في الحاسبات الآلية، ويعبّر عن الرقم في هذا النظام بأربع خانات من النظام الثنائي، بحيث يتكوّن من (16) رقما تبدأ من (0، ...، 9)، بالإضافة إلى الأرقام (10، 11، 12، 13، 14، 15) التي يعبّر عنها بالأحرف (A، B، C، D، E، F) على التوالي. ويمكن التعبير عن أرقام هذا النظام بطريقة الأس، بحيث تبدأ من الأس (0، 1، 2، ....) للأساس (16)، ويمكن تمثيلها على خط الأعداد كما يأتي:



وللتحويل من النظام الثنائي إلى النظام السادس عشر يكون ذلك بتقسيم الرقم الثنائي إلى مجموعات مكونة من أربعة خانات (4-bit)، ويقرأ ما يكافئها كما في المثال الآتي:

مثال (3) حوّل الرقم $(011011110011)_2$ = ( )$_{16}$

الحل:

0110 1111 0011

↓ ↓ ↓

6 F 3

أي أن الرقم $(011011110011)_2$ يكافئ $(6F3)_{16}$

سؤال (1): حول الرقم $(11110000101100)_2$ إلى ( )$_{16}$؟

وللتحويل من النظام السادس عشر إلى النظام الثنائي، يتم التعبير عن كل رقم في النظام السادس عشر بأربعة أرقام، أو خانات في النظام الثنائي كما في المثال الآتي:

مثال (4) حوّل الرقم $(A29)_{16}$ إلى $(\ )_2$؟

الحل: $(9 \quad 2 \quad A)_{16}$

1001 0010 1010

وبالتالي فإنّ الرقم $(101000101001)_2 = (A29)_{16}$

سؤال (2): حول الأرقام في النظام السادس عشر الآتية إلى مكافئاتها في النظام الثنائي:

1. $(2593)_{16}$ 2. $(FEC)_{16}$ 3. $(4A55)_{16}$

فيما يأتي: جدول يبيّن كيفية تمثيل الأعداد العشرية في أنظمة الأعداد المختلفة.

الرقم في النظام العشري	النظام الثنائي	النظام الثماني	النظام السادس عشر
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

الشكل (5): جدول يبيّن كيفية تمثيل الأعداد العشرية في أنظمة الأعداد المختلفة.

ثانيا: البوابات المنطقية (Logic Gates)

تحتاج البوابات المنطقية إلى مدخل، أو أكثر لتعطي مخرجا واحدا، وتكون القيم المدخلة لها (0، أو 1)، بحيث تعطي قيمة (0) للتعبير عن الخطأ، أو صفر فولت، وقيمة (1) للتعبير عن قيمة الصواب، أو للتعبير عن فرق جهد مقداره (+5) فولت. يمكن تمثيل هذه البوابات باستخدام جداول خاصة تسمى جداول الصواب (Truth Table)، واقترانات منطقية تمثل علاقة المداخل بالمخرج، وبناء على عدد المتغيرات يكون عدد الاحتمالات الناتجة، وذلك حسب العلاقة: $N = 2^n$، حيث إنَّ:

N: عدد الاحتمالات.

n: عدد المدخلات.

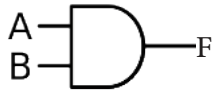
تقسم البوابات المنطقية إلى قسمين:

1. **البوابات المنطقية الأساسيّة**، وتشمل على: (بوابة و(AND)، بوابة أو (OR)، بوابة لا (NOT)، بوابة المصد (BUFFER).
2. **البوابات المنطقية المشتقة**، وتشمل على: (بوابة لا / و(NAND)، بوابة لا / أو (NOR)، بوابة استثناء / أو (XOR)، بوابة استثناء / لا / أو (XNOR)).

ملاحظة: التركيب الداخلي للرقاقات، وأرقامها للاطلاع فقط أينما وجدت في هذا الكتاب.

1. البوابات المنطقية الأساسيّة (Logical Basic Gates):

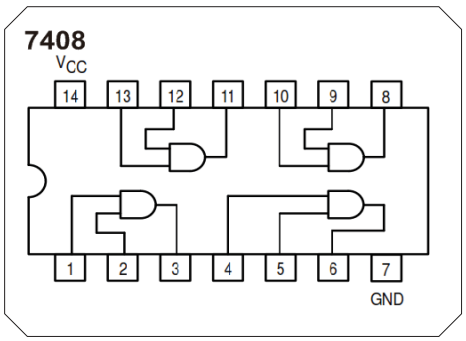
أ. بوابة و (AND): لها مدخلان، أو أكثر، ومخرج واحد، وتمثل عملية الضرب المنطقي، بحيث تعطي قيمة 1 عندما تكون جميع المدخلات مساوية للواحد.

الاقتران	الرمز
F = A. B	

جدول الصواب:

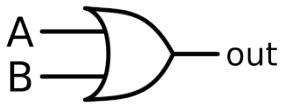
المدخلات		المخرجات
A	B	F = A. B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 7408



سؤال: أبين بالرسم كيف يمكن تمثيل بوابة AND ذات ثلاثة مداخل باستخدام بوابة AND ذات مدخلين؟ أرسم جدول الصواب لبوابة AND ذات ثلاثة مداخل موضحا عدد الاحتمالات لإشارة المداخل؟ قم بتجربة ذلك عمليا.

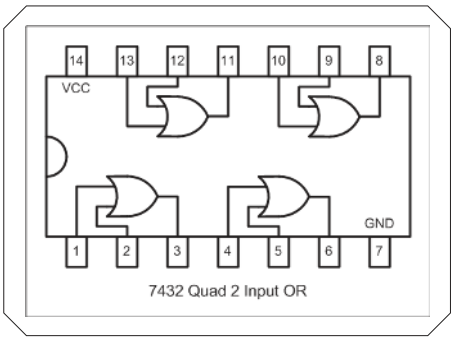
ب. بوابة أو (OR): لها مدخلان، أو أكثر، ومخرج واحد، وتستخدم هذه البوابة رمز عملية الجمع في اقترانها، ونحصل على قيمة صفر على المخرج في حال كون جميع المداخل صفراً.

الرمز	الاقتران
	F = A + B

جدول الصواب:

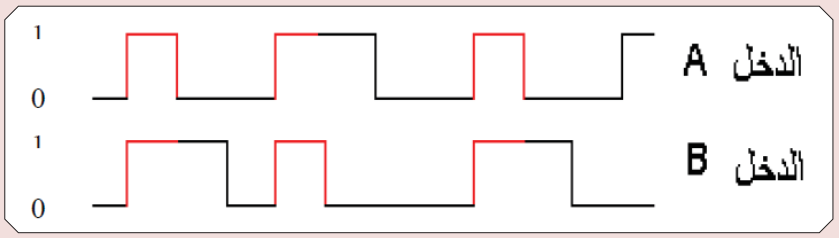
المخرجات	المدخلات	
F = A + B	B	A
0	0	0
1	1	0
1	0	1
1	1	1

الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 7432



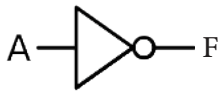
تمرين عملي (1):

1. مستخدما مفاتيح، ومصدر جهد مناسب، ومصدر إضاءة مناسب أرسم دارة كهربائية تعبر عن بوابات (و)، وأخرى تعبر عن بوابة (أو)، وأقوم بتجربتهما عمليا.
2. إذا علمت أنه يمكن التعبير عن إشارة 1 بنبضة تكافئ 5V، ويمكن التعبير عن إشارة 0 بنبضة تكافئ 0V أكمل المخطط الزمني أدناه في حال كون المداخل لبوابة (AND)، ومرة أخرى لبوابة (OR)، وأقوم بتجربة ذلك عمليا.



الخرج: .....

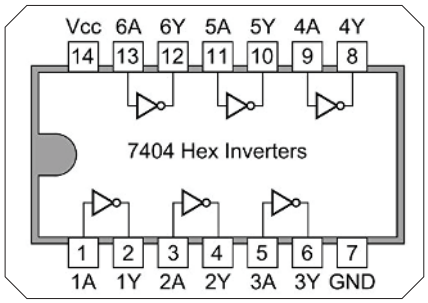
ج. بوابة لا (NOT): تختلف هذه البوابة عن البوابات السابقة بأنها تحتاج مدخلاً واحداً لتعطي نتيجة على المخرج، وتقوم هذه البوابة بعكس النتيجة (إشارة المدخل)؛ لذلك تسمى بالعاكس، أو المتممة، بحيث تكون النتيجة 1 عندما يكون المدخل صفراً، والعكس صحيح.

الرمز	الاقتران
	$F = \overline{A}$

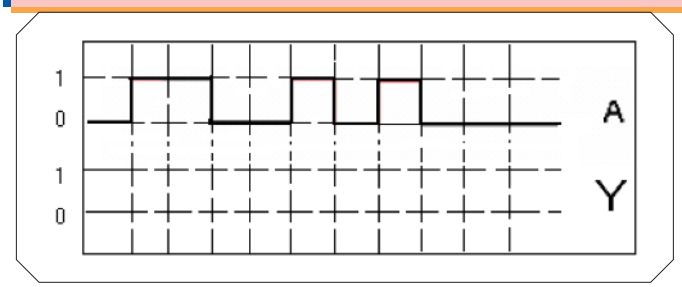
جدول الصواب:

المدخلات	المخرجات
A	$F = \overline{A}$
0	1
1	0

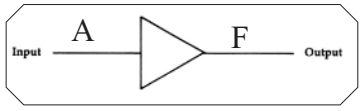
الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 7404



سؤال: أكمل المخطط الزمني أدناه علما بأنّ المدخل A، والمخرج Y، والبوابة المستخدمة هي (لا).



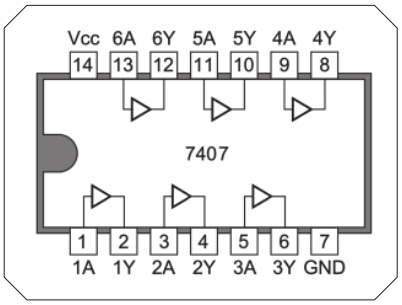
د. بوابة المصد (Buffer): لهذه البوابة مدخل واحد، ومخرج واحد، وتعطي نفس إشارة المدخل على المخرج، وتستخدم عادة لإعادة تقوية الإشارة، أو التوفيق بين ممانعة الدخل والخرج دون التأثير على قيمة الإشارة.

الرمز	الاقتران
	F = A

جدول الصواب:

المخرجات	المدخلات
F = A	A
0	0
1	1

الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 7407

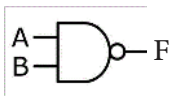


أفكر: كيف يمكن الحصول على بوابة المصد من خلال بوابات لا؟

نشاط (3): أبحث عن رموز البوابات المنطقية الأساسيّة في النظام البريطاني؟

2. البوابات المنطقية المشتقة (Logical Derivative Gates):

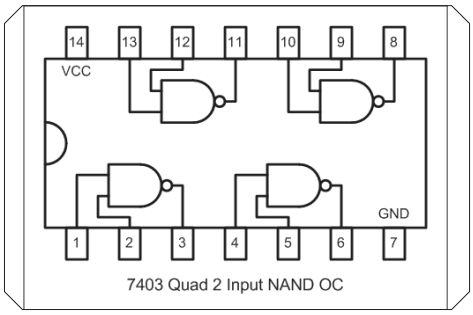
أ. بوابة لا / و (NAND): يكافئ عمل هذه البوابة بوابة (و)، ومتبوعة ببوابة (لا)، وتكون نتيجة المخرج مساوية للصفر إذا كانت جميع المداخل مساوية للواحد (أي عكس بوابة و).

الاقتران	الرمز
$F = \overline{A.B}$	
يمكن تمثيلها بالشكل الآتي	

جدول الصواب:

المخرجات	المدخلات	
$F = \overline{A.B}$	B	A
1	0	0
1	1	0
1	0	1
0	1	1

الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 7403



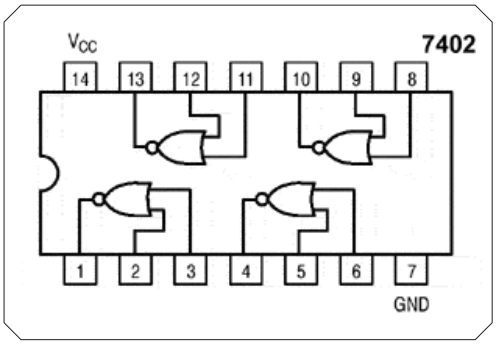
ب. بوابة لا / أو (NOR): يكافئ عمل هذه البوابة بوابة (أو)، ومتبوعة ببوابة (لا)، وتكون نتيجة المخرج مساوية للواحد إذا كانت جميع المداخل مساوية للصفر (أي عكس بوابة أو).

الرمز	الاقتران
A, B, F	$F = \overline{A+B}$
يمكن تمثيلها بالشكل الآتي	
A, B, F	

جدول الصواب:

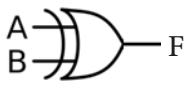
المخرجات	المدخلات	
$F = \overline{A+B}$	B	A
1	0	0
0	1	0
0	0	1
0	1	1

الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 7402



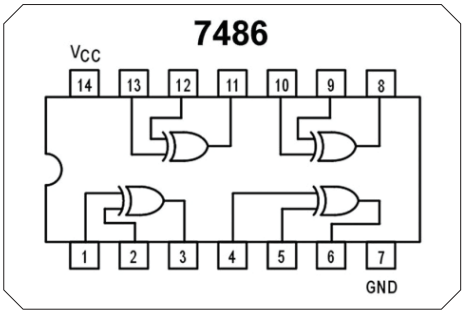
سؤال: مستخدما بوابات (NAND) فقط، أقوم بتمثيل البوابات المنطقية الأساسية.

ج. بوابة استثناء / أو (XOR): تكون نتيجة هذه البوابة مساوية للواحد إذا كانت مدخلاتها مختلفة، والعكس صحيح (أيهما، وليس كلاهما).

الرمز	الاقتران
	$F = A \oplus B$ $F = \overline{A}\,B + A\,\overline{B}$

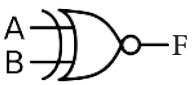
جدول الصواب:

الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 7486



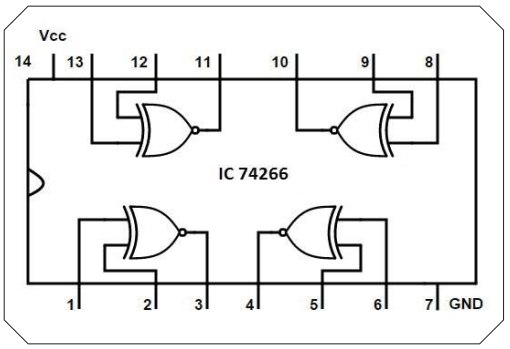
المدخلات		المخرجات
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

د. بوابة استثناء / لا /، أو (XNOR): وهي تكافئ بوابة استثناء لا / أو متبوعة ببوابة لا، تكون نتيجة هذه البوابة مساوية للواحد إذا كانت مدخلاتها متشابهة، والعكس صحيح (كلاهما، وليس أيهما).

الرمز	الاقتران
	$F = A \odot B$ $F = \overline{A \oplus B}$ $F = A.B + \overline{A}\,\overline{B}$

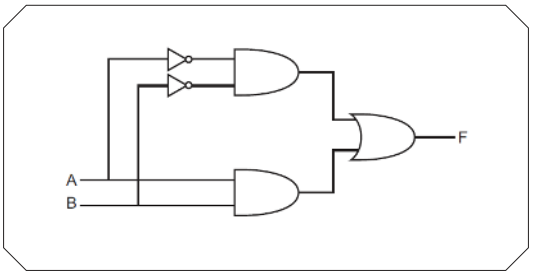
جدول الصواب:

الرقاقة الرئيسية التي تمثلها: 74266



المدخلات		المخرجات
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

سؤال: تحقق من أن هذه الدارة تكافئ بوابة (XNOR) باستخدام جدول الصواب.



خلاصة عمل البوابات المنطقية الأساسيّة، والمشتقة:

INPUT		AND	OR	NOT	NAND	NOR	XOR	XNOR
A	B	A . B	A + B	$\bar{A}$	$\overline{AB}$	$\overline{A+B}$	$A \oplus B$	$A \otimes B$
0	0	0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1

الشكل (6): يوضح جدولا لعمل البوابات المنطقية الأساسيّة، والمشتقة.

نشاط (4):

1. أبرمج البوابات الأساسيّة، والمشتقة باستخدام الأوردوينو، وأتأكّد من العمل عن طريق توصيل المداخل، ومراقبة المخارج.
2. أتحقّق من عمل الجدول في الشكل رقم 6 باستخدام أحد برامج رسم الدارات المنطقية ومحاكاتها باستخدام الحاسوب.

نشاط (5): أبحث عن العائلات المنطقية الرئيسية مبينا عائلاتها الفرعية، والخصائص الأساسيّة لكل منها.

يتم تصنيع البوابات، والدارات المنطقية على شكل دارات متكاملة، وعلى الرغم من أن العمل الوظيفي لهذه البوابات، والدارات متشابه، إلا أن التكنولوجيا المستخدمة في البناء والتصنيع مختلفة، ولهذا فقد تمّ تقسيم الدارات المنطقية المتكاملة إلى عائلات منطقية.

1. العائلات الرئيسية للدارات المتكاملة المنطقية بناء على تكنولوجيا البناء (التركيب)

- عائلة منطق مقاومة - ترانزستور (RTL).
- عائلة منطق ثنائي - ترانزستور (DTL).
- عائلة منطق ترانزستور - ترانزستور (TTL).
- عائلة منطق ربط الباعث (ECL - Emitter Couple Logic).
- عائلة معدن - أكسيد شبه موصل (CMOS).

تُعدّ العائلات (TTL)، و (CMOS) الأكثر استخداما، وشيوعا لذلك سوف نتعرض في هذا الشرح لهما.

أ- عائلة منطق ترانزستور - ترانزستور (TTL).

تتميز الدارات المتكاملة لهذه العائلة بأنها:

1- تبدأ بالأرقام (74xx) للاستخدامات التجارية، أو (54xx) للاستخدامات العسكرية.

2- تعمل عادة على جهد تغذية (5V)، وبنسبة سماح ($\pm 0.25V$).

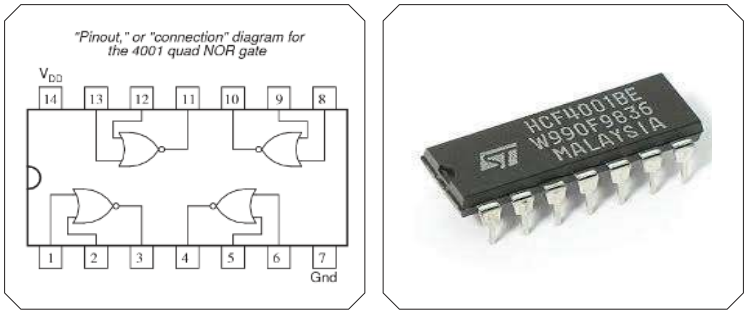
تحتوي أرقام هذه العائلة على بعض الأحرف للدلالة على العائلات الفرعية للرقاقة، أو بعض ميزات الرقاقة مثل استهلاك القدرة العالي، أو المنخفض.

TTL Series	Prefix
Standard TTL	74
Schottky TTL	74S
Low-power Schottky TTL	74LS
Advanced Schottky TTL	74AS

الشكل (3): مثال على رموز الأحرف، ودلالاتها.

ب. عائلة أكسيد - معدن شبه موصل (CMOS): تحتوي هذه العائلة على عدة سلاسل من الرقاقات أشهرها التي تبدأ بالرقم (4xxx)، وهناك سلاسل تبدأ بـ (74HCT، 74HC، 74C..)، وهي مكافئة تماما من حيث الترقيم، والوظيفة، وترتيب الأطراف مع عائلة (TTL)، ومن خصائصها:

1. استهلاكها القليل للقدرة.
2. تعمل على نطاق واسع من جهود التغذية (3-18 V).
3. مقاومتها للضوضاء.
4. من سيئاتها حساسيتها العالية للكهرباء الساكنة.



الشكل (4): مثال على تركيب، وشكل الدارة المتكاملة من نوع 4xxx

2. خصائص العائلات المنطقية

يمكن المقارنة بين العائلات المنطقية، وتقييمها بناء على العناصر الآتية:

1- قدرة المخرج: وهو عدد الأحمال التي يمكن لمخرج البوابة تغذيتها بالتيار دون الإخلال بعمل الدارة.

2- تبديد القدرة: مقدار القدرة التي يجب توفيرها من قبل مصدر التغذية.

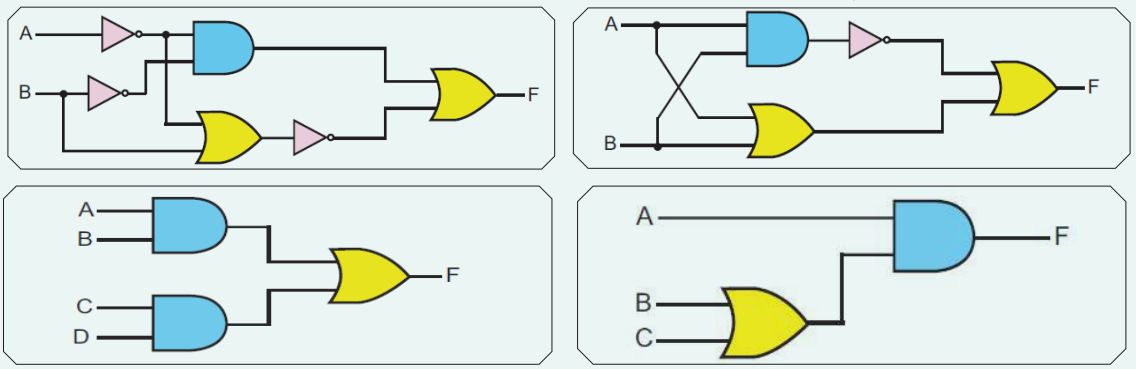
3- زمن التأخير: متوسط الزمن اللازم لإحداث تغير على مخرج البوابة عند حدوث تغير على المدخل

4- منطقة الضوضاء: الحد الأدنى من جهد الضوضاء الذي يمكن أن يسبب تغيرا غير مرغوب به على المخرج.

5- عدد المداخل: أقصى عدد لمداخل البوابة يمكن توفيرها.

الأسئلة

1. أكتب الاقتران المنطقي وجدول الصواب للدارات الآتية:



2. أرسم المخطط المنطقي للاقتران التالي باستخدام البوابات المنطقية:

$$F = AB + C\overline{D} + \overline{A}$$

3. أكتب الاقتران، ومن ثمَّ أرسم الدارة المنطقية التي يمثلها الجدول الآتي:

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

2 - 2 الموقف التعليمي التّعلّميّ: تصميم الدارات المنطقية، وتبسيطها.

وصف الموقف التعليمي: (حضر صاحب مصنع يوجد به ثلاث آلات، وطلب تنفيذ دارة لتضيء مصباح إشارة تحذيرية عند زيادة القدرة الكلية المسحوبة عن 8kW في المشغل، مع العلم أن قدرة الآلة الأولى 4kW، وقدرة الثانية 3kW، وقدرة الثالثة 6kW.وطلب تصميم الدارة، وشراء ما يلزم، وتركيبها، والتأكد من عملها.).

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من صاحب المصنع حول طلبه من حيث: - حجم النموذج التعليمي. - طبيعة الاستخدام ومدته. - التكلفة المتوقعة. - مصادر التغذية الكهربائية المتوفرة. • أجمع البيانات عن: - استخدام جدول الصواب لتمثيل الاقترانات البولية . - الدارات المنطقية الأساسيّة، ورموزها، وعملها. - المواصفات الفنية للدارات المنطقية، ومخططاتها. - تبسيط الاقترانات باستخدام قوانين الجبر البولي. - تبسيط الاقترانات باستخدام خريطة كارنوف.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني.	• الوثائق: طلب صاحب المصنع. الكتابي (وصف المهمة، وكتاب رسمي)، وكتالوجات، ودليل الشركات المصنعة، وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة. • الإنترنت: مواقع إلكترونية موثوقة.
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات التي تمّ جمعها حول (استخدام جدول الصواب لتمثيل الاقترانات البولية، والمواصفات الفنية للدارات المنطقية، وتبسيط الاقترانات باستخدام خريطة كارنوف). • أُحدِّد خطوات العمل: - أرسم جدول الصواب المطلوب بناء على توقع القدرة الناتجة كما هو في الشكل (١). - أستنتج الاقتران الذي يمثل عمل الدارة من خلال جدول الصواب . - أستحضر القوانين، والعلاقات المنطقية اللازمة.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة، والحوار. • التعلم التعاوني.	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمّ جمعها). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة) • طلب صاحب المصنع. • الشبكة العنكبوتية. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات المنطقية المحوسبة. • القرطاسية اللازمة.

أخطط، وأقرر	- أرسم الدارة المنطقية التي تمثل الاقتران. - أستخدم طرق اختصار الاقترانات (الجبر البولي، وخريطة كارنوف) لتبسيط الاقتران، وأعيد رسم الدارة. - أُحدِّد الأدوات، والعِدَد، والأجهزة اللازمة. - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة، والوقت المقدر.		
أنفذ	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأنتبه إلى: عدم ملامسة أطراف الدارات المتكاملة. • أركب الدارة المنطقية المطلوبة حسب المخطط المبسط. • أصل مصدر الجهد، وأشغل الدارة. • أشغل الدارة في حالات التشغيل كافة.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• دارات منطقية متكاملة متنوعة (7400، 7404، 7408، 7432،). • نموذج تدريبي خاص بالدارات المنطقية (Training model for logic circuits) إن وجد. • ثنائيات ضوئية ملونة (LED) • مصدر جهد مستمر. • مفاتيح متنوعة. • كاوي لحام مع قاعدة.
أتحقق	• أتحقَّق من توصيل الدارة حسب الاقتران المنطقي. • أتحقَّق من مطابقة القيم العملية، والقيم النظرية حسب جدول الصواب. • أتحقَّق من عمل الدارة حسب المطلوب في حالات التشغيل كافة. • أتأكَّد من الوثائق، والنماذج التي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد، والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظِّف موقع العمل.	• البحث العلمي. • عمل المجموعات • الحوار، والمناقشة.	• طلب صاحب المصنع. • الوثائق، والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الإلكترونية • العلاقات الحسابية. • القرطاسية. • أجهزة القياس، والفحص الإلكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة
أوثق، وأعرض	• أوثِّق نتائج جمع البيانات حول: - استخدام جدول الصواب لتمثيل الاقترانات البولية . - الدارات المنطقية الأساسيّة، ورموزها، وعملها. - المواصفات الفنية للدارات المنطقية. - أنواع الدارات المتكاملة، ومخططاتها. - تبسيط الاقترانات باستخدام قوانين الجبر البولي. - تبسيط الاقترانات باستخدام خريطة كارنوف. - القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. • أعرض النتائج. • أجهّز تقريرا فنيا لصاحب المصنع. • أنشئ ملفا لهذه الحالة.	• الحوار، والمناقشة. • العمل التعاوني.	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائية، وتتبعها. • نماذج عملية. • قرطاسية.

أقوم	• رضا صاحب المصنع عن التصميم النهائي للدارة، وعملها. • مطابقة الدارة للعمل حسب المخطط المطلوب، والمواصفات الفنية المعتمدة. • تعبئة نموذج التقييم.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي.	• طلب صاحب المصنع. • المواصفات، والكتالوجات. • المخططات الفنية. • الدارة العملية. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائية المحوسبة.

3KW	4KW	6KW	F = > 8KW
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

الشكل (1): يمثل جدول الصواب، وذلك اعتمادا على القدرة الكلية المسحوبة.

نشاط إضافيّ:

أصمم دارة منطقية تجميعية تقوم بفحص عداد ثنائي مكون من أربع خانات، وتبيّن إذا كان هذا العدد عبارة عن أحد مضاعفات العدد 4، أو العدد 6.

- **ملاحظة:** يمكن الاستعانة بالجدول المرفق.

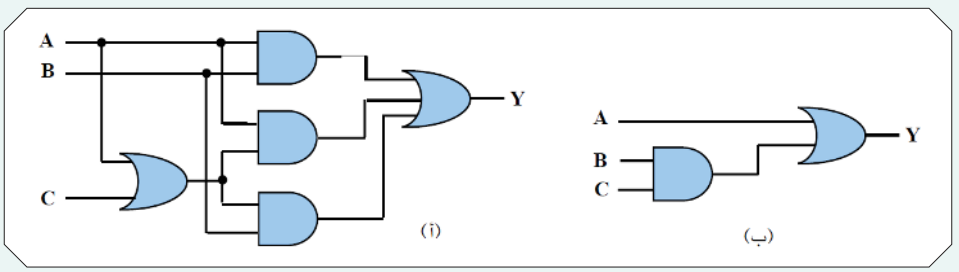
A	B	C	D	F
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

الأسئلة

1- أصمم دارة تجميعية تقوم بفحص عداد ثنائي مكون من ثلاث خانات، وتبيّن إذا كان هذا العدد عبارة عن أحد مضاعفات العدد 3 أو 2 .

2- أذكر أهمية اختصار الاقترانات المنطقية باستخدام K-Map؟

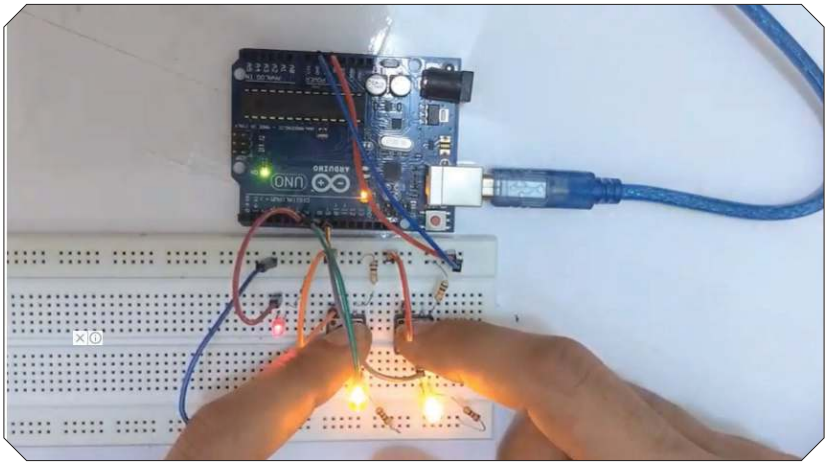
3- أثبت أن الدارتين (أ، ب) متكافئتان باستخدام جدول الصواب.



أتعلم

تصميم الدارات المنطقية، وتركيبها، وتبسيطها.

نشاط (1): الشكل أدناه يبيّن استخدام الأوردينو لتمثيل البوابات المنطقية، أبرمج الأوردينو، وأصل المداخل والمخارج المطلوبة، وأتحقَّق من تمثيل الأوردينو للدارة المنطقية التي تحقق جدول الصواب في الشكل رقم (1).



مقدمة:

في الموقف السابق تمّ دراسة البوابات المنطقية كأساسيات للدخول إلى علم الإلكترونيّات الرقمية، واستعرضنا كيفية تصميم الدارات المنطقية البسيطة باستخدام هذه البوابات، وعند أي تصميم يجب مراعاة أن يكون عدد البوابات المستخدمة أقلّ ما يمكن؛ وذلك لتوفير التكاليف، ولتقليل حجم الدارة الإلكترونية؛ لذلك سوف نقوم في هذا الموقف بدراسة طرق تبسيط الاقترانات المنطقية (البولية) باستخدام قواعد الجبر البولي، ثمَّ سنتناول طريقة أخرى للتبسيط، وهي باستخدام خريطة كارنوف (K-map).

أولا: قوانين الجبر البولي (Boolean Algebra):

تساعد قوانين الجبر البولي المصمم للدوائر المنطقية على اختصار الاقترانات المنطقية لأبسط صورة ممكنة، وبالتالي تقليل عدد الرقاقات المستخدمة لتنفيذ الاقتران للحد الأدنى، كما تساعد أيضا عملية الاستبدال للبوابات ببوابات مكافئة على تقليل التنوع في الرقاقات المستخدمة، وفيما يأتي: سرد لقوانين الجبر البولي:

١ - قانون التبديل:

- $A + B = B + A$
- $A.B = B.A$

٢ - قانون التجميع:

- $(A + B) + C = A + (B + C)$
- $(A.B).C = A.(B.C)$

٣ - قانون التوزيع:

- $A.(B + C) = A.B + A.C$
- $A + (B.C) = (A + B).(A+C)$

٤ - قانون التماثل:

- $A + A = A$
- $A.A = A$

٥ - قانون النفي المزدوج:

- $\overline{\overline{A}} = A$

٦ - قانون الانفراد للمتغير المنطقي:

- إذا كانت $A \neq 0$ فإن $A = 1$
- إذا كانت $A \neq 1$ فإن $A = 0$

٧ - قانون الاختزال:

- $A + A.B = A$
- $A.(A + B) = A$

٨ - قانون عمليات الواحد:

- $1 + A = 1$
- $1.A = A$

٩ - قانون عمليات الصفر:

- $0 + A = A$
- $0.A = 0$

١٠ - قانون التكملة:

- $\overline{A} + A = 1$
- $\overline{A}.A = 0$

١١ - قانونا دي مورجان:

- $\overline{(A+B)} = \overline{A}.\overline{B}$
- $\overline{(A.B)} = \overline{A} + \overline{B}$

يمكن إثبات صحة هذه القوانين بعدة طرق، ومنها استخدام جدول الصواب.

