الدارات الالكترونية
المحاضرة السابعة

أ.د. فادي غصنه

الترانزستورات أحادية القطبية (MOSFET-FET)

ترانزيستور تأثير المجال FET(Field-Effect):

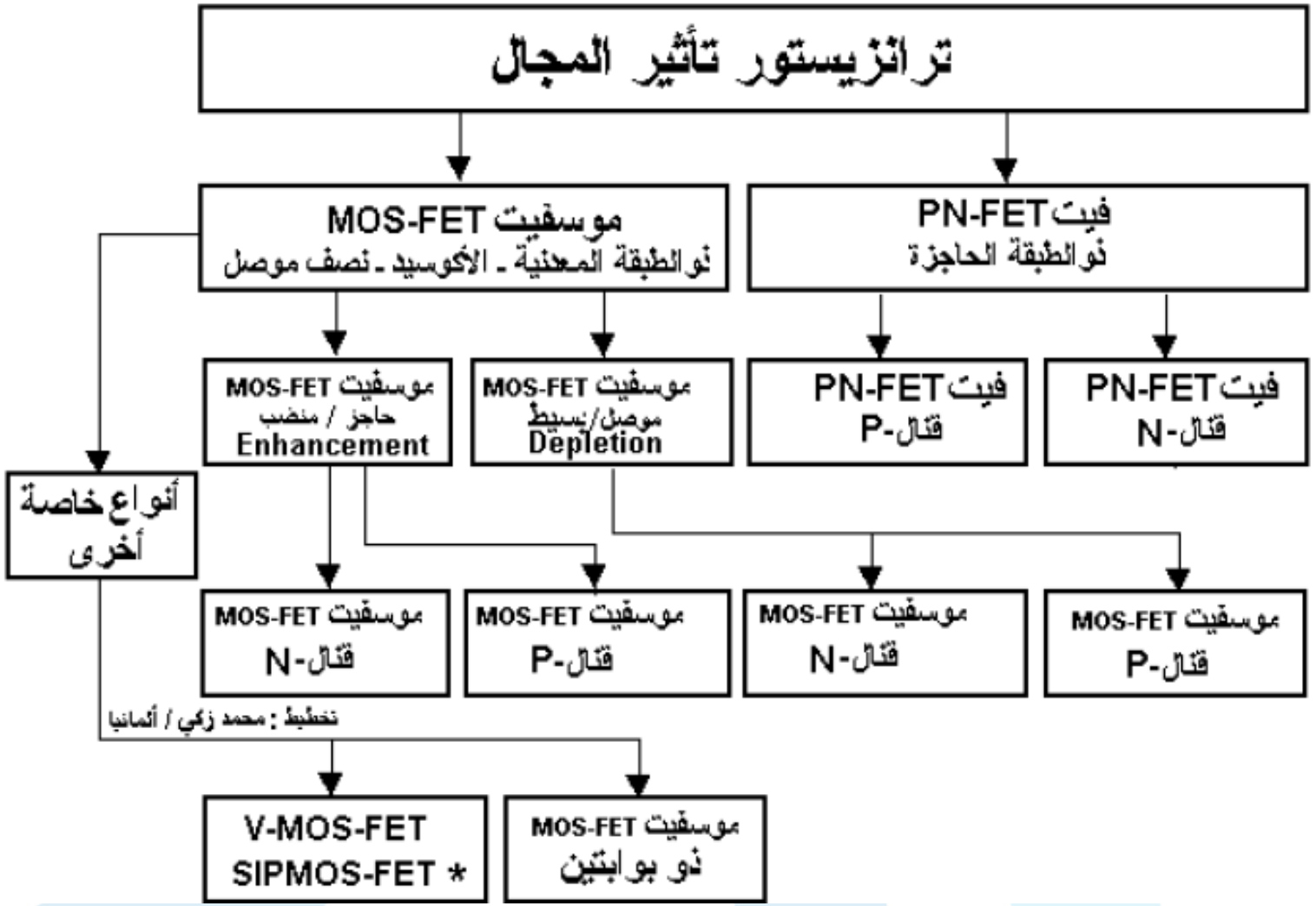
هو عنصر كهربائي يفضل استعماله كمفتاح أو كمكبر للإشارات الصغيرة..

أنواعه : يشكل ترانزستور "FET" مجموعتين:

- ذو الطبقة الحاجزة (PN-FET)..
- ذو الأكسيد المعدني (MOSFET)..

وتنقسم المجموعتان إلى صنفين:

- موجب القنال (P)..
- سالب القنال (N)..


ترانزيستور تأثير المجال
موسفيت MOS-FET
ذو الطبقة المعدنية ـ الأكوسيد ـ نصف موصل
فيت PN-FET
ذو الطبقة الحاجزة
موسفيت MOS-FET
حاجز / منضب
Enhancement
موسفيت MOS-FET
موصل/بسيط
Depletion
فيت PN-FET
قناة-P
فيت PN-FET
قناة-N
أنواع خاصة
أخرى
موسفيت MOS-FET
قناة-N
موسفيت MOS-FET
قناة-P
موسفيت MOS-FET
قناة-N
موسفيت MOS-FET
قناة-P
تخطيط : محمد زكي / ألمانيا
V-MOS-FET
SIPMOS-FET *
موسفيت MOS-FET
ذو بوابتين

ترانزيستور تأثير المجال FET(Field-Effect)

البنية الداخلية وطريقة العمل:

بعكس التركيب الداخلي للترانزيستور "ثنائي القطبية" والذي يتكون من طبقتين للشحنات (إلكترونات وثقوب) أو (سالب وموجب) ..

يتكون ترانزيستور "FET" من طبقة واحدة إما (P) أو (N) ، ومن هنا ترجع تسميته بأحادي القطبية ..

تتكون بنية ترانزيستور "FET" من مساحة نصف موصلة بشكل القضيب وهي من مادة السليكون ، وعلى يمين ويسار القضيب تتكون مناطق حاجزة ، وبين أعلى وأسفل هذا القضيب تتكون "قنال" الاتصال (مادة N موصلة دون طبقة حاجزة) وتشكل هذه القنال المصرف (Drain) و المنبع (Source) ..

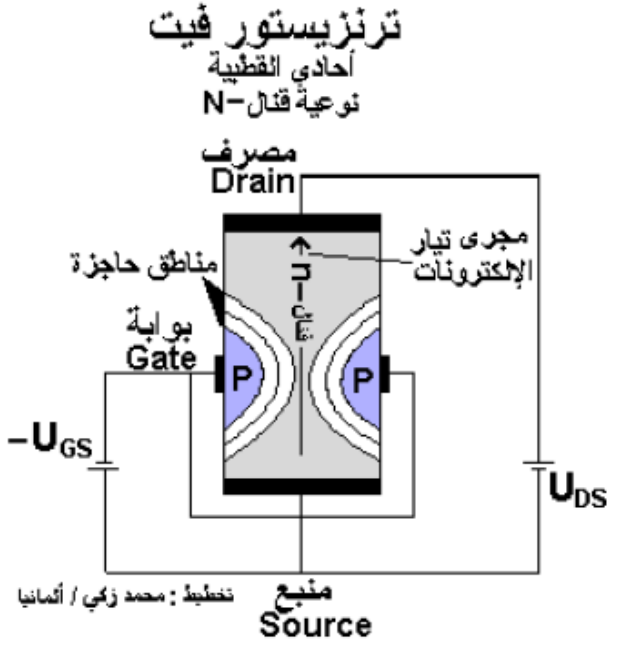
وعلى جوانب القضيب تم مزج "منطقتان" من مادة P موصلتين ومرتبطتين ببعضهم البعض، وتشكلا البوابة (Gate) ومن هنا تأتي تسمية "الترانزيستور PN-FET ..

فإذا تم توصيل جهد بمساحة بلورية موصلة من مادة السليكون N أي المصرف (Drain) و المنبع (Source)، فيسري بها تيار كهربائي (ID) عبر قنال في هذه المساحة ، وذلك بحكم الجهد والمقاومة في هذه المساحة .

وفي حالة توصيل جهد سلبي بين البوابة (Gate) والمنبع (Source)، فتكون قطبية طبقتي PN باتجاه حاجز، وتتكون بذلك داخل الطبقتين "مناطق حاجزة" بحيث تمنع مرور التيار بهذا الاتجاه. وتتوسع "المناطق الحاجزة" بينما يضيق قطر ممر التيار في القنال.

ترانزيستور تأثير المجال FET(Field-Effect)

وكل ما أرتفع الجهد السلبي(UGS-) كل ما توسعت "المناطق الحاجزة".
والنتيجة لذلك أن قطر القنال (ممر التيار) يصبح أضيق فأضيق، أي أن قيمة المقاومة (RDS) في ممر التيار بين المصرف (Drain) والمنبع (Source) (لصنفN-FET) تتعلق بقيمة الجهد السلبي للبوابة (Gate)، وبذلك يمكن التحكم بقيمة المقاومة وذلك على مستوى واسع.
واستناداً لقوانين أوم فيمكن التحكم بالجهد أو التيار لو تم استبدال قطبية الجهود .



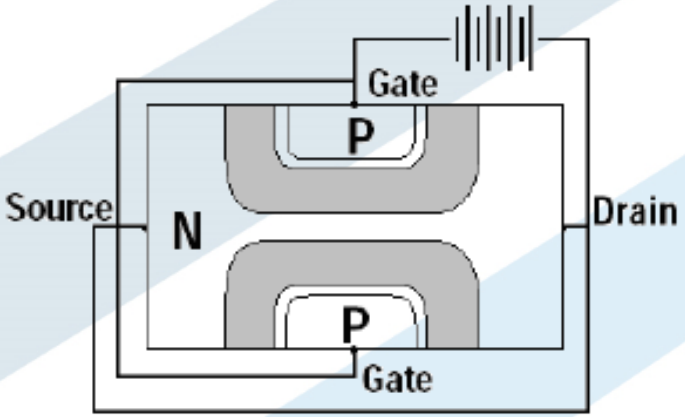
ترانزيستور تأثير المجال FET(Field-Effect)

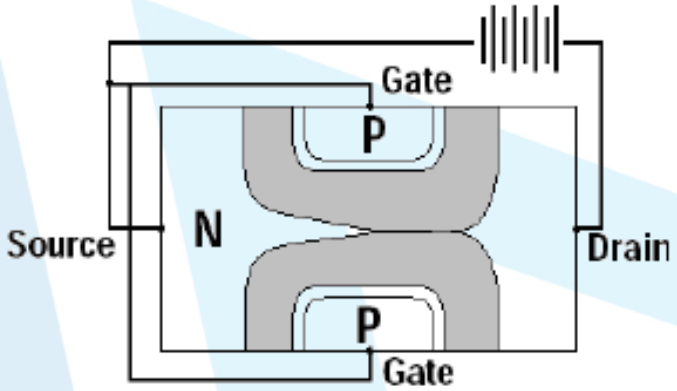
بعبارات أخرى: القنال من صنف – N هي المجال الموصل لهذا FET، ويوجه تيار المجال هذا بجهد البوابة (في هذه الحالة جهد سالب).
و إذا أرتفع الجهد السالب في البوابة، فتتمدد الطبقة الحاجزة، وينخفض تيار هذا المجال.
والاستنتاج: أن تغيير عرض الطبقة الحاجزة يجري دون قدرة (تقريباً)..

بالمقارنة مع الترانزيستور ثنائي القطبية المعتاد فلترانزستور الأحادي القطبية ميزات إيجابية كثيرة :

1. اقتصادي أكثر..
2. يعمل بجهد تشغيل منخفض ..
3. أحجام صغيرة وتركيبه يتوافق مع ترانزيستور ثنائي القطبية ..
4. يكفي توجيهه بالجهد باختلاف ثنائي القطبية الذي يوجه بقدرة..
5. مقاومة المدخل عالية ما بين (10^9)لـ FET ذي.
6. ليس هناك أهمية لقطبية التوجيه..
7. صفاء ونقاء عالي في تقنية الموجات لا يصلها ثنائي القطبية المألوف ..