مثال (1)

باستخدام جدول الصواب أثبت صحة قانون التوزيع؟

الحل: قانون التوزيع: $A.\ (B+C) = A.B+A.C$

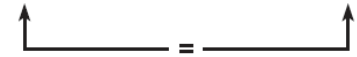
A	B	C	B +C	A.(B+C)	A.B	A.C	A.B+A.C
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1

A.(B+C) = A.B + A.C

مثال (2)

باستخدام جدول الصواب أثبت أن: $\overline{(A+B)} = (\overline{A}.\overline{B})$

A	B	A + B	$\overline{A+B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0



$\overline{(A+B)} = (\overline{A}.\overline{B})$

مثال (3)

باستخدام قوانين الجبر البولي أختزل الاقتران الآتي:

$$F = \overline{A}.B.C + A.C$$

الحل:

$$F = \overline{A}.B.C + A.C$$
$$= C.(\overline{A}.B + A)$$
$$= C.((A + B) . (A + \overline{A}))$$
$$= C.(A + B) . 1$$
$$= C.(A + B)$$
$$F = \overline{A}.B.C + A.C = C.(A+B)$$

سؤال (2): باستخدام قوانين الجبر البولي أختزل الاقتران التالي، ثمَّ أرسم الدارة المنطقية التي يمثلها:

$$Y = AB + A(A + C) + B(A + C)$$

مثال (4)

أثبت أن $F = AB + A\overline{B} = A$

الحل: $F = AB + A\overline{B} = A(B + \overline{B})$

$= A1$ لأن $(B + \overline{B}) = 1$

$= A$

اذن نستنتج أن: $F = AB + A\overline{B} = A$

ثانيا: خريطة كارنوف (K- Map)

يستخدم جدول الصواب عادة لتحديد الاقتران البولي، حيث توضع كل متغيرات المداخل والمخارج في أعلى الجدول، ولكل مجموعة من قيم المداخل قيم تحديد مخرج الاقتران المناظر إما 0، أو 1. لنأخذ المثال التالي الذي يوضح ذلك:

	A	B	C	F(A,B,C)	Product terms حدود الضرب
0	0	0	0	0	$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$
1	0	0	1	1	$\overline{A}\,\overline{B}\,C$
2	0	1	0	1	$\overline{A}\,B\,\overline{C}$
3	0	1	1	0	$\overline{A}\,B\,C$
4	1	0	0	0	$A\,\overline{B}\,\overline{C}$
5	1	0	1	1	$A\,\overline{B}\,C$
6	1	1	0	1	$A\,B\,\overline{C}$
7	1	1	1	0	$A\,B\,C$

من الجدول نستنتج أن الاقتران F يساوي: $F(A, B, C) = \overline{A}\,\overline{B}\,C + \overline{A}\,B\,\overline{C} + A\,\overline{B}\,C + A\,B\,\overline{C}$

فمن مساوئ استخدام جداول الصواب في تمثيل الاقترانات البولية حجم الجدول، وحجم الاقتران عندما يصبح عدد المتغيرات كبيرا، وبالتالي يصبح استخدام الجدول يتطلب جهدا ووقتا كبيرا، بالإضافة إلى حدوث الأخطاء أحيانا؛ لذلك يتم استخدام ما يسمى بخريطة كارنوف (K-Map) لتبسيط الاقترانات البولية.

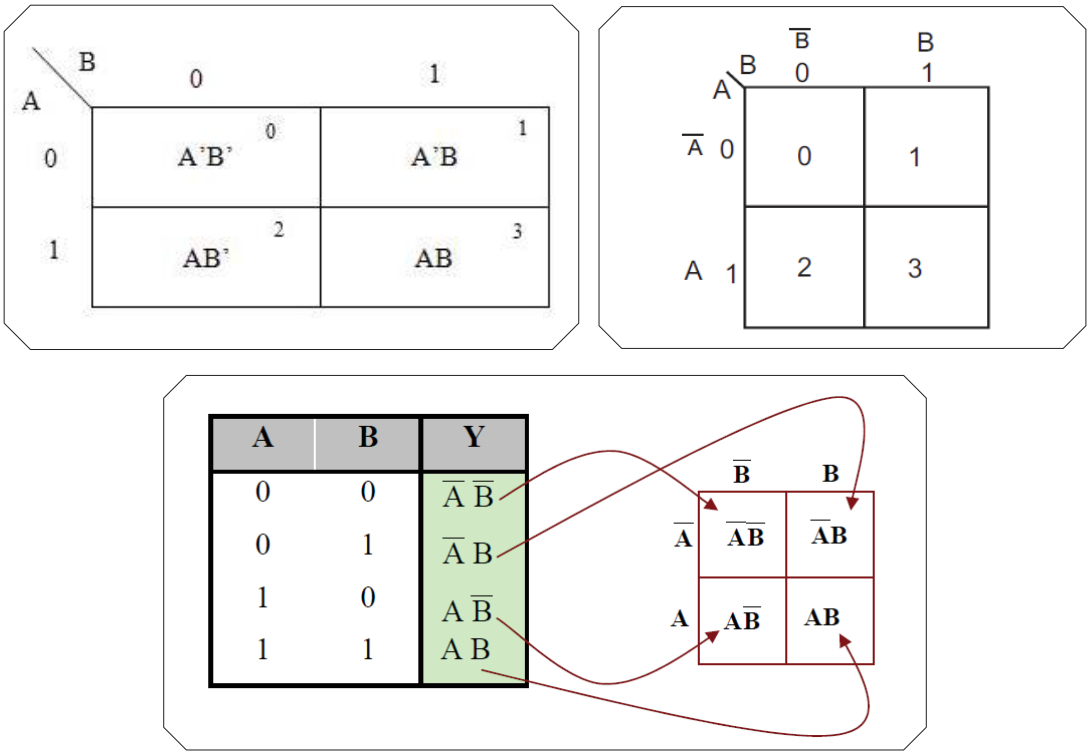
1. خريطة كارنوف (K-Map):

خريطة كارنوف (K-Map) هي طريقة مرئية لتبسيط الاقترانات البولية، بحيث تعطي لنا الاقتران البولي في أبسط صورة ممكنة، وتُعدّ طريقة سهلة، وبسيطة إذا ما قورنت بتبسيط الاقترانات من خلال قوانين الجبر البولي، وتماثل خريطة كارنوف جدول الصواب؛ لأنّها تعطي لنا كل الاحتمالات الممكنة للمدخلات، ونتيجة الخرج لها، لكن بدلا من تنظيمها على شكل أعمدة تنظم على شكل مصفوفة من الخلايا، وتمثل كل خلية القيمة الثنائية لإحدى تشكيلات المدخلات. يمكن استخدام خريطة كارنوف لتبسيط الاقترانات ذات المتغيرين، أو الثلاثة، أو الأربعة، أو الخمسة لكننا سنكتفي هنا بالشرح حتى ثلاثة متغيرات. يتم الاعتماد في التبسيط ضمن هذه الطريقة على العلاقة (AB+A= A) لتبسيط الاقترانات البولية، وبالتالي تبسيط الدارة الرقمية، وتعد هذه الطريقة مناسبة إذا كان عدد المتغيرات 6 فما دون، أما إذا زاد عن ذلك فيتم استخدام طريقة كوين ماكلوسكي (Quine McClusky) التي لا مجال للتطرق لها في هذا الكتاب، وضمن هذه المرحلة.

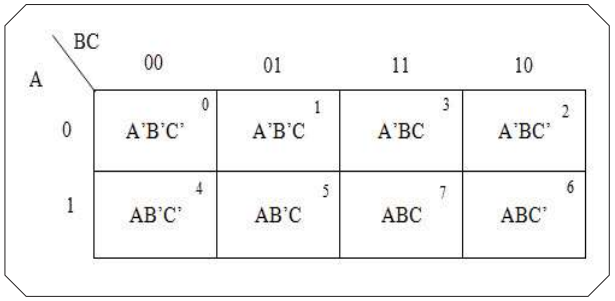
تستخدم خريطة كارنوف مستطيلات تقسم في أعمدة، وصفوف، بحيث إنَّ أي حد ضرب (Product term) يمكن الحصول عليه من تقاطع صف وعمود، ويتم رسم كل صف وعمود بكل حد من الاقتران، والمتمم لهذا الحد، ويتم الرسم بطريقة، بحيث إنَّ أي حركة أفقية أو عمودية تغير حالة متغير واحد فقط.

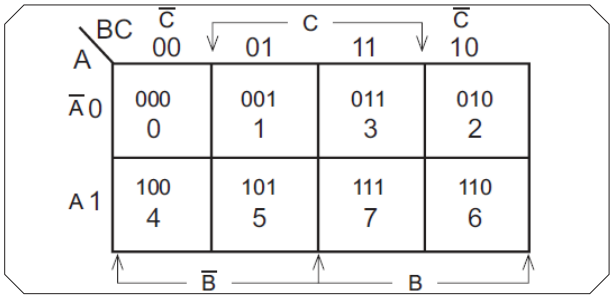
ولاستخدام خريطة كارنوف (K-Map) في تبسيط الاقترانات يتم بناء على الخطوات الآتية:

1. نرسم خريطة مربعات، بحيث يكون هناك مربع لكل حد ضرب (Product Term).
2. نضع (1) في المربع لكل حد ضرب موجود في التعبير المطلوب تبسيطه.
3. نرسم حلقة حول الحدود المتجاورة، ويجب أن تكون الحلقة عمودية، أو أفقية فقط، وتحتوي على أكبر عدد زوجي (2، 4، 8، ...) من المربعات التي تحتوي (1)، ويمكن استخدام المربع في أكثر من حلقة.
4. لا يكتب الحد المكرر إلا مرة واحدة لكل حلقة.
5. إذا ظهر الحد ومتممه يخرج من التعبير النهائي للاقتران.
6. يتم كتابة التعبير النهائي للاقتران للحدود المتبقية.
7. يكون الاقتران المبسط بكتابة مجموع الحدود.



شكل (2): يمثل شكل خريطة كارنوف (K-Map) لاقتران ذي متغيرين اثنين فقط.



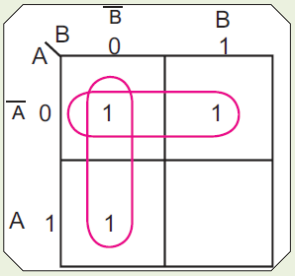


شكل (3): يمثل شكل خريطة كارنوف (K-Map) لاقتران ذي ثلاثة متغيرات.

مثال (1)

أختزل الاقتران $F = \overline{A}\,\overline{B} + A\,\overline{B} + \overline{A}\,B$ باستخدام خريطة كارنوف (K-Map).

الحل:



بما أن الاقتران يتكوّن من متغيرين فقط نقوم برسم خريطة K- Map ذات المتغيرين كما في الشكل المجاور.

1. نضع (1) في كل مربع يمثل تقاطع كل حد من الاقتران F.
2. نرسم حلقات حول المربعات التي تحتوي 1، ومتجاورة عموديا أو أفقيا.
3. نقوم بكتابة الاقتران مع مراعاة حذف المتغير، والمتمم له، بحيث إنَّ

$(A + \overline{A}) = 1$، وبالتالي يتبقى الحد $(\overline{B})$

$(\overline{B} + B) = 1$، وبالتالي يتبقى الحد $(\overline{A})$

يصبح الاقتران كما يأتي:

$$F = \overline{A} + \overline{B}$$

سؤال: للاقتران $F = \overline{A}\,\overline{B} + \overline{A}B + AB$ أجيب عن الأسئلة التالية:

1. أرسم الدارة المنطقية التي يمثلها الاقتران.
2. أختزل الاقتران باستخدام K-Map، وأرسم الدارة المنطقية التي يمثلها.
3. أضيف الحد $(A\overline{B})$ إلى الاقتران السابق، وأختزله باستخدام K-Map. ماذا تلاحظ؟

مثال (2)

يمثل الجدول التالي جدول الصواب لاقتران بولي، المطلوب:

1. اشتقاق الاقتران من الجدول، وتمثيله باستخدام البوابات المنطقية.
2. استخدام K-Map لتبسيط الاقتران، وتمثيله باستخدام البوابات المنطقية.

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

ملاحظة: المتغيرات (A، B، C) تُعدّ مداخل، والمتغير F هو المخرج).

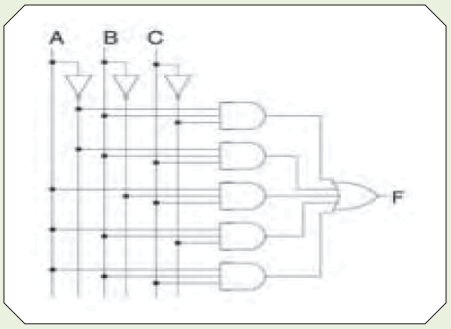
الحل:

1. يتم استخراج حدود الضرب (terms Prouduct)، وذلك بكتابة الحدود التي مخرجها (1)، وهي كما في الشكل المجاور:

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

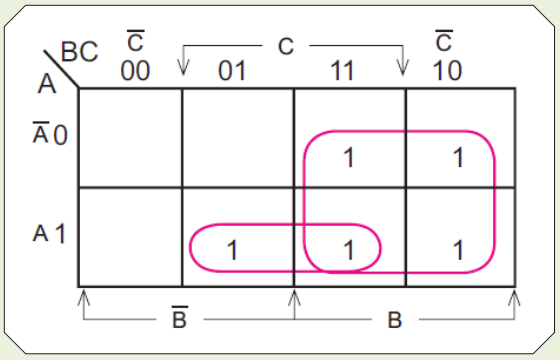
Product terms
$\bar{A}B\bar{C}$
$\bar{A}BC$
$A\bar{B}C$
$AB\bar{C}$
ABC

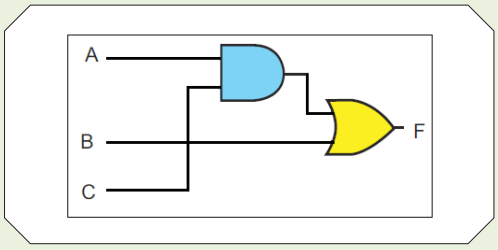
2. يتم كتابة الاقتران F، وهو عبارة عن مجموع الحدود:



3. تمثيل الاقتران باستخدام البوابات المنطقية.

- 1. نرسم خريطة K-map ذات الثلاثة متغيرات ونضع (1) في تقاطعات الحدود حسب الاقتران (F) السابق، وكما في الشكل المجاور.
- نضع حلقات لتحقيق الاختزال، وذلك لإلغاء المتممة، بحيث يصبح الاقتران: $F = B + AC$





يلاحظ عدد البوابات التي تمّ اختصارها، بحيث تمّ تبسيط الدارة من 9 بوابات، و23 مدخل إلى بوابتين ذات مدخلين.

نشاط (2): باستخدام أحد برامج رسم الدارات المنطقية باستخدام الحاسوب تحقق من عمل الدارات المنطقية في المثال رقم (2)

الأسئلة

1. أستخدام جدول الصواب لإثبات صحة قانون التجميع.
2. بالرجوع للاقتران المنطقي الآتي: $F = \overline{A}\ B\overline{C} + A\overline{B}\ \overline{C} + A\overline{B}\ C + A\ B\overline{C}$
   - أرسم جدول الصواب، والدارة المنطقية.
   - أختزل الاقتران باستخدام K-map، وأرسم الدارة المنطقية.
   - أبين عدد البوابات المنطقية التي تمّ اختصارها.

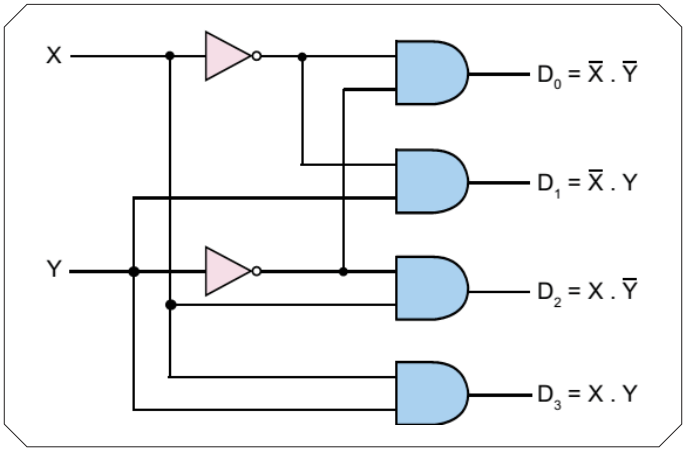
3 - 2 الموقف التعليمي التّعلّميّ: إنشاء الدارات المنطقية التجميعية، وتشغيلها.

وصف الموقف التعليمي: (حضر حارس في مصنع إلى مشغل الإلكترونيّات الصناعية، وطلب عمل نموذج للتحكم بإنارة أربعة مصابيح من خلال مفتاحين، إذ يمكن إنارة أي مصباح من خلال المفاتيح المحددة).

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع البيانات من الحارس حول طلبه من حيث: - نوع المصابيح - طبيعة الاستخدام. - الجهد الذي تعمل عليه المصابيح. • أجمع البيانات عن: - الدارات التجميعية. - دارات فك الترميز Decoder. - متعدد المداخل. - متعدد المخارج. - تطبيقات الدارات التجميعية.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني.	• الوثائق: طلب الحارس الكتابي (وصف المهمة، وكتاب رسمي)، وكتالوجات، ودليل الشركات المصنعة، ومخططات الدارات الكهربائية المتعلقة بالدارات التجميعي أجهزة الفحص، والقياس • الشبكة العنكبوتية (الإنترنت): المواقع العلمية الموثوقة المحكّمة، أنماط بصرية، وفيديو، وصور.
أخطّط، وأقرّر	• أصنّف البيانات التي تمّ جمعها حول (الدارات التجميعية) • تحديد خطوات العمل: - أرسم المخطط الإلكتروني المتعلق بدارة فك الترميز. - أرسم مخطط الدارة الكاملة. - أستحضر القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة لحساب قيم المقاومات التي توصل معه. - أُحدِّد الأدوات، والعِدَد، والأجهزة اللازمة. - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة، والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة، والحوار. • التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمّ جمعها). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب الحارس. • الشبكة العنكبوتية. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسية اللازمة.
أنفّذ	• أتتبع مخطط دارة فك الترميز. • أركب، وأصل الدارة حسب المخطط المبين بالشكل (١). • أصل مصدر التغذية حسب المخطط. • أصل مقاومة ٢٢٠ أوم مع ثنائي ضوئي على كل مخرج للدارة المُبيَّنة في الشكل (١).	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• الأجهزة، والعدد الخاصة بالفحص، والتركيب، والصيانة. • الرقاقة: ٧٤٠٨، ٧٤٠٤ • كاوي لحام مع قاعدة. • قصدير. • أسلاك توصيل

أنفّذ	• أشغِّل الدارة حسب حالة المداخل. • أعبِّئ الجدول المُبيَّن في الشكل (١)		• لوحات توصيل. • عراية أسلاك. • قطاعه أسلاك.
أتحقّق	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل. • أتحقَّق من توصيل اللوحة، والقطع حسب المخطط. • أشغِّل الدارة، وأتأكَّد من تطابق القيم العملية مع القيم النظرية. • أتأكَّد من الوثائق، والنماذج التي تمّ تعبئتها خلال أداء المهمة. • أعيد العِدَد، والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظِّف موقع العمل.	• عمل المجموعات • لعب الأدوار. • الحوار، والمناقشة.	• طلب الحارس. • الوثائق، والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الإلكترونية. • القرطاسية. • أجهزة القياس، والفحص الإلكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة
أوثّق، وأعرض	• أوثِّق نتائج جمع البيانات حول: • أنواع دارات الترميز، ومخططاتها، وطرق توصيلها، وفحصها. • أجهزة القياس المستخدمة. • القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. • أعرض النتائج • أجهّز تقريرا فنيا للحارس. • أنشئ ملفا لهذه الحالة.	• الحوار، والمناقشة. • العمل التعاوني	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائية، وتتبعها. • نماذج عملية. • قرطاسية.
أقوّم	• رضا الحارس عن تصميم الدارة، وعملها. • مطابقة الدارة للعمل حسب المطلوب، وحسب المواصفات الفنية المعتمدة. • تعبئة نموذج التقييم.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي.	• طلب الحارس. • المواصفات، والكتالوجات. • المخططات الفنية. • الكتب العلمية.



المداخل		المخارج			
X	Y	D_0	D_1	D_2	D_3
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

الشكل (1): دارة فك الترميز (2X4) باستخدام بوابات وAND وجدول الصواب.

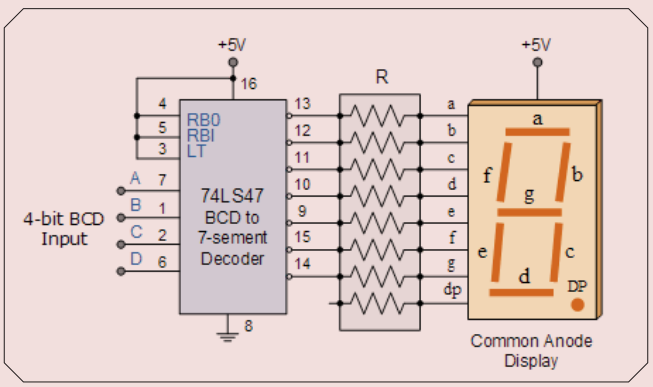
تمرين عملي إضافي (1):

يبين الشكل التالي دارة فك ترميز من ثنائي إلى عشري (0،1،2،....،9) (BCD) to 7 -Segment Display Decoder المطلوب:

1- تحديد أطراف وحدة عرض الشرائح السبع باستخدام الافوميتر، ونوعها.

2- توصيل الدارة كما بالشكل.

3- توصيل مصدر التغذية، وتشغيل الدارة، والتحقق من عملها عن طريق إظهار الأرقام (0،1،2،....،9) على وحدة عرض الشرائح السبع.



نشاط (1):

1. أبرمج، وأركب دارة بالاستعانة بلوحة الأوردينو، بحيث تقوم بعمل دارة فك ترميز 2×4
2. أبرمج، وأركب دارة بالاستعانة بلوحة الأوردينو، بحيث تقوم بعمل دارة اختيار متعددة المداخل 4×1
3. أبرمج، وأركب دارة بالاستعانة بلوحة الأوردينو، بحيث تقوم بعمل دارة اختيار متعددة المخارج 1×4

الأسئلة

1. أذكر تطبيقات الدارات التجميعية.
2. أكتب جدول الصواب للدارة أعلاه في حالة استخدام بوابات لا/و NAND بدلا من بوابة، وAND لتنفيذ الدارة.
3. أرسم رمز دارة فك الترميز المُبيَّنة في الشكل (1).
4. أذكر تطبيق عملي لدارة فك الترميز.
5. أحسب قيمة المقاومة التي توصل مع الثنائيات الضوئية لوحدة عرض الشرائح السبع المبينة في التمرين الإضافيّ (1) مع العلم أن الجهد من المرمز 5V التيار الأقصى للثنائي الضوئي هو 15mA، وجهد الثنائي الضوئي 2V.
6. أبين كيف يمكن تشغيل decoder من نوع 7447 (تستخدم لتشغيل شاشة عرض نوع مصعد مشترك) لتشغيل شاشة عرض رقمية مهبط مشترك؟

أتعلم

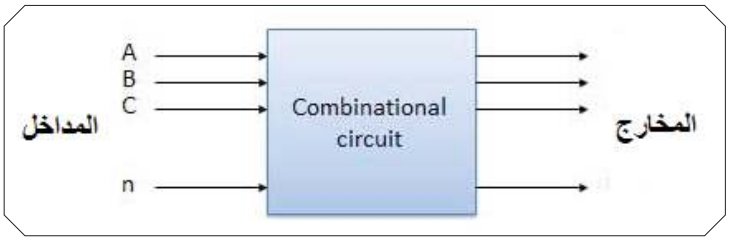
تصميم الدارات المنطقية التجميعية، وتركيبها، وتشغيلها

(combinational logic circuit)

نشاط (1):

1. أبحث عن رقاقة دارة فك ترميز (Decoder)، وأتعرف على أطرافها (Pins).
2. أبين عدد المخارج لدارة فك ترميز Decoder إذا كان عدد المداخل 4 مداخل.

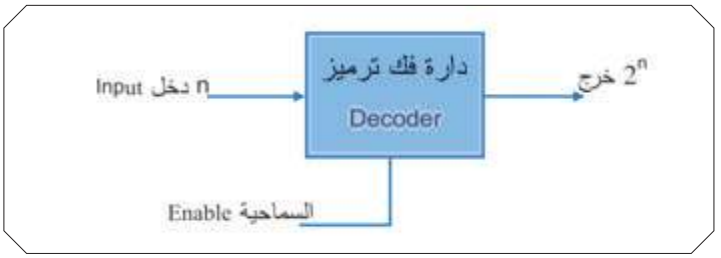
الدارات المنطقية التجميعية: هي عبارة عن دارة مبنية باستخدام البوابات المنطقية لها مداخل، ومخارج، ويكون الخرج في أي لحظة معتمدا على حالة المداخل في تلك اللحظة، ويبين الشكل التالي المخطط الصندوقي لدارة تجميعية.



الشكل (2): المخطط الصندوقي لدارة تجميعية

من تطبيقات الدارات التجميعية دارة فك ترميز Decoder، دارة اختيار متعدد المداخل Multiplexer، ودارة اختيار متعدد المخارج Demultiplexer.

1. دارة فك ترميز (Decoder): هي عبارة عن دارة مبنية باستخدام البوابات المنطقية تعمل على تحويل نظام ترميز معين إلى نظام ترميز آخر. ويبين الشكل (3) المخطط الصندوقي لدارة فك ترميز.



الشكل (3): المخطط الصندوقي لدارة فك ترميز

لدارة فك ترميز مجموعة من المخارج، ومجموعة من المداخل (خطوط الاختيار) يتم تفعيل أحد المخارج حسب المداخل، ويمكن حساب عدد المخارج من خلال العلاقة الآتية: **عدد المخارج = 2^n، حيث n عدد المداخل.**

ملاحظة: يضاف إلى دارة فك ترميز مدخل إضافيّ يستخدم لتمكين (Enable) مخارج الدارة من العمل.

مثال

دارة فك ترميز لها مدخلان، أحسب عدد المخارج له.

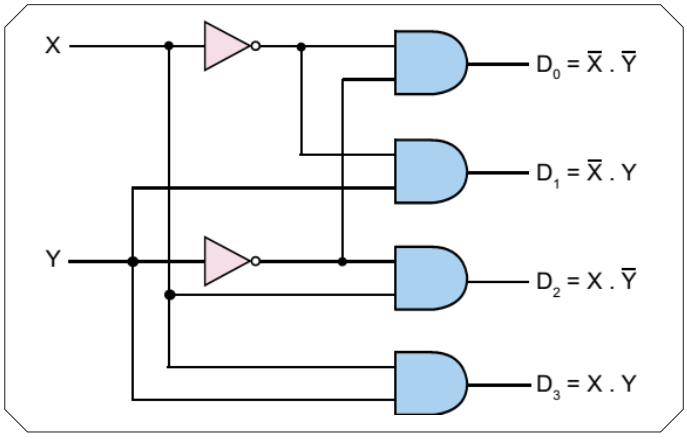
الحل:

- عدد المخارج = 2^n حيث n عدد المداخل
- عدد المخارج = 2^2 = 4 مخارج

سؤال: دارة فك ترميز لها ثلاثة مداخل، أحسب عدد المخارج له.

تستخدم دارة فك ترميز للتحويل من نظام ترميز معين إلى نظام ترميز آخر كالتحويل من نظام الـ BCD إلى نظام يتوافق مع الإظهار الرقمي مثل وحدة عرض الشرائح السبع (BCD - To Seven Segment Display)، وتتوفر كدارة متكاملة (IC 7447، 7448)، كما وتستخدم الرقاقة 4028 للتحويل من النظام الثنائي المرمز عشريا إلى النظام العشري.

ويبين الشكل (4) دارة فك ترميز لها مدخلان، وأربعة مخارج باستخدام بوابات نوع AND، ويمكن بناؤها باستخدام بوابات نوع NAND، ولكن في هذه الحالة يأخذ المخرج المفعل القيمة (0) في حين تأخذ المخارج الأخرى القيمة (1).



الشكل (4): دارة فك الترميز

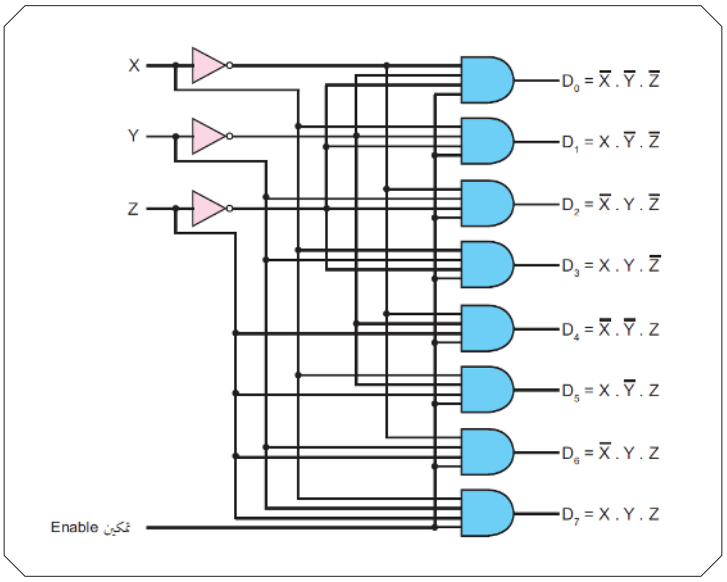
يوضح الجدول (1) جدول الصواب لكيفية عمل دارة فك الترميز، حيث إنَّه اعتمادا على المداخل يتم اختيار مخرج واحد لتفعيله.

جدول (1) جدول الصواب لدارة فك الترميز :

المداخل		المخارج			
X	Y	D0	D1	D2	D3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

نشاط (2): أرسم رمز دارة فك ترميز إذا كان عدد المداخل يساوي 2.

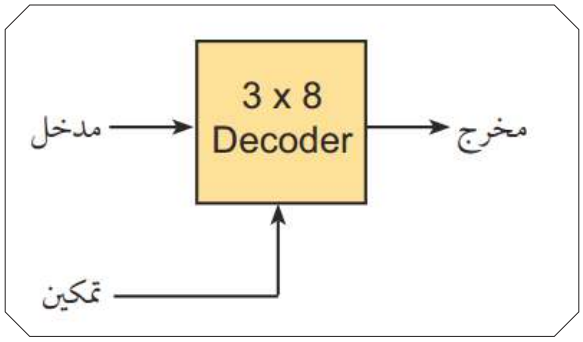
يبين الشكل (5) دارة فك ترميز ذات 3 مداخل، وثمانية مخارج، إذ يتم تفعيل أحد المخارج بناء على قيمة المداخل.



الشكل (5): دارة فك ترميز ذات ثلاثة مداخل

يبين الشكل رقم (6): رمز دارة فك ترميز ذات ثلاثة مداخل، وثمانية مخارج وجدول الصواب لها.

المداخل			المخارج							
x	y	z	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1



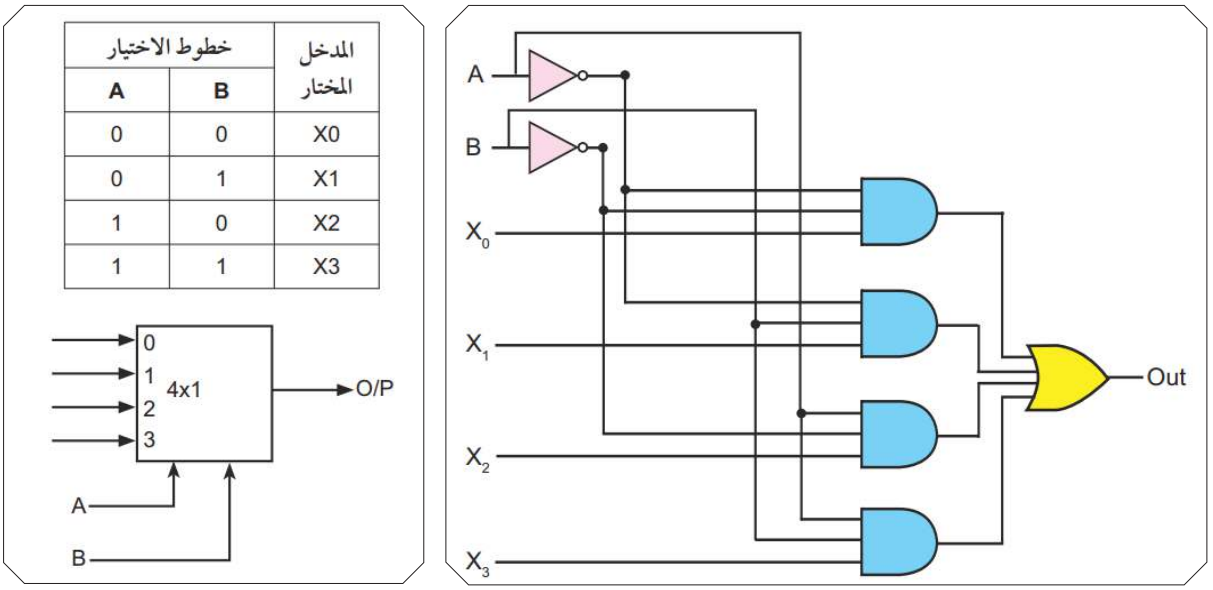
الشكل (6): رمز وجدول الصواب لدارة فك ترميز ذات ثلاثة مداخل

2. دارة الاختيار متعددة المداخل (Multiplexer): دارة الاختيار متعددة المداخل هي عبارة عن دارة لها عدة مداخل، ومخرج واحد يتم اختيار أحد المداخل لربطه بالمخرج حسب خطوط تسمى خطوط الاختيار Control lines.

ويمكن حساب عدد المداخل من خلال العلاقة الآتية: **عدد المداخل= 2^n، حيث n عدد خطوط الاختيار.**

سؤال: أحسب عدد المداخل إذا كان عدد خطوط الاختيار يساوي 4.

ويبين الشكل (7) دارة اختيار متعددة المداخل 4X1 باستخدام بوابات AND، حيث يتم ربط المدخل المختار إلى المخرج حسب خطوط الاختيار، وتستخدم هذه الدارة في مجال الاتصالات بشكل واسع لنقل مجموعة من الإشارات على خط واحد.



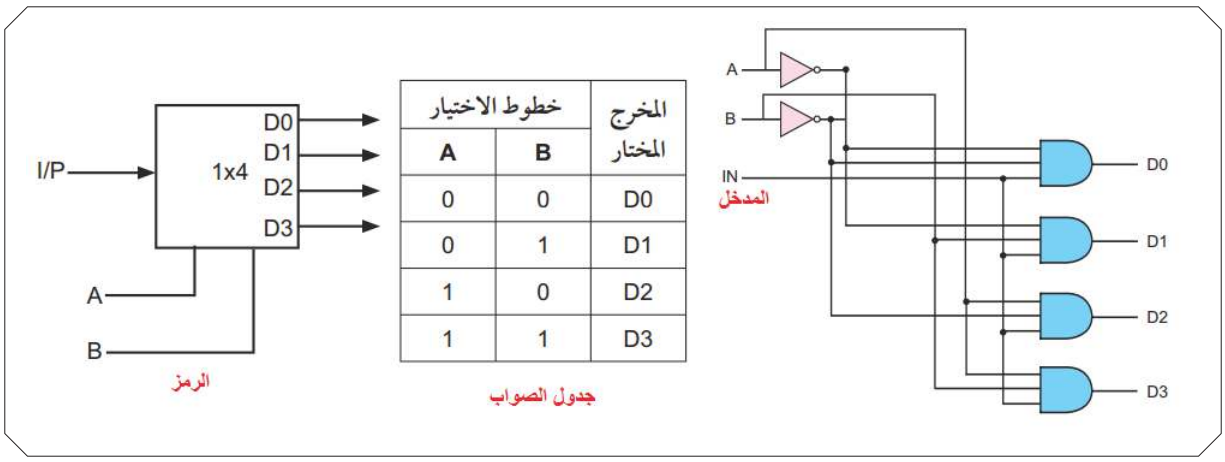
الشكل (7): دارة اختيار متعددة المداخل، ورمزها وجدول الصواب لها

3. دارة الاختيار متعدد المخارج (Demultiplexer): دارة الاختيار متعدد المخارج: هي عبارة عن دارة لها عدة مخارج، ومدخل واحد يتم ربط المداخل بأحد المخارج حسب خطوط تسمى خطوط الاختيار Control lines، وتستخدم دارة الاختيار متعدد المداخل والمخارج بكثرة في مجال الاتصالات الهاتفية.

ويمكن حساب عدد المخارج من خلال العلاقة الآتية: **عدد المخارج $=2^n$، حيث n عدد خطوط الاختيار.**

سؤال: أحسب عدد المداخل إذا كان عدد خطوط الاختيار يساوي 4.

ويبين الشكل (8) دارة اختيار متعدد المخارج 1X4باستخدام بوابات AND، حيث يتم ربط المدخل إلى أحد المخارج عن طريق خطوط الاختيار، وتستخدم هذه الدارة لنقل الإشارة على المدخل إلى أحد المخارج عن طريق خطوط الاختيار.



الشكل (8): دارة اختيار متعددة المخارج، ورمزها وجدول الصواب

أفكر: أبين كيف يمكن استخدام دارة اختيار متعددة المخارج كدارة فك ترميز Decoder.

الأسئلة

1. أعرف دارة فك ترميز، وأرسم المخطط الصندوقي لها.
2. أرسم دارة اختيار متعددة المخارج إذا كان عدد خطوط الاختيار يساوي واحداً، وأكتب جدول الصواب لها.
3. أرسم دارة اختيار متعددة المداخل، وأكتب جدول الصواب لها مع العلم أن عدد خطوط الاختيار يساوي 2.

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. ما العدد في النظام العشري الذي يكافئ العدد 2 (11001)؟

أ. $(25)_{10}$ ب. $(52)_{10}$ ج. $(25)_{16}$ د. $(25A)_{10}$

2. ما نوع العملية الحسابية التي تستخدم عند التحويل من النظام العشري إلى النظام الثنائي؟

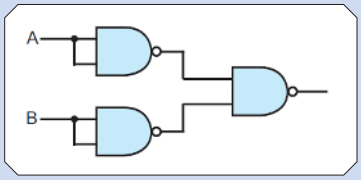
أ. الضرب بـ 2 ب. القسمة على 2 ج. الجمع د. الطرح

3. ما العدد في النظام الثنائي الذي يكافئ العدد $(3A5)_{16}$؟

أ. $(0101110100101)_2$ ب. $(001110100101)_2$

ج. $(0011111010101)_2$ د. $(0011101001101)_2$

4. ما اسم البوابة المنطقية التي تمثلها الدارة المجاورة؟



أ. AND ب. NOR ج. OR د. NOT

5. ما عدد المخارج لدارة فك ترميز إذا كان عدد المداخل يساوي 3؟

أ. 2 ب. 4 ج. 8 د. 16

6. ما عدد المداخل لدارة متعدد المداخل إذا كان عدد خطوط الاختيار يساوي 2؟

أ. 4 ب. 6 ج. 8 د. 16

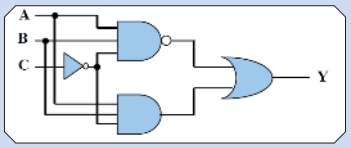
السؤال الثاني:

أ. أعدّد الخصائص التي تتميز بها عائلة CMOS مقارنة بالعائلات المنطقية الأخرى.

ب. أذكر ثلاثة من الأسس التي يمكن الاعتماد عليها للمقارنة بين العائلات المنطقية.

ج. أرسم رمز وجدول الصواب للبوابات المنطقية الآتية: 1. AND 2. OR 3. NAND 4. XNOR

السؤال الثالث:



أ. أكتب الاقتران البولي وجدول الصواب للدارة المنطقية المجاورة.

ب. أرسم الدارة المنطقية للاقتران المنطقي الآتي: $F = AB + C\overline{D} + \overline{A}D$

السؤال الرابع:

أ. أثبت باستخدام جدول الصواب كلاً من قانوني التبديل، ودي مورجان.

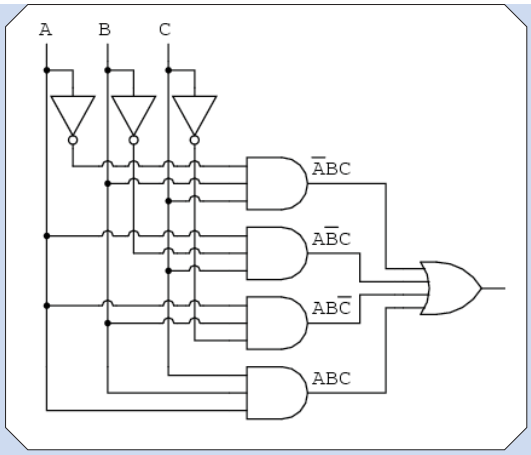
ب. باستخدام قوانين الجبر البولي، أختزل الاقتران الآتي: $F = \overline{A}.B.(\overline{D} + \overline{C}.D) + B.(A + \overline{A}.C.D)$

السؤال الخامس:

أ. أختزل الاقتران $F = A\,B\,C + A\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}$ باستخدام K-map، ثمَّ أرسم مخطط الاقتران بعد الاختزال.

ب. بالرجوع إلى الدارة المجاورة أجيب عما يأتي:

1. أكتب الاقتران المنطقي للدارة.
2. أبسّط الاقتران المكافئ للدارة - باستخدام K-map.
3. أرسم الاقتران بعد التبسيط.



السؤال السادس:

أ- أرسم دارة فك ترميز Decoder باستخدام البوابات المنطقية إذا كان عدد المداخل يساوي 2، ثمَّ أكتب جدول الصواب لها؟

ب- يبيّن الشكل التالي جدول الصواب لدارة منطقية أجيب عما يأتي:

1- أسم الدارة التي يمثلها الجدول.

2- أرسم الدارة الذي يمثلها الجدول بالبوابات المنطقية.

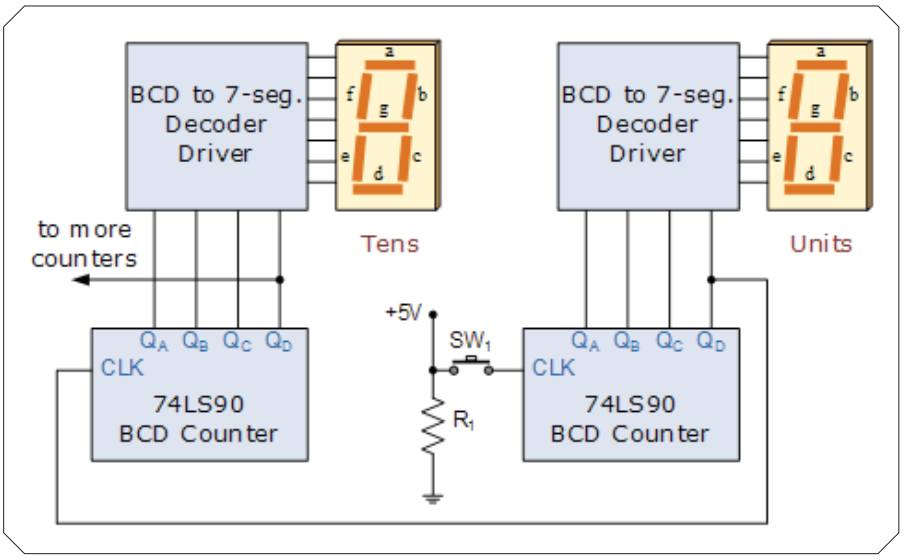
3- أرسم رمز الدارة.

المخرج المختار	خطوط الاختيار	
	B	A
D0	0	0
D1	1	0
D2	0	1
D3	1	1

أنفِّذ خطوات العمل الكامل للموقف التعليمي التّعلّميّ:

حضر صاحب منزل إلى مشغل الإلكترونيّات الصناعية، وطلب تصميم دارة قفل إلكتروني لتركيبها على المدخل الرئيسي لحديقة المنزل.

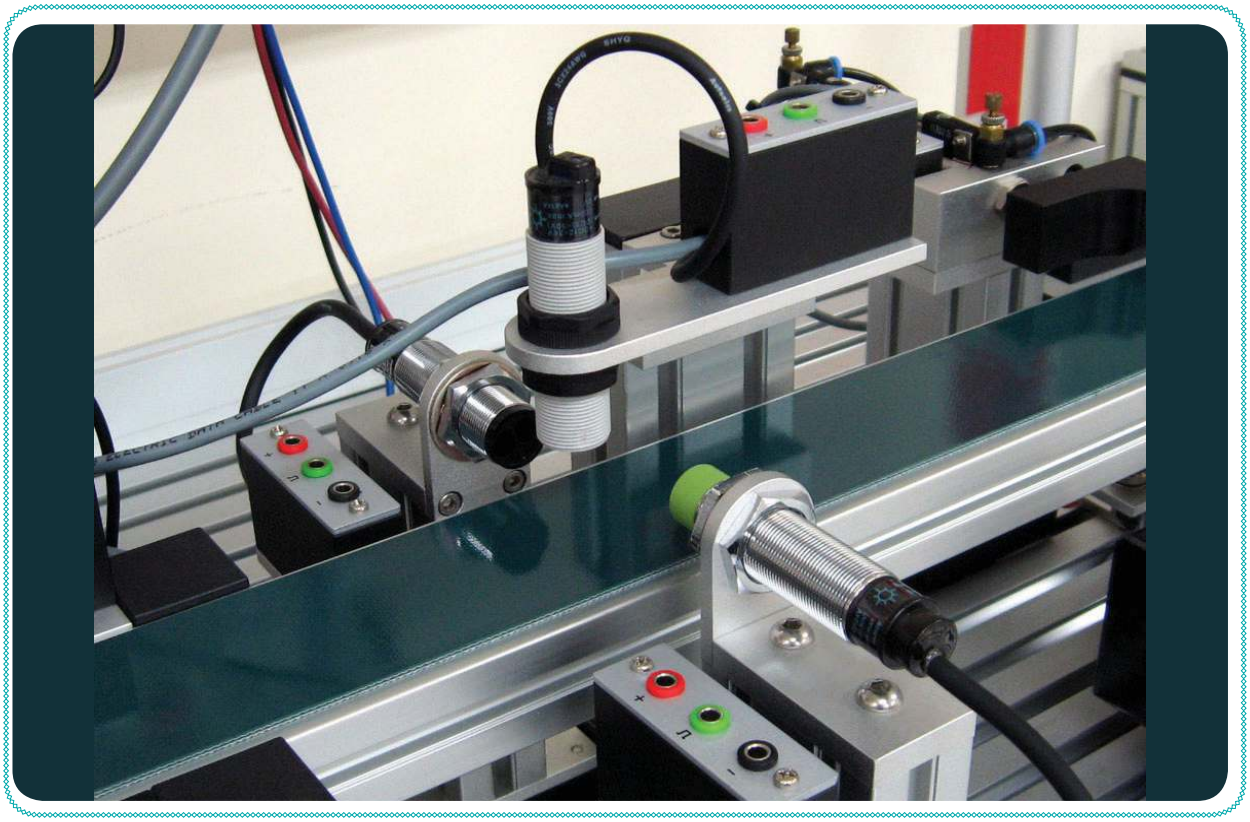
مشروع: يبين الشكل التالي دارة عداد مكون من منزلتين يعد من (99-0). أقوم ببناء الدارة مع أخذ إشارة العدّ من مِجَسّ لعد المنتجات، يمكن استخدام الأوردينو لتنفيذ المشروع حسب الإمكانيّات المتوفرة لديك.



مع مراعاة مراحل المشروع من حيث (اختيار اسم المشروع، وخطة المشروع، وتنفيذ المشروع، وأقيم المشروع)

الوحدة النمطية الثالثة

المجسات الصناعية وأنظمة التحكم الهوائية
Industrial sensors and pneumatic control systems



أتأمّل، وأناقش:

تساهم المجسات الصناعية في زيادة دقة العمل، وتطوير الذكاء الصناعي.

المجسات الصناعية، وأنظمة التحكم الهوائية

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على (تشغيل وصيانة أنظمة التحكم التي تستخدم المجسات الصناعية المتنوعة التقاربية والضوئية والحرارية) وذلك من خلال الآتي :

١- تركيب المجسات الضوئية، وتشغيلها.
٢- بناء دارات المجسات الحرارية، وتشغيلها

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أولاً الكفايات الحرفية:

1. القدرة على تركيب المجسات الضوئية، وتشغيلها.
2. القدرة على بناء دارات المجسات الحرارية، وتشغيلها.
3. القدرة على تشغيل المجسات التقاربية.
4. القدرة على تشغيل أنظمة التحكم الهوائية.

ثانياً الكفايات الاجتماعية، والشخصية:

1. مصداقية التعامل مع الزبون.
2. الحفاظ على خصوصية الزبون، والمسؤولية، والإحساس بالواجب.
3. الضمان الذاتي.
4. الدقة في المواعيد.
5. الموثوقية.
6. تقبل النقد.
7. التعامل بشكل بناء مع النزاعات.
8. الاستقلالية.
9. الموقف الإيجابي نحو التعلم مدى الحياة.
10. الموقف الإيجابي نحو المهام، والعمل، والحياة.
11. المبادرة، والاستجابة، والالتزام بالعلاقات الاجتماعية.
12. المسؤولية الاجتماعية.
13. قبول توزيع الأدوار.

14. القدرة على التأمل الذاتي، والتفهم، والمشاركة في التفاعلات.

15. التواصل والاتصال الفعالين مع الزبون، والمظهر اللائق.

16. التمثل بأخلاقيات المهنة في العمل.

17. الاستعداد لاستشارة ذوي الخبرة والاختصاص.

ثالثاً الكفايات المنهجية:

1. العمل التعاوني (لعب الأدوار، والمحاكاة، وفرق العمل، والبحث العلمي، والمجموعات...إلخ)
2. الحوار، والمناقشة.
3. البحث العلمي.
4. العصف الذهني (استمطار الأفكار).

وسائل، وإجراءات الأمن، والسلامة، والسلوك المهني المرتبط بهذه الوحدة

1. ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة، وغير فضفاضة، أو ذات أطراف طويلة)، وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين، أو الجسم (خواتم، وسلاسل، وساعات...إلخ) للوقاية من أي خطر.
2. توفر متطلبات السلامة الشخصية، والبيئة المحيطة (الكفوف، والأرواب، والعوازل الأرضية، والشفاطات إن لزم الأمر، والطفايات، وأنظمة المراقبة، والأمان، وحقيبة الإسعافات الأولية...إلخ).
3. التركيز أثناء العمل، والتزام الانضباط، والحذر، والحد من أي ضوضاء.
4. عدم العبث بالأجهزة والأدوات الموجودة داخل المشغل، أو الورشة، وحفظها بصورة جيدة.
5. الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز، أو أداة تدريبية، وعدم إزالة أي جزء مخصص للحماية، والأمان.
6. التأكد من عزل الأسلاك التي تتعامل معها، وعدم تعريضها للتلف، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنية، أو مياه، والانتباه إلى أي أسلاك كهربائية يمر بها تيار كهربائي.
7. الانتباه إلى الجهد المقرر لكل قطعة وجهاز قبل الاستخدام.
8. المحافظة على نظافة المكان، وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
9. عمل صيانة دورية للأجهزة، وفحص الأسلاك والتوصيلات، وبيئة التدريب.
10. مراعاة السلامة عند تداول الدارات المتكاملة، وتركيبها، واستخدامها.
11. اتّباع تعليمات المدرّب، ومراجعته عند الضرورة.

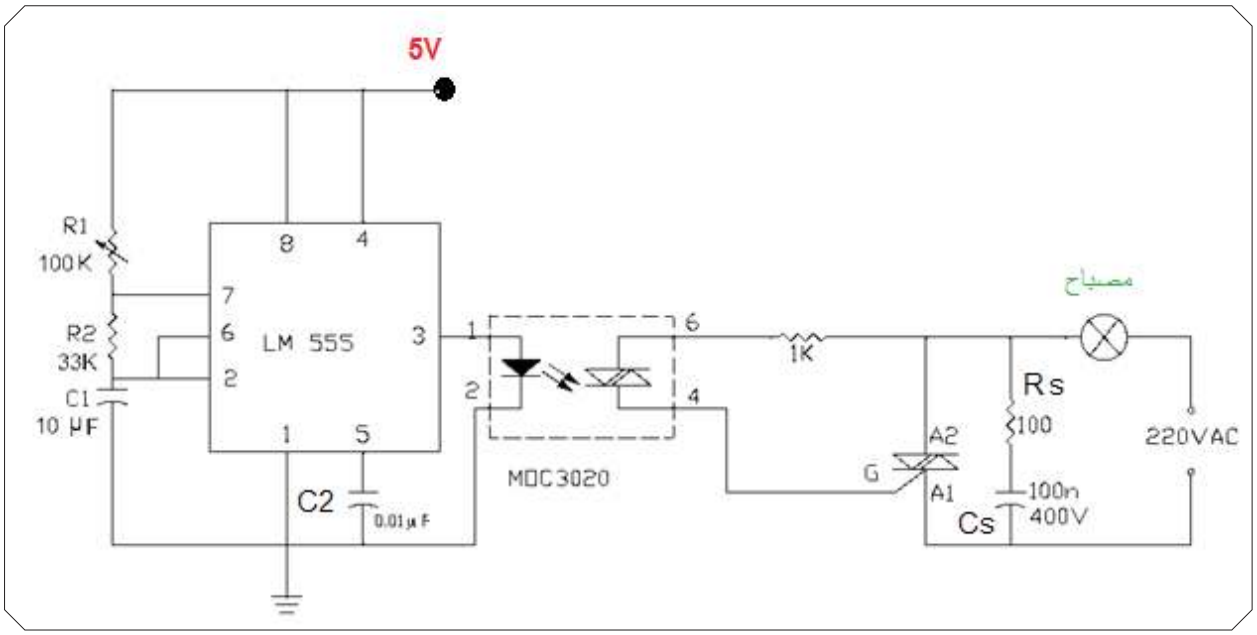
1 - 3 الموقف التعليمي التّعلّميّ: تركيب وتشغيل المجسات الضوئية.

وصف الموقف التعليمي: (حضر موظف من شركة الاتصالات الهاتفية، وطلب من مشغل الإلكترونيّات الصناعية تجميع دائرة للتحكم بمصباح مبين للإشارة يعمل على 220 فولت لبرج الإرسال، والتحكم بها بجهد منخفض 5 فولت دون الربط بينهما بأي نقطة مشتركة).

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحللها	• أجمع البيانات من موظف شركة الاتصالات حول طلبه من حيث: - الفترة الزمنية لتشغيل المصابيح. - طبيعة الاستخدام. - التكلفة المتوقعة. - أنواع المصابيح، وألوانها، والجهد الذي تعمل عليه. • أجمع البيانات عن: - العوازل الضوئية. - الترانزستور الضوئي. - الثنائي الضوئي. - دوائر التحكم في الإنارة ليلا.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني.	• الوثائق: (طلب شركة الاتصالات الكتابي (وصف المهمة، وكتاب رسمي)، وكتالوجات، ودليل الشركات المصنعة، وكتب المكافئات للعناصر المتنوعة. • ومخططات الدارات الإلكترونية ذات العلاقة، الكتب العلمية ذات العلاقة. • الإنترنت: مواقع إلكترونية موثوقة.
أخطط، وأقرر	• أصنّف البيانات التي تمّ جمعها حول تطبيقات (العوازل الضوئية، والترانزستور الضوئي، والثنائي الضوئي). • أُحدِّد خطوات العمل: - أرسم المخطط الإلكتروني المتعلق بالدارة. - أرسم رموز العناصر الإلكترونية للمخطط الإلكتروني، وآلية عملها - أستحضر القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة - أُحدِّد الأدوات، والعِدَد، والأجهزة اللازمة. - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة، والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة، والحوار. • التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات، وصور، وبيانات تمّ جمعها). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة). • طلب شركة الاتصالات. • الإنترنت. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسية اللازمة.

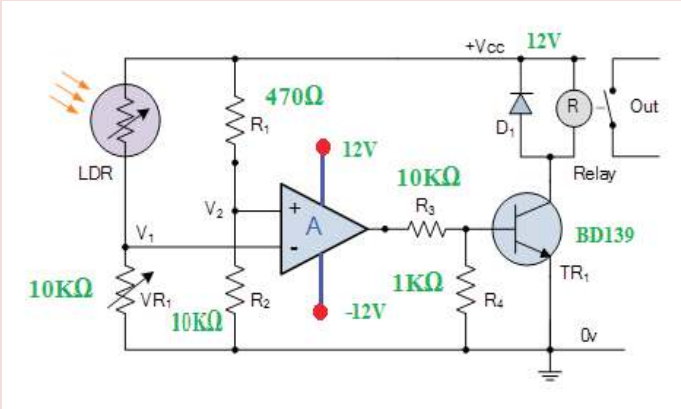
أنفذ	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأنتبه إلى: - الجهد الذي تعمل عليه الدارة. - عدم ملامسة أطراف العناصر الإلكترونية أثناء التشغيل. • أرسم مخطط دارة الوماض كما في الشكل رقم (١). • أصل الدارة حسب المخطط، بحيث يتم توصيل دارة الحمل بواسطة اللحام. • أصل مصدر التغذية للدارة حسب المخطط. • أشغل الدارة، وأُغيِّر قيمة المقاومة المتغيرة، وألاحظ التغير على إضاءة المصباح. • أسجل ملاحظاتي. • أصل الدارات المبينة بالتمارين الإضافيّة (١، ٢، ٣) وأتحقَّق من عملها.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	• رقاقة 555 • عازل ضوئي MOC3020b • ترياك BTA012 • مقاومات ثابتة (1K Ω، 33K Ω، 100 Ω) • مقاومة متغيرة 100KΩ • مكثفات (10µF/35V، 0.01µF/35V) • 100nF/400V • مصباح ٢٢٠ فولت. • لوحة توصيل. • أسلاك توصيل. • لحام قصدير. • آفوميتر.
أتحقَّق	• أراعي قواعد الأمن، والسلامة العامة، وأتنبَّه إلى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل، وتوصيله مع الدارة. • أتحقَّق من توصيل الدارة حسب المخطط. • أتحقَّق من عمل الدارة حسب المطلوب. • أعيد العِدَد، والأدوات المستخدمة لمكانها، وأنظِّف موقع العمل.	• البحث العلمي. • عمل المجموعات • الحوار، والمناقشة.	• طلب فني شركة الاتصالات. • الوثائق، والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الإلكترونية • العلاقات الحسابية. • القرطاسية. • أجهزة القياس، والفحص الإلكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة.
أوثِّق، وأعرض	• أوثِّق نتائج جمع البيانات حول: - تطبيقات المجسات الضوئية - مخطط الدارة - أجهزة القياس المستخدمة. - القوانين، والعلاقات الحسابية اللازمة. • أعرض النتائج. • أجهّز تقريرا فنيا لفني الشركة. • أنشئ ملفا لهذه الحالة.	• الحوار، والمناقشة. • العمل التعاوني	• جهاز العرض (LCD). • جهاز الحاسوب. • برامج رسم الدارات الكهربائية، وتتبعها. • نماذج عملية. • قرطاسية.
أقوِّم	• رضا فني الشركة عن تصميم للدارة، وعملها. • مطابقة الدارة للعمل حسب المطلوب، وحسب المواصفات الفنية المعتمدة. • تعبئة نموذج التقييم.	• الحوار، والمناقشة. • البحث العلمي.	• طلب فني الصيانة. • المواصفات، والكتالوجات. • المخططات الفنية. • الدارة العملية. • الكتب العلمية ذات العلاقة. • ورقة/نموذج العمل الخاص بالتقييم. • برامج رسم الدارات الكهربائية المحوسبة.



الشكل(1):مخطط تشغيل مصباح يعمل على 220 فولت بشكل متقطع (وماض).

تمرين عملي إضافي(1):

أصل دارة تشغيل حمل باستخدام المقاومة الضوئية عند انقطاع الضوء الشكل(2). وأتحقق من عملها.



الشكل(2) :دارة تشغيل حمل باستخدام المقاومة الضوئية

تمرين إضافي (2):

أ- بالرجوع إلى الشكل (2) :

١. أعيد تركيب الدارة بعد استبدال المقاومة الضوئية بترانزستور ضوئي.

٢. أشغل الدارة وأتحقق من عملها.

٣. أعكس طريقة عمل الدارة.

ب- أقوم بتركيب الدارة المبينة بالشكل(10) وأتحقق من عملها مع العلم أن قيمة المقاومة R=10KΩ وأن جهد المصدر 12 فولت.

تمرين إضافي (3):

أركب الدارة المبينة بالشكل(12) بعد إضافة ترانزستور BD139 مع الترانزستور الضوئي لتصبح (توصيلة دارلنجتون) لتشغيل حمل مثل مصباح بدل المقاومة 1K Ω، ثم أعيد التمرين باستبدال المصباح بمرحل لتشغيل حمل يعمل على 220V على ملامسات المرحل.

الأسئلة

1. أحسب زمن المذبذب الغير مستقر المبين بالشكل (1).
2. أبين وظيفة المقاومة Rs والمواسع Cs في الدارة المبينة بالشكل(1).
3. أشرح كيف تعمل الدارة المبينة بالشكل (1) إذا أصبح الترياك في حالة فصل.
4. أبين وظيفة مكبر العمليات المبين بالشكل (2).
5. أبين وظيفة القنطرة في الدارة المبينة بالشكل(2).
6. أشرح كيف تعمل الدارة المبينة بالشكل (2) إذا أصبحت المقاومة الضوئية دارة مفتوحة.

أتعلم

تركيب وتشغيل المجسات الضوئية

نشاط(1): أبحث عن الظواهر التي تفسر اثر سقوط الضوء على المواد شبه الموصلة .

تم تصنيع الكثير من العناصر الالكترونية التي تعمل بالضوء، وأصبح الضوء من العناصر الرئيسية لكثير من التطبيقات العملية وتمتاز بسهولة البناء والتشغيل والدقة في عملية التحكم بالإضافة إلى التكلفة القليلة، وتصنع من مواد شبه موصله.

تستخدم العناصر الضوئية لتحويل الطاقة الضوئية إلى كهربائية أو العكس، ومن ثم الاستفادة من هذه الخاصية في العديد من التطبيقات العملية. وهناك الكثير من العناصر الضوئية مثل المقاومة الضوئية، الترانزستور الضوئي، الثنائي الضوئي و العازل الضوئي وغيرها وسنتعرف في هذا الموقف التعليمي على بعض العناصر الضوئية وعملها.

الطيف الضوئي:

هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي،حيث تنتشر الأشعة الضوئية في الفراغ بنفس السرعة وتختلف فيما بينها في طولها الموجي.ويمكن حساب طول الموجة والتردد من العلاقة التالية:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

حيث λ :طول الموجة بالمتر

f :تردد الموجة بالهيرتز HZ

C: سرعة الضوء 3×10^8 m/Sec

ويشمل الطيف الضوئي:

1. الطيف الضوئي المرئي:وهو الطيف الذي تراه العين البشرية ويمثل ألوان الضوء المختلفة ويبدأ باللون البنفسجي بطول موجة 400nm وينتهي باللون الأحمر بطول موجة 700nm.
2. الأشعة تحت الحمراء وتستخدم في أجهزة الرؤية الليلية وأجهزة التحكم عن بعد.
3. الأشعة فوق البنفسجية وتستخدم في المجالات الطبية.

سؤال: احسب تردد اللون الأحمر إذا علمت أن طول الموجة له يساوي 700nm.

أما الظواهر التي تفسر اثر سقوط الضوء على المواد شبه الموصلة فهي:

- **الظاهرة الكهروضوئية:** عند سقوط الضوء على مادة شبه موصلة حيث تعمل طاقة فوتونات الضوء على توليد أزواج إضافية من الالكترونات والفجوات وبذلك تزداد موصلية المادة شبه الموصلة.

- **الأثر الضوئي في وصلة PN**: عندما تكون وصلة PN منحازة انحيازا عكسيا،فإن تيار التسرب العكسي يتناسب تناسبا طرديا مع كثافة الضوء الساقط على سطحها، فإذا كانت في هذه الوصلة في دارة كهربائية مفتوحة فإن قوة دافعة كهربائية تتولد بين طرفيها وتعرف هذه الظاهرة بالظاهرة الفلطائية الضوئية (Photo Voltaic Effect).

وبناءا على الظاهرة الكهروضوئية والظاهرة الفولطائية الضوئية تم تصنيع العديد من العناصر الضوئية منها:

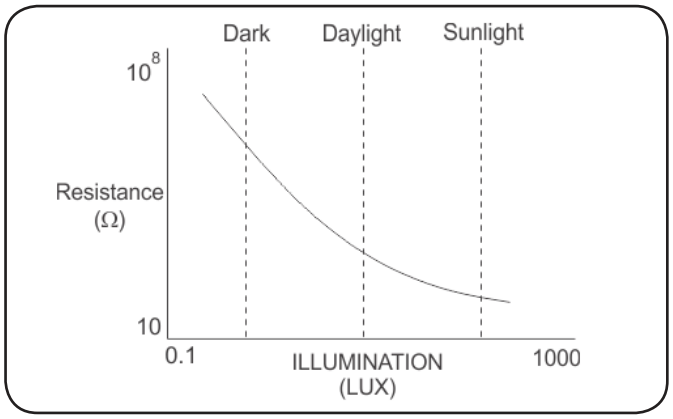
أولا:المقاومة الضوئية (Photo Resistor):

1-1 المقاومة الضوئية: هي مقاومة تتغير قيمتها تبعا لكثافة الضوء الساقط على سطحها و تتناسب قيمة المقاومة الضوئية تناسبا عكسيا مع شدة الضوء الساقط على سطحها فكلما زادت شدة الضوء قلة قيمتها.

يبين الشكل (3) رمز المقاومة الضوئية وبعض أشكال المقاومات الضوئية وتسمى أيضا بالخلية الكهروضوئية (Photo Electric Cell)، الموصل الضوئي (Photo Conductor) و المقاومة التي تعتمد على الضوء (Light Dependent Resistor) LDR.

الشكل(3): رمز المقاومة الضوئية وبعض أشكال المقاومات الضوئية

1-2 - خصائص المقاومة الضوئية: يبين الشكل(4) منحنى الخصائص للمقاومة الضوئية ومنه نلاحظ أن:



الشكل(4):منحنى الخصائص للمقاومة الضوئية

- مقاومة المقاومة الضوئية في الظلام عالية جدا بالميجا أوم وعند سقوط الضوء عليها تقل مقاومتها أي أن علاقة شدة الضوء مع المقاومة علاقة عكسية.
- استجابتها للضوء غير خطية.

من مساوئ المقاومة الضوئية أن استجابتها غير خطية وتعمل عند ترددات منخفضة (بطيئة الاستجابة)

وتستخدم المقاومة الضوئية في تطبيقات عديدة منها:

١. أجهزة الإنذار.

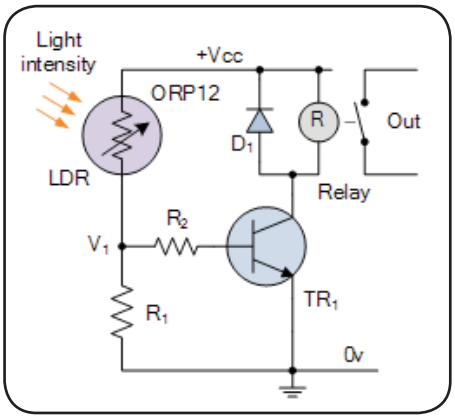
٢. كاشف اللهب.

٣. التحكم في إنارة الشوارع ليلا.

٤. أنظمة العد .

1-3- دارة تشغيل حمل باستخدام المقاومة الضوئية LDR:

تتكون الدارة من مفتاح ترانزستوري ومرحل Relay ومجزئ الجهد للقاعدة مكون من المقاومة الضوئية LDR والمقاومة R_1 كما يبين الشكل(5).