ترانزيستور تأثير المجال FET(Field-Effect)





ترانزستور التأثير المجالي والمصنوع من أشباه الموصلات و أكسيد المعادن MOSFET

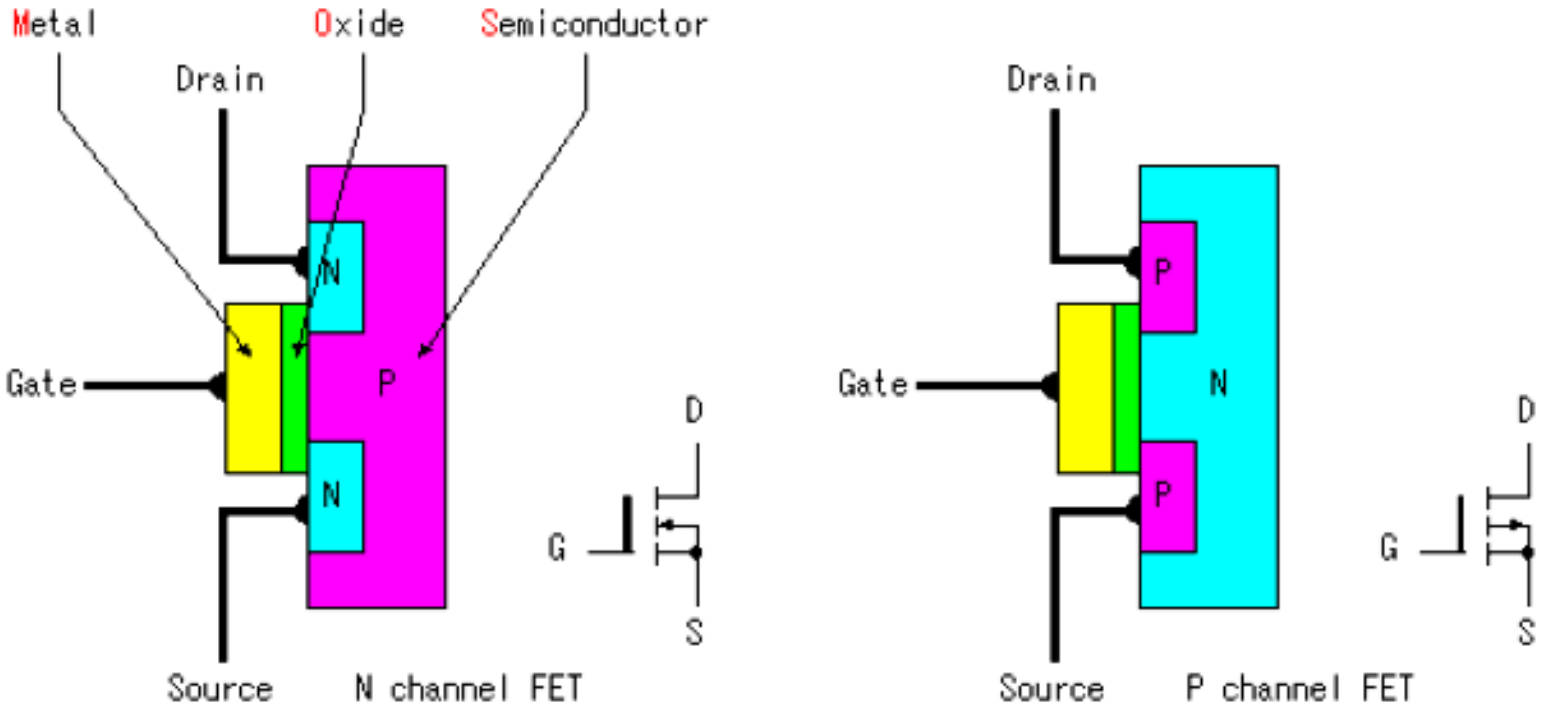
تعتبر الترانزستورات من نوع MOSFET خليفة الترانزستورات BJT حيث تدخل في معظم الدارات الحديثة وخصوصاً في بناء الدارات المتكاملة والدارات الرقمية خاصة لما تتميز به من سرعة في الأداء خصوصاً عند استخدامها كمفاتيح .

يتركب ترانزستور التأثير المجالي من :

1. طبقة سفلية Substrate وهى إما من النوع N كما بيمين الشكل أو من النوع P كما بيسار الشكل ..
2. منطقتين من بلورتين من نفس النوع بعكس الطبقة السفلية P <==> N ويمثلان طرفين من أطراف الترانزستور وهما المصرف Drain والمنبع Source ..
3. طبقة من الأكسيد (ثاني أكسيد السليكون SIO2) وهي مادة غير موصلة للتيار الكهربائي (عازلة) ..
4. طبقة من المعدن وتمثل الطرف الثالث للترانزستور وهو البوابةGate ..

ونجد أيضا من الشكل أن هذا الترانزستور له نوعان هما الـ (P-Channel) والـ (N-Channel) بحسب اختيار نوع الطبقة السفلية والبلورتين الجانبيتين (المصرف والمنبع) ..

ترانزستور MOSFET



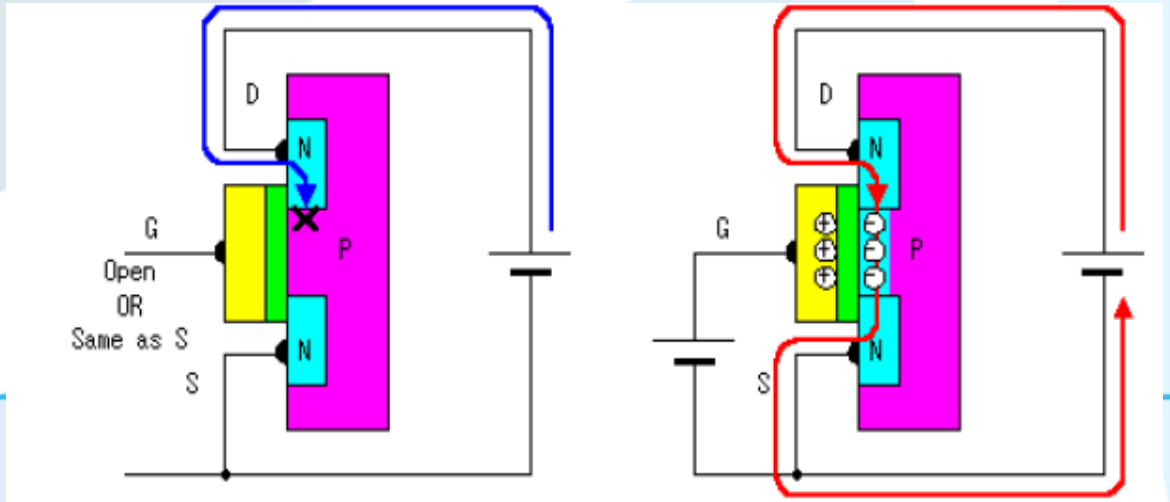
ترانزستور MOSFET

فكرة عمل ترانزستور MOSFET :

في هذا النوع من الترانزستورات يتم التحكم بتيار الخرج عن طريق جهد (المجال الكهربائي) الدخل . فكيف ذلك ؟ أنظر الشكل التالي (حيث تم توصيل المصرف بالطرف الموجب لبطارية والمنبع بالطرف السالب لها) .

1. في حالة عدم وضع جهد على البوابة Gate فإنه لن يمر أي تيار بين المنبع والمصرف (الشكل الأيسر)..
2. في حالة وضع جهد موجب على البوابة (في الشكل الأيمن) لاحظ أن الترانزستور من نوع القناة N فإن الإلكترونات الحرة الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستنجذب للمجال الكهربائي الموجب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف.

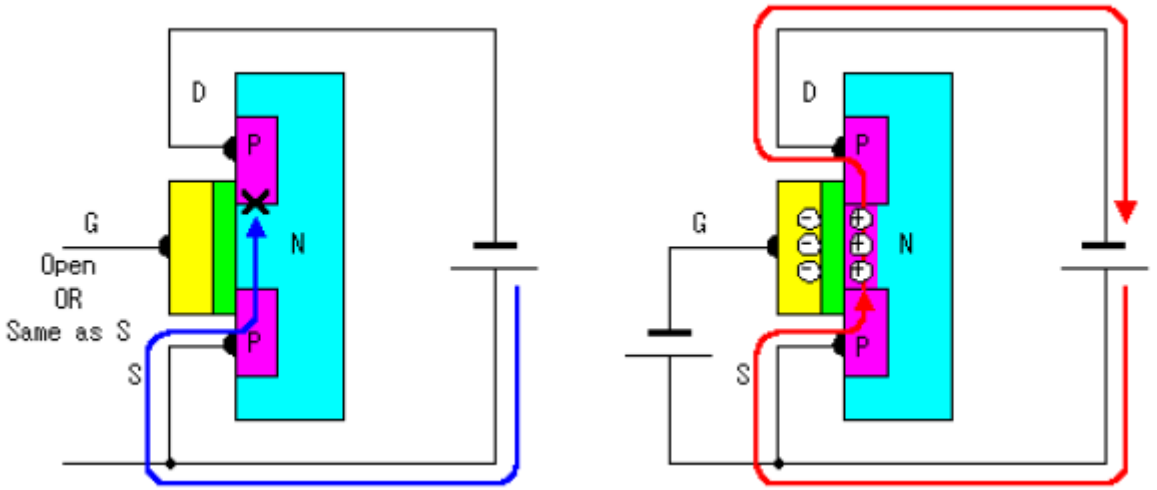
ويتغير حجم هذه القناة تبعا لقوة المجال الكهربائي عند البوابة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار بين المنبع والمصرف .



ترانزستور MOSFET

3. في حالة وضع جهد سالب على البوابة (في الشكل الأيمن) لاحظ أن الترانزستور من نوع القناة P فإن الفجوات الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستنجذب للمجال الكهربائي السالب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف.

وبتغير حجم هذه القناة تبعا لقوة المجال الكهربائي عند البوابة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار بين المنبع والمصرف .



لاحظ أنه لوجود مادة الأكسيد العازلة بين البوابة وبقية الترانزستور فإن التيار لا يمر بينهما وفقط يتم التحكم بالتيار المار بين المنبع والمصرف عن طريق الجهد (المجال الكهربائي) الموجود على البوابة ..

ترانزستور MOSFET المتمم (CMOS) :

مصطلح الـ CMOS هو اختصار للجملة :

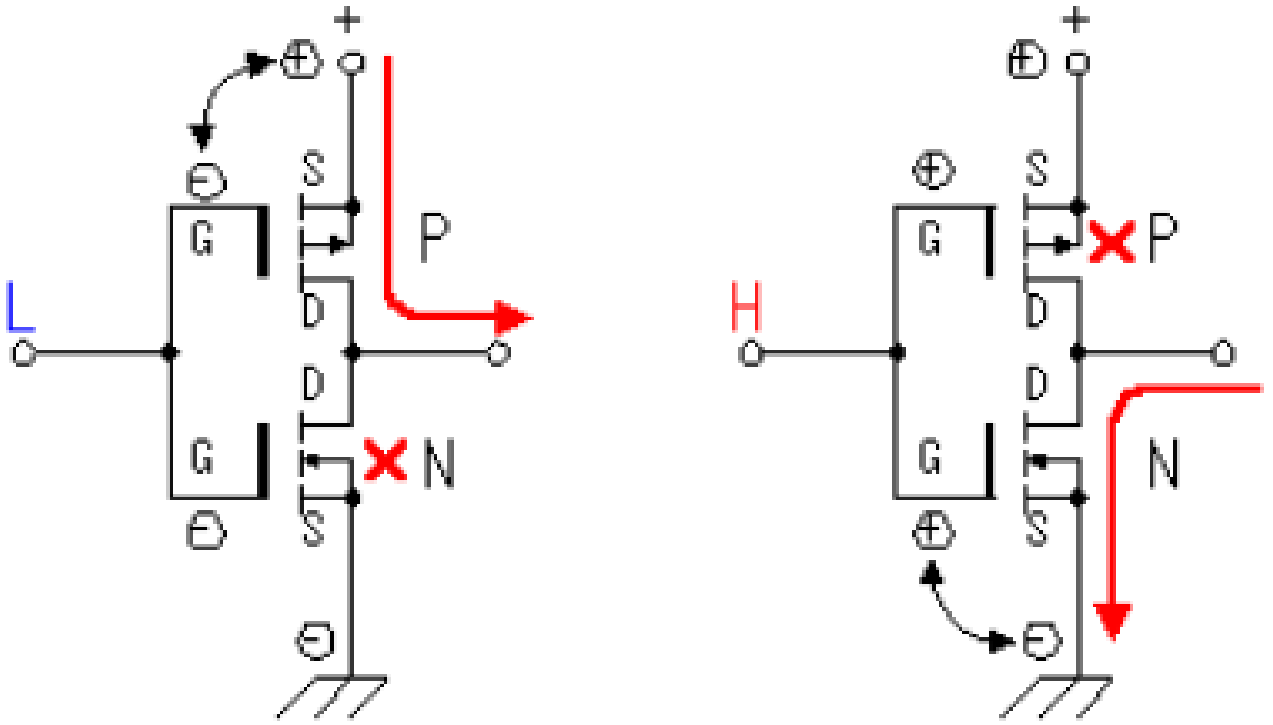
Complementary Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

وهو عبارة عن دارة تجمع بين ترانزستورين من نوع (N-Channel , P-Channel) ويكون عمله كالآتي :

- عندما يكون مستوى الدخل منخفضاً على البوابة (LOW) يعمل الترانزستور P-MOS FET أي الترانزستور ذو القناة P على تمرير التيار من مصدره لمصرفه ، ولا يعمل الترانزستور الآخر .
- عندما يكون مستوى الدخل مرتفعاً على البوابة (High) يعمل الترانزستور N-MOS FET أي الترانزستور ذو القناة N على تمرير التيار من مصرفه لمصدره ، ولا يعمل الترانزستور الآخر .