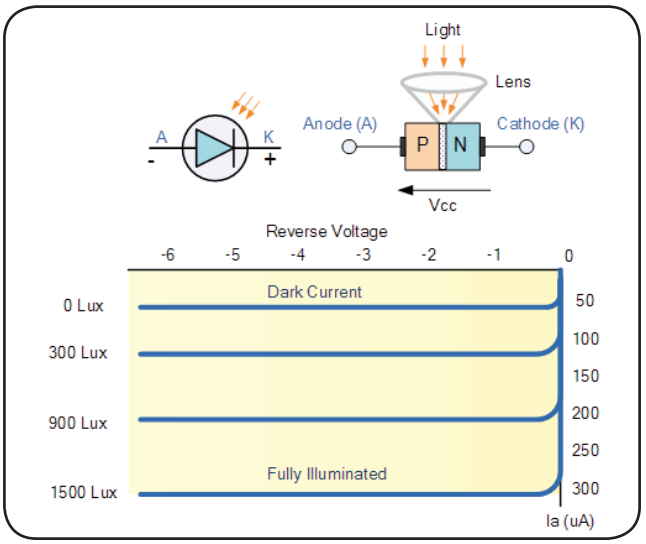
الشكل(5): دارة تشغيل حمل باستخدام المقاومة الضوئية

مبدأ العمل:

في الظلام عندما لا يوجد إضاءة تكون قيمة المقاومة الضوئية عالية بـ ($M\Omega$) ويكون تيار قاعدة الترانزستور TR_1 قليل جدا فلا يعمل الترانزستور ولا يعمل المرحل والحمل، وعند سقوط الضوء على المقاومة الضوئية يزداد الجهد V_1 تدريجيا على القاعدة وعندما يصل لقيمة محددة من مجزأ الجهد على المقاومة R_1 ينتقل الترانزستور إلى منطقة التوصيل فيعمل المرحل ويعمل الحمل .

ثانياً: الثنائي الضوئي (Photo Diode):

2-1 التركيب والرمز ومنحنى الخصائص للثنائي الضوئي: يبين الشكل(6) تركيب ، رمز ومنحنى الخصائص للثنائي الضوئي. حيث يتركب من وصلة P-N معرضة للضوء .ويتبين من منحنى الخصائص أن تيار التسرب العكسي يتناسب تناسبا طرديا مع شدة الإضاءة.



الشكل(6) : تركيب ورمز ومنحنى الخصائص للثنائي الضوئي

2-2 توصيل ومبدأ عمل الثنائي الضوئي: يتم وصله في الدارات في حالة الانحياز العكسي، ففي الظلام يمر تيار يسمى تيار التسرب العكسي ويكون ثابت القيمة ولا يعتمد على جهد الانحياز العكسي، وهو ناتج من تفكك الروابط التساهمية للذرات بفعل الحرارة ويطلق عليه تيار الظلام. وعند سقوط الضوء على الوصلة فإن تيار التسرب العكسي يزداد وتكون الزيادة بشكل خطي مع شدة الإضاءة.

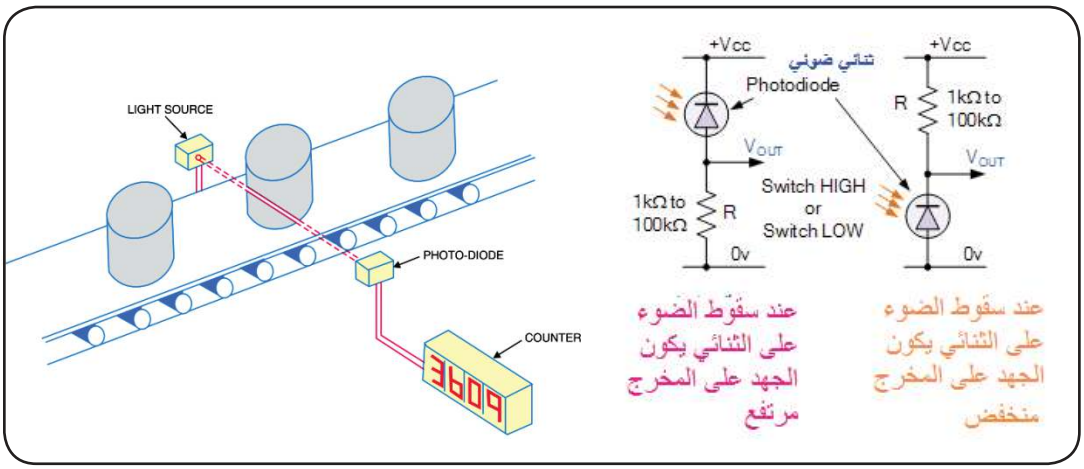
ويمتاز الثنائي الضوئي باستجابته الخطية مع الضوء مما يجعله مناسبا في دارات القياس المتعلقة بالضوء بالإضافة إلى سرعة استجابته مع الضوء مما يجعله مناسبا للاستخدام في أجهزة العد والتاكوميترات الضوئية.

2-3 تطبيقات الثنائي الضوئي:

يستخدم الثنائي الضوئي في تطبيقات عديدة منها:

1. أنظمة التحكم الصناعية.
2. أنظمة العد في الخطوط الإنتاجية.
3. قياس شدة الإضاءة.
4. أنظمة الإنذار.

يبين الشكل(7) نظام عد للمنتجات ضمن خط إنتاجي باستخدام الثنائي الضوئي، كذلك كيفية توصيل الثنائي الضوئي في الدارات الالكترونية لإعطاء على المخرج جهد مرتفع أو جهد منخفض حسب الحاجة وتوصل مع مضخم مثل دارة مقارن أو غيرها لإعطاء نبضة الساعة لعداد لعد المنتجات.



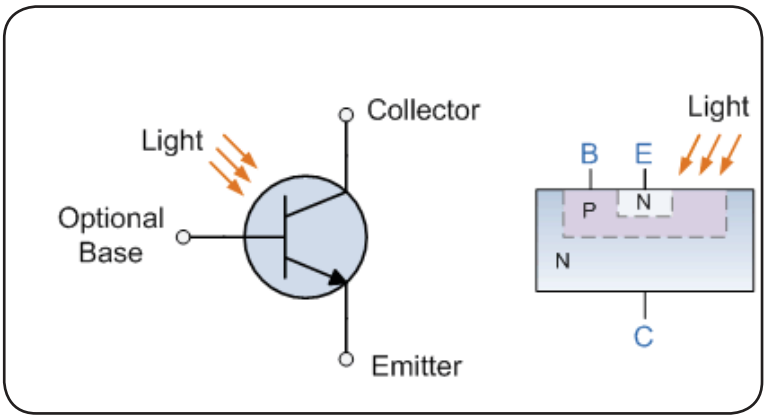
الشكل(7) : نظام عد للمنتجات ضمن خط إنتاجي باستخدام الثنائي الضوئي

ثالثاً: الترانزستور الضوئي (Photo Transistor):

يشبه الترانزستور الضوئي الترانزستور العادي من حيث التركيب إلا انه يختلف عنه في أن القاعدة تكون ذات حساسية عالية للضوء وذات حجم كبير، ليتولد تيار القاعدة بتأثير الضوء. ومن ميزات الترانزستور الضوئي سرعة الاستجابة.

1-3-مبدأ عمل الترانزستور الضوئي:

في الظلام يكون الترانزستور الضوئي في حالة قطع ولا يمر تيار بين المجمع والباعث إلا تيار صغير يسمى تيار الظلام ويمكن إهماله، وعند سقوط الضوء على قاعدة الترانزستور الضوئي يتولد تيار القاعدة حيث ينتقل الترانزستور إلى منطقة التوصيل حيث يمر في الترانزستور تيار بين المجمع والباعث حسب شدة الضوء فكلما زادة شدة الضوء زاد التيار المار بالمجمع. و يبين الشكل (8) رمز وتركيب الترانزستور الضوئي

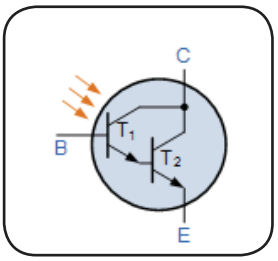


الشكل (8) : رمز وتركيب الترانزستور الضوئي

يتوفر الترانزستور الضوئي بطرفين أو بثلاثة أطراف والهدف من استخدام الطرف الثالث هو للتحكم بحساسية الترانزستور للضوء.

2-3- دارلنجتون الضوئي:

يتم تركيب الترانزستور الضوئي مع ترانزستور عادي على شكل توصيلة دارلنجتون وذلك بهدف تحقيق كسب أعلى للتيار مما يؤدي الى حساسية اكبر للضوء. ويبين الشكل(9) رمز توصيلة دارلنجتون الضوئي.



الشكل(9) : رمز توصيلة دارلنجتون الضوئي.

3-3- تطبيقات الترانزستور الضوئي:

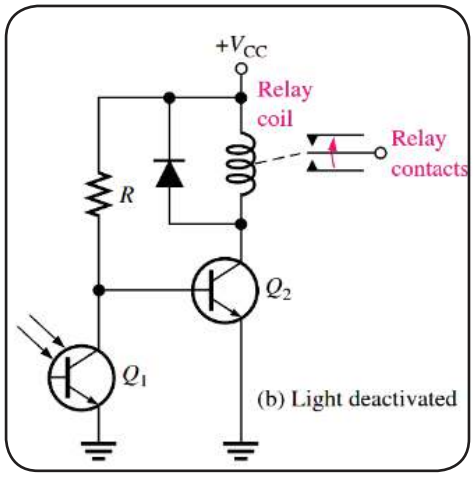
تتشابه تطبيقات العناصر الضوئية وإضافة للتطبيقات السابقة يستخدم الترانزستور الضوئي للكشف عن الأشعة تحت الحمراء لحساسية العالية وأجهزة الإنذار المبكر.

يبين الشكل (10) دارة للتحكم بتشغيل حمل عن انقطاع الضوء باستخدام الترانزستور الضوئي(مثل فتح باب):

مبدأ العمل:

في حالة انقطاع الضوء عن الترانزستور الضوئي تكون المقاومة بين المجمع والباعث عالية للترانزستور الضوئي فلا يمر أي تيار من خلاله فيمر التيار من خلال المقاومة R إلى قاعدة الترانزستور Q2 فينتقل إلى منطقة التوصيل فيعمل المرحل والحمل.

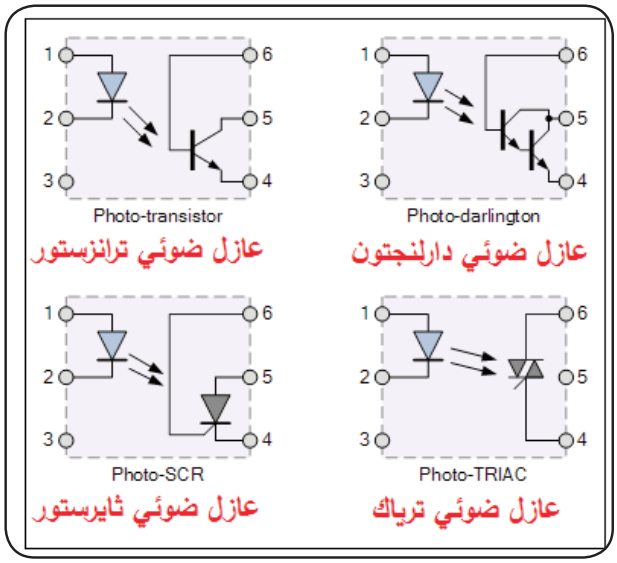
عند سقوط الضوء على الترانزستور الضوئي Q1 فتقل المقاومة بين المجمع والباعث ويبدأ التيار بالسريان مما يؤدي إلى نقصان تيار القاعدة للترانزستور Q2 فيكون في حالة الفصل ولا يعمل المرحل وبالتالي لا يعمل الحمل.



الشكل (10) : دارة للتحكم بتشغيل حمل عن انقطاع الضوء

رابعاً: وحدات العزل الضوئي (الربط الضوئي) (Opto-Couplers):

4-1 العزل الضوئي: يستخدم لأغراض العزل الكهربائي حيث يمكن عزل دارة كهربائية ذات جهد منخفض مع دارة كهربائية ذات جهد مرتفع، وتتكون من ثنائي مشع للضوء وعنصر مستقبل ضوئي مثل الترانزستور الضوئي أو الثايرستور الضوئي أو ترياك ضوئي وغيرها في غلاف واحد ويبين الشكل(11) أنواع العوازل الضوئية



الشكل(11) :بعض أنواع العوازل الضوئية

4-2 ميزات العوازل الضوئية:

1. تشغيل دارات ذات جهد عالي من دارات ذات جهد منخفض.
2. الحماية من الفولتيات العابرة.
3. تخفيض مستوى الضجيج.
4. الربط بين الدارات بنقاط أرضية غير مشتركة.

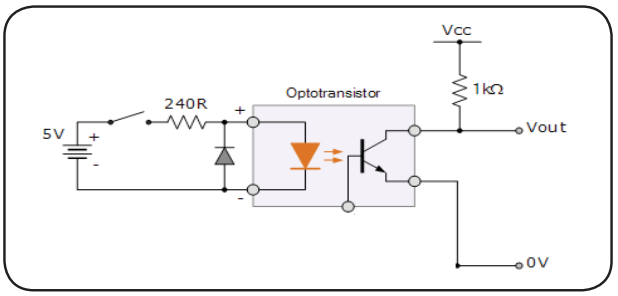
حلت العوازل الضوئية محل المرحلات المغناطيسية ومحولات العزل التي تلازمها بعض العيوب ومن أهمها أنها:

1. غالية الثمن.
2. ذات حجم ووزن كبير.
3. تولد مجالات مغناطيسية وتيارات عابرة يمكن أن تسبب الضجيج.
4. تولد شرارات غير مرغوب فيها في ملامسات المرحل.
5. قصيرة العمر.

4-3- استخدام العازل الضوئي كمفتاح (ON/OFF):

مبدأ العمل:

يبين الشكل(12) دارة عازل ضوئي عندما يكون المفتاح مفتوح لا يمر تيار في الثنائي الباعث للضوء ولا يضيء ولا يعمل الترانزستور ويكون في حالة الفصل، وعند إغلاق المفتاح يسري تيار في الثنائي الباعث للضوء فيسقط الضوء على قاعدة الترانزستور فيعمل الترانزستور فينتقل إلى حالة الوصل، ويمكن التحكم بشكل آلي في الدارة إذا استبدل المفتاح بمجس معين للتحكم بعملية صناعية ما.



الشكل(12): دارة العازل الضوئي

-4-4 تطبيقات العوازل الضوئية:

1. ربط دارات ذات جهد عالي مع دارات ذات جهد منخفض
2. الكشف عن وجود جسم عاكس للضوء.
3. قياس سرعة الدوران للمحركات (تاكوميتر).

السؤال الأول:

أ- أعرف ما يلي:

1. الطيف الضوئي المرئي.
2. الظاهرة الكهروضوئية.
3. المقاومة الضوئية.

ب- أعدد ثلاثة تطبيقات للثنائي الضوئي؟

السؤال الثاني:

أ- أشرح مبدأ عمل الثنائي الضوئي وأرسم رمزه.

ب- أعلل ما يلي:

1- إضافة طرف ثالث للترانزستور الضوئي؟

2- استخدام توصيلة دارلنجتون للترانزستور الضوئي؟

2 - 3 الموقف التعليمي التّعلّميّ: بناء دارات المجسات الحرارية وتشغيلها.
(Thermal Industrial Sensors)

وصف الموقف التعليمي: (حضر صاحب منجرة أخشاب ومخازن أثاث إلى مشغل الالكترونيات الصناعية وطلب تصميم دارة إنذار حريق تعمل على إطلاق جرس الإنذار عند ارتفاع درجة حرارة الجو المحيط ببيئة العمل عن درجة حرارة معينة يتم ضبطها يدويا وذلك بهدف توفير السلامة العامة والحفاظ على الممتلكات).

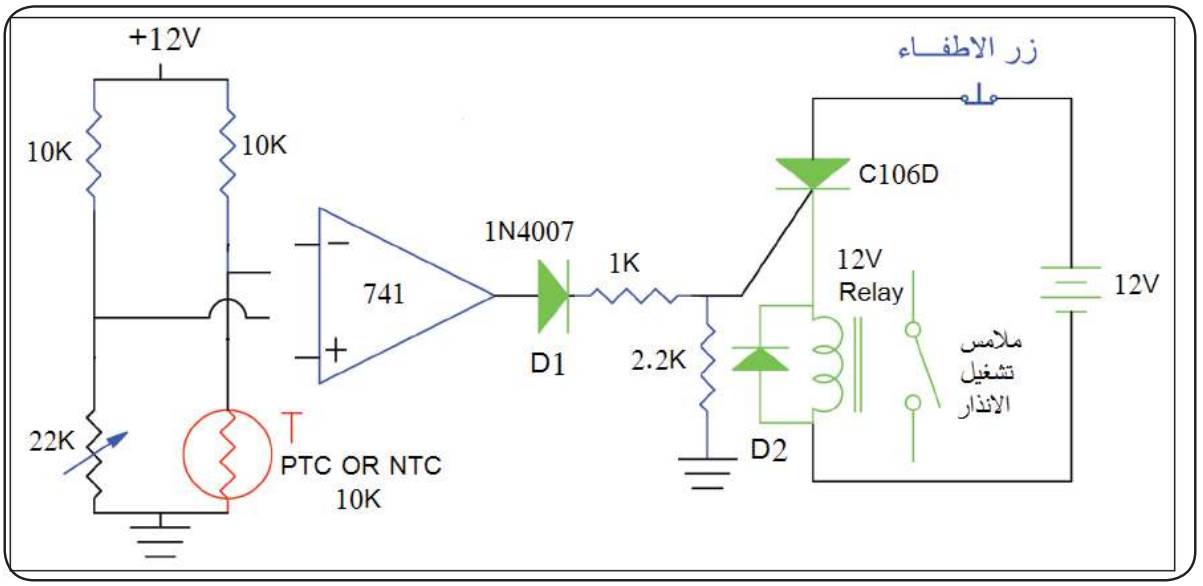
العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحللها	• **أجمع البيانات من صاحب المنجرة حول طلبه من حيث:** - مساحة مكان العمل . - درجة الحرارة المطلوب عمل جهاز الإنذار عندها. - طبيعة ومدة الاستخدام. - التكلفة المتوقعة . • **أجمع البيانات عن :** - مفهوم الحرارة وآليات انتقالها . - أجهزة قياس درجة الحرارة الكهربائية والالكترونية وغيرها. - عناصر الالكترونيات الحرارية (الازدواج الحراري ، الثيرمستور ، الكواشف ، الدارات المتكاملة) ، وتركيبها وآلية عملها . -المواصفات الفنية لعناصر الالكترونيات الحرارية ورموزها ومنحنيات العمل . -تطبيقات عملية على عناصر الالكترونيات الحرارية . - مخطط دارات التحكم باستخدام هذه العناصر. - طرق فحص وتشغيل المجسات الحرارية .	• الحوار والمناقشة • البحث العلمي . • العمل التعاوني .	• الوثائق: طلب صاحب المنجرة الكتابي ، كتالوجات ودليل الشركات المصنعة وكتب المكافئات للعناصر الحرارية المتنوعة ، مخططات الدارات الالكترونية ذات العلاقة. • المواصفات الفنية للقطع المستخدمة . • الانترنت: مواقع الكترونية موثوقة.

اخطط وأقرر	• **أصنّف البيانات التي تم جمعها:** حول(مفهوم درجة الحرارة وعناصر الالكترونيات الحرارية والمجسات الحرارية المتنوعة ورموزها وآلية عملها ومنحنيات العمل وأنواعها وتطبيقاتها ودارات تشغيلها ومواصفاتها الفنية) . • **أحدد خطوات العمل:** - أرسم المخطط الالكتروني المتعلق بدارة الإنذار المطلوبة حسب نوع المجس المتوفر. - أستحضر القوانين والعلاقات الحسابية اللازمة . -أعد جدول بالبدائل المقترحة لاستبدال القطع التالفة ومواصفاتها وجدوى الاستبدال إن وجد. -أحدد الأدوات والعدد والأجهزة اللازمة . - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة والحوار • التعلم التعاوني .	• نماذج جمع البيانات (كتالوجات ، صور ، بيانات تم جمعها ..) • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة) • طلب صاحب المنجرة • الشبكة العنكبوتية . • كتب علمية ذات العلاقة • برامج رسم الدارات المحوسبة. • القرطاسية اللازمة .

أنفذ	- أتفحص صلاحية عناصر الالكترونيات الحرارية المتنوعة وأسجل قيم التغير في مقاومتها أو قيمة التغير في فرق الجهد عند التغير في مقدار درجة حرارة المصدر الحراري. أحضر القطع الالكترونية المطلوبة في التصميم كما في الشكل (1) وأتأكد من صلاحيتها ومواصفاتها الفنية . أحدد أطراف كل من الثايرستور ومضخم العمليات 741 . - أقوم بتوصيل وتشغيل الدارة بعد معايرتها على درجة الحرارة المطلوبة. أقوم بتغيير شدة الحرارة (منخفضة – متوسطة - عالية) وأقيس شدة التيار وفرق الجهد على الحمل .	• العمل التعاوني . • البحث العلمي . • حل المشكلات .	• مصدر جهد متناوب . • مصدر جهد مستمر. • ثايرستور (C106D) • مضخم عمليات (741) • ثنائيات عادية (1N4007). • مقاومات ثابتة: K1Ω، 4.7KΩ ، 2.2ΩK ،10K Ω • مقاومات متغيرة : 10K Ω 22KΩ • مجسات حرارية متنوعة (ازدواج حراري ، كواشف ، ثيرمستور ذو مقاومة موجبة وسالبة ، دارات متكاملة LM741) . • حمل كهربائي (مصباح ، جرس) • مرحل كهرومغناطيسي • مفتاح ضاغط . • ميزان حرارة زئبقي عادي . • DMM • مصدر حراري . • لوحة توصيل.
أتحقق	- أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة وأتنبه الى قيمة مصدر الجهد قبل التشغيل وتوصيله مع الدارة وأطراف الثايرستور. -أتحقق من توصيل الدارة حسب المخطط . -أتحقق من مطابقة القيم العملية والقيم النظرية. -أتحقق من عمل الدارة حسب المطلوب . -أتأكد من الوثائق والنماذج التي تم تعبئتها خلال أداء المهمة. -أعيد العدد والأدوات المستخدمة لمكانها وأنظف موقع العمل.	• البحث العلمي. • عمل المجموعات. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب المنجرة • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنية. • المخططات الالكترونية • العلاقات الحسابية. • القرطاسية . • أجهزة القياس والفحص الالكترونية. • برامج المكافئات المحوسبة

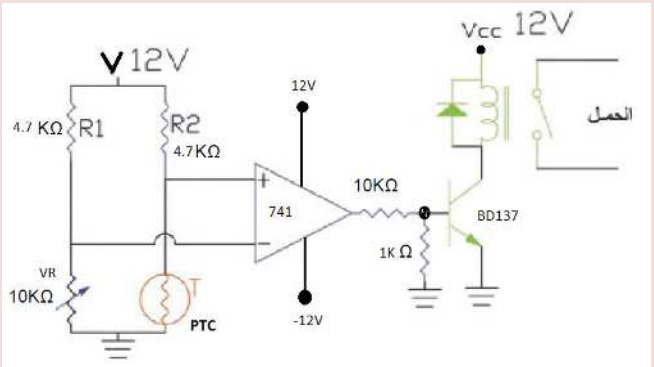
أوثق واعرض	• **أوثق نتائج جمع البيانات حول:** - مفهوم الحرارة وآليات انتقالها . - أجهزة قياس درجة الحرارة الكهربائية والالكترونية وغيرها. -عناصر الالكترونيات الحرارية (الازدواج الحراري ، الثيرمستور ، الكواشف ، الدارات المتكاملة) ، وتركيبها وآلية عملها . - المواصفات الفنية لعناصر الالكترونيات الحرارية ورموزها ومنحنيات العمل . - تطبيقات عملية على عناصر الالكترونيات الحرارية . -مخطط دارات التحكم باستخدام هذه العناصر. - طرق فحص وتشغيل المجسات الحرارية . - أعرض النتائج - أجهّز تقريرا فنيا لصاحب المنجرة. - أنشئ ملفا لهذه الحالة .	• الحوار والمناقشة • العمل التعاوني.	• جهاز العرض LCD • جهاز الحاسوب . • برامج رسم الدارات الكهربائية وتتبعها . • نماذج عملية . • قرطاسية .
أقوّم	- رضا صاحب المنجرة عن التصميم للدارة وعملها . - مطابقة عمل الدارة للعمل المطلوب وذلك حسب المواصفات الفنية المعتمدة - أعبئ نموذج التقييم .	• الحوار والمناقشة • البحث العلمي	• طلب صاحب المنجرة . • المواصفات والكتالوجات. • المخططات الفنية . • الدارة العملية . • الكتب العلمية ذات العلاقة • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم . • برامج رسم الدارات الكهربائية المحوسبة . • القرطاسية .



الشكل (1) : دارة إنذار حريق باستخدام (الثيرمستور) .

تمرين إضافي (1):

1- أصل الدارة كما هو مبين بالشكل.(يمكن استخدام NTC وتعديل الدارة حسب المطلوب)



2- أضبط درجة الحرارة المطلوبة بواسطة المقاومة المتغيرة 10KΩ

3- أقرب مصدر حراري من الثيرمستور وأتأكد من عمل الدارة.

4- أبين من خلال مبدأ عمل الدارة هل يمكن استخدام هذه الدارة لتشغيل حمل (مكيف هواء بارد) أم مدفئة؟

الأسئلة

بالرجوع إلى الدارة في شكل (١) والتي تعمل كدارة إنذار حريق:

- أشرح عمل الدارة وأذكر تطبيقا عمليا آخر لها؟
- أذكر الهدف من استخدام القنطرة ؟
- أوضح نوع مضخم العمليات المستخدم في الدارة وما هي وظيفته؟
- ما اثر حدوث الأعطال التالية على عمل الدارة:

  قصر دارة في الثيرمستور

  دارة مفتوحة بين المصعد والمهبط في الثايرستور

- أذكر سبب / أسباب الخلل المتوقعة لكل من :

الحمل يعمل دائما ولا يتأثر بقيمة التغير في مقاومة الثيرمستور .

- أوضح سبب كون جهد التغذية للثايرستور (DC) .
- أذكر وظيفة كل من : المرحل ، الثنائيات D_1 ، D_2 ؟

أتعلم

بناء دارات المجسات الحرارية وتشغيلها.(Thermal Industrial Sensors)

نشاط(1): اعمل بحثا حول ثلاث أنواع من مجسات الحرارة مع توضيح مبدأ العمل لكل منها.

الفرق بين الحرارة ودرجة الحرارة

إن جميع المواد مكونة من جزيئات وذرّات دائمة الاهتزاز والحركة فكلما ارتفعت درجة الحرارة ازداد متوسط سرعة الجزيئات، وحركة الجزيئات تعبر عن الطاقة الحركية. الحرارة لأي مادة تعرف بأنها شكل من أشكال الطاقة وهي إجمالي الطاقة الحركية لكل من الذرات أو الجزيئات المكونة للمادة ، بينما تعرّف درجة الحرارة لأي مادة ما بأنها مقياس لمتوسط الطاقة الحركية أو متوسط سرعة حركة جزيئاتها ، وتنتقل الحرارة بثلاث طرق رئيسية هي التوصيل والحمل والإشعاع .

أجهزة قياس درجة الحرارة

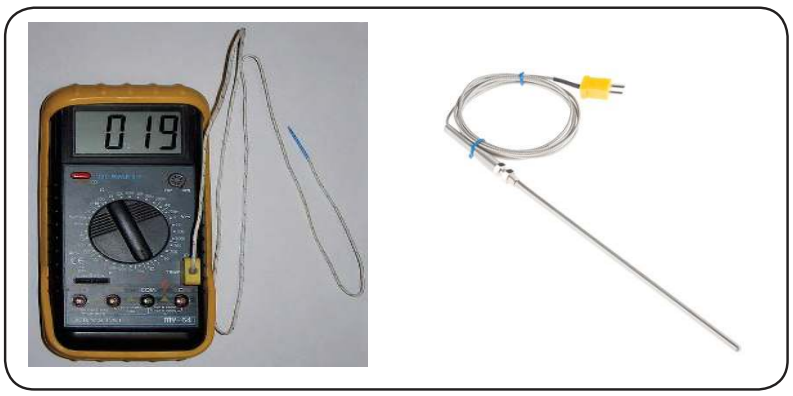
يعتبر قياس درجة الحرارة من المتطلبات الرئيسية في عمليات الإنتاج ويهدف ذلك إلى تحقيق جودة عالية للمنتج أو التمكن من التحكم ومراقبة العمليات الصناعية ، وتصنف أجهزة قياس درجة الحرارة إلى قسمين رئيسيين :

1- **معدات القياس غير الكهربائية :** يستخدم في هذه المعدات السوائل والمعادن والغازات . فعند تعرضها للحرارة فان تمددها قد تؤدي إلى حركة مؤشر مرتبط بها موصول على تدريج مناسب ليعطي قياسا مباشرا لدرجة الحرارة أو قد يؤدي إلى فصل أو وصل ملامس يقوم بالتحكم بسخان أو محرك.

2- **أجهزة القياس الكهربائية الالكترونية** : تعتمد هذه الأجهزة على خاصية التحويل في درجات الحرارة إلى تغير في خواص المواد المستخدمة مثل : تغير قيمة المقاومة أو توليد فرق جهد كهربائي ، ومن ميزاتها إمكانية القياس عن بعد ، والاعتمادية العالية ، وخفة الوزن ، وسوف ندرس هنا أشهر العناصر الالكترونية المستخدمة لقياس درجة الحرارة .

أولا : الازدواج الحراري (Thermocouple)

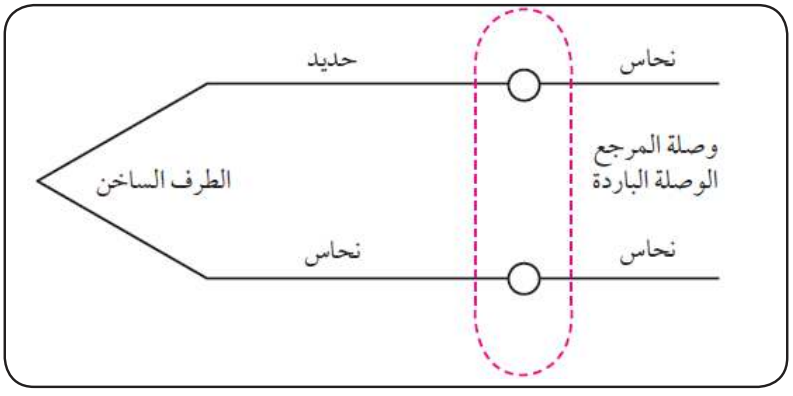
هو من أبسط أنواع المجسات الحرارية المستخدمة في قياس درجات الحرارة وأكثرها انتشارا وخاصة في درجات الحرارة المرتفعة، شكل(2).



الشكل (2): الازدواج الحراري وكيفية استخدامه لقياس درجات الحرارة باستخدام DMM

1- التركيب

يتكون من سلكين من نوعين مختلفين من السبائك (المعادن)، ويتصل السلكين مع بعضهما في احد الطرفين حيث يسمى هذا الطرف (الطرف الساخن / الجس /+) ويسمى الطرف الثاني الذي يمثل نهاية الموصلين من الناحية الأخرى بالوصلة المرجعية (الطرف البارد / -) ، ويتوفر منه عدة أنواع بناء على مادة السبائك المصنوع منها حيث أن لكل من أنواعه مدى حراري وخصائص خاصة به كما يظهر الجدول رقم (1) ، ومن أبرز أنواعه (E، T ، K، J) .



الشكل (3): تركيب الازدواج الحراري .

2- مبدأ العمل:

عند ارتفاع درجة الحرارة يتولد فرق جهد قليل بين طرفي الأسلاك ، ويتناسب فرق الجهد المتولد مع فرق درجات الحرارة بين الطرف الساخن والطرف البارد ويعتمد أيضا على المادة المصنوع منها .

جدول رقم (1) : خصائص الأنواع المشهورة من الازدواج الحراري (للإطلاع وليس للحفظ)

النوع	المدى الحراري C	نسبة الخطأ	مادة التصنيع و القطبية	EMF (mv)	الحساسية ميكروفولت / درجة	الأوساط المناسبة للعمل
J	0 – +750	0.75%	+ حديد – كونستانتان	0 to 42.28	25.6	الخاملة والاختزالية والفراغ
K	- 200 – +1250	0.75%	+ كروميل – ألوميل	-5.97 to 50.63	38.8	النظيفة والمؤكسدة والخاملة
E	-200 – +900	0.5%	+ كروميل – كونستانتان	-8.82 to 68.78	67.9	المؤكسد والخامل
T	-200 – +350	0.75%	+ نحاس – كونستانتان	-5.60 to 17.82	40.5	الرطبة ومعتدلة الأكسدة والاختزالية والفراغ

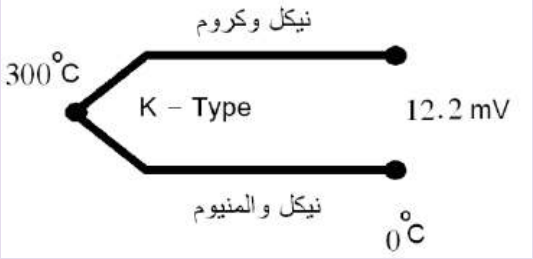
3- ميزات الازدواج الحراري

- مدى درجات حرارة واسع.
- سهل التصنيع ويخدم طويلا .
- صغير الحجم ولا يحتاج إلى طاقة .
- يقاوم الصدمات والاهتزاز والتآكل.

4- مساوئ الازدواج الحراري

- يعطي فرق جهد قليل.
- غير خطي.

مثال (1)



يبين الشكل المجاور تركيب الازدواج الحراري من نوع (K) يعطي جهد على طرفيه 38.8µV/ درجة مئوية وعلى فرض أنه خطي ويعطي 0 فولت عند الصفر المئوي.

أجيب عما يلي :

1. أحسب قيمة مدى تغير الجهد المتولد بين طرفي الازدواج عند تغير درجات الحرارة من صفر إلى 300 درجة مئوية.

2. أبين كيف يمكن استخدام هذه الدارة لعمل ميزان حرارة لقياس درجة الحرارة ما بين (0-300C°) .

الحل :

1. عند تغير درجة الحرارة من (0-300C°) :

عند درجة الصفر فإن الجهد على طرفي الازدواج الحراري يساوي صفر.

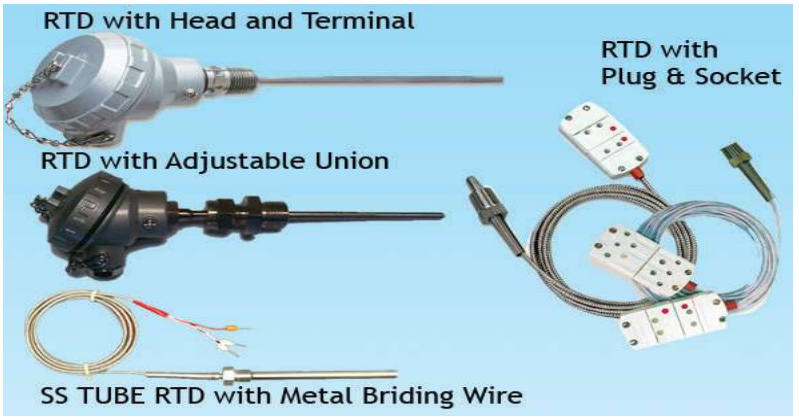
عند درجة حرارة 300C°:

$$\mathbf{300C^\circ \times 38.8\mu V/C^\circ = 11.64\ mV}$$

2. استخدام مكبر عمليات طارح بحيث يتم توصيل مداخله مع أطراف الازدواج الحراري وتوصيل جلفانوميتر على مخرج مكبر العمليات وتدريجه ما بين (0-300C°) واختيار معامل التكبير بحيث يتناسب مع الجهد على المخرج اللازم لانحراف المؤشر.

ثانيا : الكواشف الحرارية (Resistance Temperature Detector)

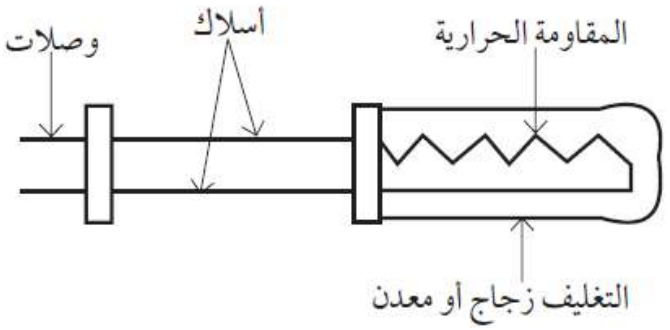
هو أداة تستخدم لقياس درجة الحرارة ، وتستخدم على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية (باستثناء التطبيقات ذات الدرجات حرارة عالية جدا) نظرا لدقتها واستقراريتها العاليتين ، شكل (4).



الشكل (4) : الكواشف الحرارية

1- التركيب

تصنع الكواشف الحرارية من معادن ذات حساسية عالية للحرارة كالنيكل والبلاتين والنحاس والتنجستون ، ويكون الكاشف الحراري على شكل سلك من المعدن رفيع جدا (قطره يتراوح بين 0.1 و 0.05 ملم) ومقاوم للتآكل ملفوف على عازل من السيراميك ومحفوظ داخل غلاف من السيراميك أو الزجاج ومغلق بإحكام ، وتعتبر الكواشف البلاتينية الأكثر شيوعا لخصائصها الحرارية واستقراريتها العالية ، شكل (5).



الشكل (5) : تركيب الكاشف الحراري .

2- مبدأ العمل

يعتمد مبدأ عمل الكواشف الحرارية على أن التغير في درجات الحرارة يتبعه تغير في مقاومة المادة ، بحيث تزداد مقاومة الكاشف الحراري عند ازدياد درجات الحرارة أي أنها ذات معامل حراري موجب .

3- خصائص الكواشف الحرارية

1- الدقة : تتراوح نسبة الخطأ بين (1-0.5) .

2- الاستقرارية : تعبر عن ثبات قيمة المقاومة عند تغير درجات الحرارة بالمقدار نفسه مع مرور الزمن

3- الاستجابة : الزمن اللازم حتى تصل مقاومة الكاشف بقيمتها الجديدة مع كل تغير يحدث في درجات الحرارة .

4- التسخين الذاتي : وهي خاصية ارتفاع درجة حرارة العنصر نتيجة مرور التيار الكهربائي فيه ، وهذا يؤثر على دقة القياس ، وتمتاز الكواشف الحرارية بمعامل تسخين ذاتي صغير لصغر حجمها وبالتالي محدودة التبديد الحراري لها .

أنواع الكواشف الحرارية

1- الكواشف الحرارية البلاتينية .

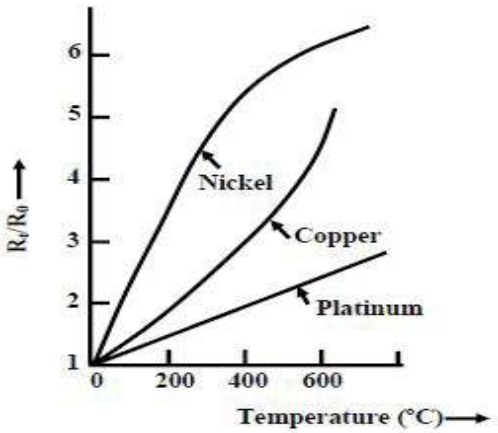
2- الكواشف الحرارية النحاسية .

3- الكواشف الحرارية النيكلية .

جدول (٢) : يبين خواص الكواشف الحرارية المستخدمة .

النوع	مدى درجات الحرارة	المزايا	العيوب
نحاس	-100 – +150	■ خطي ■ عالي الدقة ■ عالي الاستقرارية	مجال محدود لدرجات الحرارة
النيكل	-80 – +350	■ عالي الحساسية ■ معامل حراري عال	غير خطي
البلاتين	-260 – +1000	■ عالي الاستقرارية ■ مجال واسع لدرجات الحرارة	بطيء الاستجابة

يبين الشكل رقم (6) منحنيات تغير قيمة المقاومة النسبية للكواشف المختلفة عند تغير درجة الحرارة .

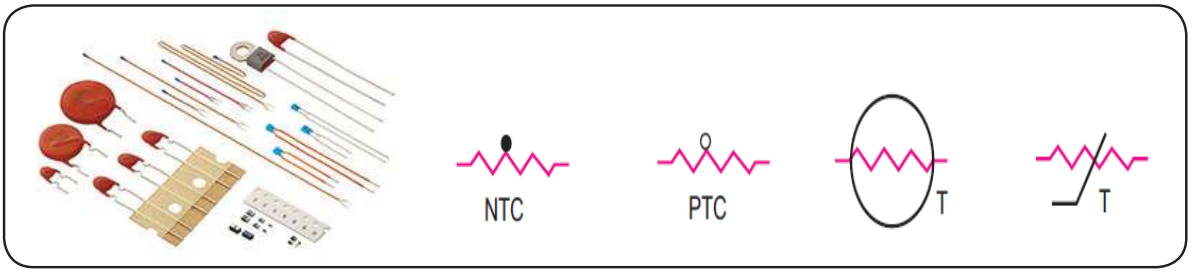


الشكل (6) : منحنى تغير قيمة المقاومة النسبية للكاشف عند تغير درجة الحرارة (للاطلاع).

ثالثا : الثيرمستور (Thermistor)

هو مقاومة ذات حساسية عالية للتغير في درجات الحرارة ،وتصل دقتها الى (0.1-0.2)أوم لكل درجة حرارة مئوية ، ويصنع من مواد شبه موصلة وبعض أكاسيد المعادن مثل الحديد والنيكل والكروم .

رموز الثيرمستور



الشكل (7) : رموز الثيرمستور وأشكاله

1- أصناف الثيرمستورات

تصنف الثيرمستورات الى صنفين (نوعين):

1- ثيرمستورات ذات معامل حراري سالب (NTC) : تنقص مقاومة هذه الثيرمستورات مع ازدياد درجات الحرارة .

2- ثيرمستورات ذات معامل حراري موجب (PTC): تزداد مقاومة هذه الثيرمستورات مع ازدياد درجات الحرارة.

2- أشكال الثيرمستور

يتم صناعة الثيرمستور بعدة أشكال ليتلاءم مع التطبيقات المستخدم بها ، ومن أهم أشكاله :

الاسطواني – القرصي – الحلقي – الخرزي.

3- عيوب الثيرمستور

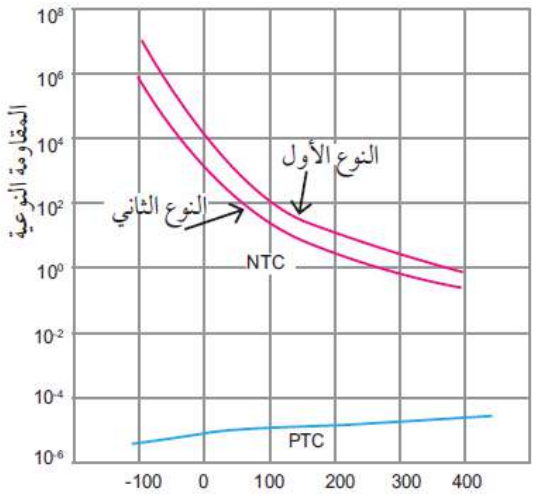
1- مدى حراري أقل مقارنة بالعناصر الحرارية السابقة .

2- ضعف قدرته على التبديد الحراري نظرا لصغر حجمه .

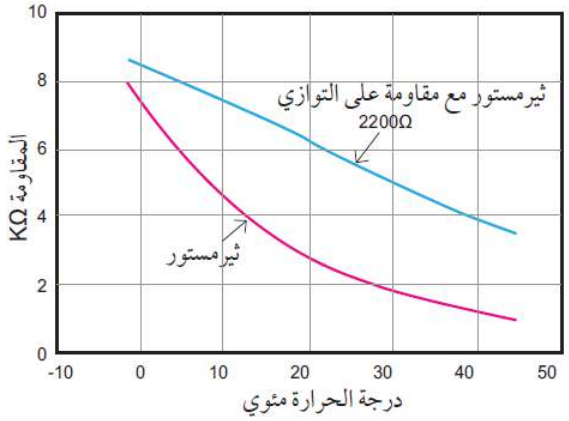
3- يقتصر استخدامه على الدارات ذات القدرات الكهربائية المنخفضة نسبيا .

4- منحنى خصائص الثيرمستور

يلاحظ من منحنى خواص الثيرمستور العلاقة غير الخطية شكل (8- أ) . ولكي يتم معالجة ذلك توصل مقاومة على التوازي مع الثيرمستور نوع NTC لجعل العلاقة خطية نسبيا كما في الشكل (8- ب) .



الشكل (٨- أ) : منحنيات خصائص الثيرمستور .



الشكل (٨- ب) : منحنى خصائص الثيرمستور

رابعاً: المجسات الحرارية المتكاملة (Temperature Sensors IC's)

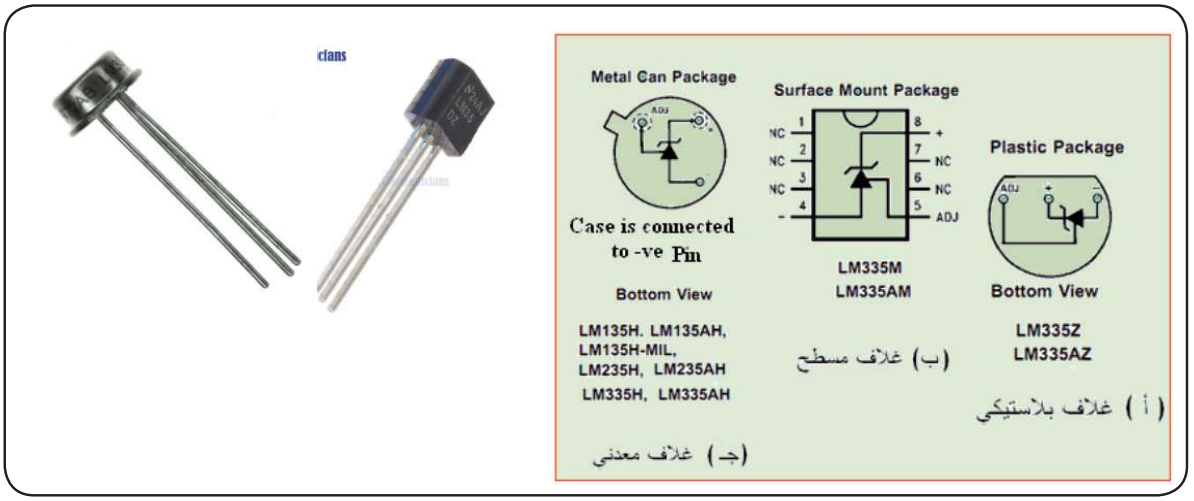
تختلف المجسات الحرارية المتكاملة عن غيرها من المجسات من حيث المدى الحراري بالإضافة إلى احتواء هذه الدارات المتكاملة على دارات الكترونية إضافية لمعالجة الإشارة ومن الأمثلة عليها :

1- عائلة المجسات المتكاملة (LM135)

تمتاز عناصر هذه العائلة بالدقة وسهولة التشغيل ومن أهم خصائصها:

- التغير في جهد الخرج (10mV/K°).

- المدى الحراري (-55to+150).
- علاقة الجهد مع الحرارة خطية.



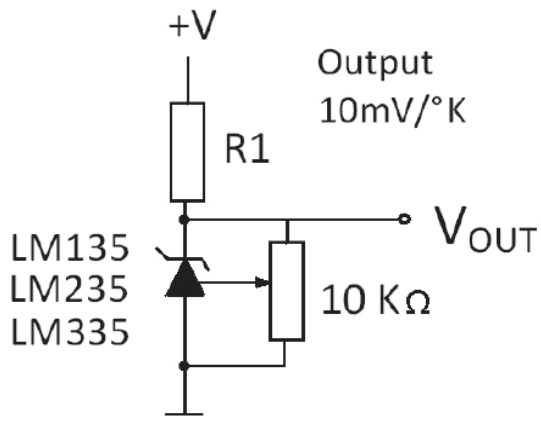
الشكل(9)

2- تطبيقات المجس (LM135):

1- مجس حراري بسيط:

ويبين الشكل(10) دارة مجس حراري بسيط باستخدام المجس (LM135):

مبدأ العمل:تضاف مقاومة متغيرة كما هو مبين بالشكل لضبط جهد المخرج عند قيمة معينة (قيمة مرجعية) عند ارتفاع درجة الحرارة يرتفع الجهد على المخرج بمعدل 10mV/ درجة كلفن ولاستخدام هذه الدارة في التطبيقات العملية تضاف إليها دوائر تضخيم مثل مكبر العمليات.



الشكل(10)

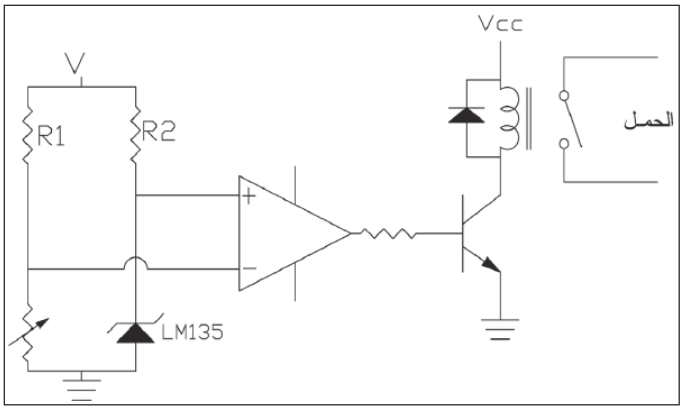
ملاحظة: طرف المعايرة لا يستخدم في جميع التطبيقات.

2- التحكم بدرجة الحرارة (تشغيل مكيف هواء بارد) باستخدام المجس LM135:

يبين الشكل(11) دارة للتحكم بدرجة حرارة غرفة عن طريق تشغيل مكيف هواء بارد .

مبدأ العمل:

في البداية يتم ضبط درجة الحرارة التي تعمل عليها الدارة عن طريق المقاومة المتغيرة، عندما تكون درجة الحرارة منخفضة يكون الجهد على المجس قليل ويكون خرج المكبر تشبع سالب فلا تعمل الدارة ولا يعمل المكيف، وعند ارتفاع دارة الحرارة يزيد الجهد على المجس بمعدل +10mV/K وعندما تصل درجة الحرارة المطلوبة ينتقل المكبر إلى التشبع الموجب فيعمل المكيف وعندما تنخفض درجة الحرارة تعود الدارة إلى حالة الفصل مرة أخرى وهكذا



الشكل(11)

خامسا: المتحكمات الحرارية (Temperature Controller)

هو جهاز الكتروني وظيفته الأساسية الحفاظ على درجة حرارة محيط معين عند درجة حرارة معينة ، وذلك من خلال تحكمه بمشغل أو عدة مشغّلات تؤثر على درجة حرارة المحيط ، ومن الأمثلة الشائعة الثيرموستات الذي يحافظ على درجة حرارة السخان الكهربائي ، والمتحكم الموجود في الأفران الكهربائية لإبقائها عند درجة الحرارة المطلوبة .

الشكل (12) : المتحكم الحراري الالكتروني

ومن الأمثلة على المتحكمات الحرارية كما هو مبين بالشكل(13)

أ- المتحكم الحراري للأغراض العامة

ب- المتحكم الحراري التماثلي

الشكل (١٣) أنواع المتحكمات

الأسئلة

1- أعدد ميزات أجهزة قياس درجة الحرارة الكهربائية الالكترونية؟

2- أعلل: يستخدم الازدواج الحراري في التحكم الصناعي بشكل كبير؟

3- أرسم باستخدام المجس (LM135) دارة للتحكم بتشغيل مكيف تبريد عند ارتفاع درجة حرارة المحيط عن درجة حرارة معينة وأشرح مبدأ العمل .

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1. كيف تتغير قيمة المقاومة الضوئية مع الضوء؟

أ-كلما قلت شدة الإضاءة قلت قيمة المقاومة ب- كلما زادت شدة الإضاءة زادت قيمة المقاومة

ج-كلما زادت شدة الضوء قلت قيمة المقاومة د-لا تتأثر بالضوء.

2. ما هي مساوئ المقاومة الضوئية؟

أ-غير خطية وتعمل على ترددات عالية. ب- خطية وتعمل على ترددات منخفضة.

ج- مقاومتها عالية ثم تنخفض مع الضوء. د- غير خطية وتعمل على ترددات منخفضة.

3. ما هو الهدف من استخدام الترانزستورات الضوئية ذات الثلاثة أطراف؟

أ- التحكم بحساسية الترانزستور للضوء ب- لتشغيل الترانزستور عن طريق القاعدة في الظلام.

ج- لتثبيت الترانزستور بلوحة التوصيل. د-لتحديد أطراف الترانزستور.

4. ما هي الأجسام التي يكتشفها المجس الحثي؟

أ- المعدنية ب- السوائل ج- جميع المواد المعدنية وغير المعدنية د- الصلبة فقط.

5. ما هي الأجسام التي يكتشفها المجس السعوي؟

أ- المعدنية ب- السوائل ج- جميع المواد المعدنية وغير المعدنية د- الصلبة فقط.

6. ما نوع علاقة فرق الجهد المتولد على طرفي الازدواج الحراري مع درجات الحرارة ؟

أ- علاقة خطية ب- علاقة غير خطية ج- علاقة عكسية . د- علاقة سالبة .

7. ما هي أهم ميزات المجس الحراري (LM135)؟

أ- خطي ب-مدى حراري واسع (+1200C° to 55C°)

ج- غير خطي. د- يعطي جهد 20mV/K

8. ما نوع المجس الحراري الذي يعتبر استجابة خطية مع درجة الحرارة ؟

أ- الازدواج الحراري ب- الثيرمستور نوع NTC ج- الكواشف الحرارية نوع النحاس. د- العوازل.

10. بماذا تتميز الاسطوانات ثنائية الفعل عن الاسطوانات أحادية الفعل؟

أ- تعطي قوة دفع مضاعفة في اتجاه واحد.

ب- سعرها اقل.

ج- تعطي قوة دفع في الاتجاهين

د- عملها يتم من خلال خطوتين متتاليتين.

11- ما هي الوظيفة الأساسية للصمامات الاتجاهية؟

أ- التحكم بسرعة تقدم أو تأخر الاسطوانات الهوائية.

ب- السماح بمرور الهواء المضغوط في اتجاه ومنعه في الاتجاه الآخر .

ج- تفريغ الهواء المضغوط من الخزان عند ارتفاع الضغط عن حد معين.

د- التحكم بمسار الهواء المضغوط لضمان عمل عناصر الفعل بالشكل المطلوب.

السؤال الثاني:

أ- أعدد أجزاء الطيف الضوئي؟

ب- أعدد ميزات العوازل الضوئية؟

ج- أعدد ميزات المفاتيح التقاربية؟

السؤال الثالث:

أ- أشرح مبدأ دارة تشغيل حمل باستخدام المقاومة الضوئية الشكل(5) الموقف التعلمي الاول؟

ب- أشرح مبدأ عمل الترانزستور الضوئي وارسم رمزه ؟

ج- أشرح مبدأ دارة تشغيل حمل باستخدام الترانزستور الضوئي المبينة بالشكل (10)الموقف التعلمي الاول؟

د- أشرح مبدأ تأثير هال؟

هـ - أشرح مبدأ عمل مجس تأثير هال رقمي مبيناً مكوناته الأساسية المبين بالشكل (14) الموقف التعلمي الثالث؟

السؤال الرابع:

أ-أذكر العوامل التي تحدد مدى استجابة المجس التقاربي الحثي؟

ب-أذكر أنواع المفاتيح التقاربية ذات الثلاثة أسلاك، واشرح مع الرسم كيفية توصيل كل منها مع الحمل؟

السؤال الخامس:

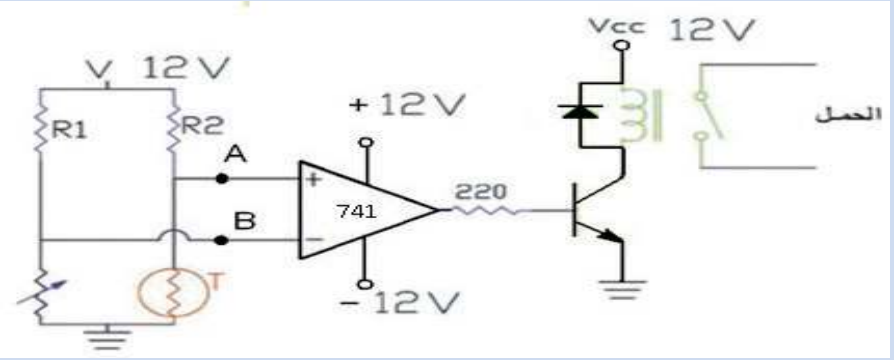
أ- أوضّح المقصود بكل من : الازدواج الحراري ، الكواشف الحرارية ، الثيرمستور .

ب- أعلل : لا يستخدم الثيرمستور في دارات القدرات العالية .

ج- أعدد خصائص الكواشف الحرارية مع الشرح المبسط لكل منها؟

السؤال السادس:

أشرح عمل الدارة التالية مع العلم أن المجس الحراري المستخدم هو ثيرمستور نوع PTC ، هل يمكن استبدال المجس الحراري المستخدم بالمجس LM135 ؟



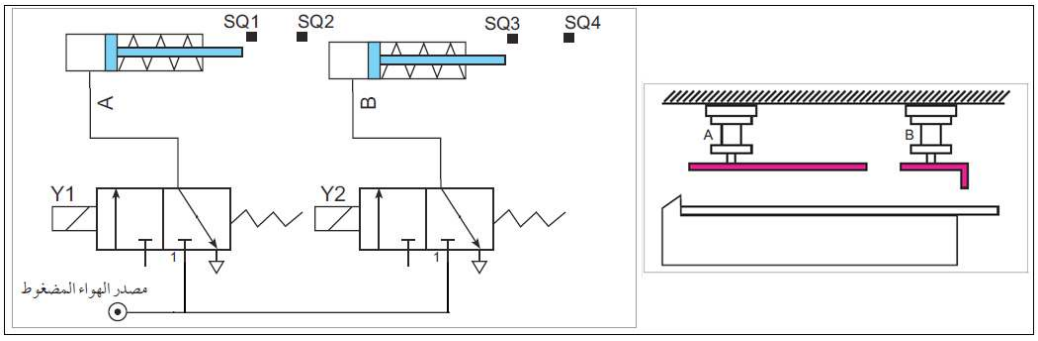
أنفذ خطوات العمل الكامل للموقف التعليمي التعلمي التالي :

أحضر زبون فرنا كهربائيا إلى ورشة الالكترونيات الصناعية وقد تعطل بحيث طلب فحص الفرن وتحديد الخلل وإصلاحه .

مشروع:

يبين الشكل تركيب آلة لثني الصاج على شكل حرف L مع المخطط الهوائي للآلة. وتتكون الآلة من اسطوانتين A،B . وتعمل الآلة كما يلي:

- عندما تكون الاسطوانة A في الوضع الخلفي وعند الضغط على ضاغط التشغيل تتقدم الاسطوانة A إلى الأمام لتقوم بتثبيت قطعة الصاج.



- عندما تصل الاسطوانة A إلى الوضع الأمامي يتم تفعيل المفتاح الحدي SQ2 فتتقدم الاسطوانة B إلى الإمام لتقوم بثني قطعة الصاج.
- ندما تصل الاسطوانة B إلى الوضع الأمامي يتم تفعيل المفتاح الحدي SQ4 فتتراجع الاسطوانة B إلى الخلف ويتم تفعيل المفتاح الحدي SQ3 فتتراجع الاسطوانة A الى الخلف أيضا.
- تبقى الاسطوانتان في أماكنهما إلى أن يتم الضغط على ضاغط التشغيل مرة أخرى.

المطلوب:

- أرسم المخطط الكهربائي اللازم للتحكم بالآلة حسب ما هو مطلوب.

مع مراعاة مراحل المشروع من حيث (اختيار المشروع، خطة المشروع، تنفيذ المشروع ، أقيم المشروع)

المتحكم المنطقي المبرمج
Programmable Logic Controller (PLC)

أتأمّل، وأناقش:

يعد المتحكم المنطقي المبرمج (PLC) من أهم المتحكمات بالآلات الصناعية وأوسعها انتشارا.

المتحكم المنطقي المبرمج PLC

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على (تشغيل المتحكمات المنطقية المبرمجة PLC وفق المواصفات المعتمدة) وذلك من خلال الآتي :

١. تشغيل المتحكم المنطقي المبرمج (PLC)
٢. برمجة دارات التحكم باستخدام الملامسات بواسطة المتحكم المنطقي المبرمجPLC

الكفايات المهنية

الكفايات المتوقع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من هذه الوحدة:

أولاً الكفايات الحرفية:

1. القدرة على تشغيل المتحكم المنطقي المبرمج (PLC) .
2. القدرة على برمجة دارات التحكم باستخدام الملامسات بواسطة المتحكم المنطقي المبرمج PLC .
3. القدرة على برمجة دارات التحكم باستخدام المؤقتات بواسطة المتحكم المنطقي المبرمجPLC .
4. القدرة على برمجة دارات التحكم باستخدام العدادات بواسطة المتحكم المنطقي المبرمجPLC .

ثانياً الكفايات الاجتماعية والشخصية

1. مصداقية التعامل مع الزبون.
2. الحفاظ على خصوصية الزبون والمسؤولية والإحساس بالواجب.
3. الضمان الذاتي.
4. الدقة في المواعيد.
5. الموثوقية .
6. تقبل النقد.
7. التعامل بشكل بناء مع النزاعات.
8. الاستقلالية .
9. الموقف الإيجابي نحو التعلم مدى الحياة .
10. الموقف الإيجابي نحو المهام والعمل والحياة.
11. المبادرة والاستجابة والالتزام بالعلاقات الاجتماعية .
12. قبول توزيع الأدوار.
13. القدرة على التأمل الذاتي والتفهم والمشاركة في التفاعلات.
14. التواصل والاتصال الفعالين مع الزبون ، والمظهر اللائق.
15. التمثل بأخلاقيات المهنة في العمل .
16. الاستعداد لاستشارة ذوي الخبرة والاختصاص .

ثالثاً الكفايات المنهجية

1. العمل التعاوني (لعب الأدوار، المحاكاة ، فرق العمل ، البحث العلمي ، المجموعات ....الخ).
2. الحوار والمناقشة.
3. البحث العلمي.
4. العصف الذهني (استمطار الأفكار).

وسائل وإجراءات الأمن والسلامة والسلوك المهني المرتبط بهذه الوحدة

1. ارتداء الزي المناسب (ملابس مناسبة وغير فضفاضة أو ذات أطراف طويلة) وعدم لبس أي نوع من أنواع المعادن في اليدين أو الجسم (خواتم ، سلاسل ، ساعات....الخ) للوقاية من أي خطر.
2. توفر متطلبات السلامة الشخصية والبيئة المحيطة (الكفوف ، الأرواب ، العوازل الأرضية ، الشفاطات إن لزم الأمر ، الطفايات ،أنظمة المراقبة والأمان ، حقيبة الإسعافات الأولية....الخ).
3. التركيز أثناء العمل والتزام الانضباط والحذر والحد من أي ضوضاء.
4. عدم العبث بالأجهزة والأدوات الموجودة داخل المشغل أو الورشة وحفظها بصورة جيدة.
5. الالتزام بتعليمات التشغيل لأي جهاز أو أداة تدريبية وعدم إزالة أي جزء مخصص للحماية والأمان.
6. التأكد من عزل الأسلاك التي تتعامل معها وعدم تعريضها للتلف ، ومراعاة ابتعادها عن أي وصلات معدنية أو مياه والانتباه الى أي أسلاك كهربائية يمر بها تيار كهربائي.
7. الانتباه الى الجهد المقرر لكل قطعة وجهاز قبل الاستخدام.
8. المحافظة على نظافة المكان وترتيبه بصفة دائمة بعد الانتهاء من التدريب.
9. عمل صيانة دورية للأجهزة وفحص الأسلاك والتوصيلات وبيئة التدريب .
10. مراعاة السلامة عند تداول وتركيب واستخدام الدارات المتكاملة .
11. إتباع تعليمات المدرّب ومراجعته عند الضرورة .
12. يجب عدم تفعيل المفاتيح الحدية يدويا عند إصلاح الأخطاء (استعمل أداة).
13. عدم تشغيل الدائرة دون إشعار المدرب وفي وجوده.

1 - 4 الموقف التعليمي التّعلّميّ: تشغيل المتحكم المنطقي المبرمج PLC

وصف الموقف التعليمي: (حضر صاحب مصنع حيفا إلى مؤسسة الصيانة يطلب استبدال جهاز المتحكم المنطقي المبرمج PLC التالف الذي يتحكم بخط الإنتاج لديه بالجهاز الجديد الذي أرسلته إليه الشركة الصانعة لخط الإنتاج)

العمل الكامل:

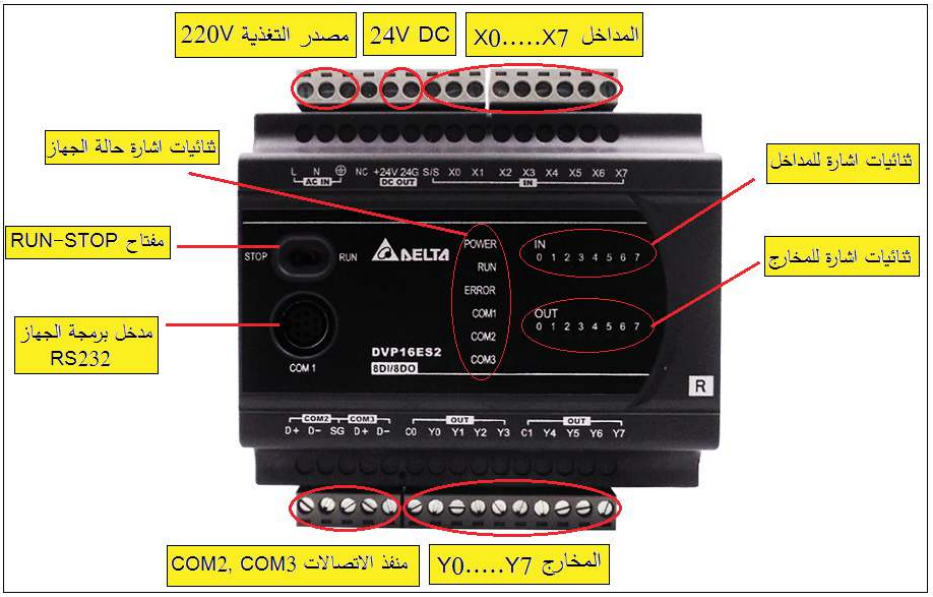
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات، وأحللها	• **أجمع البيانات من صاحب المصنع حول طلبه من حيث:** - نوع الجهاز. - عدد مداخل ومخارج الجهاز. - الجهد الذي يعمل عليه الجهاز. • **أجمع البيانات عن :** - تركيب أجهزة PLC - الهيكليات الشائعة لأجهزة PLC. - وظائف الوحدات المكونة لجهاز PLC. - تصنيف الوحدات المكونة لأجهزة PLC من حيث نوع إشارات الدخل والخرج. - توصيل عناصر الدخل والخرج المختلفة إلى جهاز PLC	• الحوار والمناقشة . • البحث العلمي. • العمل التعاوني .	• الوثائق: طلب صاحب المصنع الكتابي، كتالوجات وأدلة التشغيل للشركات المصنعة لأجهزة PLC ، مخططات التوصيل لأجهزة PLC ، الكتب العلمية ذات العلاقة. • الانترنت : مواقع الكترونية موثوقة.
أخطط وأقرر	- أصنّف البيانات التي تم جمعها حول(عدد المداخل والمخارج ، تركيب الجهاز ، الهيكليات الشائعة للجهاز، توصيل عناصر الدخل والخرج) • أحدد خطوات العمل: • أرسم مخطط أطراف جهازPLC . • أميز أطراف التوصيل وتحديد أطراف التغذية وأطراف المداخل والمخارج. • أحدد أنواع المجسات وعناصر التشغيل المراد توصيلها من حيث كونها منبع للتيار أو مصرف للتيار. • أرسم مخطط التوصيل الكامل للجهاز. • أحدد الأدوات والعدد والأجهزة اللازمة . • أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة والوقت المقدر.	• العصف الذهني (استمطار الأفكار). • المناقشة والحوار. • التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- نماذج جمع البيانات (كتالوجات ، صور ، بيانات تم جمعها ..) - نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة) - مخططات توصيل المجسات وعناصر الدخل والخرج - مخطط أطراف جهاز PLC المراد تركيبه - طلب صاحب المصنع . - الانترنت. - الكتب العلمية ذات العلاقة القرطاسية اللازمة .