أي أنه في دارة الـ CMOS يعمل الـ N-MOS و الـ PMOS بصورة عكسية (أحدهما يمرر والآخر لا).
ويستفاد من هذه الحالة عند التعامل مع تيارات عالية (قدرات عالية) فيخفف ذلك من تسخين كلا من الترانزستورين حيث يعمل كلا منهما نصف الوقت بينما يريح الأخر مع الحفاظ على حالات الخرج وذلك بإدخال نبضة ساعة على البوابة .

ترانزستور MOSFET المتمم (CMOS) :



Dual-Gate MOSFET

الترانزيستور MOSFET ذو البوابتين، وهو من التصميمات الخاصة لترانزيستور تأثير المجال ذو الطبقة المعدنية، وهو من النوعية الموصلة، وكما تعبر التسمية فله وصلتين للبوابة، وذلك لكي يُدخل تيار التوجيه بوابتيه على التوالي (بالتسلسل) وتكون مستقلتين عن بعضهن البعض..

أي يمكن تغيير كفاءة أو قدرة التوصيل بين المصرف (D) والمنبع (S) كلاً على حدا.

يستعمل هذا النوع في الراديو ..

(Vertical Metal-Oxide-Semiconductor) VMOSFET

جميع أنواع ترانزيستور "FET" التي عالجنها حتى الآن تصلح للقدرات المنخفضة نسبياً وذلك يرجع للمسافة الطويلة نسبيا في "القنال" (5 مايكرو متر تقريبا) ، حيث تكون مقاومة الاختراق فيه (من 1 كيلو أوم حتى 10 كيلو أوم) ولذلك تبقى محدودة القدرة ..

أما الإمكانيات الحاضرة لتقنية التصنيع فتسمح بجهد وتيار أكبر ، وببناء طبقة عمودية بالإضافة للطبقات الأفقية المتبعة ، فيصل التيار فيه إلى 10 أمبير ويصل الجهد بين المصرف (D) والمنبع (S) إلى 100 فولت ..

(Vertical Metal-Oxide-Semiconductor Siemens Power)

SIPMOS-FET

وهو يشابه تركيب VMOS-FET باختلاف أن تقنية بنيته المسطحة ، ويكون من النوع المنضب أي حاجز .
تتراوح مقاومة الاختراق به بحدود الميلي أوم ، كما يتراوح توقيت التعشيق به في حدود النانو ثانية ، وغالباً يستعمل كمفتاح قدرة سريع ..

الموصل / البسيط		الحاجز / المنضب	

طريقة فحص ترانزيستور MOSFET

الترانزستورات MOSFET وخصوصاً القناة n كثيرة الاستخدام في دارات التغذية العاملة في نمط التقطيع سواء كانت بشكل فردي (أي بشكل ترانزستور مستقل) أو كترانزستور مبني ضمن دارة متكاملة مثل عائلة الـ STR في التلفزيونات والشاشات وغيرها من وحدات التغذية ..

و من المهم أن نتعرف على طريقة الفحص الستاتيكي لهذا الترانزستور عندما يكون خارج الدارة وبواسطة مقياس الأوم ..

المبدأ بسيط و هام جداً ، لأن الكثير لا يعرفون طريقة فحص هذه الترانزستورات الشائعة في الأجهزة الحديثة ..

- نصل الطرف الموجب للمقياس إلى المصرف و الطرف السالب إلى المصدر، بينما نترك البوابة حرة وبالتالي يجب أن تكون الممانعة عالية جداً أو لا نهاية..
- الآن نصل الطرف الموجب للمقياس إلى البوابة مع المحافظة على الطرف السالب للمقياس على المصدر أي سوف نشحن مكثفة البوابة..
- الآن نعيد الاختبار في الخطوة الأولى يجب أن نحصل على ممانعة صغيرة للغاية..
- نفرغ البوابة بلمس قطبي المصدر و البوابة فيعود الترانزستور لحالته الأساسية ..

طريقة فحص ترانزيستور MOSFET (طريقة ثانية)

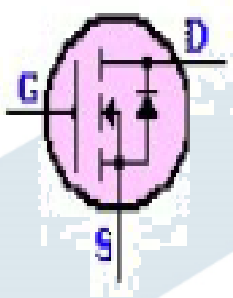
يجرى هذا الفحص باستخدام مقياس فآو رقمي موضوع على مجال فحص الديود وعلى مجال يُطبّق فيهِ جهد أكبر من 3.3 فولت ..

- وصّل "المنبع" في الترانزيستور إلى الطرف السالب من المقياس ..
- أمسيك الترانزيستور من غلافه و لا تلمس الأجزاء المعدنيّة من مجسّات القياس بأي من أطراف الترانزيستور إلا عند الحاجة لذلك و لا تجعل الترانزيستور يلامس ملابسكَ أو الأشياء المصنوعة من البلاستيك.. لأنّ هذه المواد تولّد جهود ساكنة مرتفعة..
- في البدء ضع سلك المجس الموجب بـ"بوابة " الترانزيستور ثم ضَع المجس السالب على "المصرف" يجب أن يعطي المقياس قراءة منخفضة، وبهذا تكون المكثفة الداخليّة على بوابة الترانزيستور قد شُحنت عن طريق المقياس و يكون الترانزيستور "مشغّلاً "..
- حافظ على وضع السلك الموجب للمقياس على المصرف، و ضع إصبعك بين المنبع و البوابة والمصرف أيضاً، إذا أردت، ستفرّغ البوابة عن طريق إصبعك وستكون قراءة المقياس مرتفعة تعني هذه القراءة أن الجسم غير ناقل ..

طريقة فحص ترانزيستور MOSFET

القياس السابق هو عبارة عن فحص جهد القطع في الترانزيستور، الذي يكون في العادة أكبر جهد يُطبّق على البوابة بدون أن تُصبح ناقلة.
هذا الإجراء ليس دقيقاً 100% إلا أنّه كافٍ..

عندما يتعطّل ترانزيستور MOSFET فعادةً يكون السبب هو قصر المصرف إلى البوّابة ،
وهذا يؤدي إلى إعادة جهد المصرف إلى البوابة ومنها إلى التغذية التي تأتي عن طريق مقاومة البوابة ، وقد تؤدي إلى تخريب منبع التغذية وأي ترانزستورات MOSFET مربوطة بواباتها معه على التفرّع ..
لهذا عندما يتعطل ترانزيستور MOSFET يفضل فحص منبع التغذية أيضاً ، لهذا السبب يضاف عادةً ديود زينر بين البوابة والمنبع ، سوف يعمل هذا الترانزيستور قصر دارة و يحد من الأخطار الناتجة عن الأعطال .. يمكن أيضاً إضافة مقاومات صغيرة إلى القاعدة التي ستعمل دارة مفتوحة عندما تتعطل (مثل عمل الفاصمة المنصهرة) بنتيجة تعرضها لجهد مرتفع و بالتالي تؤدي إلى فصل بوابة الترانزيستور ..



الثايرستور

ما هو الثايرستور؟

الوحد السليكوني المحكوم أو الثايرستور (بالإنجليزية: thyristor) عبارة عن عنصر إلكتروني من أشباه الموصلات يسمح بتمرير التيار في اتجاه واحد مثل الدايود. ويختلف عن الديود العادي بأن له طرف تحكم إضافي يسمى البوابة (gate) يسمح بالتحكم في اللحظة التي يبدأ عندها بالتوصيل.

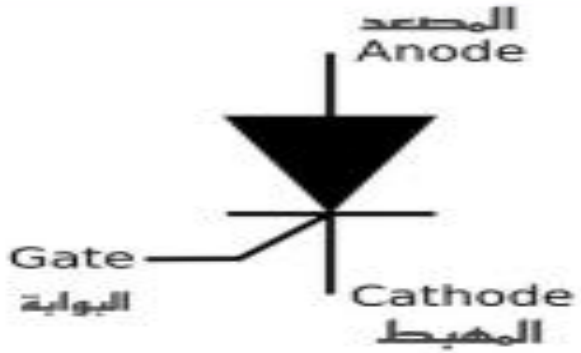
يحتوي الثايرستور على ثلاثة أطراف تشبه الأطراف الثلاثة الموجودة في الترانزستور. والتي تسمى الباعث والمجمع والقاعدة (بالنسبة للترانزستور ثنائي القطبية) أو المصدر والمصرف والبوابة (في ترانزستور تأثير المجال FET).

في الترانزستور ثنائي القطبية، يعمل أحد الأطراف الثلاثة (القاعدة) كعنصر تحكم ينظم مقدار تدفق التيار بين الطرفين الآخرين. وينطبق الشيء نفسه على الثايرستور: تتحكم البوابة في التيار الذي يتدفق بين المصعد والكاثود. وعلى عكس الترانزستور، يسمح الثايرستور باستمرار تدفق التيار حتى عندما ينخفض جهد البوابة إلى الصفر. ومن الجدير بالذكر أنه يوجد أنواع من الثايرستورات

الثايرستور

ويمتلك الثايرستور ثلاثة أطراف هي المصعد (Anode) يتصل بالطبقة الطرفية الموجبة (P)، والمهبط (Cathode) الذي يتصل بالطبقة الطرفية السالبة (N)، والبوابة (Gate) التي تتصل بالطبقة الموجبة الوسطى.

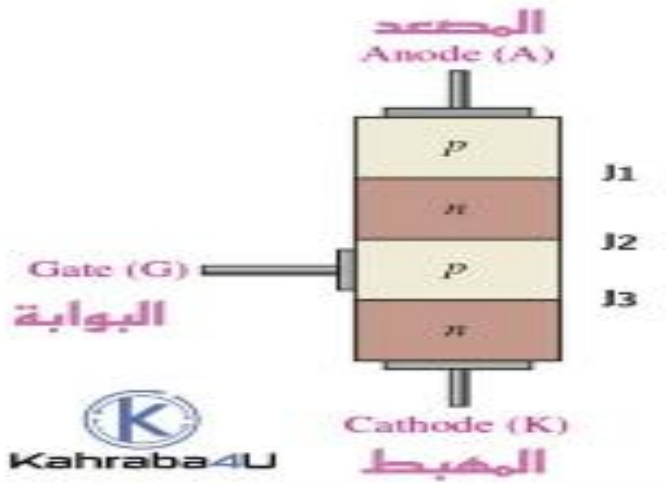
رمز الثايرستور يشبه الدايود ولكن مع جود طرف ثالث يمثل البوابة.



الثايرستور

تركيب الثايرستور

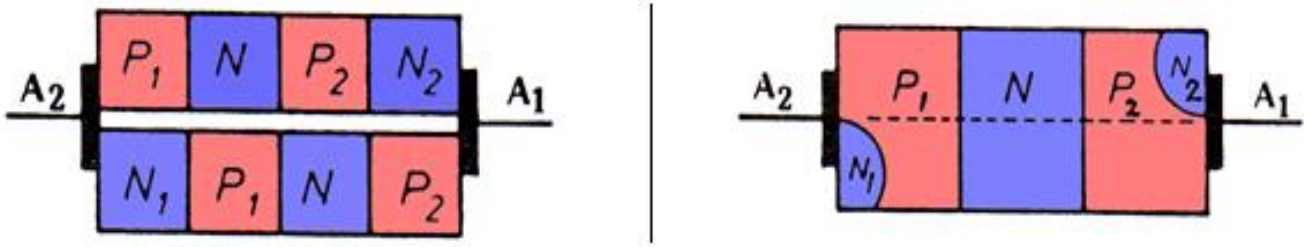
يتكون الثايرستور من أربع طبقات من النوع الموجب P والنوع السالب N، مرتبة على التوالي بحيث تكون طبقة واحدة على شكل PNPN. ويتكون من ثلاث وصلات (PN Junction) متصلة على التوالي (J1، J2، J3) كما هو موضح في الصورة



الدياك (DIAC)

بنية الدياك :

يسمى الدياك أيضاً بالثنائي خماسي الطبقات، إذ أنه يتكون من خمسة طبقات نصف ناقلة (N1-P1-N2-P2) ونلاحظ أنه لا يوجد مصعد أو مهبط للدياك ، ولكن له مربطان (A1) & (A2) ..



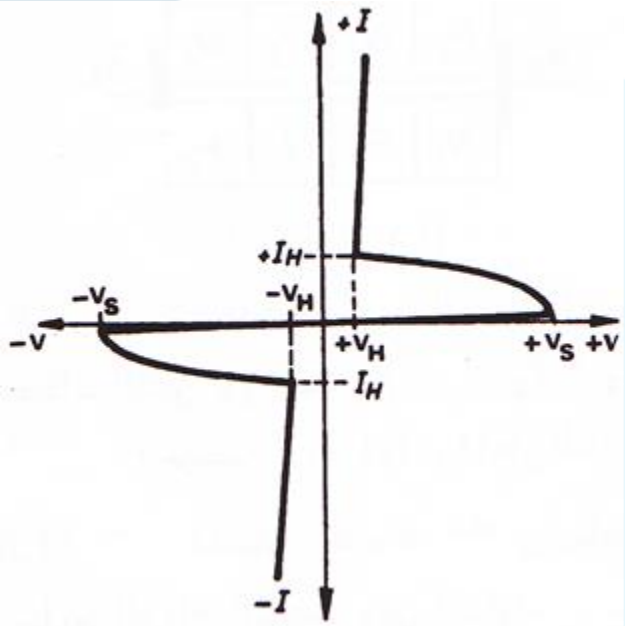
كلمة دياك مشتقه من اختزال التسمية الانكليزية (Diode alternating current switch) وتعني مفتاح ثنائي للتيار المتناوب (مفتاح باتجاهين). ويمكن اعتباره وكأنه يتألف من ثنائيين رباعي الطبقات موصلين على التوازي المتعاكس .