أنفذ	- أختار مكان التركيب الملائم من ناحية الظروف البيئية المحيطة بالجهاز، سهولة الوصول، البعد عن التشويش.... . - أثبت المتحكم المنطقي المبرمج PLC حسب تعليمات الصانع - أصل أسلاك عناصر الدخل والخرج حسب المخطط - أثبت قاطع التيار المناسب حسب المخطط - أصل خطوط التغذية لجهاز PLC	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	-الأجهزة والعدد الخاصة بالفحص والتركيب والصيانة - جهاز PLC نوع DVP16ES-R - ضواغط ومفاتيح متنوعة - مرحلات ومصابيح اشارة - مجسات تقاربية نوع NPN و PNP - قاطع تيار.
أتحقق	- أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة وانتبه إلى قيمة مصدر الجهد الذي تعمل عليه الدارة. - أتحقق من توصيل خطوط التغذية وعناصر الدخل والخرج - أصل مصدر التغذية إلى الآلة - أتحقق من توصيل وتشغيل عناصر الدخل بالاستعانة بثنائيات الإشارة. - أتحقق من عمل الآلة بالشكل الصحيح في كافة ظروف التشغيل.	• منهجية البحث العلمي. • عمل المجموعات. • الحوار والمناقشة.	• طلب صاحب المصنع . • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنية. • كتالوج الآلة. • مخططات التوصيل • القرطاسية . • أجهزة القياس والفحص الالكترونية.
أوثق وأعرض	• أوثق نتائج جمع البيانات حول: - جهاز PLC . - مخطط أطراف التوصيل لجهاز PLC - مخطط التوصيل الكامل لجهاز PLC مع أجهزة الدخل والخرج . - أعرض النتائج - أجهّز تقريرا فنيا لصاحب المصنع. - أنشئ ملفا لهذه الحالة	• الحوار والمناقشة. • عمل تعاوني.	• جهاز العرض LCD • جهاز الحاسوب . • قرطاسية .
أقوّم	- رضا صاحب المصنع : موافقته على عمل الجهاز - مطابقة عمل الآلة للعمل المطلوب وذلك حسب المواصفات الفنية المعتمدة - تعديل الدارات لتطوير عملها - أعبئ نموذج التقييم .	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي	• طلب صاحب المصنع • المواصفات والكتالوجات. • المخططات الفنية . • الدارة العملية . • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم

- تركيب جهاز المتحكم المنطقي المبرمج PLC حسب تعليمات الشركة الصانعة والمواصفات المعتمدة.

- توصيل جهاز المتحكم المنطقي المبرمج PLC

يعتمد توصيل الجهاز على وجود مخطط التوصيل الخاص بالجهاز المراد توصيلة من الشركة الصانعة، يبين الشكل (1) صورة لجهاز PLC نوع Delta DVP16ES2R، من شكل (1) يمكننا تمييز أطراف توصيل المتحكم



شكل(1): نقاط توصيل المتحكم المنطقي المبرمج PLC نوع Delta DVP16ES2R

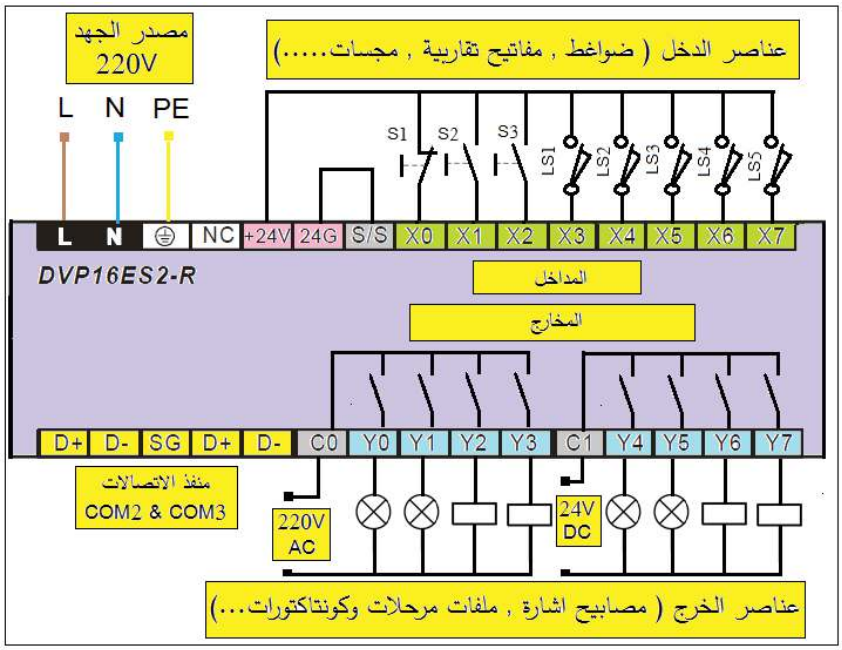
- توصيل أسلاك مصدر التغذية الرئيسي في أماكنها المقررة حسب مخطط التوصيل من قبل الشركة الصانعة بأسلاك ذات مقطع ملائم وذلك من دارة منفصلة مع توصيل قاطع دارة بمقرر مناسب.

توصيل مداخل الجهاز:

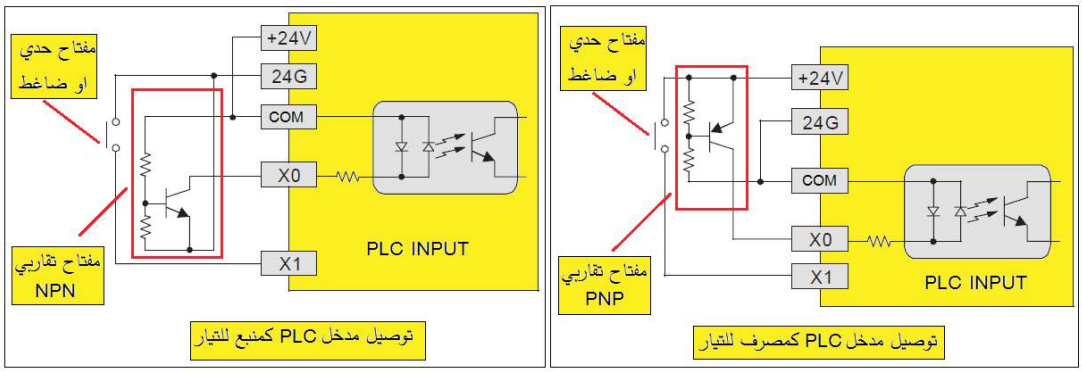
يعتمد توصيل المداخل للمتحكم المنطقي المبرمج PLC على نوع المداخل ونوع المجسات من ناحية مصدر التيار ومصرف التيار

- توصيل المداخل كمصرف للتيار (Sinking Current Input)
- وصل الطرف السالب لمصدر الجهد الخاص بالجهاز بالطرف COM للمداخل.
- وصل الطرف الموجب لمصدر الجهد الخاص بالجهاز بأطراف المفاتيح وعناصر الدخل ووصل الأطراف الأخرى للمفاتيح مع المداخل حسب مخطط التوصيل، شكل(2)، شكل (3).
- توصيل المداخل كمنبع للتيار (Sourcing Current Input)
- وصل الطرف الموجب لمصدر الجهد الخاص بالجهاز بالطرف COM للمداخل.

- وصل الطرف السالب لمصدر الجهد الخاص بالجهاز بأطراف المفاتيح وعناصر الدخل ووصل الأطراف الأخرى للمفاتيح مع المداخل حسب مخطط التوصيل، شكل(3).



شكل(2): مخطط التوصيل للمتحكم المنطقي المبرمج PLC نوع Delta DVP16ES2R



شكل(3): توصيل مداخل المتحكم Delta DVP16ES2R كمداخل مصرف ومنبع التيار

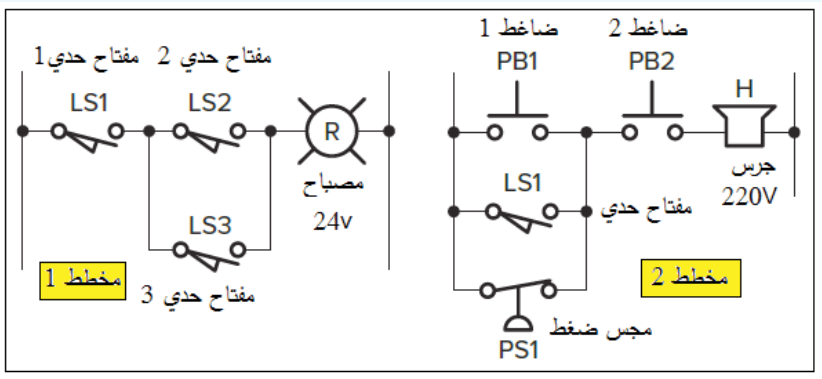
توصيل مخارج الجهاز:

يعتمد توصيل المخارج للمتحكم المنطقي المبرمج PLC على نوع وحدات الخرج. فهناك وحدات خرج الترانزستور التي تعمل على الجهد المستمر(DC) ، وهناك وحدات خرج بمرحلات او بترياك. بوحدات خرج بمرحل، شكل(2). ومن الأفضل دائما عدم توصيل الحمل مباشرة مع نقطة المخرج في حالة المخارج بمرحلات، وإنما تشغيل الحمل من خلال مرحل إضافي، بحيث تقوم نقطة المخرج بتشغيل ملف المرحل الإضافي فقط .

- تشغيل المتحكم المنطقي المبرمج PLC : بعد التأكد من تركيب وتوصيل جهاز PLC يتم تشغيل النظام حسب تعليمات الشركة الصانعة

الأسئلة

س1: أحدد عناصر الدخل والخرج وأرسم مخطط التوصيل مع جهاز PLC للمخططات الكهربائية المرسومة في الشكل التالي:



س2: أعيد رسم مخططات التوصيل لجهاز PLC في السؤال الأول مع العلم أنه تم استبدال المفتاح الحدي LS1 في المخطط الأول بمفتاح تقاربي نوع PNP .

س3: أوضح العوامل التي تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار مكان تركيب المتحكم المنطقي المبرمج PLC.

أتعلم

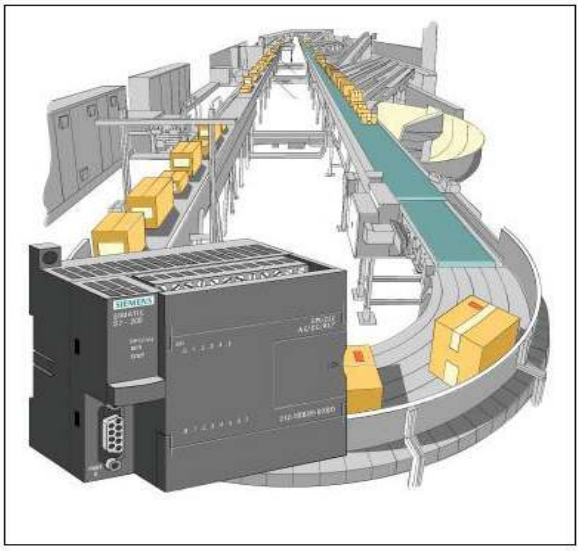
تشغيل المتحكم المنطقي المبرمج PLC

نشاط(1): أعمل بحثا عن المكونات الأساسية لجهاز PLC ومبدأ عمله.

يعتبر المتحكم المنطقي المبرمج (Programmable Logic Controller) والذي يرمز له اختصارا بالرمز (PLC) من أكثر الأجهزة المستخدمة في التحكم بالآلات والعمليات الصناعية. وقد استمر تطور وانتشار هذا الجهاز على مدى السنوات الماضية بسبب تطوير إمكانياته في التحكم والاتصال مع الشبكات وأجهزة التحكم والمراقبة الأخرى مثل العواكس (Inverters) ومحركات السيرفو وشاشات اللمس (HMI) وغيرها، شكل(4).

شكل(4): أشكال من أجهزة المتحكم المنطقي المبرمج PLC

ويمكن القول بان جهاز المتحكم المنطقي المبرمج(PLC) هو جهاز تحكم رقمي مع ذاكرة قابلة للبرمجة لحفظ التعليمات الخاصة لتنفيذ وظائف ومهام معينة مثل العمليات المنطقية ، التتابع ، التوقيت والعد وغيرها وذلك للتحكم بالآلات والعمليات الصناعية، شكل (5).



شكل(5): التحكم بخطوط الإنتاج بواسطة المتحكم المنطقي المبرمج PLC

وهناك العديد من الشركات المصنعة لأجهزة PLC مثل شركة Siemens وشركة Allen Bradley وشركة Mitsubishi ، شركة LG و شركة DELTA وغيرها. وكل شركة من الشركات تتميز ببرمجياتها الخاصة لكنها تعطي نفس الوظيفة المطلوبة من أجهزة PLC .

1- مبدأ عمل النظام الذي يستخدم جهاز PLC:

يعتمد جهاز PLC في عمله عند التحكم بعمل الآلة على وجود برنامج تحكم يحدد خطوات التحكم المطلوب. ويتم حفظ هذا البرنامج في ذاكرة جهاز PLC. تقوم المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة بعملها وفق ثلاثة مراحل وهي الدخل والمعالجة والخرج، وذلك على النحو الآتي:

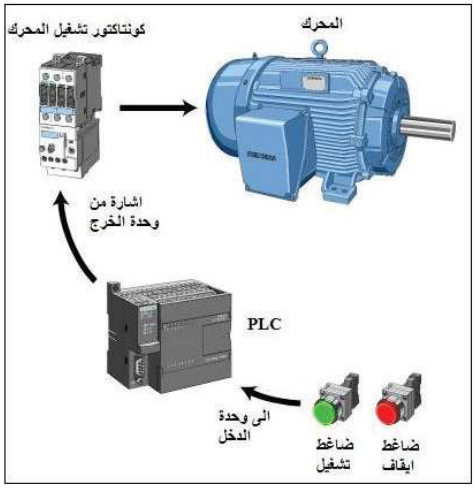
أ- تقوم وحدة التحكم المركزية في الجهاز بقراءة حالة ضواغط التحكم والمجسات الموصولة بوحدة الدخل وذلك للتعرف على الوضع الحالي للآلة أو العملية الصناعية، شكل(6).

ب- وبناءً على هذه المدخلات وعلى تعليمات برنامج التحكم المخزن في ذاكرة الجهاز تقوم وحدة التحكم المركزية بتحديد المخرجات الواجب تفعيلها في تلك اللحظة.

ج- تقوم وحدة التحكم المركزية بتفعيل الإشارات الكهربائية على المخارج المطلوبة للتحكم بسير الآلة أو العملية الصناعية.

شكل (6): مبدأ عمل النظام الذي يستخدم جهاز PLC

كمثال توضيحي على عمل نظام تحكم يستخدم جهاز PLC: يقوم الفني/العامل بالضغط على ضاغط التشغيل المتصل مع وحدة الدخل لجهاز PLC، وحسب البرنامج المخزن في ذاكرة الجهاز تقوم وحدة المعالجة المركزية CPU بتفعيل المخرج المتصل به مشغل المحرك فيعمل المحرك، شكل (7).



شكل (7): مبدأ عمل النظام الذي يستخدم جهاز PLC

2- مكونات جهاز PLC:

كما هو الحال في جهاز الحاسوب، يقسم جهاز المتحكم المنطقي المبرمج إلى قسمين أساسيين وهما:

- البرمجيات (Software)
- المكونات الصلبة (Hardware)

أ- البرمجيات: وتشتمل على البرمجيات التالية

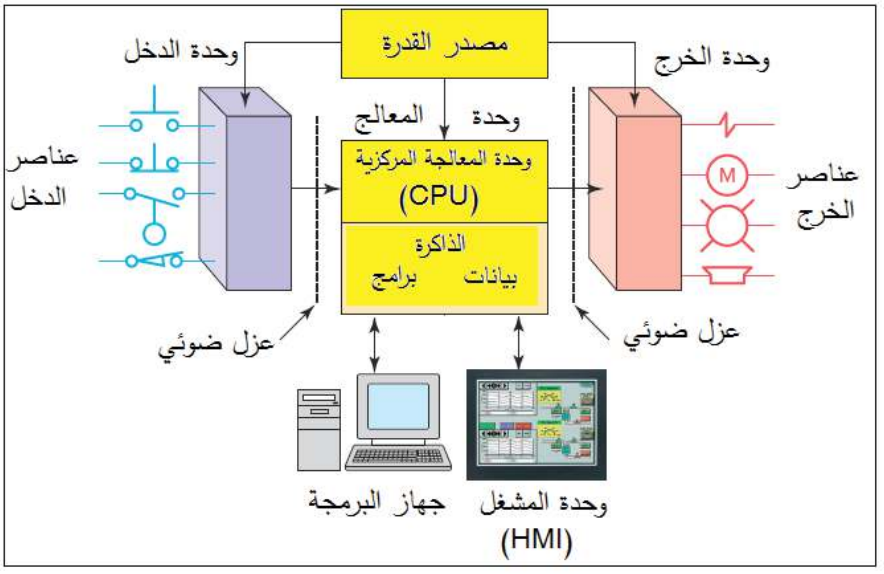
- برامج التشغيل الأساسية للجهاز والتي يقوم الصانع بتزويدها مع الجهاز.
- برنامج التحكم المطلوب والذي يقوم مستخدم الجهاز بتصميمه وكتابته ومن ثم تحميله على جهاز PLC.

ب- المكونات الصلبة: ويتكون الجهاز من الأجزاء الأساسية التالية كما هو موضح بالشكل (٨)

- وحدة الدخل (Input Module)
- وحدة الخرج (Output Module)
- وحدة المعالج (Processor Unit)
- وحدة مصدر القدرة (Power Supply Unit)

وتستخدم الوحدات التالية كوحدات إضافية لجهاز PLC للقيام بمهام سيتم توضيحها لاحقا:

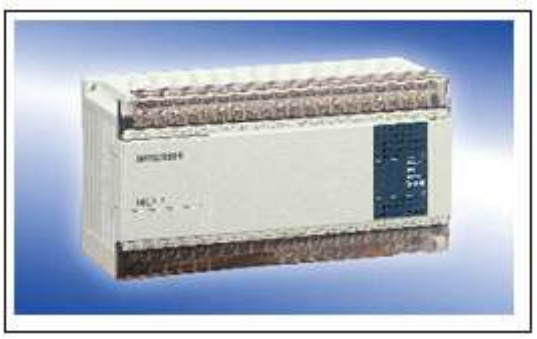
- وحدة المشغل(Human Machine Interface-HMI)
- جهاز البرمجة (Programming Device)



شكل(8): المكونات الصلبة لجهاز PLC

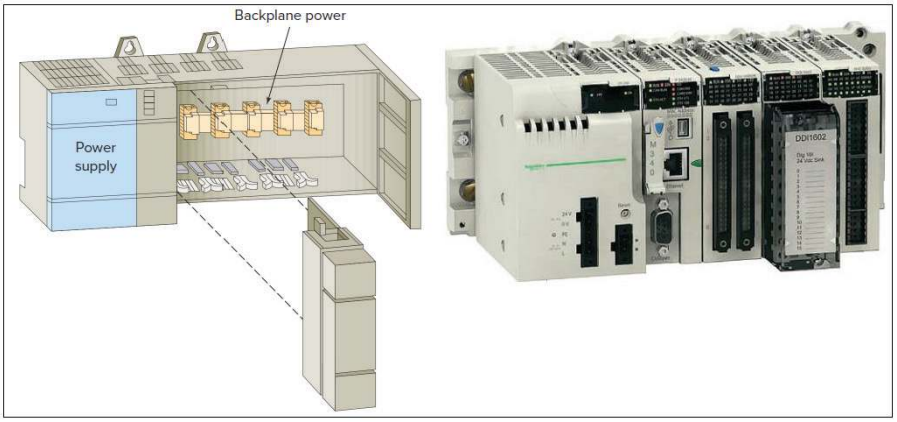
وتوجد المكونات الصلبة لجهاز PLC عادة على نوعين:

أجهزة المتحكم المنطقي المبرمج المتكاملة (Compact type) ، وتكون المكونات الصلبة للجهاز في وحدة واحدة. ويكون عدد المداخل والمخارج في هذا النوع في العادة قليلا ولذلك يستخدم هذا النوع للتحكم في الآلات والعمليات الصناعية الصغيرة نسبيا، شكل(9).



شكل (9): جهاز PLC متكامل

- **أجهزة المتحكم المنطقي المبرمج المجزأة (Module Type)**، وتكون المكونات الصلبة للجهاز مكونه من وحدات منفصلة، فتوجد وحدة لمصدر القدرة، ووحدة للمداخل ووحدة للمخارج ووحدة المعالجة المركزية. وتمتاز بإمكانية إضافة وحدات للمداخل والمخارج حسب الحاجة، شكل(10).



شكل(10): جهاز PLC من النوع المجزأ

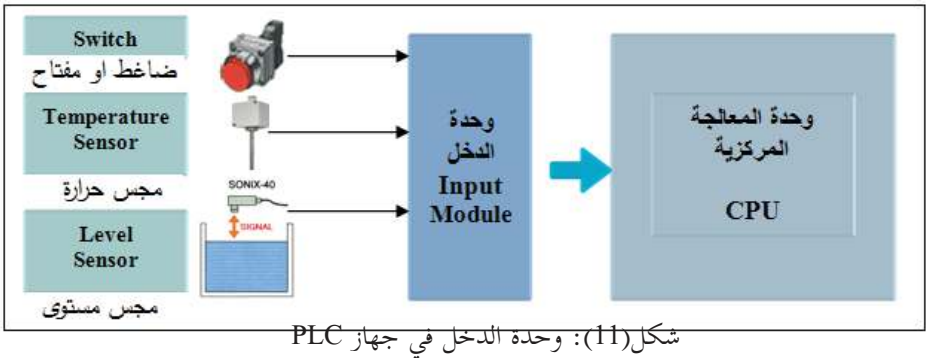
- **وحدات الدخل (Input Modules)**

هي وحدات تقوم بالوظائف التالية، شكل(11):

1- استقبال إشارات الدخل التماثلية والرقمية من المجسات المختلفة لتنقلها إلى وحدة المعالجة المركزية.

2- تحويل إشارة الدخل إلى إشارات منطقية يمكن أن تتعامل معها وحدة المعالجة المركزية.

3- توفير العزل الكهربائي بين دوائر المجسات وبين وحدة المعالجة المركزية.



شكل(11): وحدة الدخل في جهاز PLC

أنواع وحدات الدخل:

- **وحدات الدخل الرقمية (Digital Modules)**: وهذه الوحدات مخصصة لاستقبال الإشارات الرقمية ON، OFF أو 0، 1 من المجسات وعناصر الدخل التي لها حالتي تشغيل فقط، مثل المفاتيح والضواغط والمفاتيح الحدية. ويمكن أن تعمل وحدات الدخل بجهود مستمرة (DC) أومتغيرة (AC) وبقيم جهود متنوعة.

ويختلف عدد نقاط الدخل المتوفرة في كل جهاز PLC من جهاز إلى آخر حسب الصانع.

ولكل نقطة دخل عنوان (Address) خاص. ويستخدم هذا العنوان من أجل مراقبة أو قراءة حالة المدخل من خلال برنامج التحكم الذي يقوم المستخدم بتحميله للجهاز.

ويوجد على الواجهة الأمامية لجهاز PLC أو على الواجهة الأمامية لوحدة الدخل وحدة إظهار مكونة من ثنائيات مشعة للضوء وذلك لبيان وصول إشارة دخل إلى كل نقطة في وحدة الدخل.

- **وحدات الدخل التماثلية (Analog Modules)**

وهذه الوحدات مخصصة لاستقبال الإشارات التي تتغير ضمن مجال معين من القيم مثل المجسات التي تتحسس القيم المتغيرة للكميات مثل مجسات قياس درجة الحرارة ومستوى السوائل والسرعة وذلك بعد تحويل الحالة الفيزيائية للقيمة المقاسة إلى إشارة كهربائية متغيرة ضمن قيم قياسية مثل:

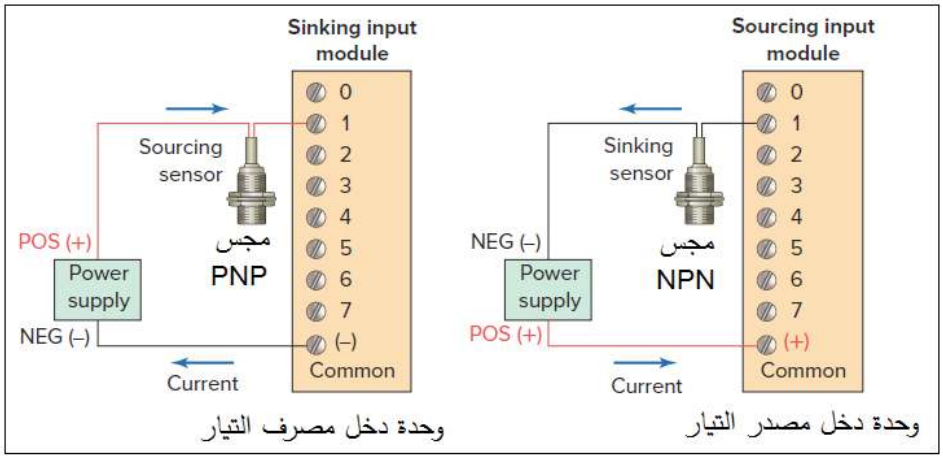
- وحدات إدخال فرق جهد من 0 إلى10V
- وحدات إدخال خاصة بالازدواجات الحرارية K، J أو المجس الحراري PT100.

تصنيف وتوصيل وحدات الدخل العاملة بالتيار المباشر(DC) بالنسبة لاتجاه التيار:

بعض المجسات المستخدمة في الحياة العملية مثل المجسات التقاربية تأتي على نوعين بالنسبة لاتجاه التيار المار بها (NPN،PNP) ، وهذا ما يجعلها مناسبة للتوصيل بأنواع معينة من دارات الدخل بالنسبة لاتجاه التيار. وتأتي وحدات الدخل (DC) في أجهزة PLC على نوعين، الشكل (13):

وحدة دخل نوع مصرف التيار (PLC Current Sinking Input): وفيها يدخل التيار إلى مدخل جهاز PLC عندما يتم تفعيل إشارة المدخل (1 أو ON).

وحدة دخل نوع منبع التيار (PLC Current Sourcing Input) : وفيها يخرج التيار من مدخل PLC عندما يتم تفعيل إشارة المدخل (1 أو ON).



شكل(12): أنواع وحدات الدخل الرقمية (DC) بالنسبة لاتجاه التيار

- وحدة المعالج:

وهي مركز اتخاذ القرارات لوحدة PLC وتتكون من معالج دقيق مع ذاكرة وتقوم بما يلي:

- استقبال ومعالجة الإشارات المنطقية المرسلة من وحدة الدخل
- اتخاذ القرارات المناسبة حسب التعليمات المخزنة في ذاكرة البرنامج (حسب تعليمات البرنامج)
- إصدار أوامر التحكم لوحدة الخرج حسب تعليمات البرنامج المخزنة في الذاكرة

تحتوي ذاكرة الجهاز على البرامج الأساسية لعمل الجهاز. بالإضافة إلى برنامج التحكم الذي يقوم المستخدم بتحميله للجهاز. ويتم أيضا حجز أماكن معينة في الذاكرة بعناوين محددة لعدد من الوظائف مثل :

- صور وحدات الدخل- يتم حفظ حالة المداخل في هذا الحيز.
- صور وحدات الخرج- يتم حفظ حالة المخارج في هذا الحيز.

ويوجد ثنائيات باعثة للضوء للدلالة على حالة وحدة المعالجة والتي قد تختلف حسب الصانع، منها:

POWER: يضيء عندما يعمل مصدر القدرة بشكل طبيعي

RUN: يضيء عندما يقوم المعالج بمسح البرنامج والتحكم بالمخارج

FAULT أو ERROR: يوجد خلل في وحدة المعالجة أو البرنامج

وحدة مصدر القدرة (Power Supply Module)

تقوم هذه الوحدة بتوفير الجهود اللازمة لعمل المتحكم المنطقي المبرمج (PLC). حيث توفر الجهود الملائمة لعمل وحدة المعالجة المركزية ووحدات الدخل والخرج. شكل(14).

شكل(14): وحدة مصدر القدرة في جهاز PLC

وحدات الخرج (Output Modules):

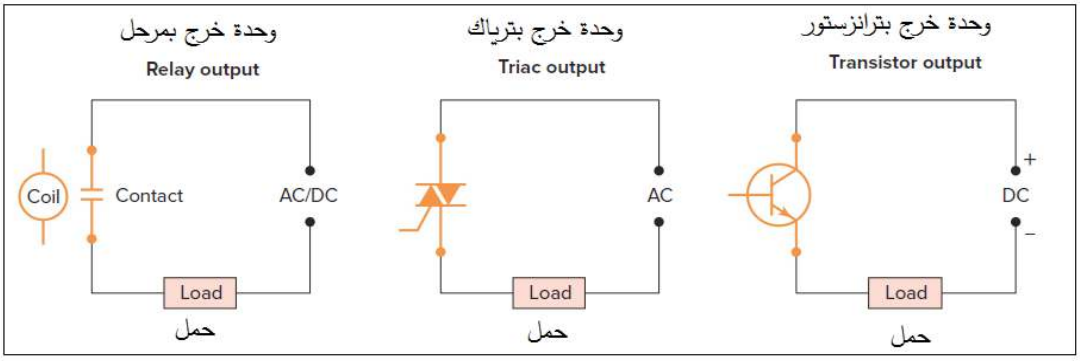
وهي وحدات تقوم بإخراج الإشارات الكهربائية المطلوب إخراجها من قبل وحدة المعالجة المركزية CPU، وذلك لتسيير الآلة أو العملية الصناعية حسب البرنامج المدخل للجهاز من المستخدم. وهي إما رقمية أو تماثلية.

وحدات الخرج الرقمية

وتأخذ إشارة الخرج فيها حالتان إما مفعل (ON) أو غير مفعل (OFF) وتوصل مع المشغلات التي لها حالتي تشغيل فقط، مثل الكونتاكتورات ومصابيح الإشارة والصمامات التي لها حالتي تشغيل فقط، وتأتي بعدة أنواع:

- **وحدة خرج بمرحل:** وتعمل على الجهود المستمرة والمتغيرة وتوفر عزلا بين دارة الحمل ووحدة الخرج.
- **وحدة خرج بترياك**: وتعمل على الجهود المتغيرة
- **وحدة خرج بترانزستور:** وتعمل على الجهود المستمرة

ويبين الشكل (15) أنواع وحدات الخرج الرقمية



شكل(١٥): أنواع وحدات الخرج الرقمية

ولكل نقطة إخراج عنوان خاص. ويستخدم هذا العنوان من أجل تشغيل المخرج المطلوب من خلال برنامج التشغيل ، ويتحدد هذا العنوان من قبل الصانع .

ويوجد على الواجهة الأمامية لجهاز PLC أو على الواجهة الأمامية لوحدة الخرج وحدة إظهار مكونة من ثنائيات مشعة للضوء وذلك لبيان وصول إشارة خرج إلى كل نقطة في وحدة الخرج من CPU.

- وحدات الخرج التماثلية:

يتم فيها تحويل الإشارة المنطقية المرسلة من وحدة المعالجة المركزية إلى إشارة تماثلية (0-10 V) أو (0-20mA) ومن ثم ترسل الإشارة التماثلية إلى الأجهزة التي يتم التحكم بها والتي تتعامل مع هذا النوع من الإشارات مثل مؤشر بيان للسرعة أو درجة الحرارة أو صمامات التحكم في التدفق التماثلية الموصلة مع المخارج التماثلية لوحدة PLC.

- وحدات الخرج الخاصة

تكون لها مهمات تحكم خاصة معينة، مثل وحدات التحكم بمحرك الخطوة أو وحدات التحكم بمحركات السيرفو. حيث تقوم الوحدة بالمتابعة اللحظية للتحكم بالمحرك بدلا عن المعالج بعد أخذ قيم التحكم المطلوبة من المعالج.