DIAC equivalent circuit DIAC schematic symbol

منحنيات الخواص المميزة للدياك

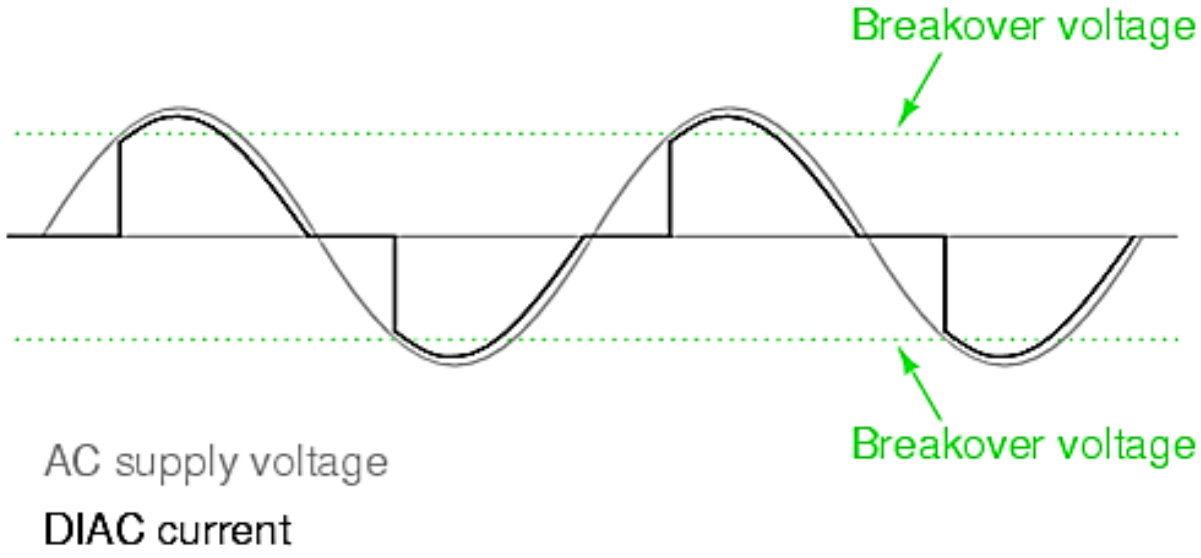
نتيجة لزيادة الكمون الموجب على الدياك إلى القيمة (Vs) يحدث الانهيار الأمامي ويفتح الدياك وينخفض فرق الكمون بين طرفيه إلى القيمة (VH+) وتكون قيمة التيارعندها (IH+) .

وكذلك عند زيادة الكمون السالب على الدياك إلى القيمة (Vs-) يحدث الانهيار العكسي ويفتح الدياك وينخفض فرق الكمون العكسي بين طرفيه إلى القيمة (VH-) وتكون قيمة هذا التيارعندها (IH-) .



مجال استخدام الدياك

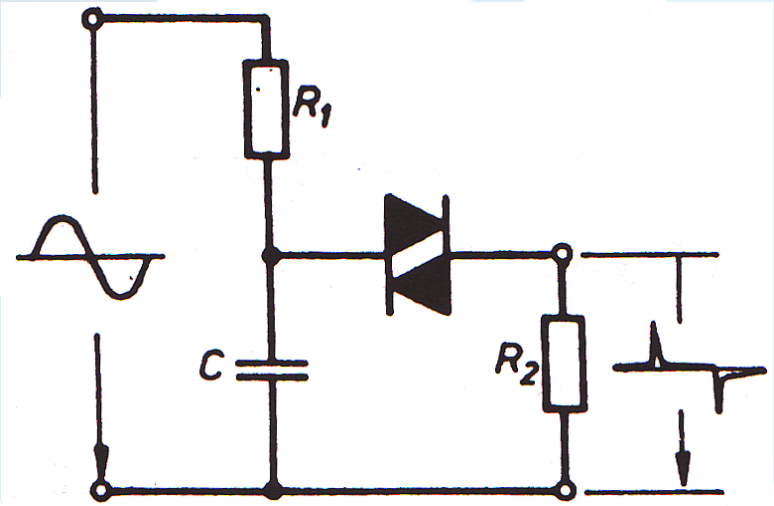
١. يستخدم كمفتاح للتيار المتناوب باتجاهين .
٢. يستخدم في دارات التحكم الالكتروني كعنصر مساعد للتحكم في إقلاع الثايرستور والترياك .
٣. يستخدم في دارات توليد النبضات .



مولد نبضات باستخدام الدياك

يمكن توليد نبضات أبرية ذات اتجاهين موجب وسالب باستخدام الدياك .

حيث نطبق على الدارة التالية كمون متناوب جيبي فيبدأ المكثف بالشحن عند نصف الموجة الموجب إلى أن يصبح فرق الكمون بين طرفيه مساوياً لكمون الانهيار الأمامي ، فيفتح الدياك وتنخفض مقاومته فيفرغ المكثف في المقاومة (R2) ويكون التيار في بدء التفريغ كبيراً ثم يتناقص بسرعة وذلك تبعاً لفرق الكمون بين طرفي المقاومة (R2) وهذا يؤدي لتشكيل نبضة كمون أبرية موجبة الشكل في خرج الدارة .



مولد نبضات باستخدام الدياك

- عند وصول الكمون بين طرفي المكثف إلى القيمة (VH) يقطع الدياك وتصبح مقاومته كبيرة جداً ويتوقف المكثف عن التفريغ .
- يشحن المكثف من جديد ولكن بقطبية معاكسة عند نصف الموجة السالب ، وعندما يصبح فرق الكون بين طرفي المكثف مساوياً لكمون الانهيار العكسي (Vs-) يفتح الدياك وتصبح مقاومته العكسية صغيرة ويبدأ المكثف بالتفريغ حيث يكون تيار التفريغ كبيراً ومعاكساً بالاتجاه لتيار التفريغ في الحالة السابقة ويمر في المقاومة (R2) مشكلاً بين طرفيها فرق كمون ذو قيمة كبيرة ، وبعدها تبدأ قسمة التيار بالتناقص بسرعة كبيرة فيتناقص فرق الكون بين طرفي المقاومة (R2) بسرعة كبيرة ونحصل في الخرج على نبضة أبرية سالبة .
- يعتمد الزمن اللازم لشحن المكثف على قيمة المقاومة (R1) وسعة المكثف (C) ، فكلما كانت قيمة المقاومة (R1) كبيرة كلما كان الزمن اللازم حتى يصل فرق الكمون بين طرفي المكثف (C) إلى القيمة (Vs) أكبر ، وكذلك يعتمد زمن التفريغ على قيمة المقاومة (R2) ، فعندما تكون قيمتها صغيرة يكون زمن التفريغ صغيراً .
- تأخذ إشارة الخرج (VA) بين طرفي المقاومة (R2) شكل نبضات أبرية ، وللحصول على نبضات أبرية حادة يجب أن تكون قيمة المقاومة (R2) أصغر بكثير من المقاومة (R1) .

مواصفات الدياك

يتم معرفة جهد الفتح للدياك إما من جدول المواصفات أو من حلقة لونية موجودة في وسطه مرمزة كما يلي :

اللون	القيمة
برتقالي	٣٠فولت
أصفر	٤٠فولت
أخضر	٥٠فولت
أزرق	٦٠ فولت

مواصفات الدياك

الجدول عيّنة من جدول مواصفات دياك.

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

وفي هذا الجدول ترى الرموز التالية:

V_{BO}: ويعني جهد الانهيار (breakover voltage).

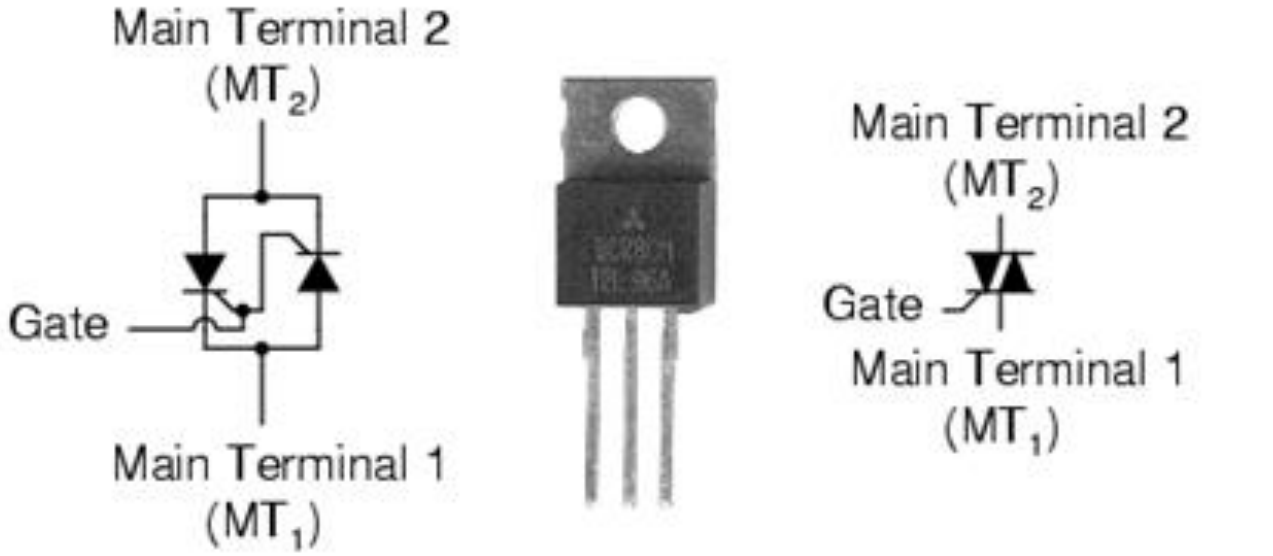
I_{BO}: ويعني تيار الانهيار (breakover current).

Ipulse: ويعني التيار الأعظمي النبضي (maximum peak pulse current).

P_D: تبديد الاستطاعة الأعظمي.

التريـاك (TRIAC)

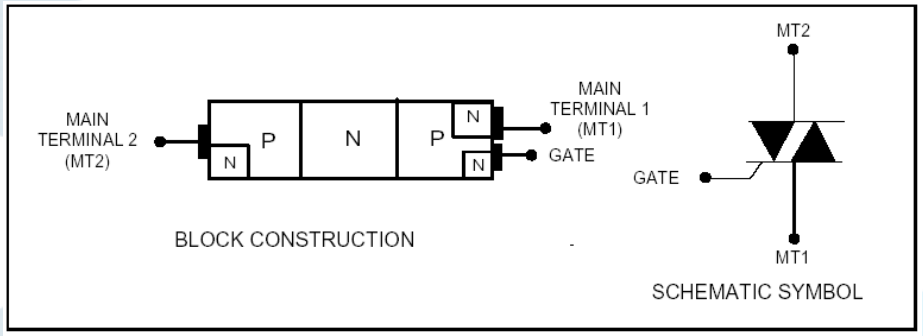
لأن الثايرستورات SCRs أحادية الاتجاه فهي تستخدم في دارات التحكم التي تعمل بالتيار المستمر. ولكن بوضع زوج منها بطريقة معاكسة (مثلما فعلنا مع الدياك سابقا) سيتكون لدينا عنصرا جديدا يسمى التريـاك TRIAC.



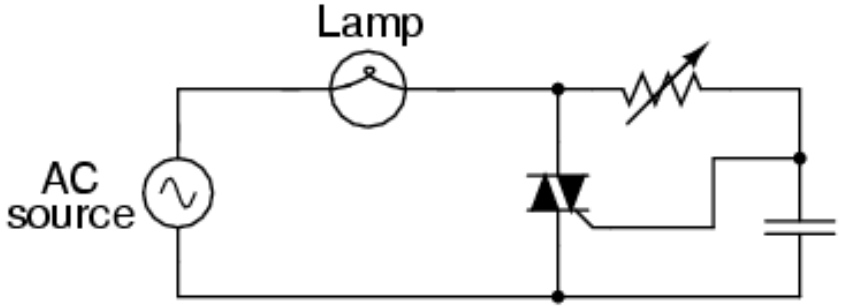
TRIAC equivalent circuit *TRIAC schematic symbol*

التريـاك (TRIAC)

وهذا العنصر الجديد قادر على التعامل مع نصفي الموجة المترددة AC (كما حدث مع الدياك) .



ولكننا نلاحظ أن الثايرستور SCR يستخدم بكثرة في دارات التحكم (مثل دارات التحكم في المحركات) بينما يستخدم التريـاك كعنصر في التطبيقات التي لا تتطلب قدرات عالية عند عملها مثل التحكم في المصابيح الصغيرة لتغيير شدة الإضاءة كما بالشكل التالي :

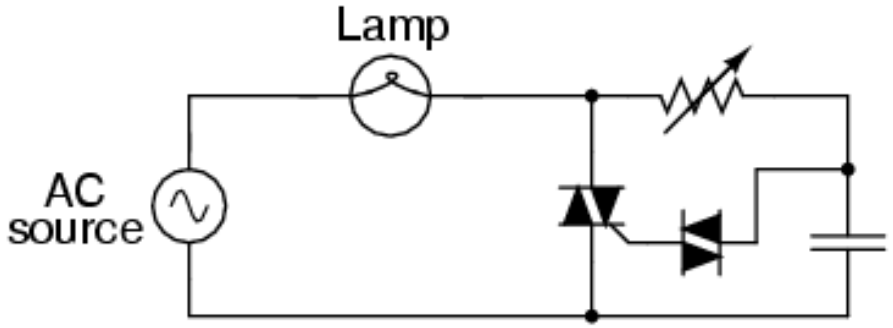


وطبعاً الجزء المكون من المقاومة المتغيرة والمكثف هو الذي يحدد الزاوية التي يحدث عندها التشغيل (مما يحدد متوسط الجهد الذي سيشغل المصباح).

التريـاك (TRIAC)

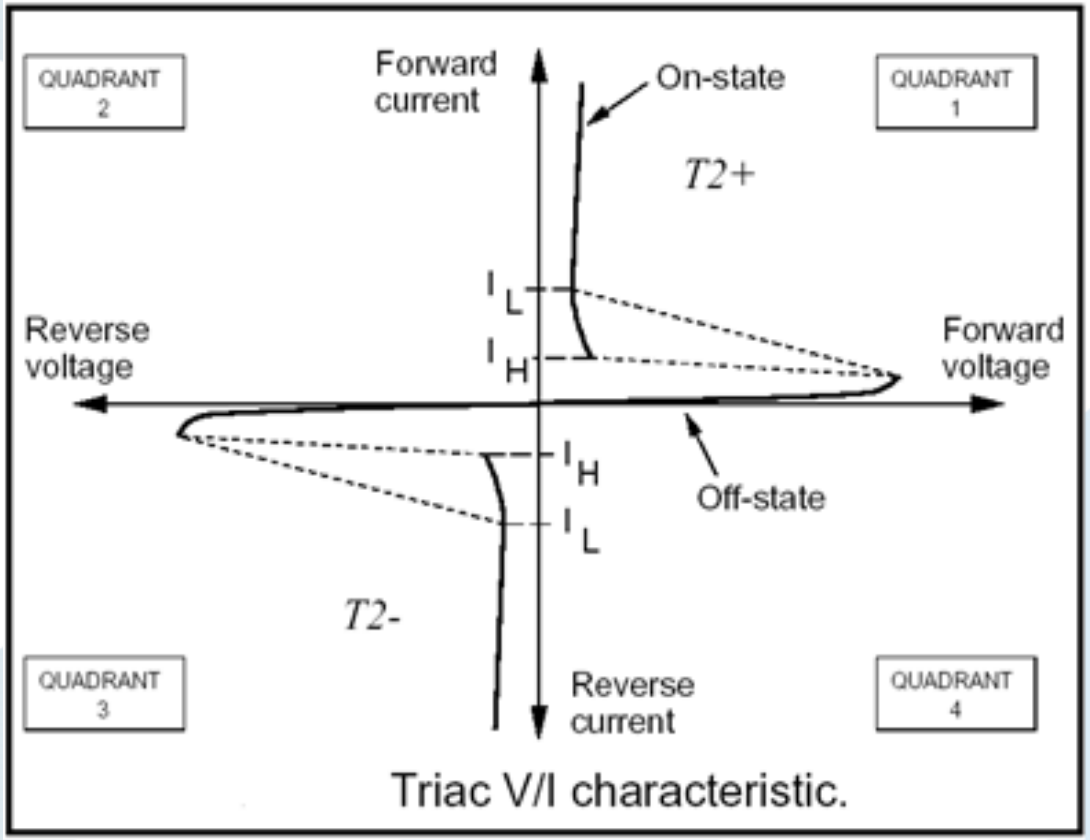
والتريـاك لـه سـمعة سـيئة في الـدارات العمليـة حيـث أن جهـد الإشـعال في النصـف الموجـب يختلـف عـن جهـد الإشـعال للنصـف السـالب في معظم الأحيان . وخاصية عدم التماثل في جهد الإشعال تعتبرغيرمرغوب فيها لأنها تنتج تو افقيات harmonics (ترددات) غيرمرغوب فيها .

ولجعل تيارالترياك أكثرتماثلية (و أقل في التو افقيات الغيرمرغوبة) نستخدم عنصرا لضبط توقيت الإشعال (وهوفي الدارة التالية الدياك DIAC) :

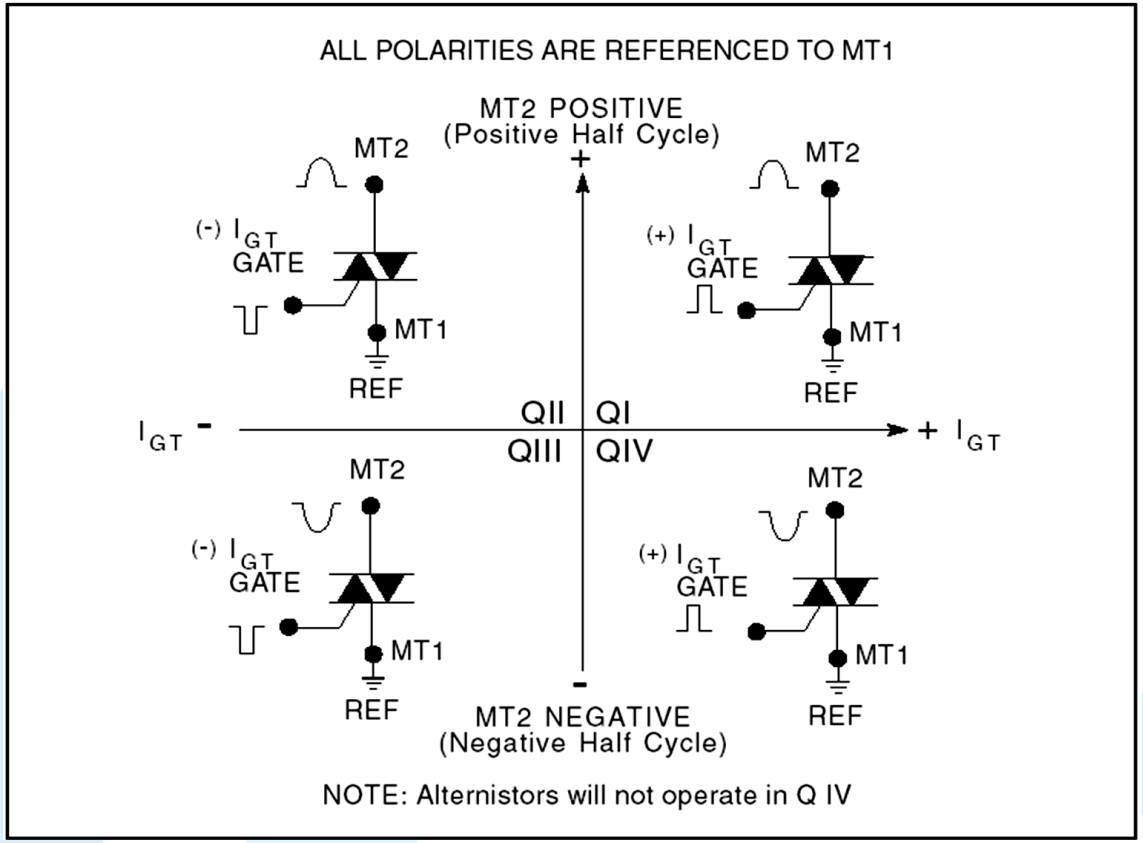


إن استعمال الدياك سيجعل التيارالمارفي الدارة أكثرتماثلية بين نصفي الموجة السالب والموجب وذلك لأن الدياك سيمنع أي وصول للتيارإلى بو ابة التريـاك حتى يصل إلى جهد الانهيارالـلازم لتشغيله .

مميزة الفولت أمبير للترياك



Triac V/I characteristic.



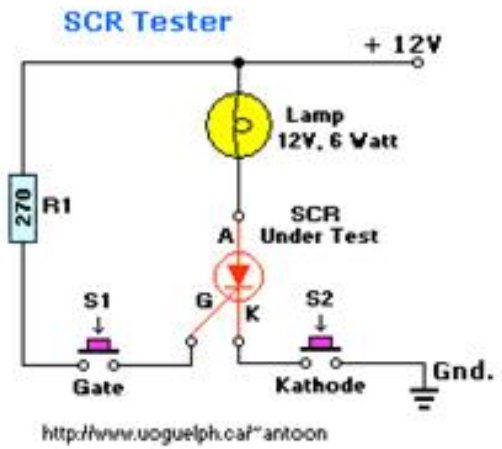
NOTE: Alternistors will not operate in Q IV

طريقة الفحص

- G , A1 : يمرر باتجاه واحد فقط / الأمامي/ .
- G , A2 : يمرر باتجاه واحد فقط /الأمامي/ .
- A1 , A2 : لا يمرر.

هناك طرق أخرى لفحص التريالك أدق من استخدام جهاز أوم متر تماثلي .. و أفضل الطرق وأسهلها باستخدام الدارة التالية .. والتي تستخدم لفحص التريالك أو الثايرستور ..

لإجراء الاختبار يجب أن ينير المصباح عن الضغط على المفتاحين، وتبقى مضيئة حتى بعد ترك المفتاح الأول والإبقاء فقط على المفتاح الثاني مضغوط ..

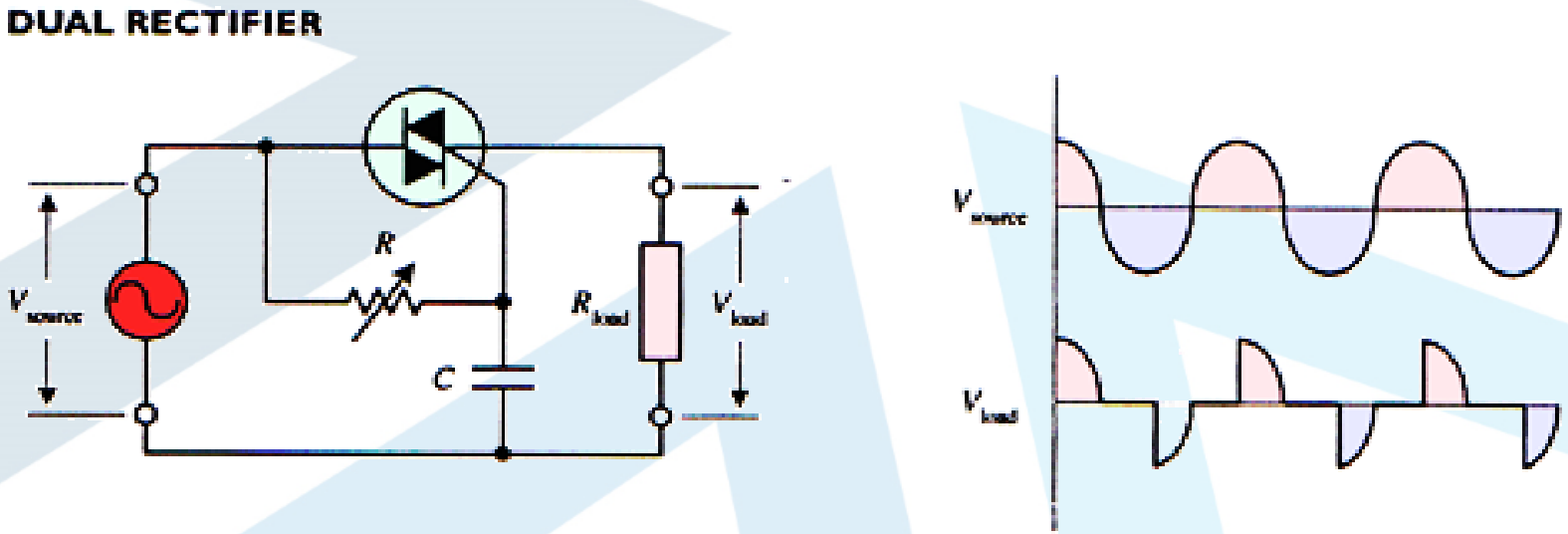


دارة تحكم بالاستطاعة:

يُستخدم في هذا الشكل ترياك ومقاومة متغيرة مع مكثف لتكوين دارة يتم فيها تمرير تيار إلى الحمل خلال فترات من أنصاف الدور الموجب والسالب (أي لا يمر التيار عبر الحمل خلال كامل نصف الدور الموجب وكذلك الأمر بالنسبة لنصف الدور السالب). المقاومة المتغيرة R هي التي تتحكم بلحظة انتقال الترياك إلى حالة on لأن المكثف يشحن عبر هذه المقاومة وعندما يصبح جهد المكشف مساوياً لجهد القدح يُطلق الترياك إلى حالة (on) ويمرر تياراً عبر الحمل وفي الشكل (100.4) يُعطى شكل جهد الحمل ومنه نلاحظ أنه يتم قص أجزاء من جهد الدخل في نصفي الدور الموجب والسالب وكلما زادت قيمة المقاومة R يتأخر إطلاق الترياك ويزداد الجزء المقصوص وبالطبع يؤثر المكثف أيضاً على لحظة الإطلاق لأن الجهد على المكثف يتأخر بالصفحة عن جهد الدخل المطبق بين MT2 و MT1، فمثلاً إذا كان جهد المكثف كافياً للقدح ولكن الجهد بين طرفي MT1 وMT2 يمر بالصفر عندها لن يحدث قدح وسوف يتأخر القدح حتى يتجاوز الجهد قيمة الصفر.

دارة تحكم بالاستطاعة

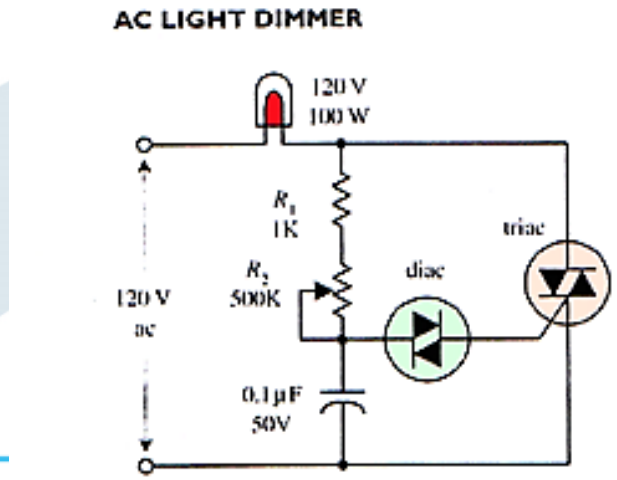
كلما زاد القص في موجة الدخل تنخفض القدرة المقدمة إلى الحمل وطبعاً إذا ما قورنت هذه الدارة التي تتحكم بالقدرة المقدمة إلى الحمل مع دارة تحوي حملاً على التسلسل مع مقاومة متغيرة بسيطة تلاحظ أن دارتك هنا لا تضيع أي استطاعة.



دارة متحكم بالاستطاعة وأشكال جهود الدخل والحمل.

دارة تحكم بالاستطاعة المتناوبة

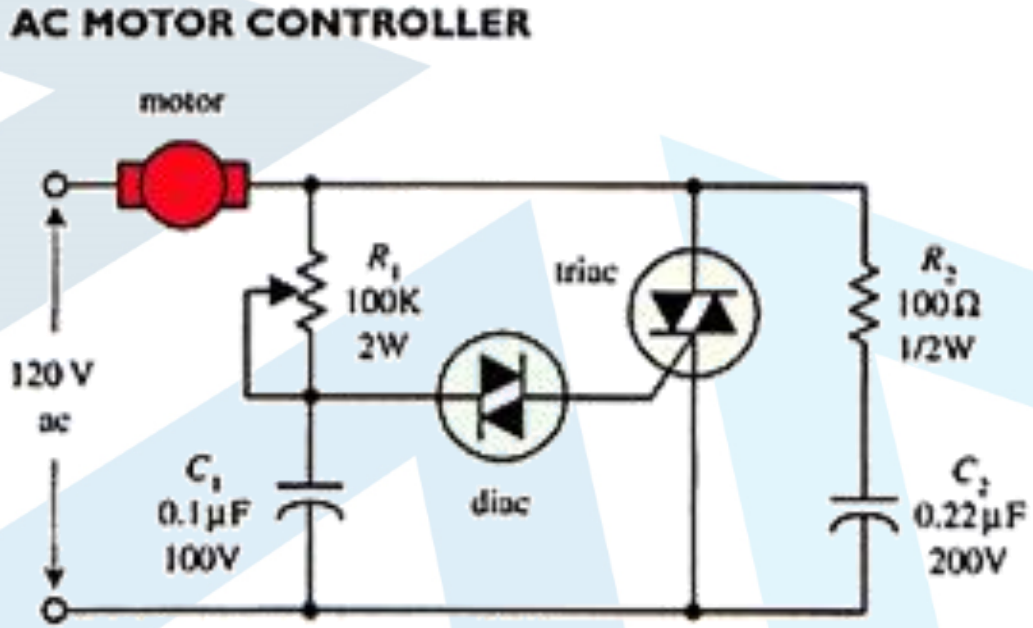
تستخدم هذه الدارة (الشكل) في العديد من مفاتيح وصل الإنارة في المنازل فالدياك (diac) –الذي سنتعرف عليه في الفقرة التالية– يُستخدم لضمان القدح الدقيق للترياك. يعمل الدياك على توصيل تيار بين طرفيه عند تجاوز الجهد المطبق عليه لجهد انهياره. وحالما يصل الجهد على طرفي الدياك إلى قيمة جهد الانهيار فإنه يمرر نبضة تيار إلى الترياك. في لحظة ما يكون الدياك في حالة قطع وعندما يصل جهد المكثف الذي يُشحن عبر المقاومات (R1) و(R2) إلى قيمة تساوي جهد انهيار الدياك فإن الدياك يمرر تيارا إلى بوابة الترياك فيقدح الترياك إلى حالة نقل ويمر تيار عبر المصباح وعندما يفرّغ المكثف إلى جهد أقل من جهد قدح الدياك فإن الدياك يعود إلى حالة (off) ويُقطع الترياك ويعود المصباح إلى حالة (off) وتتكرر الدورة ويظهر لك أن المصباح في حالة (on) لكن إضاءته تنخفض وذلك لأن حالات (on) و(off) في المصباح تحدث بشكل سريع جداً، ويتم التحكم بإضاءة المصباح بواسطة المقاومة R2.



دارة تحكم بإضاءة مصباح ac.

التحكم بمحرك تيار متناوب

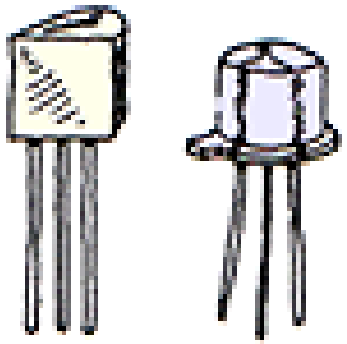
هذه الدارة تشبه من حيث الشكل دارة التحكم بإضاءة المصباح ولكن أضيف إليها فرع مكون من R2 وC2 لكبت الحالة العابرة. يتم التحكم بسرعة دوران محرك التيار المتناوب بواسطة المقاومة المتغيرة (R1).



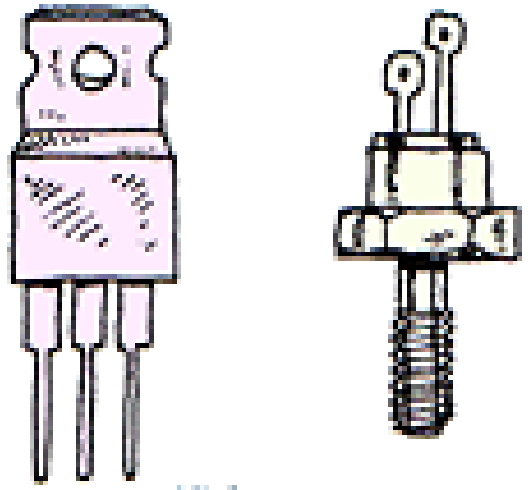
دارة تحكم بمحرك تيار متناوب.

أنواع وأشكال التريـاكات

تتوفر التريـاكات لتيارات منخفضة ومتوسطة والتريـاكات منخفضة التيار تكون عادة ذات قدرة على تمرير تيار لا يتجاوز (1A) وتتحمل جهداً يبلغ عدة مئات الفولت. أما التريـاكات متوسطة التيارات فتتحمل تيارات حتى 40A وجهوداً حتى عدة آلاف الفولت. ومن الجدير بالذكر هنا أن التريـاكات لا تستطيع التحكم بفتح وإغلاق دارات ذات تيارات عالية وعالية جداً كما هي الحال في الثايرستورات.



Low current



High current

المعطيات الفنية للترياك

نتعرف فيما يلي على بعض المعطيات الفنية التي يستخدمها المنتجون لوصف تريا كاتهم.

$I_{TRMS,max}$: القيمة الفعالة (RMS) لتيار حالة on، وهي القيمة العظمى المسموحة للتيار الذي يمر بين MT1 وMT2.

$I_{GT,min}$: تيار مستمر (dC) لقدح البوابة، تيار البوابة المستمر الأصغري اللازم لنقل الترياك إلى حالة (on).

$V_{GT,min}$: جهد مستمر (dC) لقدح البوابة، الجهد المستمر الأصغري اللازم لقدح البوابة بحيث يمر عبرها التيار الأصغري اللازم لنقل الترياك إلى حالة (on).

I_H: تيار المسلك (dC) وهو التيار المستمر الأصغري الذي يجب أن يمر بين MT1 وMT2 كي يبقى الترياك في حالة (on).

P_{GM}: تبديد الاستطاعة الأعظمي على البوابة (peake gate power dissipation)، وهو الاستطاعة الأعظمية المبدَّدة بين البوابة وMT1.

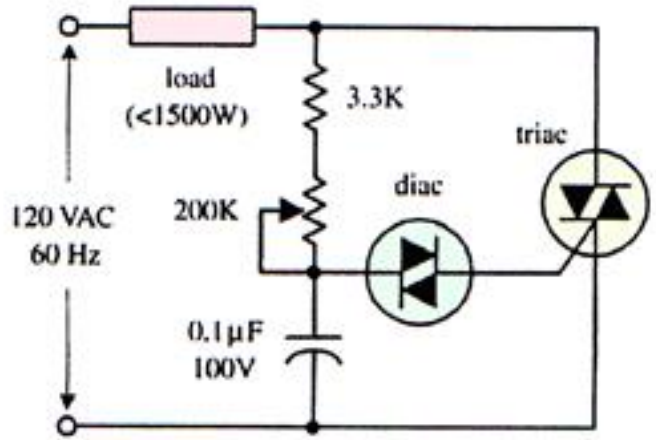
Isurge: تيار اندفاعي (مفاجئ)، وهو التيار الاندفاعي (المفاجئ) الأعظمي المسموح.

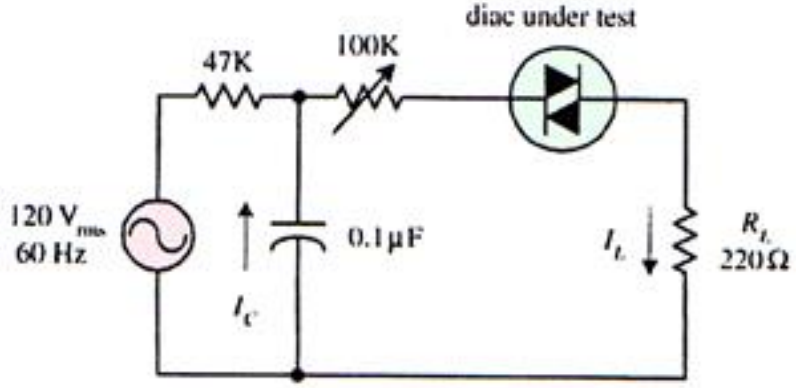
يبيِّن الجدول (5.4) عينة من جدول مواصفات ترياك، والغاية من هذا الجدول هي إعطاء فكرة عن القيم المتوقعة لبارامترات الترياك.

المعطيات الفنية للترياك

الجدول (5.4): عيّنة من جدول مواصفات ترياك.

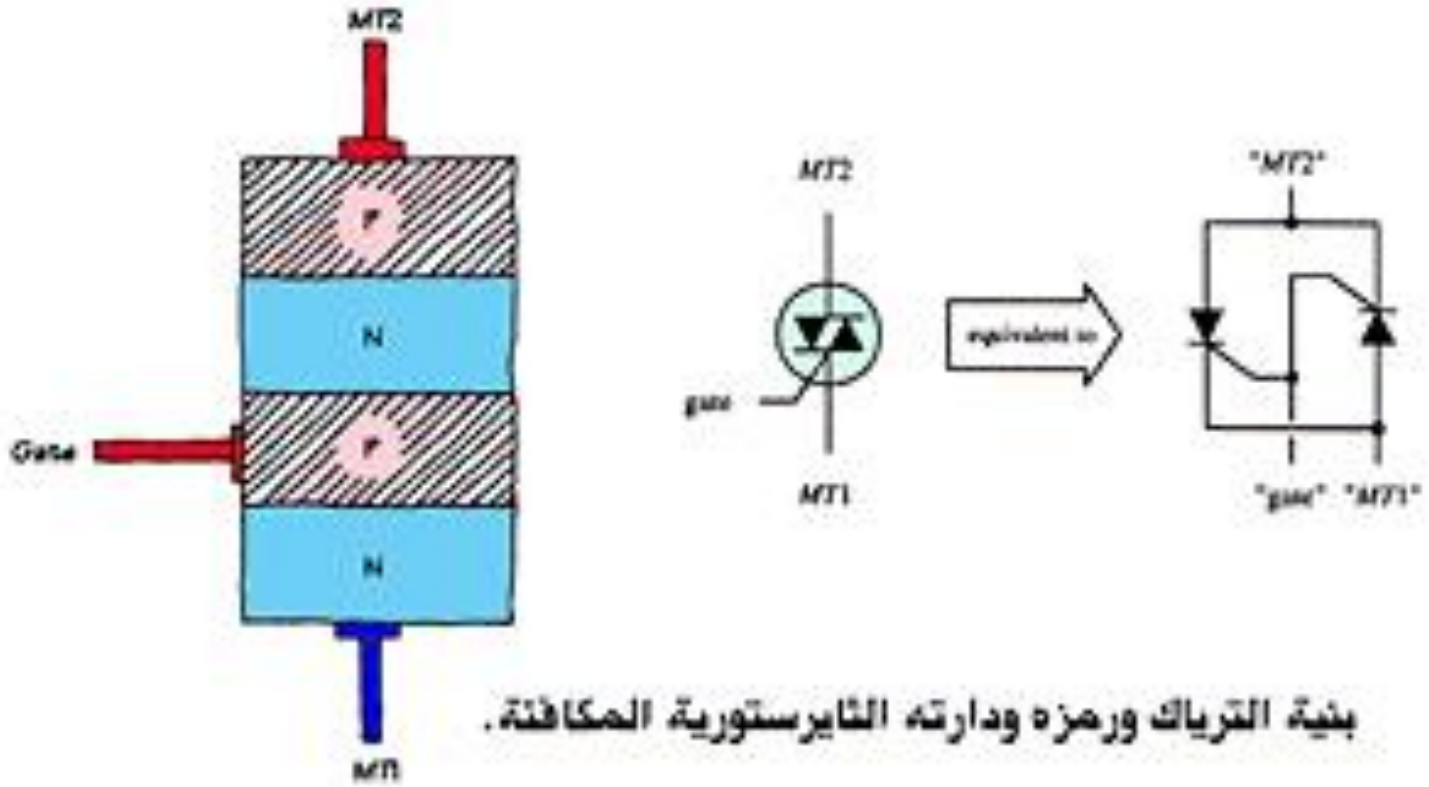
MNFR#	$I_{T,RMS}$ MAX (A)	I_{GT} MAX (mA)	V_{GT} MAX (V)	V_{FON} (V)	I_H (mA)	I_{SURGE} (A)
NTE5600	4.0	30	2.5	2.0	30	30





دارة قياس مواصفات الدياك ودارة تحكم صفحي كامل الموجة.

المعطيات الفنية للترياك



بنية الترياك ورمزه ودارته الثايرستورية المكافئة.

قادح سميث

مهما تكن نبضة القدح في الدخل فإنه يعطينا في الخرج نبضة مربعة. تتألف الدارة المؤلفة في الشكل من مرحلتي تكبير مباشر لا يمكن للدارة أن تتحيز تلقائياُ بدون نبضة قدح خارجية.

قبل تطبيق نبضة القدح على الدارة فإن المقاومة (R1,P) تؤمنان انحيازاً أمامياً ل T1 (مجزئ كمون القاعدة T1) تضبط المقاومة المتغيرة P بحيث يكون T1 في حالة قطع هذا يعني أن Vcc=Vct1 وبالتالي يتم تأمين انحياز موجب لقاعدة الترانزستور T2 عن طريق المقاومتين (R4,R3) فيصبح T2 في حالة عمل ويكون Vct2=0 ويمر تيار في المقاومة R5, Ie2 التي تؤمن تغذية عكسية تعمل على زيادة التوتر اللازم لفتح T1 عند تطبيق توتر (إشارة) متزايد على قاعدة T1 فإنه يصبح في حالة توصيل وتصبح قيمة Vr5<Ve1 و Vbe<Ve وينخفض التوتر Vct1 ويقل استقطاب T2 وبالتالي ينقص التيار المار فيه وينخفض التوتر على طرفي المقاومة X5 ويستمر تيار I2 بالتناقص إلى أن يصبح T1 في حالة التوصيل التام و T2 في حالة القطع ويكون Vcc=Vct1 وهكذا تتكرر العملية.

قاطع حساس الضوء

قبل تسليط الضوء على المقاومة الضوئية LDR فإن مقاومتها تكون كبيرة جداً تصل إلى 4MΩ في الظلام فيتم تأمين كمون انحياز موجب لقاعدة T1 وبالتالي يصبح في حالة توصيل فينخفض الكمون على مجمعه ليجعل T2 في حالة قطع وهذا يؤدي إلى أن جهد مجمع الترانزستور T2 يصبح كافي ليفتح ثنائي زينر ويجعل الترانزستور T3 في حالة عمل ويضيء المصباح.

عند تسليط الضوء على المقاومة الضوئية فإن قيمتها تنخفض (20KΩ في الضوء) وبالتالي يصبح T1 في حالة قطع فيزداد الجهد على مجمعه وهذا يؤدي إلى جعل T2 في حالة عمل فينخفض الجهد على مجمع T2 ويصبح غير كافي لفتح ثنائي زينر فيقطع الترانزستور T3 وينطفئ المصباح.

المذبذب المتعدد اللامستقر: (فليب فلوب)

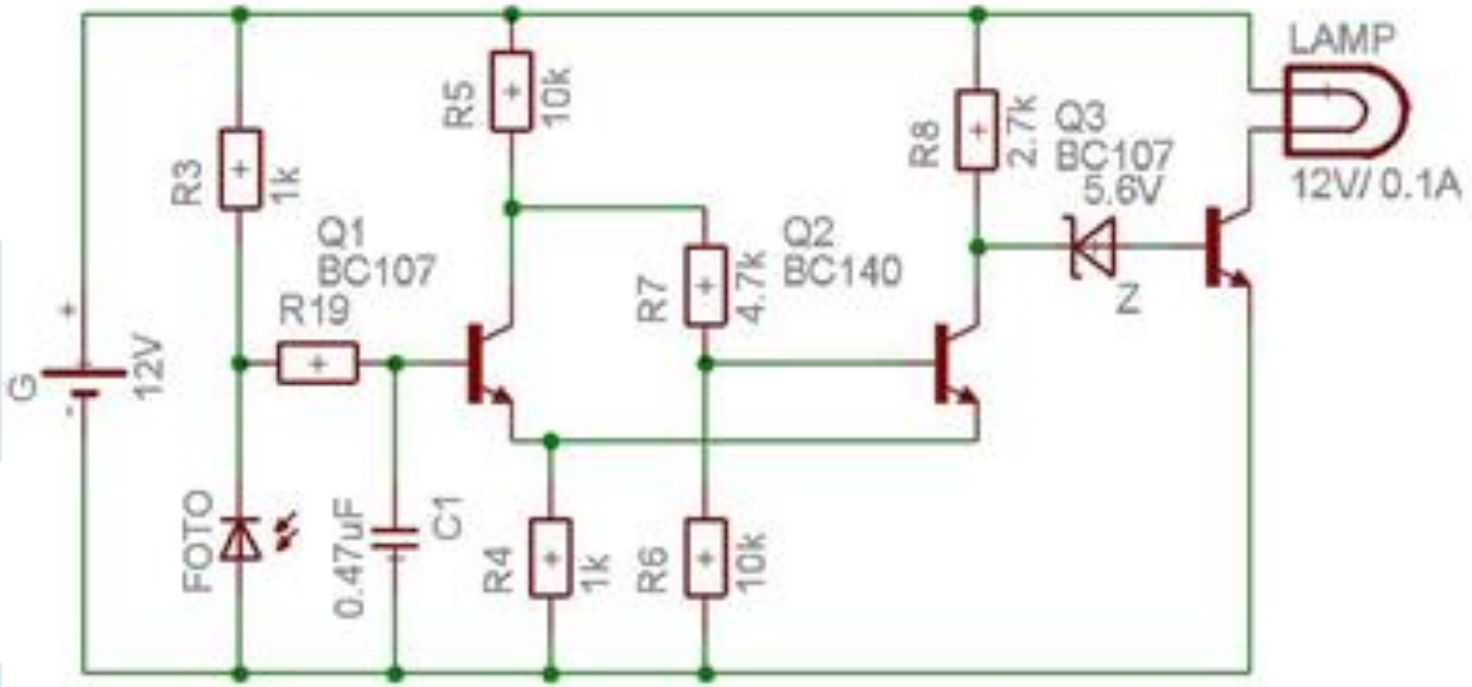
T1 (on) => T2 (off) Vc2 يشحن [Vcc⟶ LED2⟶ C2⟶ D1⟶ T1⟶ GND]

Vc1 يفرغ [C1⟶ T1⟶ GND⟶ Vcc⟶ R2⟶ C1`]

يكون استقطاب قاعدة T2 سالباً إلى أن ينتهي C1 من التفريغ عندها فإنه يقوم بالشحن من جديد باتجاه معاكس فيصبح جهد قاعدة الترانزستور T2 موجباً ويضيء LED2 ويبدأ C2 بالتفريغ من خلال T2 ويكون جهد قاعدة الترانزستور T1 سالباً .

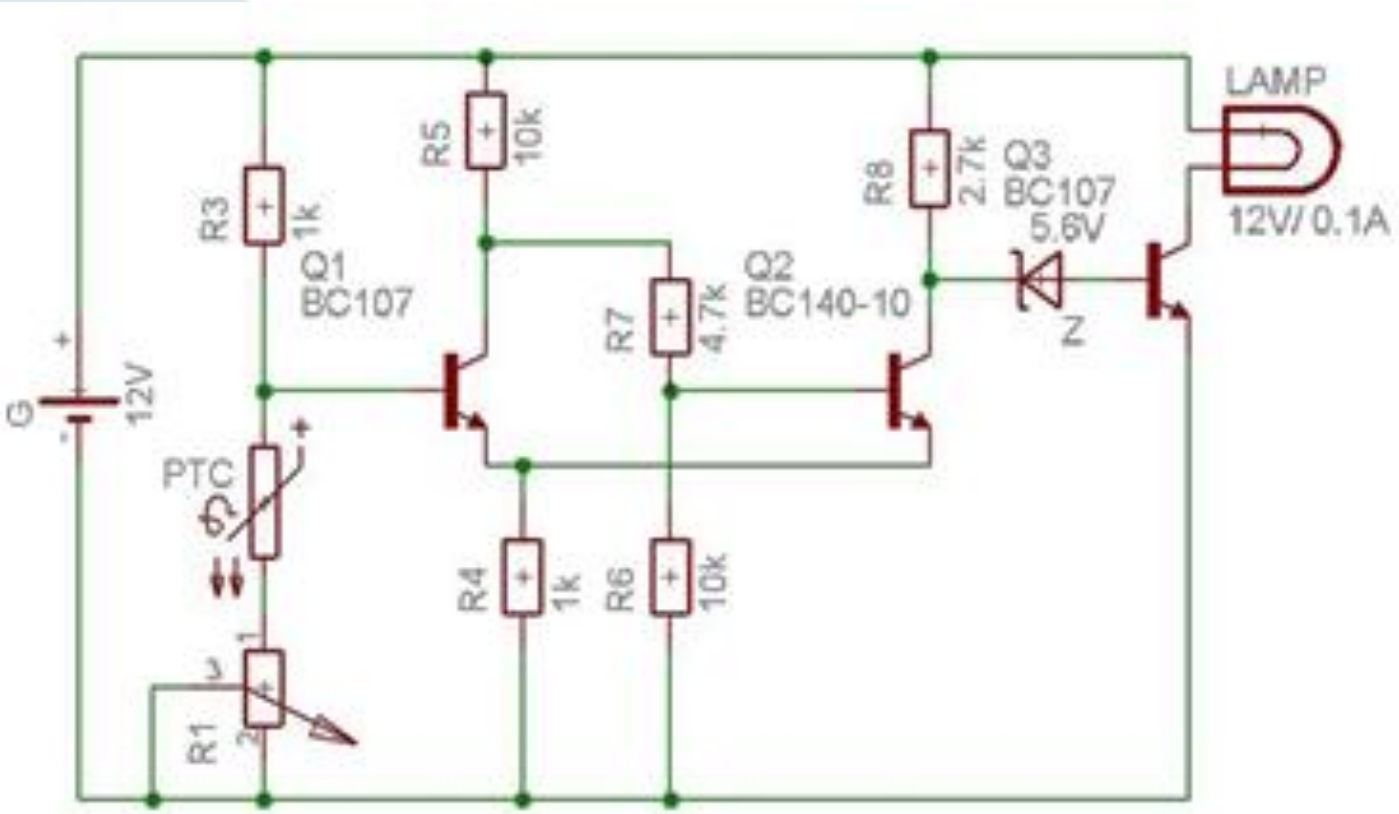
قاطع حساس الضوء

والدارة التالية تبين طريقة وصل الحساس الضوئي، واستجابته للتغيرات الخارجية المؤثرة . حيث أنه في الظلام تصبح مقاومته صغيرة ويفتح الترانزستورويعمل المصباح.



قاطع حساس الضوء

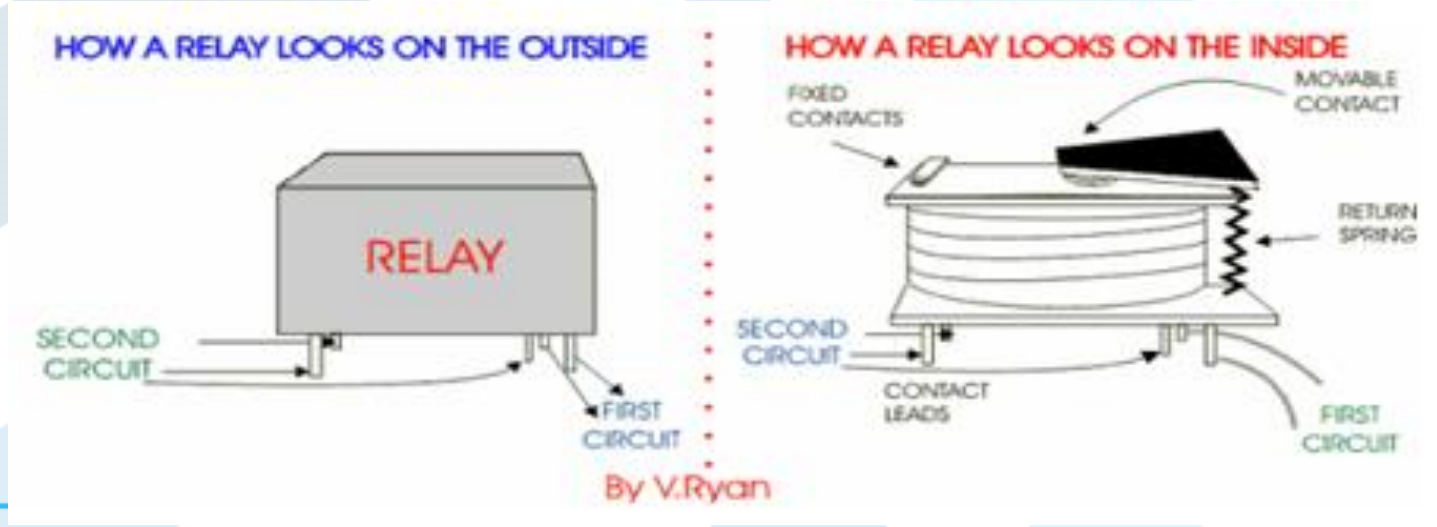
يمكن تعديل الدارة السابقة لتعمل كدارة حساس حراري من النوع الموجب PTCأو السالب NTCكما في الشكل التالي:



الريليه الكهروميكانيكية

هي عبارة عن عنصر كهربائي يتكون من مفتاح ميكانيكي يمكن التحكم به كهربائياً من خلال تطبيق جهد على الملف الموجود بداخلها .

هذا العنصر يعتبر عنصراً استطاعياً أكثر من كونه عنصراً الكترونياً، بالرغم من وجود عناصر تسمى (Mini Relay) تركب على الدارات الإلكترونية، وهو يتوفر بأحجام متعددة واستطاعات مختلفة تبدأ من 1Amp وحتى 60Am، ولها دور كبير في الدارات الصناعية في حال كونها يمكن أن تحل محل الكونتكتور الذي يصدر أصواتاً عالية عند الفتح والإغلاق.



الريليه الكهروميكانيكية

ومن أكثر استخداماتها في الدارات الإلكترونية، وهو قيادة مرحلة الخرج النهائي من خلال التحكم بالجهد المطبق على ملف الريليه باستخدام ترانزستور صغير لا يتجاوز تياره 1Amp.

لكنه يجب الانتباه أن الريليه تستغرق زمناً بأجزاء الميلي ثانية حتى تستجيب للوصل والفصل، وهذا الزمن ناتج عن عطالتها الميكانيكية، لذا لا يمكننا استخدامها في التطبيقات التي تحتاج إلى سرعات عالية، حيث يستعاض عنها بالثايرستورات الاستطاعية أو التراياكات أو المفاتيح السليكونية.

وتنتشر في التطبيقات الصناعية : في دارات المنظمات الكهربائية وأجهزة الـ PLCودارات المصاعد والأبواب الكهربائية والعديد من التطبيقات الأخرى...

بالإضافة لكونها تتوفر بتيارات متعددة، هي أيضاً تتوفر بجهود تحكم متعددة أيضا وهي جهود نظامية عالمية:

6V , 9V , 12V , 15V , 24V , 36V , 48V , 60V , 220V ..

الريليه الكهروميكانيكية

بعض أشكالها المستخدمة في التطبيقات الصناعية..

الريليه الكهروميكانيكية

بعض أشكالها المستخدمة في الدارات الإلكترونية..

كيف تعمل الريليه

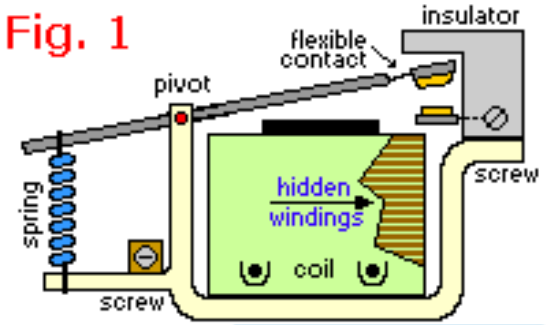
لفهم طريقة عمل الريليه انظر إلى الشكل التالي:

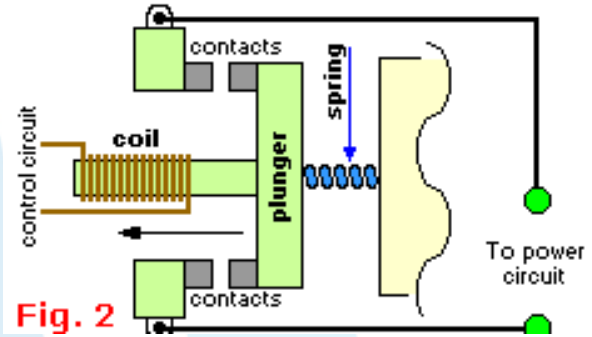
لو افترضنا أن هناك ذراعاً معدنيا مستقر في وضعه الطبيعي على محور وافترضنا أن هذا الذراع يمكنه التحرك بحرية على هذا المحور فماذا سيحدث عندما نقرب مغناطيساً إلى هذا الذراع كما هو موضح هنا؟

لاشك أن الذراع سيترك وضعه الطبيعي و سيتحرك إلى الأسفل باتجاه المغناطيس مما يجعل طرفه الآخر يلامس النقطة الحمراء وبذلك يكون هناك اتصال بين النقطة الحمراء والذراع. هذه ببساطة هي طريقة عمل الريليه.

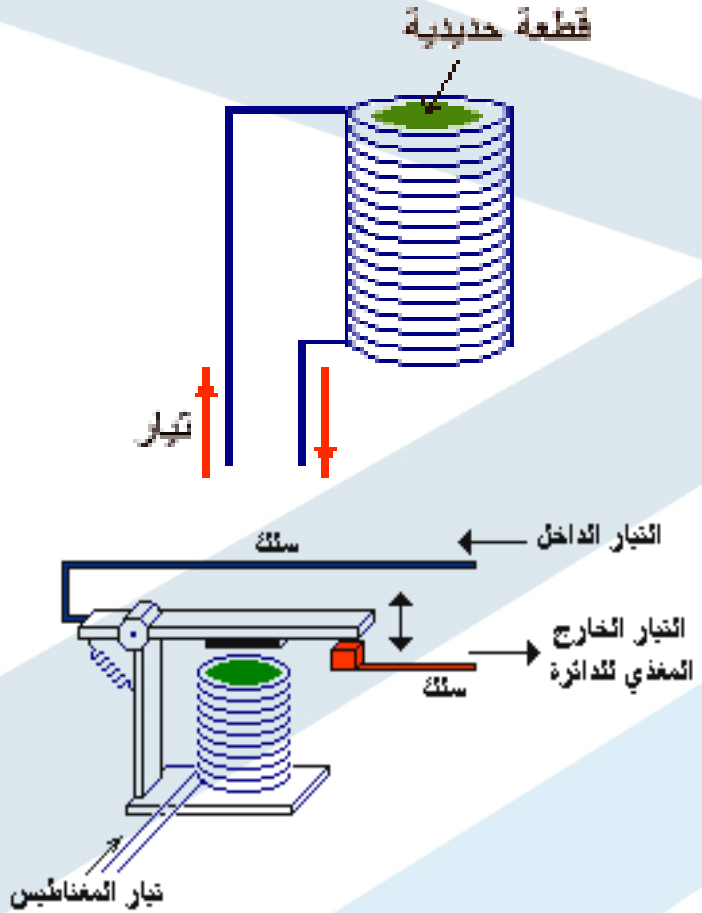
كيف تعمل الريليه

وبشكل أعمق، يوضح الشكل التالي رسماً تفصيلياً للبنية الداخلية للريليه حيث أنه عندما يتم تغذية الوشيعة (Coil) فإن الزراع الذي يحمل التماس المتحرك سوف ينجذب ويلامس التماس الثابت مؤدياً إلى وصل الدارة، وعندما يفقد الملف تهييجه تؤثر قوة النابض العكسية على الذراع وتعيده إلى وضعيته الأساسية.





أجزاء الريليه



الريليه إذا يتكون من جزئين رئيسيين وهما:

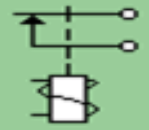
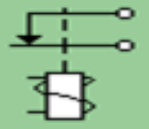
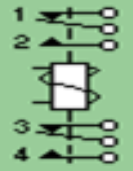
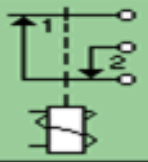
الملف المغناطيسي : و مثلناه سابقاً بالمغناطيس. ولكن بدلاً من المغناطيس العادي فإن الريليه يستخدم المغناطيس الكهربائي وهو عبارة عن قطعة حديدية ملفوف حولها سلك. فعندما نمرر تياراً كهربائياً في السلك يتكون مجال مغناطيسيا وتتحول القطعة الحديدية إلى مغناطيس.

المفتاح ومثلناه سابقا بالذراع في وضعيه الطبيعي: غير ملامس، والآخر وملامس (فهو موصل).

فعندما يمر تيار ثابت في الملف ويبدأ المغناطيس الكهربائي بالعمل ينجذب الذراع المعدني إلى الأسفل وتكتمل الدائرة فيبدأ التيار في السريان إلى الدائرة.

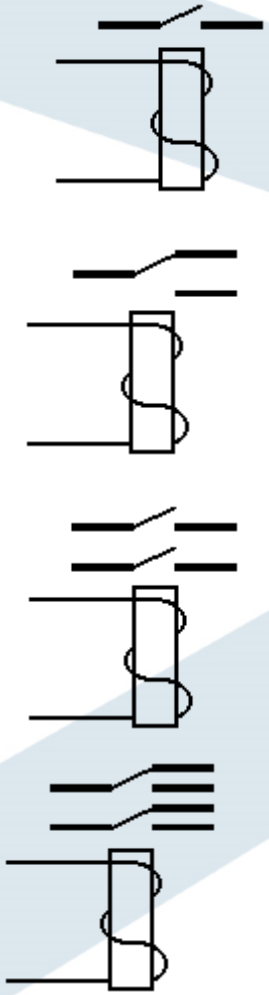
أنواع الريليه

هناك أنواع مختلفة من الريليهات تصنف حسب عدد نقاط التلامس وعدد حوامل التماسات. فعدد حوامل التماسات يحدد عدد ما يسمى بالأقطاب وعدد نقاط التلامس يحدد ما يسمى بالتحويلات، وأهم هذه الأنواع:

Design	Sequence	Symbol	Form
SPST N.O.	Make		1A
SPST N.C.	Break		1B
SPDT	Break(1) Make(2)		1C
DPDT	Break(1,3) Make(2,4)		2C
SPDT	Make(1) Before Break(2)		1D

Tabel 2.

أنواع الريليه



- **الريليه ذو القطب الواحد والتحويلة الواحدة (SPST):**

في هذا الريليه يكون هناك ذراع واحدة (أي قطب واحد) وتكون لهذا الذراع نقطة واحدة للتلامس.

- **الريليه ذو القطب الواحد والتحويلتين (SPDT):**

في هذا الريليه تكون هناك ذراع واحدة (قطب واحد) ولها نقطتين للتلامس تكون مرتبة بحيث عندما يتحرك الذراع تقوم إحدى النقاط بالتوصيل بينما تكون النقطة الأخرى في وضع الفصل.

- **الريليه ذو القطبين والتحويلة الواحدة (DPST):**

في هذا الريليه يوجد هناك ذراعان تتحركان بنفس الوقت و لكل ذراع نقطة تلامس واحدة.

- **الريليه ذو القطبين وتحويلتين (DPDT):**

في هذا الريليه يكون هناك ذراعان تتحركان بنفس الوقت ولكن لكل ذراع نقطتي تلامس.