- **وحدة المشغل (Human Machine Interface) (HMI) (للاطلاع فقط)**

وهذه الوحدة ليست جزء من جهاز PLC ولكن وحدة مستقلة يتم وصلها مع الجهاز وتعطي ميزات تشغيلية مهمة حيث تتيح هذه الوحدة بعد برمجتها، شكل (16):

شكل(16): وحدة المشغل

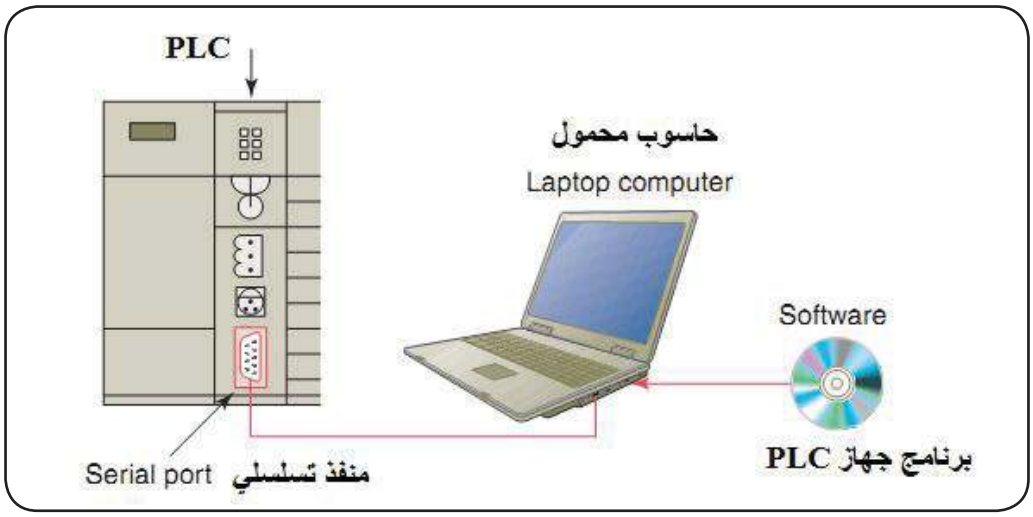
- إعطاء أوامر التشغيل والإطفاء كضواغط تشغيل وإيقاف وعدد آخر لا نهائي من الضواغط
- تعديل ثوابت وقيم المؤقتات والعدادات دون الحاجة للدخول إلى البرنامج الأساسي
- عرض تتابع الآلة الصناعية بصورة رسومية مما يتيح متابعة عملها بسهولة.
- عرض وإظهار حالات الأعطال والإنذارات مع زمن حدوثها
- عرض متغيرات العملية الصناعية كأرقام أو مخططات لدى تغيرها مع الزمن

جهاز البرمجة (Programmer):

وهو جهاز يتم توصيله مع جهاز PLC من اجل برمجة الجهاز، وبشكل عام فان هذا الجهاز يجب أن يكون قادرا على:

- كتابة برنامج التحكم المطلوب باللغة المناسبة للجهاز
- تحميل البرنامج المطلوب إلى جهاز PLC

والآن يتم استخدام جهاز الحاسوب في عملية البرمجة، شكل(17)



شكل(17): استخدام الحاسوب في برمجة المتحكم المنطقي المبرمج (PLC)

يتم تنزيل وتثبيت البرنامج الخاص بجهاز PLC المعني على الحاسوب. تتم عملية كتابة البرنامج حسب المطلوب ومن ثم يتم تنزيل هذا البرنامج إلى جهاز PLC والذي يقوم بتخزين برنامج التحكم وتنفيذه باستمرار من دون الحاجة إلى استمرار الاتصال مع المبرمج. ويبقى هذا البرنامج مخزنا داخل جهاز PLC حتى عند فصل الطاقة عنه.

الأسئلة

1- أعدد المكونات الصلبة الأساسية لجهاز المتحكم المنطقي المبرمج PLC

2- أبين أنواع أجهزة المتحكم المنطقي المبرمج PLC بالنسبة لتركيب المكونات الصلبة.

3- أصنف أنواع وحدات الدخل بالنسبة لاتجاه التيار مستعينا بالرسم.

4- أبين وظيفة الثنائيات الباعثة للضوء الموجودة على جهاز PLC التالية:

- Power
- RUN
- FAULT أو ERROR

5- أصنف العناصر التالية أيها يعد عنصر دخل وأيها يعد عنصر خرج وأميز كون كل منها رقمي أو تماثلي

ضاغط تشغيل، مفتاح اختيار، ازدواج حراري، صمام دخول الماء في الغسالة الاوتوماتيكية، مصباح احمر، صمام للتحكم بضغط الهواء ، مجس للتدفق (4-20)mA، مفتاح تقاربي حثي npn .

2 - 4 الموقف التعليمي التّعلّميّ: برمجة دارات التحكم باستخدام الملامسات بواسطة المتحكم المنطقي المبرمج PLC

وصف الموقف التعليمي: (حضر صاحب مصنع يافا إلى مؤسسة الصيانة يطلب إضافة ثلاث مجسات رقمية (حرارة، ضغط، مستوى) إلى المداخل غير المستخدمة في جهاز PLC وتوصيل مصابيح إنذار وجرس إنذار إلى المخارج غير المستخدمة في نفس الجهاز والذي يقوم بالتحكم بإحدى الآلات الصناعية ضمن ترتيب معين).

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (إستراتيجية التعلم)	الموارد حسب الموقف التعليمي
أجمع البيانات وأحللها	• أجمع البيانات من صاحب المصنع حول طلبه من حيث: - نوع الجهاز وماركته. - طريقة البرنامج المتوفر. - عدد المداخل والمخارج المتوفرة. • أجمع البيانات عن : - طرق برمجة أجهزة PLC - برمجة العمليات المنطقية الأساسية. باستعمال جهاز PLC . - عناوين المداخل والمخارج حسب. تعليمات الشركة الصانعة. - عناوين التحكم الداخليه (مرحلات ...) بحسب تعليمات الشركة الصانعة - برمجة الملامسات بحسب تعليمات الشركة الصانعة. - برمجة المرحلات الداخلية بحسب تعليمات الشركة الصانعة.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي. • العمل التعاوني .	• الوثائق: طلب صاحب المصنع الكتابي، كتالوجات، أدلة التشغيل للشركات المصنعة لأجهزة PLC، مخططات توصيل لأجهزة PLC،الكتب العلمية ذات العلاقة. • الانترنت :مواقع الكترونية موثوقة
أخطط وأقرر	- أصنّف البيانات التي تم جمعها حول(نوع الجهاز وماركته، طريقة البرنامج المتوفر ، العناوين المعتمدة للمداخل والمخارج والمرحلات الداخلية...) • - **أحدد خطوات العمل :** - أرسم مخطط أطراف جهازPLC . - أميز المداخل والمخارج المتوفرة - أحدد أنواع المجسات وعناصر التشغيل المراد توصيلها من حيث كونها منبع للتيار أو مصرف للتيار. - أرسم مخطط توصيل مجسات الدخل وعناصر الخرج للدارة المطلوبة من صاحب المصنع - أكتب قائمة التخصيص لعناصر الدخل والخرج وغيرها من عناصر البرنامج اللازمة. أكتب برنامج التحكم المطلوب. - أحدد الأدوات والعدد والأجهزة اللازمة . - أعد خطة لتنفيذ العمل تتضمن زمن المهمة والوقت المقدر.	• العصف الذهني. • (استمطار الأفكار). • المناقشة والحوار. • التعلم التعاوني. • (العمل ضمن فريق).	- نماذج جمع البيانات (كتالوجات، صور، بيانات تم جمعها ..) - نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام (الخطة) - مخططات توصيل المجسات وعناصر الدخل والخرج. - مخطط أطراف جهاز PLC المراد تركيبه - طلب صاحب المصنع . - الانترنت. - برنامج جهاز PLC - زالكتب العلمية ذات العلاقة - القرطاسية اللازمة.

أنفذ	- أراعي قواعد الأمن والسلامة العامة وانتبه إلى فصل مصدر الجهد أثناء العمل. - أصل عناصر الدخل (المجسات) إلى مداخل الجهاز حسب المخطط - أصل عناصر الخرج (مصباح وجرس الإنذار) إلى مخارج الجهاز حسب المخطط - أكتب برنامج التحكم المطلوب على الحاسوب حسب تعليمات الشركة الصانعة. أحمل برنامج التحكم على جهاز PLC - أصل مصدر التغذية واشغل الآلة - أنفذ جميع ما سبق للدارات المشروحة في أتعلم.	• العمل التعاوني. • البحث العلمي. • حل المشكلات.	- الأجهزة والعدد الخاصة بالفحص والتركيب والصيانة - جهاز PLC نوع DVP16ES-R - جهاز حاسوب مثبت عليه برنامج Delta WPLSoft - ضواغط ومفاتيح متنوعة - مرحلات ومصابيح اشارة - مجسات تقاربية نوع NPN و PNP قاطع تيار
أتحقق	- أتحقق من توصيل خطوط التغذية وعناصر الدخل والخرج - أتحقق من توصيل وتشغيل عناصر الدخل بالاستعانة بثنائيات الإشارة. - أتحقق من عمل الآلة بالشكل المطلوب	• عمل المجموعات . • الحوار والمناقشة . • منهجية البحث العلمي	• طلب صاحب المصنع . • الوثائق والتقارير. • المواصفات الفنية. • كتالوج الآلة. • مخططات التوصيل • القرطاسية . • أجهزة القياس والفحص الالكترونية.
أوثق واعرض	- أوثق نتائج جمع البيانات حول: • جهاز PLC . • مخطط أطراف التوصيل لجهاز PLC • مخطط التوصيل الكامل لجهاز PLC مع أجهزة الدخل والخرج . • برنامج التحكم المطلوب - أعرض النتائج - أجهّز تقريرا فنيا لصاحب المصنع. - أنشئ ملفا لهذه الحالة	• الحوار والمناقشة . • العمل التعاوني.	• جهاز العرض LCD • جهاز الحاسوب . • نماذج عملية . • قرطاسية .
أقوّم	- رضا صاحب المصنع : موافقته على عمل الآلة - مطابقة الدارة للعمل حسب المطلوب وحسب المواصفات الفنية المعتمدة. - أعبئ نموذج التقييم .	- الحوار والمناقشة - البحث العلمي	• طلب صاحب المصنع. • المواصفات والكتالوجات. • المخططات الفنية . • الدارة العملية . • ورقة / نموذج العمل الخاص بالتقييم .

طلب صاحب مصنع إضافة ثلاث مجسات رقمية (حرارة ، ضغط ....) إلى المداخل غير المستخدمة في جهاز PLC وتوصيل مصابيح إنذار أخضر أصفر وأحمر وجرس إنذار إلى المخارج غير المستخدمة في نفس الجهاز والذي يقوم بالتحكم بإحدى الآلات الصناعية، بحيث تعمل كما يلي:

أ- يتم تفعيل مصباح الإشارة الأخضر فقط عند عمل مجس واحد فقط من المجسات الثلاثة.

ب- يتم تفعيل مصباح الإنذار الأصفر فقط عند عمل أي مجسين من المجسات الثلاثة

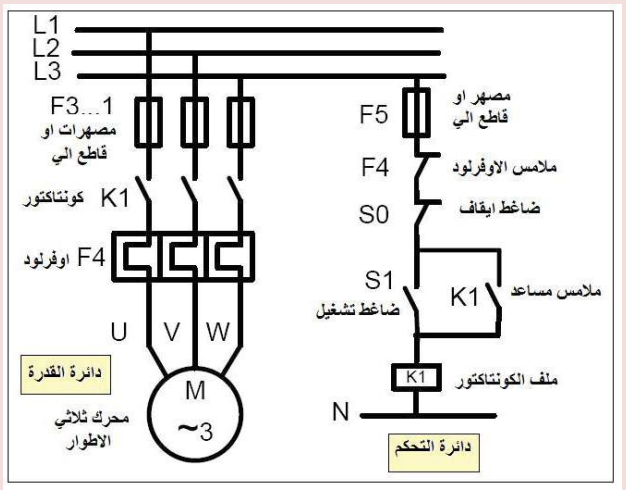
ج- يتم تفعيل جرس الإنذار ومصباح إنذار أحمر عند عمل المجسات الثلاثة في نفس الوقت.

المطلوب: كتابة قائمة التخصيص ورسم المخطط السلمي لدارة التحكم المطلوبة وتوصيل جهاز PLC وتحميل البرنامج والتأكد من عمله.

تمرين عمل إضافي :

يبين الشكل (1) دارة تشغيل محرك ثلاثي الأطوار:

المطلوب: كتابة قائمة التخصيص ورسم المخطط السلمي لدارة التحكم وتوصيل جهاز PLC وتحميل البرنامج والتأكد من عمله.



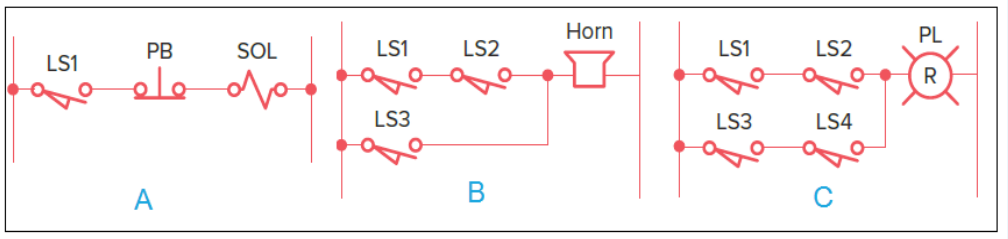
شكل(1): المخطط الكهربائي لتشغيل محرك كهربائي

الأسئلة

1- بالرجوع إلى مخططات التحكم في شكل (2)، المطلوب:

- كتابة قائمة التخصيص ورسم المخطط السلمي لكل منها.
- توصيل المجسات إلى جهاز PLC وتحميل البرنامج .
- تشغيل جهاز PLC والتأكد من عمله حسب المطلوب.

مع العلم أن جميع العناصر موصولة مع الجهاز كعناصر NO ما عدا PB في المخطط A فهو عبارة عن ضاغط إيقاف موصول كملامس NC.



شكل(2): دارات تحكم وإنذار كهربائية

2- يراد تشغيل محركين (لكل منهما ضاغط تشغيل) بواسطة جهاز PLC كما يلي:

في البداية يمكن تشغيل المحرك الأول فقط حيث لا يمكن تشغيل المحرك الثاني، أما المحرك الثاني فلا يمكن تشغيله إلا إذا كان المحرك الأول يعمل، ويبقى المحركان يعملان معا ويتم إطفاؤهما من نفس ضاغط الإيقاف. المطلوب:

- كتابة قائمة التخصيص ورسم المخطط السلمي.
- توصيل الضواغط إلى جهاز PLC وتحميل البرنامج .
- تشغيل جهاز PLC والتأكد من عمله حسب المطلوب.

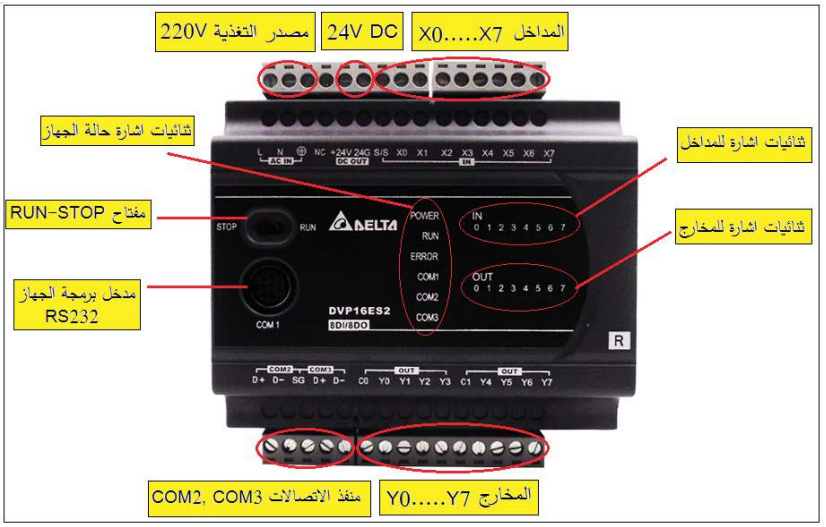
نشاط(1): أعمل بحثا يبين أنواع الطرق المستخدمة في برمجة جهاز PLC

1- عناوين المتحكم المنطقي المبرمج (PLC)

قبل القيام بعملية برمجة جهاز PLC يجب معرفة وتحديد العناوين التي حددها الصانع للمداخل والمخارج والمرحلات الداخلية والمؤقتات والعدادات وغيرها من عناصر التحكم التي يلزم استخدامها في برمجة برنامج التحكم المطلوب. حيث تختلف هذه العناوين من صانع إلى آخر. سنقوم باعتماد المتحكم المنطقي المبرمج نوع دلتا Delta DVP-ES2 والذي يتم تصنيعه بعدة أشكال تختلف بعدد المداخل والمخارج مثل Delta DVP16ES2 والذي يحتوي على 16 مدخل ومخرج (8 مداخل و8 مخارج) بشكل أساسي، لتوفره وانتشاره ، سهولة برمجته بالنسبة للمبتدئ، بالإضافة إلى إمكانية الحصول على برنامج الجهاز بشكل مجاني من شبكة الانترنت من موقع الشركة على شبكة الانترنت.

أ- عناوين المداخل والمخارج في جهاز Delta DVP16ES2-R

يبين الشكل (3) صورة لهذا الجهاز، وهو يحتوي على 8 مداخل تعمل على DC ، 24V و 8 مخارج بمرحلات .



شكل(3): أطراف المتحكم المنطقي نوع Delta DVP16ES2-R

عناوين المداخل : (Input Addresses)

في جهاز Delta DVP16ES2 R- عناوين المداخل X0 .....X7 - 8 مداخل (حسب نظام العد الثماني في حالة وجود مداخل أكثر)

وفي جهاز LG-Master K10S: عناوين المداخل (P0000 – P0007) - 8 مداخل

عناوين المخارج (Output Addresses)

في جهاز Delta DVP16ES2 R-: عناوين المخارج Y0 .....Y7 - 8 مخارج (حسب نظام العد الثماني في حالة وجود مخارج أكثر)

وفي جهاز LG-Master K10S تكون (P0010 – P0015) - 6 مخارج

ب- عناوين المرحلات الداخلية (Internal Relays)

وهي ليست مرحلات حقيقية ولكنها مجرد خانات (Bits) موجودة في ذاكرة الجهاز، ويتم التعامل معها خلال عملية البرمجة كأنها مرحلات حقيقية مع الانتباه أنها ليست متصلة مع المخارج الحقيقية للجهاز. فهي قادرة على الوصل (ON) والفصل (OFF) مع وجود ميزة إضافية من ناحية إمكانية اعتبار كل مرحل داخلي مزودا بعدد لا نهائي من الملامسات المساعدة المفتوحة (NO) والمغلقة (NC) مما يسهل عملية البرمجة. وهي تستخدم لحفظ المعطيات أو الحالات (الأوضاع) المختلفة للعملية الصناعية.

في جهاز Delta DVP16ES2 R- يوجد 4096 مرحل داخلي منها ما هو غير حافظ ، حافظ أو لاستعمالات خاصة. وكمثال فان

M0 - M511 (512 مرحل داخلي) : غير حافظة

M512 - M767 (256 مرحل داخلي) : حافظ (يحفظ الحالة عند انقطاع التيار الكهربائي)

ملاحظة: (ليس مطلوبا من الطالب حفظ أعداد المرحلات الداخلية وأرقامها التفصيلية وإنما استعمال رقم المرحل الداخلي الصحيح عند البرمجة فقط)

2- طرق برمجة جهاز المتحكم المنطقي المبرمج PLC

هناك عدة طرق لبرمجة جهاز PLC تناسب كل طريقة منها الخلفية العملية والعلمية لمستخدمي جهاز PLC منها:

أ- المخطط السلمي (Ladder Diagram) ويرمز له اختصارا (LAD)

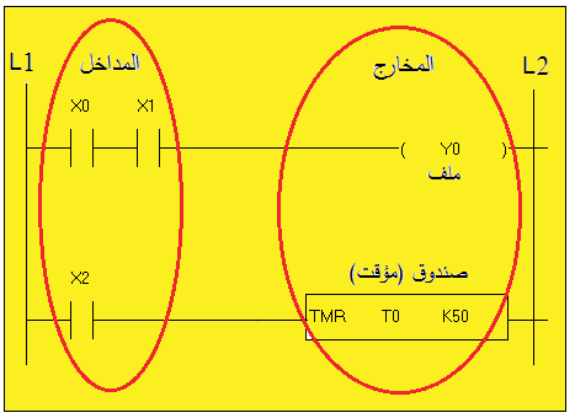
ب- قائمة الإجراءات (Statement List) ويرمز لها اختصارا (STL)

ج- المخطط الصندوقي الوظيفي (Function Block Diagram) ويرمز له اختصارا (FBD)

أ- المخطط السلمي:

- يستخدم المخطط السلمي الرموز المستخدمة في نظم التحكم الكهربائية كما هو موضح في الشكل (4)، يتكون المخطط السلمي من خطين عموديين يمثلان مصدر التغذية، بينما توصل الشبكات (Networks) بشكل خطوط أفقية بين الخطين العموديين على هيئة درجات السلم.
- الرموز الموجودة على الطرف الأيسر من المخطط السلمي تمثل المداخل(Inputs) والرموز الموجودة على الطرف الأيمن تمثل المخارج (Outputs).
- يقرأ المخطط السلمي من اليسار إلى اليمين، ومن الأعلى إلى الأسفل.

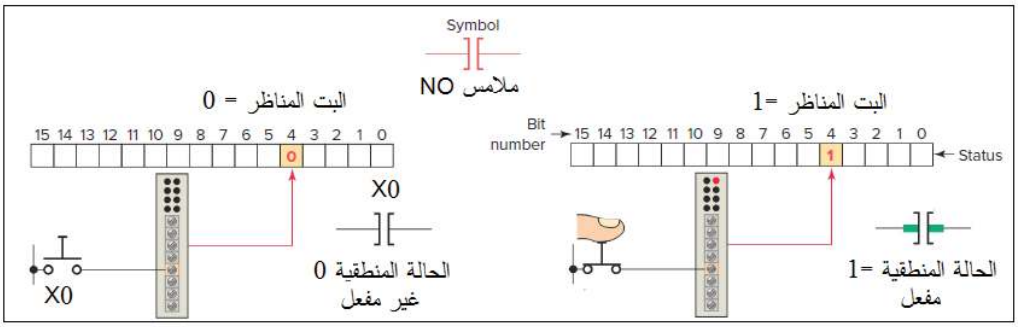
يتم تفعيل أي مخرج في المخطط السلمي إذا كانت النتيجة المنطقية هي (1) لعناصر الدخل الموجودة على يسار هذا المخرج، ولا يتم تفعيل ذلك المخرج إذا كانت النتيجة المنطقية هي (0).



شكل(4): المخطط السلمي

ومن أشكال المداخل في المخطط السلمي:

- **الملامسات (Contacts)** : وتمثل هذه الملامسات المداخل الحقيقية من المفاتيح والمجسات أو ملامسات تمثل المرحلات الداخلية أو مرحلات المخارج وتكون على صورتين:
- **ملامس مفتوح عادة (NO) :** يتم اعتبار الملامس المفتوح في المخطط السلمي في وضع الوصل (ON) أي الحالة المنطقية (1) إذا كان أل بت المناظر للعنوان (المدخل) في صور وحدات الدخل يساوي 1، ويتم اعتباره في حالة الفصل (OFF) أي الحالة المنطقية (0) إذا كان أل بت المناظر للعنوان في ذاكرة الإدخال يساوي 0. وبناء عليه ففي حالة كون ملامس مفتوح عادة (كبسة تشغيل NO) متصلا مع المدخل الحقيقي X0 فان أل بت المناظر للعنوان في صور وحدات الدخل تصبح 1 عند الضغط على كبسة التشغيل وبالتالي يتم اعتبار الملامس المفتوح في المخطط السلمي X0 متصلا (الحالة المنطقية 1) والعكس صحيح، شكل(5).

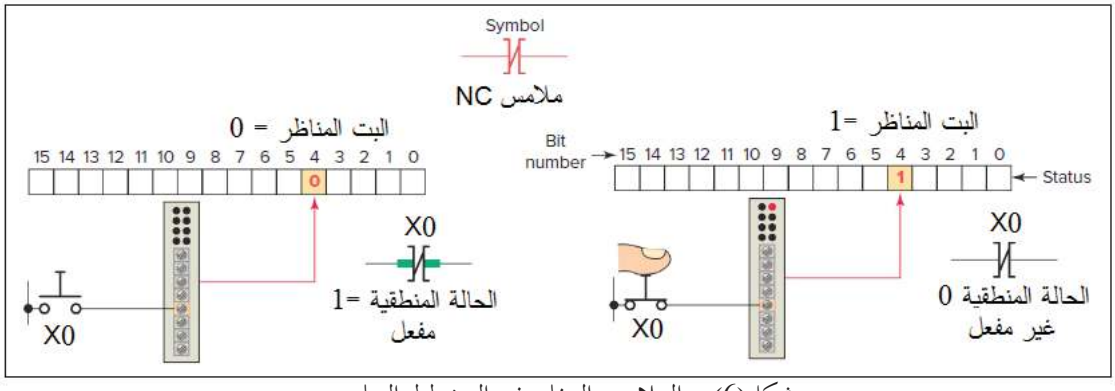


شكل(5): الملامس المفتوح في المخطط السلمي

(الشكل للاطلاع وليس للحفظ)

- **ملامس مغلق عادة (NC)** : يتم اعتبار الملامس المغلق عادة في المخطط السلمي في وضع الوصل (ON) أي الحالة المنطقية (1) إذا كان أل بت المناظر للعنوان (المدخل) في صور وحدات الدخل يساوي 0، ويتم اعتباره في حالة الفصل (OFF) أي الحالة المنطقية (0) إذا كان أل بت المناظر للعنوان في ذاكرة الإدخال يساوي 1.

وبناء عليه ففي حالة كون ملامس مفتوح عادة (كبسة تشغيل NO) متصلا مع المدخل الحقيقي X0 فان أل بت المناظر للعنوان في صور وحدات الدخل تصبح 1 عند الضغط على كبسة التشغيل وبالتالي يتم اعتبار الملامس المغلق عادة في المخطط السلمي X0 مفصولا (الحالة المنطقية 0) والعكس صحيح، شكل (6).



شكل(6): الملامس المغلق في المخطط السلمي

(الشكل للاطلاع وليس للحفظ)

ومن أشكال صور المخارج في المخطط السلمي:

الملفات: وهي قد تمثل المخارج الحقيقية لجهاز PLC إذا كان العنوان المستخدم للملف يمثل عنوان لمخرج المتحكم، أو تمثل المرحلات الداخلية. ويمكن اعتبار وجود عدد لا نهائي من الملامسات المغلقة والمفتوحة لكل ملف والتي تغير وضعها عند عمل ملف المرحل.

- **الصناديق**: وهي تمثل العديد من الوظائف والأوامر مثل العدادات، المؤقتات، العمليات الحسابية وغيرها.

ب- قائمة الإجراءات (STL):

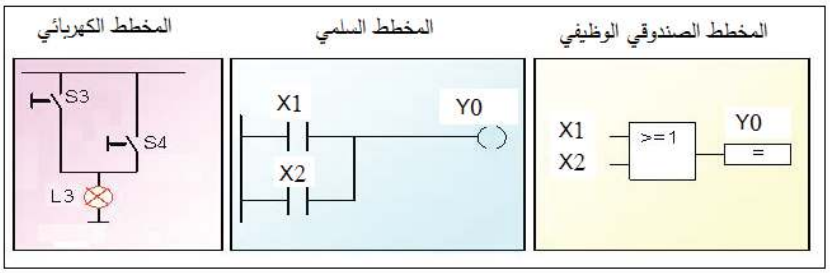
يتم في هذه الطريقة وصف الدارة المراد التحكم بها بمجموعة أوامر، وهذه الطريقة اقرب ما يمكن إلى لغة التجميع (Assembly Language) المستخدمة في برمجة الحاسبات. ويعبر عن الأوامر بحروف أو رموز دالة على العملية المطلوبة. ويبين الشكل (7) السطر الأول في نفس المثال السابق في شكل (5) ولكن تمت كتابة البرنامج بطريقة قائمة الإجراءات.

```
LD      X0
AND     X1
OUT     Y0
LD      X2
TMR     T0      K50
END
```

شكل(7): قائمة الإجراءات

ج- المخطط الصندوقي الوظيفي: (FBD)

في هذه الطريقة يتم استخدام الصناديق الوظيفية في تنفيذ عمليات التحكم. كل صندوق يقوم بوظيفة معينة تكتب عليه وتكون المداخل على اليسار والمخارج على اليمين ويؤدي نفس وظيفة المخطط السلمي أو قائمة الإجراءات. وتقوم الصناديق بوظائف البوابات المنطقية أو وظائف أخرى، شكل(8).



شكل(8): مقارنة بين بعض طرق برمجة PLC

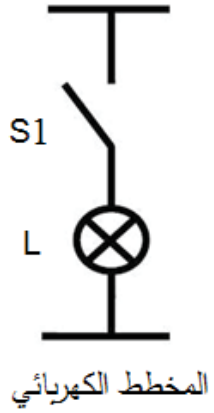
3- برمجة العمليات الأساسية والمنطقية

قبل البدء بعملية البرمجة من الضروري تحديد عدد ونوع المداخل والمخارج اللازمة لتشغيل الآلة أو العملية الصناعية. بعد ذلك يجب تخصيص عنوان محدد لكل مدخل ومخرج من العناوين التي قام صانع الجهاز بتخصيصها للمداخل والمخارج. وبناء على متطلبات وشروط وتتابع سير العملية الصناعية المطلوبة يتم كتابة مخطط التحكم المطلوب وتحميله على الجهاز.

ومن الضروري دائما كتابة قائمة التخصيص لأي دائرة يراد برمجتها على جهاز PLC. حيث تبين هذه القائمة المداخل والمخارج المستخدمة، ونوع وعمل المداخل والمخارج الموصولة مع الجهاز، كما يتم كتابة المرحلات الداخلية والمؤقتات والعدادات المستخدمة وعملها.

أ- برمجة ملامس مفتوح مع مخرج

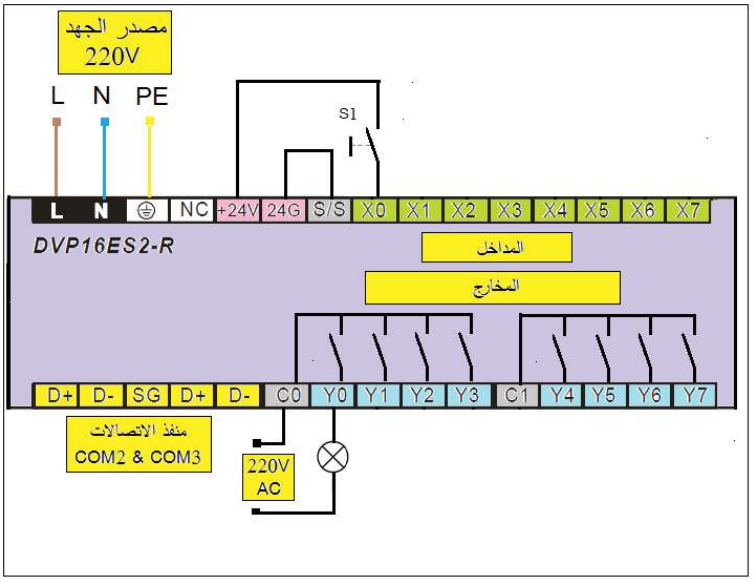
يبين الشكل (9) المخطط الكهربائي لتشغيل حمل (مصباح) عند الضغط على الضاغط S1 (NO) كذلك قائمة التخصيص اللازمة.



قائمة التخصيص			
	العنوان	الرمز	ملاحظات
المداخل	X0	S1	ضاغط تشغيل
المخارج	Y0	L	مصباح

شكل (9): المخطط الكهربائي لتشغيل حمل (مصباح) من مفتاح

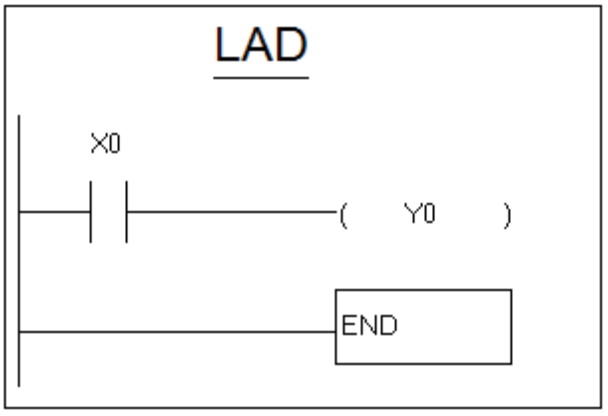
ويكون مخطط توصيل جهاز PLC نوع Delta DVP16ES2-R اللازم لتنفيذ الدارة فيكون كما في الشكل (10)



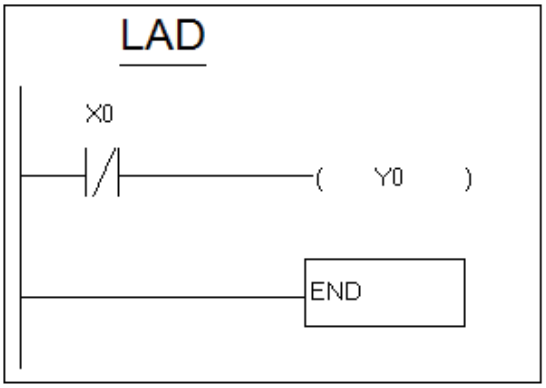
شكل(10): مخطط توصيل جهاز PLC للمخطط الكهربائي في شكل(9)

(الشكل للاطلاع وليس للحفظ)

ويكون المخطط السلمي (LAD) للبرنامج المطلوب كما يلي



أما إذا تم برمجة المفتاح S1 في الدائرة الكهربائية أعلاه في المخطط السلمي كملامس مغلق (على الرغم انه موصول كملامس مفتوح على مدخل الجهاز) وذلك كما يلي:

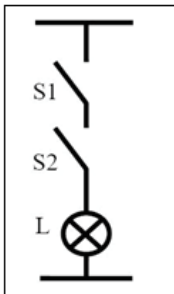


ففي هذه الحالة فعند عدم الضغط على الضاغط S1 فان أل بت المناظر ل X0 يساوي 0، وبالتالي فان المخرج سوف يتم تفعيله. أي أن المصباح سوف يضيء عندما لا يتم الضغط على S1 وسوف يطفأ عندما يتم الضغط على S1 .

أما الأمر END في آخر البرنامج فيبين للمعالج نهاية البرنامج لئلا يضيع الوقت في قراءة مواقع الذاكرة الفارغة بعد الأمر END ويعود إلى تنفيذ الأوامر من بداية البرنامج، مما يساعد في زيادة سرعة تفاعل المتحكم مع العملية الصناعية.

ب- برمجة ملامسين مفتوحين على التوالي (بوابة و (AND))

يبين الشكل (11) المخطط الكهربائي لتشغيل حمل (مصباح) عند الضغط على الضاغط S1 (NO)، والضغط على الضاغط S2 (NO) معا، كذلك قائمة التخصيص اللازمة.

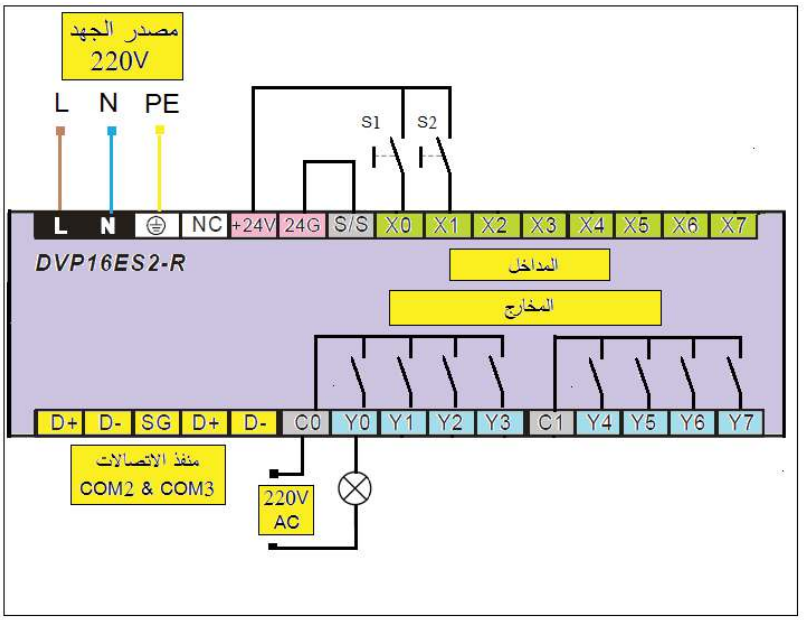


الدارة الكهربائية

قائمة التخصيص			
	العنوان	الرمز	ملاحظات
المداخل	X0	S1	ضاغط تشغيل (NO)
	X1	S2	ضاغط تشغيل (NO)
المخارج	Y0	L	مصباح

شكل (11): المخطط الكهربائي لتشغيل حمل بواسطة مفتاحين على التوالي

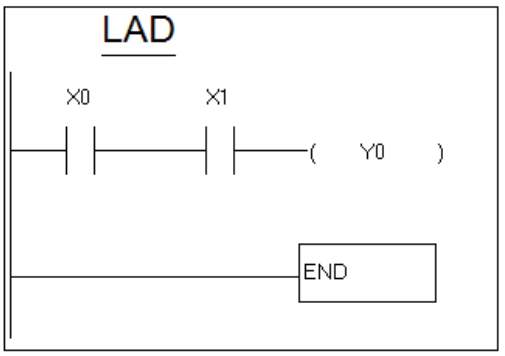
أما مخطط توصيل جهاز PLC نوع Delta DVP16ES2-R اللازم لتنفيذ الدارة فيكون كما في الشكل (12)



شكل(12): مخطط توصيل جهاز PLC للمخطط الكهربائي في شكل(12)

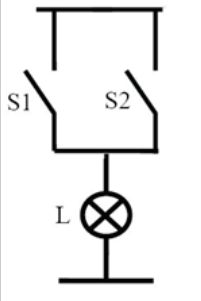
(الشكل للاطلاع وليس للحفظ)

ويكون المخطط السلمي (LAD) للبرنامج المطلوب كما يلي



ج- برمجة ملامسين مفتوحين على التوازي (بوابة أو (OR))

يبين الشكل (13) المخطط الكهربائي لتشغيل حمل (مصباح) عند الضغط على أحد الضاغطين، أي الضغط على الضاغط S1 (NO)، أو الضغط على الضاغط S2 (NO) ، كذلك قائمة التخصيص اللازمة.



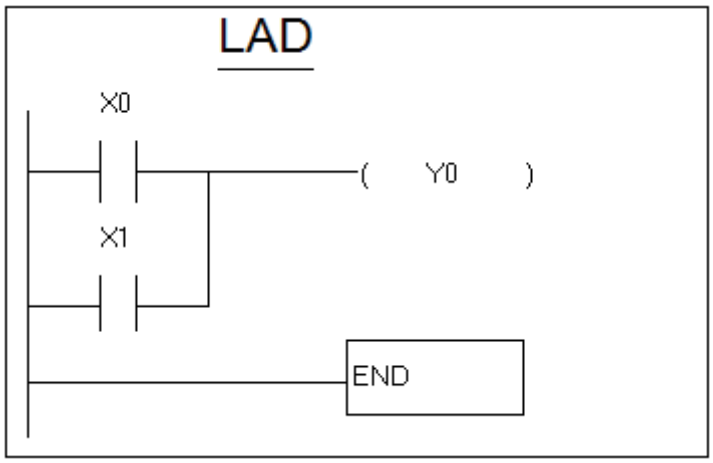
المخطط الكهربائي

قائمة التخصيص			
	العنوان	الرمز	ملاحظات
المداخل	X0	S1	ضاغط تشغيل (NO)
	X1	S2	ضاغط تشغيل (NO)
المخارج	X2	L	مصباح

شكل (13): المخطط الكهربائي لتشغيل حمل بواسطة مفتاحين على التوازي

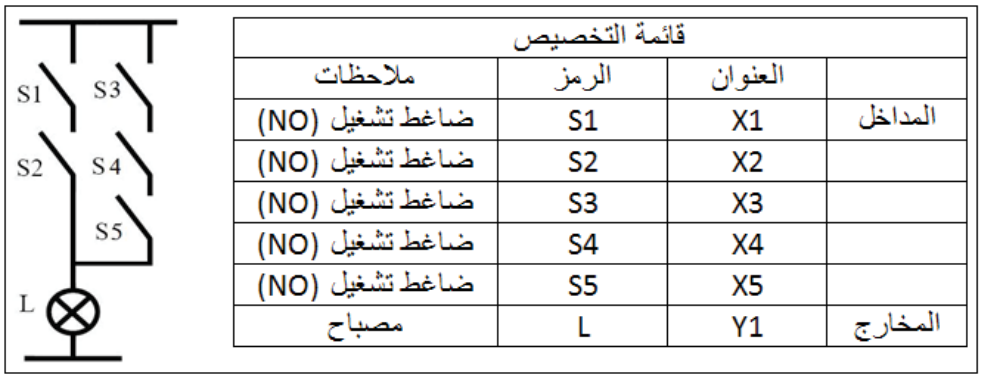
ويمكن توصيل جهاز PLC اللازم لتنفيذ الدارة كما في الشكل (12) السابق.

ويكون المخطط السلمي (LAD) للبرنامج المطلوب كما يلي:



د- برمجة مجموعة من التلامسات على التوالي وموصولة على التوازي مع مجموعة أخرى من التلامسات

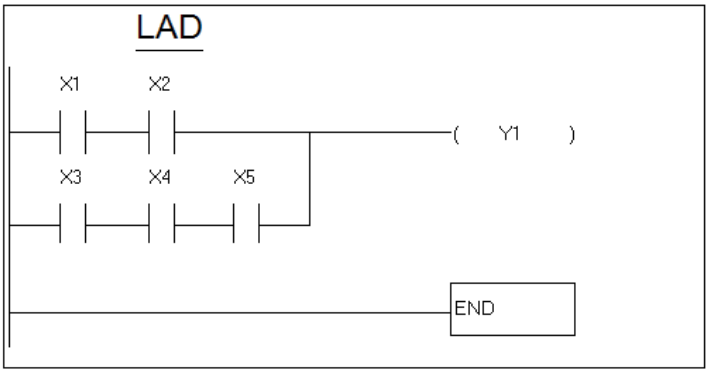
يبين الشكل (14) المخطط الكهربائي لتشغيل حمل (مصباح) عند الضغط على الضواغط S1،S2 أو الضغط على الضواغط S3،S4،S5 أو الضغط على كلا المجموعتين في نفس الوقت، كذلك قائمة التخصيص اللازمة.



قائمة التخصيص			
	العنوان	الرمز	ملاحظات
المداخل	X1	S1	ضاغط تشغيل (NO)
	X2	S2	ضاغط تشغيل (NO)
	X3	S3	ضاغط تشغيل (NO)
	X4	S4	ضاغط تشغيل (NO)
	X5	S5	ضاغط تشغيل (NO)
المخارج	Y1	L	مصباح

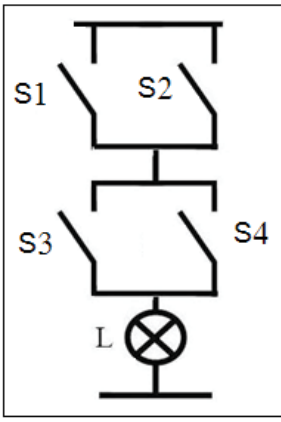
شكل (14): المخطط الكهربائي لتشغيل حمل بواسطة مجموعتين من التلامسات على التوازي

ويكون المخطط السلمي (LAD) للبرنامج المطلوب كما يلي:



هـ - برمجة مجموعة من التلامسات موصولة على التوالي مع مجموعة أخرى من التلامسات

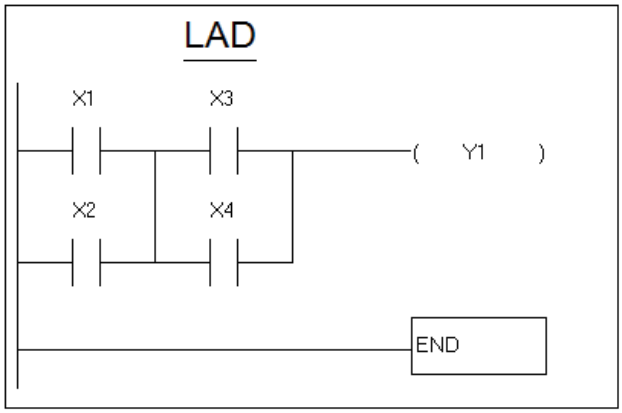
يبين الشكل (15) المخطط الكهربائي لتشغيل حمل (مصباح) عند الضغط على أحد الضواغط S1،S2 أو كليهما والضغط على أحد الضواغط S3،S4 أو كليهما في نفس الوقت.



قائمة التخصيص			
	العنوان	الرمز	ملاحظات
المداخل	X1	S1	ضاغط تشغيل (NO)
	X2	S2	ضاغط تشغيل (NO)
	X3	S3	ضاغط تشغيل (NO)
	X4	S4	ضاغط تشغيل (NO)
المخارج	Y1	L	مصباح

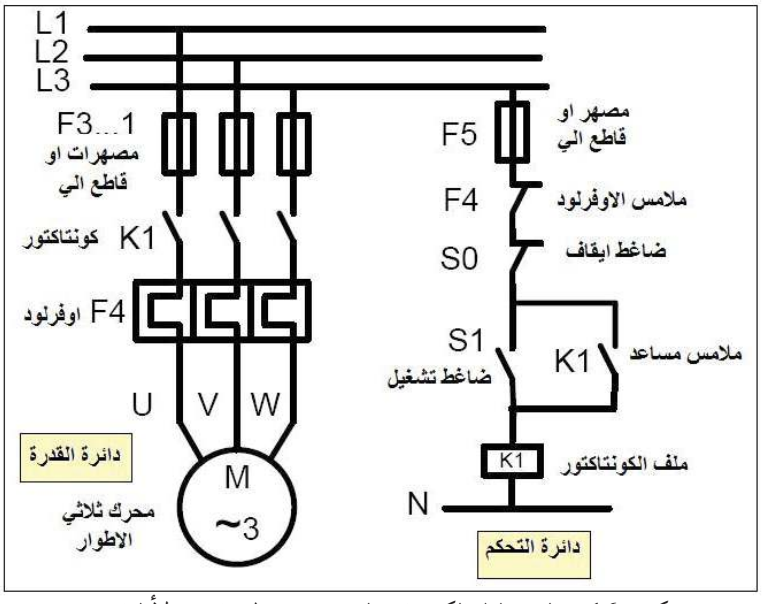
شكل (15): المخطط الكهربائي لتشغيل حمل بواسطة مجموعتين من التلامسات على التوالي

ويكون المخطط السلمي (LAD) للبرنامج المطلوب كما يلي:



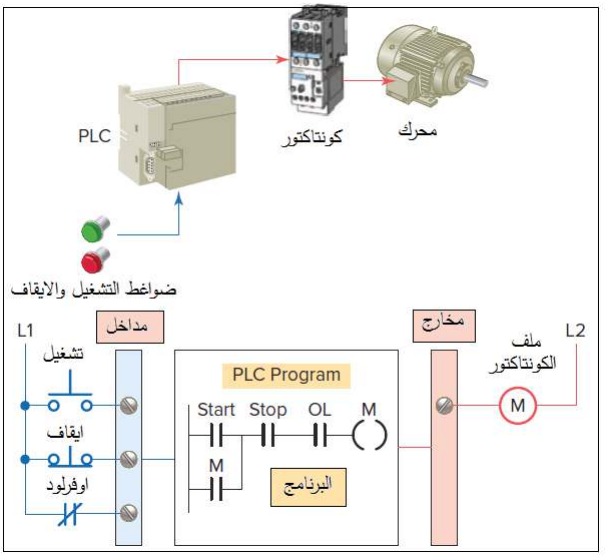
و - برمجة دارة تشغيل محرك ثلاثي الأطوار

تتكون دائرة تشغيل المحرك من دائرة القدرة ودائرة التحكم شكل (16)



شكل (16): المخطط الكهربائي لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار

ويبين الشكل (17) مخططا يبين العلاقة بين المداخل والمخارج والبرنامج في جهاز PLC لتنفيذ التحكم بتشغيل المحرك بواسطة جهاز PLC.



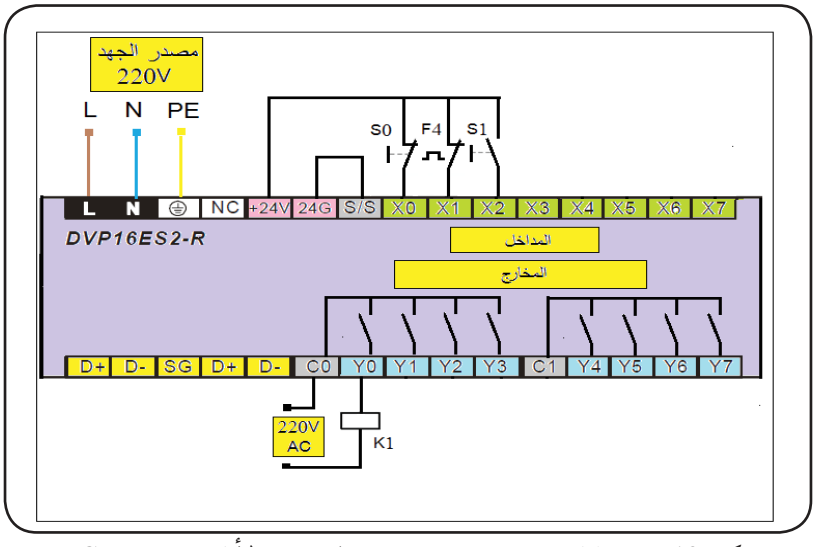
شكل (17): مخطط يبين الترابط بين الأجزاء المختلفة لتشغيل المحرك بواسطة PLC

(الشكل للاطلاع وليس للحفظ)

لتشغيل المحرك بواسطة جهاز PLC يكون دور الجهاز هو استبدال دائرة التحكم فقط فيما تبقى دائرة القدرة كما هي.
بعد تحديد عناصر الدخل والخرج نقوم بكتابة قائمة التخصيص كما في الجدول التالي:

قائمة التخصيص			
	العنوان	الرمز	ملاحظات
المداخل	X0	S0	ضاغط إيقاف (NC)
	X1	F4	ملامس الافرلود (NC)
	X2	S1	ضاغط تشغيل (NO)
المخارج	Y0	K1	ملف كونتاكتور

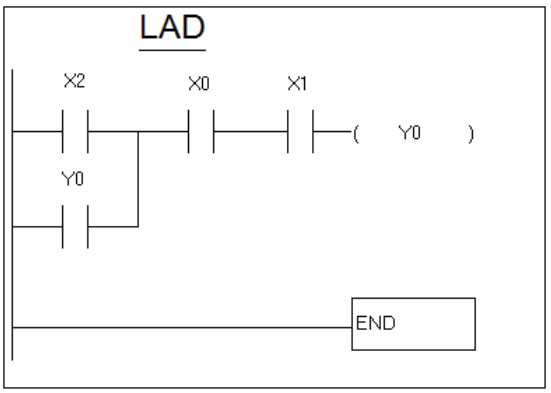
ملاحظة: المصهر أو قاطع الدائرة في دائرة التحكم هو عنصر حماية ولا يعتبر كعنصر دخل لجهاز PLC.
ويكون مخطط توصيل جهاز PLC نوع Delta DVP16ES2-R اللازم لتنفيذ الدارة فيكون كما في الشكل (18)



شكل(18): مخطط توصيل دارة تشغيل محرك ثلاثي الأطوار مع جهاز PLC

(الشكل للاطلاع وليس للحفظ)

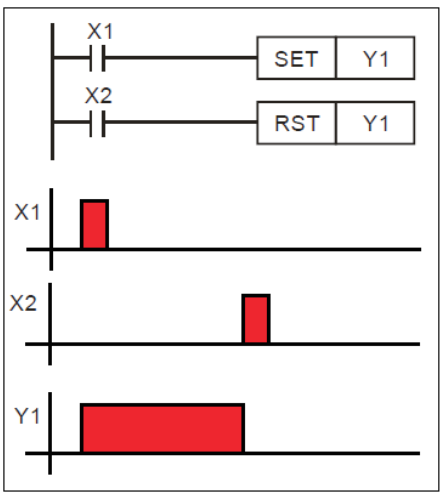
ويكون المخطط السلمي وقائمة الإجراءات اللازمتين لتشغيل المحرك كما يلي:



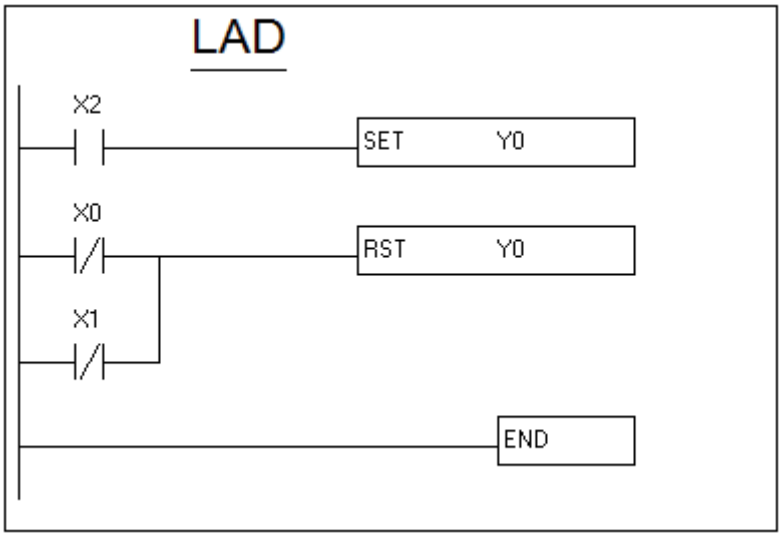
لاحظ انه تم وصل كل من ملامس الإيقاف (NC) وملامس الافرلود (NC) كملامسين مغلقين عند مداخل الجهاز، وتمت برمجتهما كملامسين مفتوحين في المخطط السلمي.

4- برمجة وظيفة (SET-RESET)

يعتمد بعض مبرمجي أجهزة PLC على وظيفة الوضع وإعادة الوضع (SET-RESET) بشكل كبير لسهولتها. ففي حالة الوضع (SET) يتم وضع أو تشغيل مخرج أو مرحل داخلي أو غيره عن طريق تطبيق إشارة لحظية ، حيث يبقى العنوان الذي تم تشغيله على تلك الحالة حتى بعد زوال الإشارة إلا أن يتم تطبيق إشارة لحظية لإعادة الوضع على نفس العنوان وذلك كما يلي



ويمكن إعادة برمجة دائرة التحكم بتشغيل وإطفاء المحرك في شكل (16) باستخدام وظيفة (SET-RESET) كما يلي على اعتبار أن قائمة التخصيص ومخطط التوصيل يبقى كما هو في المثال السابق.



وكما يلاحظ فان تشغيل المخرج Y0 يعتمد على كبسة التشغيل (X2-NO)، لذلك فان X2 تقوم بوظيفة SET لتشغيل المحرك. بينما يتم إطفاء المحرك من كل من كبسة الإيقاف (X0-NC) وملامس الاوفرلود (X1-NC) والذين تم توصيل ملامساتها على التوازي للتحكم بوظيفة الإطفاء (RESET).

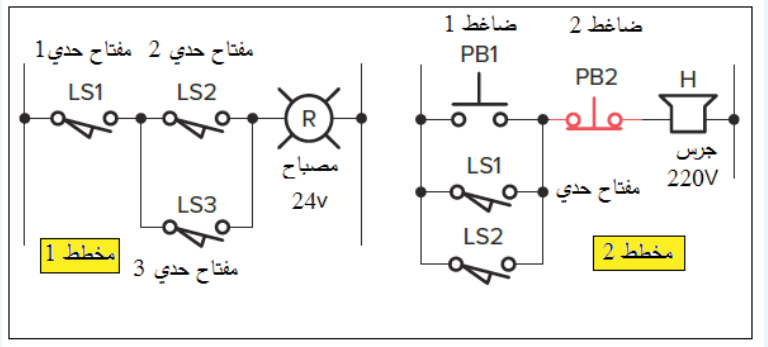
5- مميزات جهاز المتحكم المنطقي المبرمج (PLC)

فيما يلي بعض من مميزات استخدام جهاز مقارنة باستخدام دارات التحكم التقليدية باستخدام المرحلات:

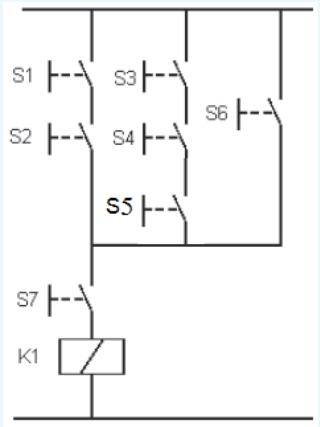
- وحدات ثابتة وموحدة.
- توافر عدد كبير من المرحلات الداخلية والمؤقتات والعدادات وغيرها من الوظائف وغيرها من الوظائف في جهاز واحد.
- صغر حجم نظام التحكم بالمقارنة مع أنظمة التحكم باستخدام المرحلات .
- المرونة وسهولة تنفيذ التعديلات على عمل نظام التحكم وذلك بتعديل البرنامج.
- وظائف تحكم ومراقبة وكشف أخطاء متكاملة.
- سهولة متابعة العملية الصناعية أثناء العمل من خلال الحاسوب أو وحدة المشغل.
- سهولة التأكد من عمل البرنامج قبل توصيلة بالآلة.

الأسئلة

1- أكتب قائمة التخصيص وأرسم المخطط السلمي للمخططات في شكل (19)، (20) اللازمة لتشغيلها بواسطة جهاز PLC مع العلم أن جميع المجسات موصولة مع جهاز PLC كملامسات NO، ما عدا الضاغط PB2 فهو موصول مع PLC كملامس NC



شكل (19)



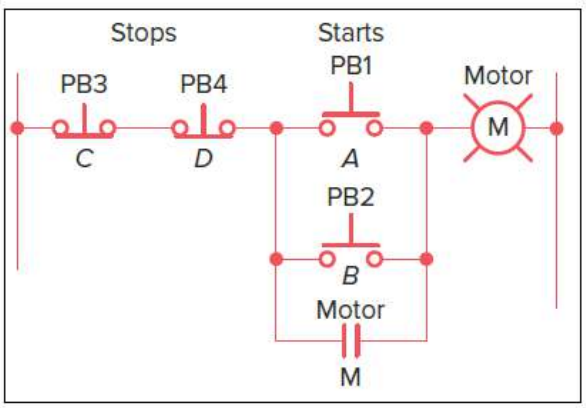
شكل(20)

2- أكتب قائمة التخصيص والمخطط السلمي لتشغيل محركين بواسطة جهاز PLC بحيث يمكن في البداية تشغيل المحرك الأول فقط حيث لا يمكن تشغيل المحرك الثاني، وعند تشغيل المحرك الثاني يتم إطفاء المحرك الأول. (لكل منهما ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف منفصل).

3- يبين الشكل(21) دارة تشغيل وإيقاف لمحرك من مكانين، المطلوب:

- كتابة قائمة التخصيص ورسم المخطط السلمي.
- توصيل الضواغط إلى جهاز PLC وتحميل البرنامج .
- تشغيل جهاز PLC والتأكد من عمله حسب المطلوب.

ملاحظة: ضواغط التشغيل موصولة (NO) وضواغط الإيقاف موصولة (NC) .



شكل(21): دارة تشغيل وإطفاء محرك من مكانين

أسئلة الوحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي :

1. ما هي وظيفة المتحكم المنطقي المبرمج بشكل أساسي؟

أ- تكبير الإشارات الكهربائية الضعيفة

ب- تشغيل مخرج يعمل على جهد عالي من مدخل ذو جهد قليل

ج- تشغيل المخارج بناء على علاقات منطقية بين المداخل والمخارج

د- التحكم بسرعة المحركات

2. من من الآتية لا تعد من مميزات استخدام المتحكم المنطقي المبرمج؟

أ- حجم اصغر ب- يتحمل تيار أعلى ج- تكلفة اقل د- اعتمادية اكبر

3. ما هي وظيفة وحدة الدخل في جهاز PLC؟

أ- معالجة الإشارات الواردة من الضواغط والمجسات

ب- السماح للمبرمج بإدخال البرنامج للجهاز

ج- السماح للمعالج بإدخال الإشارات الى الشاشة

د-توفير إشارات الدخل لتشغيل دوائر التحكم بالمحركات

4. ما هي وظيفة المعالج في جهاز PLC ؟

أ- قراءة المداخل، وبناء على البرنامج يقوم بتفعيل المخارج

ب- بناء على البرنامج وحالة المخارج الحالية يقوم بتحديث حالة المخارج

ج- يقوم فقط بحفظ البرنامج في الذاكرة

د- يتعامل مع المخططات السلمية فقط

5.مع أي من الآتية يتم وصل وحدة الخرج في جهاز PLC ؟

ا- الضواغط والمجسات

ب- مشغلات أقراص CD أو DVD

ج- المبرمج الذي يتحكم بالآلة الصناعية

د- الأحمال الكهربائية كالمصابيح وملفات الصمامات

6. أي من عناصر الدخل التالية يجب توصيلها مع وحدات الدخل التماثلية؟

أ- ضاغط ب- مفتاح اختيار ج- مقاومة ضوئية د- مفتاح حدي

7. ما نوع وحدة الإخراج التي تعمل على الجهد المتغير في جهاز PLC؟

أ- الثايرستور ب- الترانزستور ج- ضاغط NO د- الترياك

8. ماذا تسمى طريقة برمجة المتحكم بواسطة رموز تشبه الرموز المستخدمة في المخططات الكهربائية؟

أ- المخطط السلمي ب- لغة C ج- قائمة الإجراءات د- المخطط الصندوقي الوظيفي

9. أين يتم حفظ حالة المفاتيح والضواغط في جهاز PLC؟

أ- برنامج المستخدم ب- صورة وحدات الدخل ج- صورة وحدات الخرج د- جهاز الحاسوب

10. ماذا يمثل هذا الرمز ┤ ├ في المخطط السلمي؟

أ- يمكن اعتباره ملامس مفتوح عادة NO ب- مكثف

ج- الحالة المنطقية 1 د- الحالة المنطقية 0

السؤال الثاني:

أ- أشرح البرمجيات اللازمة لتشغيل جهاز PLC

ب- أبين ميزة استخدام أجهزة المتحكم المنطقي المبرمج المجزأة

ج- أشرح عمل كل مما يلي في جهاز PLC

وحدة الدخل، وحدة الخرج، وحدة مصدر القدرة

السؤال الثالث:

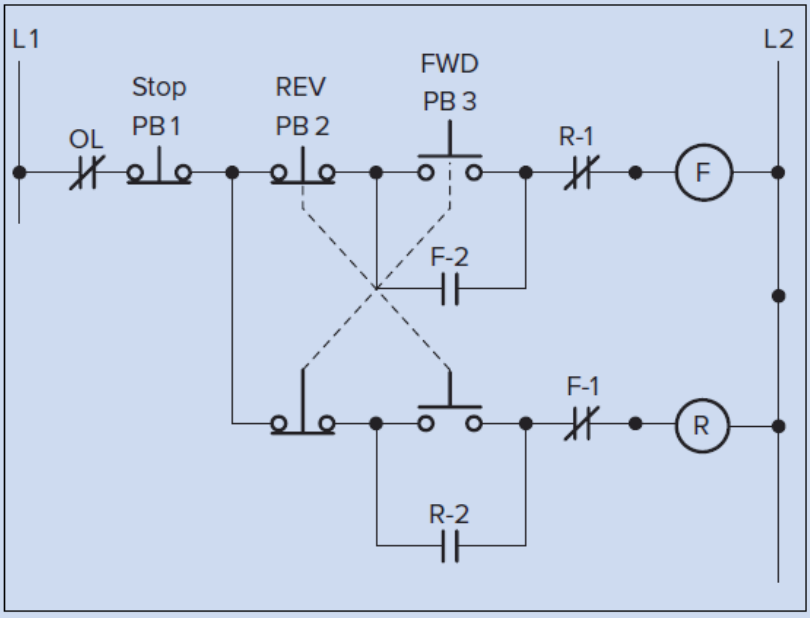
أ- أعدد أنواع وحدات الخرج الرقمية في جهاز PLC

ب- أشرح المقصود بوحدات الخرج الخاصة في جهاز PLC بالاستعانة بمثال.

السؤال الرابع:

يبين الشكل مخططا لدارة التحكم بعكس دوران محرك ثلاثي الأطوار. بالاستعانة بهذا المخطط، أكتب قائمة التخصيص وأرسم المخطط السلمي اللازم للتحكم بفتح وإغلاق بوابة آخذا بعين الاعتبار ما يلي:

- يلزم إضافة مفتاحين حديين (NO) لإيقاف البوابة عند الفتح الكامل والإغلاق الكامل.
- يلزم إضافة مصباح يضيء أثناء حركة المحرك في الفتح أو الإغلاق.



السؤال الخامس:

أكتب قائمة التخصيص وأرسم المخطط السلمي لتشغيل محركين (لكل منهما ضاغط تشغيل) بواسطة جهاز PLC كما يلي: يمكن تشغيل أي منهما في البداية ، ولكن لا يمكن تشغيل الثاني إلا عند إطفاء الأول، والعكس صحيح بحيث يعمل محرك واحد فقط في أي لحظة. (لكل منهما ضاغط إيقاف منفصل).

السؤال السادس:

اكتب قائمة التخصيص والمخطط السلمي لتشغيل صمام كهربائي لمدة 10 ثواني بعد الضغط اللحظي على ضاغط التشغيل. يمكن إيقاف عمل الصمام في أي لحظة عند الضغط على ضاغط الإيقاف.

السؤال السابع:

اكتب قائمة التخصيص والمخطط السلمي لتشغيل محركين بحيث يعمل الأول عند الضغط على ضاغط التشغيل ثم يعمل الثاني بعد عشر ثواني من عمل الأول أوتوماتيكيا بعدها يعمل الاثنان معا لمدة 10 ثواني ثم يتوقف المحركان عن العمل. يوجد ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف واحد لكلا المحركين.

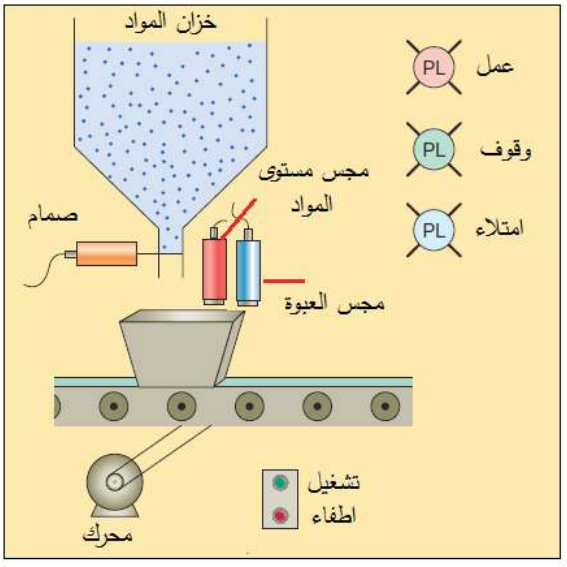
أنفذ خطوات العمل الكامل للموقف التعليمي التعلمي التالي:

(حضر صاحب كراج سيارات إلى ورشة الصيانة وطلب تركيب جهاز PLC ليقوم بعد السيارات الداخلة والخارجة من الكراج وإعطاء إشارات حمراء وخضراء تبين حالتي وجود متسع أو امتلاء الكراج وطلب شراء الجهاز وعمل ما يلزم وتشغيله)

مشروع

أكتب قائمة التخصيص وأرسم المخطط السلمي اللازم لتشغيل آلة التعبئة الأوتوماتيكية المبينة بالتتابع التالي:

- عند الضغط على ضاغط التشغيل يعمل محرك القشط الناقل.
- عند الضغط على ضاغط الإيقاف يتوقف القشط الناقل.
- يعمل مصباح البيان « عمل» عندما تعمل الآلة.
- يعمل مصباح البيان « توقف» عندما تتوقف الآلة عن العمل.
- يتوقف القشط الناقل عندما يعطي مجس العبوة إشارة بذلك.
- عندما يتوقف القشط الناقل وتكون العبوة في مكانها يتم تشغيل الصمام لتعبئة العبوة. يتم إيقاف عملية التعبئة عندما يعطي مجس مستوى المواد إشارة بذلك.
- يعمل مصباح البيان « امتلاء» عند اكتمال تعبئة العبوة. ويبقى المصباح مضيئا إلى أن تتحرك العبوة عن مجس العبوة.



مع مراعاة مراحل المشروع من حيث (اختيار المشروع ، خطة المشروع ، تنفيذ المشروع ،أقيم المشروع)

■ لجنة المناهج الوزارية:

أ. د. مروان عورتاني	د. بصري صالح	م. فواز مجاهد
أ. ثروت زيد	أ. عبد الحكيم أبو جاموس	د. سمية النخالة
م. وسام نخلة		

■ المشاركون في ورشات عمل من كتاب الكترونيات صناعية للصف الثاني عشر: