جامعة المنارة الخاصة

كلية الهندسة

هندسة روبتيك

الالكترونيات الصناعية

Lecture 2

خواص الثايرستور

(SCR Thyristors)

The Silicon-Controlled Rectifier

مدرس المقرر
أ.د. بسام عطية

الدياك (DIAC)

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

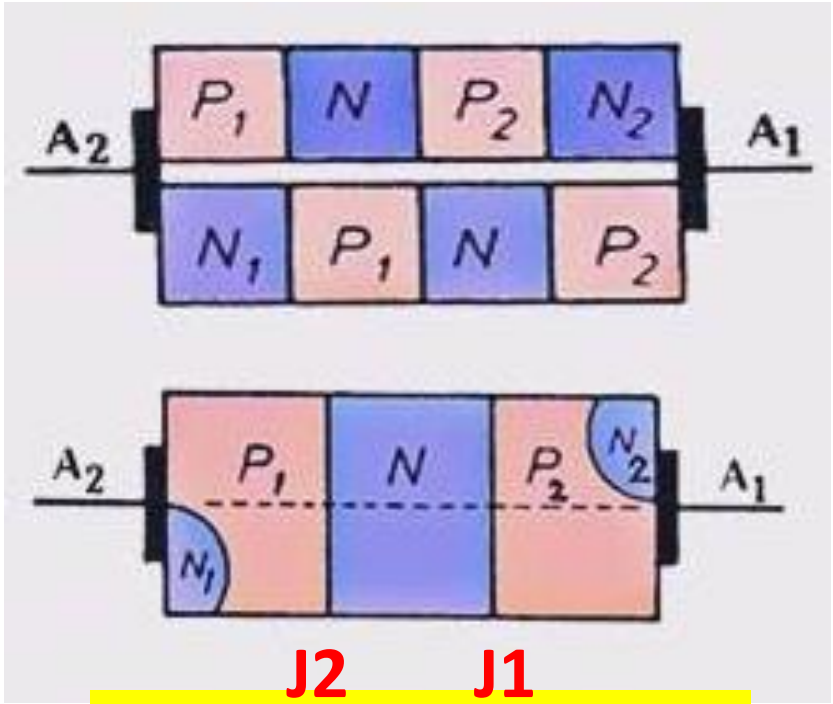
بنية الدياك :

يسمى الدياك أيضاً بالثنائي خماسي الطبقات (N1-P1-N2-P2)، ويتكون من خمسة طبقات نصف ناقلة، نلاحظ أنه لا يوجد مصعد أو مهبط للدياك، وله مربطان (A1) & (A2).

يستخدم الدياك في الدارات الإلكترونية كعناصر تعمل على إمرار التيار الكهربائي في اتجاهين، وهو عنصر له طرفان وهو يحتوي على خمس طبقات ويعد عنصرا ثنائي الاتجاه ويمكنه التحول من حالة القطع OFF إلى حالة التوصيل ON بصرف النظر عن اتجاه القطبية عبر طرفيه. وكلمة دياك مشتقة من اللغة الإنجليزية Diode for Alternating Current وتعني المفتاح ثنائي الاتجاه للتيار المتناوب، وفي الدياك يكون تركيز حاملات الشحنة متماثلا بخلاف الترانزستور لتوفير خصائص متماثلة في اتجاهي التوصيل ولذلك لا يوجد للدياك مصعد أو مهبط و لا يحتاج الدياك إلى دارة قدح.

هو عبارة عن عنصر إلكتروني يشبه إلى حد كبير الديود ولكنه يختلف عنه في انه يوصل التيار في كلا الاتجاهين وليس له أنود Anode وكاثود Cathode وانما طرفان A1 و A2 ويحتاج الدياك إلى جهد أكبر من جهد الديود للانتقال إلى حالة ON.

التركيب الداخلي للدياك



التركيب الداخلي للدياك

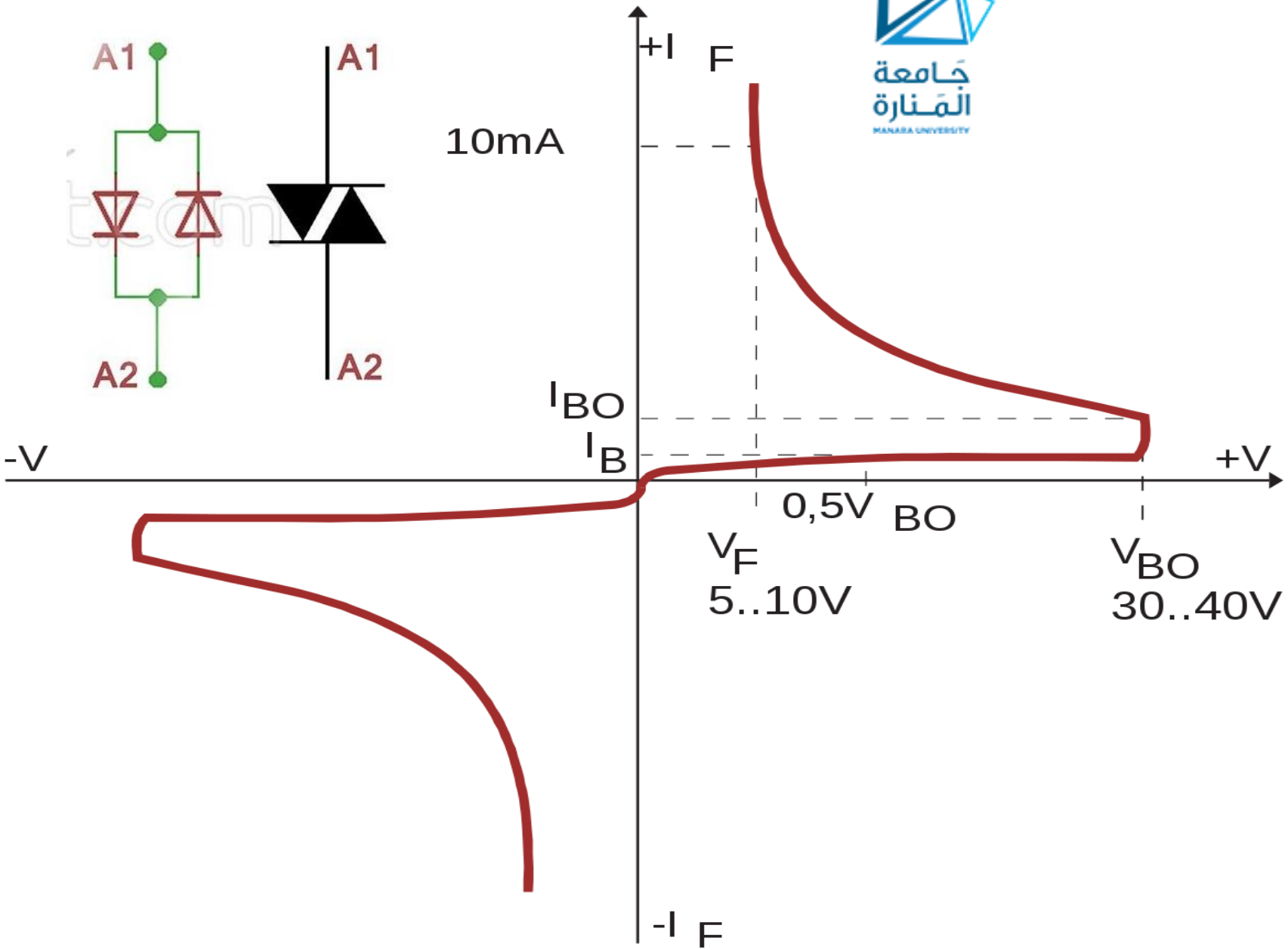
- يتكون من وصلتين J1 و J2 يعملان كدايودين موصلين بالتوالي ومتعاكسين، يعمل كل منهما خلال نصف الموجة حيث انه يعمل في النصف الموجب والنصف السالب من الموجة، وينتهي بطرفين توصيل مصعدين A1 و A2.
- عند تطبيق جهد على طرفي الدياك فإنه لن يسمح بمرور التيار خلاله إلا بعد وصول الجهد للقيمة العليا له وهى VBR، وعندما يفتح الدياك فإنه يسمح بمرور التيار خلاله ويتراجع الجهد على اطرافه من V_{BR} إلى V_{ON} حيث انه أصبح بمثابة سلك يوصل التيار وبالتالي المقاومة له انخفضت وأيضا الجهد.

أما في الجزء السالب يكون بنفس الطريقة السابقة للجزء الموجب من الموجة ولكن تكون القيم بالسالب حيث أن الدياك يسمح بمرور التيار في كلا الاتجاهين الموجب والسالب.

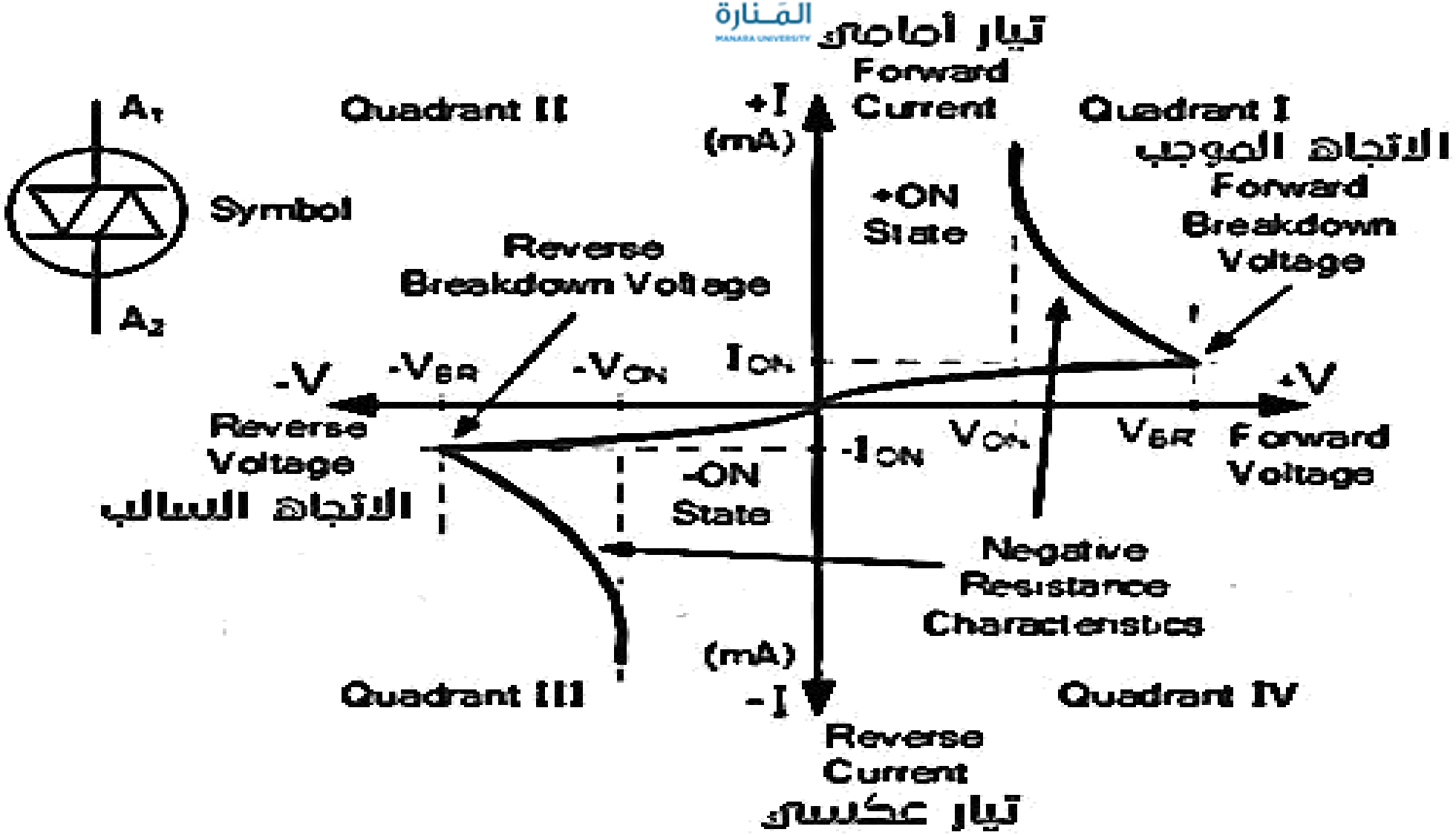
خواص الدياك :

A1
A2

A1
A2


+I F
10mA
I BO
I B
-V
+V
0,5V BO
V F
5..10V
V BO
30..40V
-I F

DB3
Voltiat.com


تيار أمامي
Forward Current
+I
(mA)
Quadrant II
Quadrant I
الاتجاه الموجب
Forward Breakdown Voltage
+ON State
Reverse Breakdown Voltage
A_1
A_2
Symbol
$-V_{BR}$
$-V_{ON}$
I_{ON}
-V
+V
Reverse Voltage
الاتجاه السالب
V_{ON}
V_{BR}
Forward Voltage
$-I_{ON}$
-ON State
Negative Resistance Characteristics
(mA)
-I
Quadrant III
Quadrant IV
Reverse Current
تيار عكسي

اهم البيانات التي نحتاجها في الداتا شيت :

داتا شيت الدياك

NTE6407 /NTE6408 /NTE6411 /NTE6412

NTE6407, NTE6408,
NTE6411, NTE6412
Bilateral Trigger Diodes (DIACS)

Electrical Characteristics: (T_C = +25°C unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Breakover Voltage (Forward and Reverse) NTE6407	V_{BO}		24	28	32	V
NTE6408			28	32	36	V
NTE6411			35	40	45	V
NTE6412			56	63	70	V
Breakover Voltage Symmetry NTE6407, NTE6408	ΔV_{BO}	Note 2	–	–	2	V
NTE6411			–	–	3	V
NTE6412			–	–	4	V

Note 2. $\Delta V_{BO} = [\,|+V_{BO}| - |-V_{BO}|\,]$

Electrical Characteristics (Cont'd): (T_C = +25°C unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Dynamic Breakback Voltage NTE6407, NTE6408	V_{BR}	$\|\Delta V_F\|$, at 10mA, Note 3	7	–	–	V
NTE6411		$\|\Delta V_F\|$, Note 3	10	–	–	V
NTE6412			20	–	–	V
Peak Breakover Current	I_{BO}	At Breakover Voltage	–	–	25	μA
Peak Pulse Current NTE6407, NTE6408, NTE6411	I_{PM}	For 10μs, 120PPs, $T_A \le$ +40°C	–	–	2.0	A
NTE6412			–	–	1.5	A

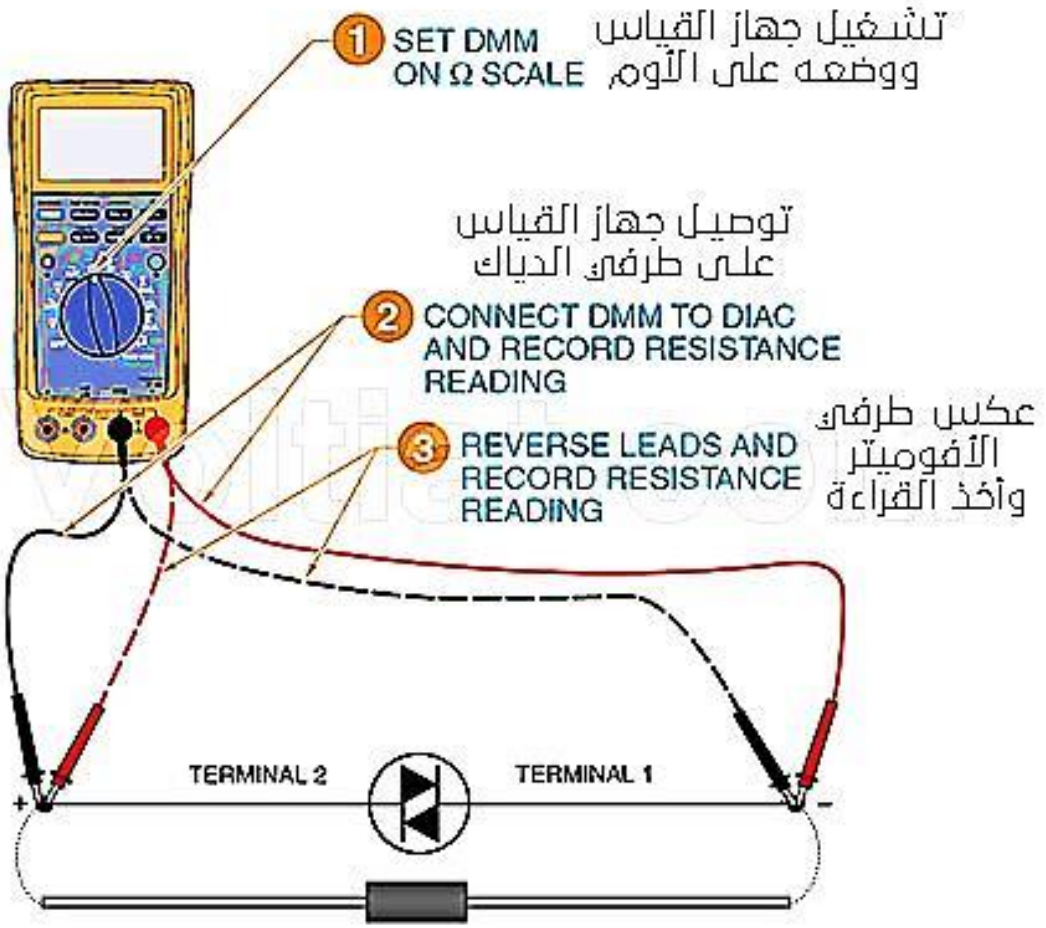
Note 3. Typical switching time is 900ns measured at I_{PK}.

- **Break over Voltage (Forward and Reverse):** وتختصر إلى V_{BO} وهى الجهد اللازم لتشغيل الدياك سواء في الاتجاه الأمامي أو العكسي وسوف نلاحظ وجود قيمة Min وهى أقل قيمة للجهد من الممكن أن يعمل عندها الدياك ولكن قد لا يعمل ولذلك نجد القيمة المتوسطة وهي Typ التي يعمل عندها الدياك أما القيمة القصوى للجهد هي Max هناك بعض أنواع الدياك تبدأ العمل من عند القيمة القصوى ولكن من الممكن تطبيق جهد على الدياك أكبر من هذه القيمة.
- فمثلا نجد الدياك NTE6407 قيمة Min تساوي ٢٤ فولت ، وقيمة Typ تساوي ٢٨ فولت ، وقيمة Max تساوي ٣٢ فولت ومن الممكن أن يتم تطبيق جهد قيمته أكبر من ٣٢ فولت على الدياك ويظل يعمل.
- **Peak Pulse current:** وهي مقدار التيار التي من الممكن أن يتحملها الدياك فنجد مثلا الدياك NTE6407 و NTE6408 و NTE6411 تتحمل حتى ٢ أمبير، أما الدياك NTE6412 يتحمل حتى ١.٥ امبير.
- **Holding current:** تعبر عن اقصي تيار ممكن أن يمر خلال الدياك ليصل إلى الحمل فلو كان الحمل يحتاج إلى تيار أعلى فلن يعمل الدياك.

طريقة فحص الدياك

يتم فحص الدياك باستخدام جهاز الأوميتر كالتالي:

- وصل طرفي DMM على التوازي مع طرفي الدياك واخذ القراءة.
- عكس أطراف جهاز الأوميتر، ثم تأخذ القراءة مرة أخرى
- يجب أن تظهر نفس القراءة في الحالتين وعادة تكون بالميجا، وإذا كانت القراءة قيمة قليلة جداً أو ظهور قراءة مختلفة عن الأخرى فهذا يدل على أن الدياك غير صالح ويجب تغييره.



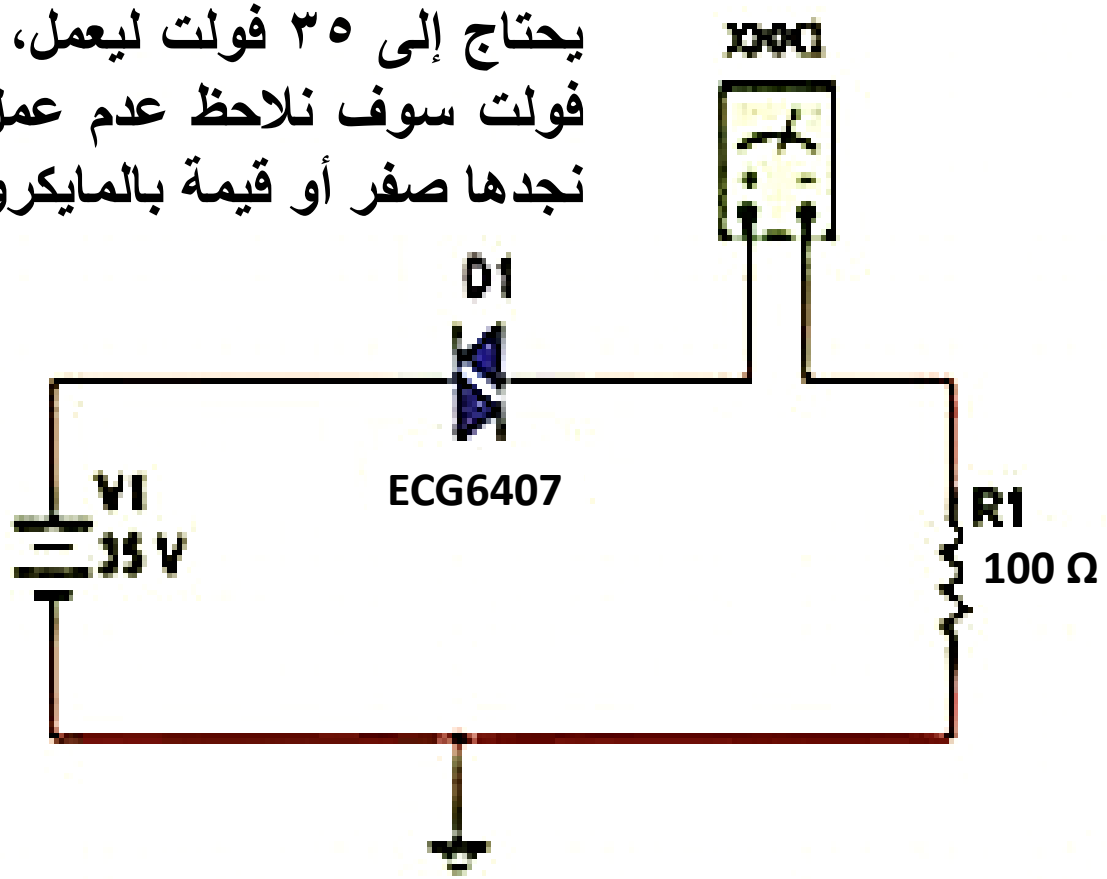
استخدامات الدياك

- إمكانية استخدامه كمفتاح للتيار المتناوب باتجاهين.
- يستخدم كوسيلة مساعدة للتحكم في قدح الثايرستور والترياك.
- توليد نبضات للدوائر الإلكترونية.
- يمكن استخدامه كحماية لبعض الدوائر

- يستخدم مع الترياك في دوائر التحكم في شدة الإضاءة.
- يستخدم في دوائر التحكم في الحرارة.
- يستخدم في دوائر التحكم في المحركات الكهربائية.

مثال لتوضيح كيفية عمل الدياك

يبين الشكل دائرة صغيرة تتكون من مصدر جهد قيمته ٣٥ فولت، ودياك نوعه ECG6407 يحتاج إلى ٣٥ فولت ليعمل، ومقاومة قيمتها ١٠٠ أوم، بتطبيق جهد في البداية أقل من ٣٥ فولت سوف نلاحظ عدم عمل الدياك ولو قمنا بقياس الجهد على المقاومة أو الحمل سوف نجدها صفر أو قيمة بالمايكرو أمبير وهذا معناه عدم عمل الدياك،



أما إذا قمنا بزيادة الجهد إلى أن يصل إلى الجهد الذي يحتاجه الدياك للعمل وهى ٣٥ فولت سوف نلاحظ عمل الدياك ولو قمنا بقياس الجهد على المقاومة سوف نجد لها قيمة وهذا معناه وصول تيار إليها عن طريق الدياك، ولو قمنا بإدخال قيمة جهد أكبر من ٣٥ فولت سوف يظل الدياك يعمل ويمرر التيار إلى الحمل او المقاومة.

ما هو عمل (وظيفة) الدياك؟

يعمل الدياك بكل بساطة على السماح بمرور التيار في الانحياز الأمامي عند زيادة الجهد الموجب على الدياك وعندها يحدث الانهيار الأمامي، كما يمرر الدياك التيار في الانحياز العكسي عند زيادة الجهد السالب وعندها يحدث الانهيار العكسي.

مما سبق يتضح أن Diac عبارة عن جهاز شبه موصل ثنائي الاتجاه ثنائي الاتجاه مصمم للانهيار عندما يتجاوز جهد التيار المتردد عبره مستوى معينا يمر التيار في أي اتجاه.

ما الفرق بين الدياك والترانزستور؟

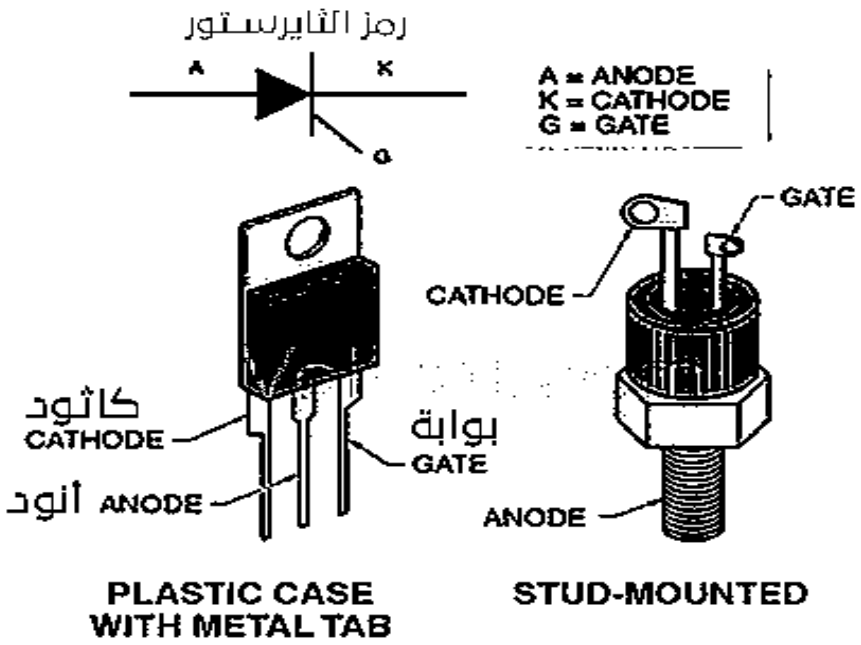
هناك شبه واضح بين الدياك و الترانزستور من حيث البناء العام، ولكن هناك فروق أساسية تميز الدياك عن الترانزستور منها ما يلي :

- لا يوجد طرف ثالث متصل بطبقة القاعدة .
- تركيز حاملات الشحنة متماثل (بخلاف الترانزستور) وذلك لكي يعطي خواص متماثلة في اتجاهي التوصيل كليهما ولذلك لا يوجد طرفي المصعد (القطب الموجب) Anodeوالمهبط (القطب السالب) Kathode و سوف نسمي طرفي الدياك T1,T2 فكل طرف ممكن أن يمرر التيار الكهربائي على حسب أسبقية الفولتيه عليه.

تعريف الثايرستور (Thyristors)

Silicon Controlled Rectifier (SCR).

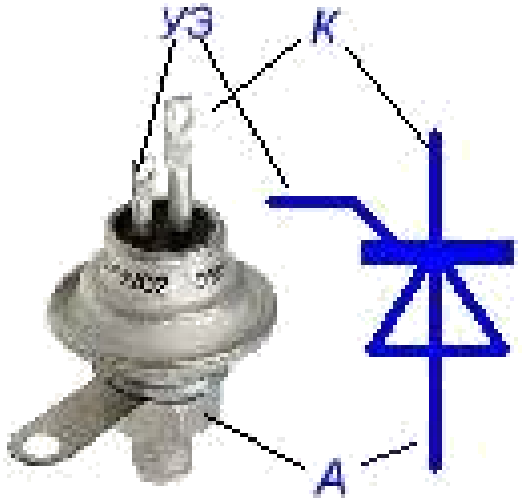
الثايرستور هو عبارة عن عنصر إلكتروني مصنوع من مواد نصف ناقلة ويتألف من أربع طبقات و هي على التسلسل (P1 , N1 , P2 , N2) و له ثلاثة أقطاب المصعد، المهبط، البوابة. يعمل على السماح بمرور التيار الكهربائي في اتجاه واحد فقط مع إمكانية التحكم بالتيار،ويتم التحكم به بإعطاء إشارة نبضيه صغيرة على طرف البوابة، ولا يمكن إيقاف التيار عنه إلا بفصل التغذية عنه.



أطراف الثايرستور

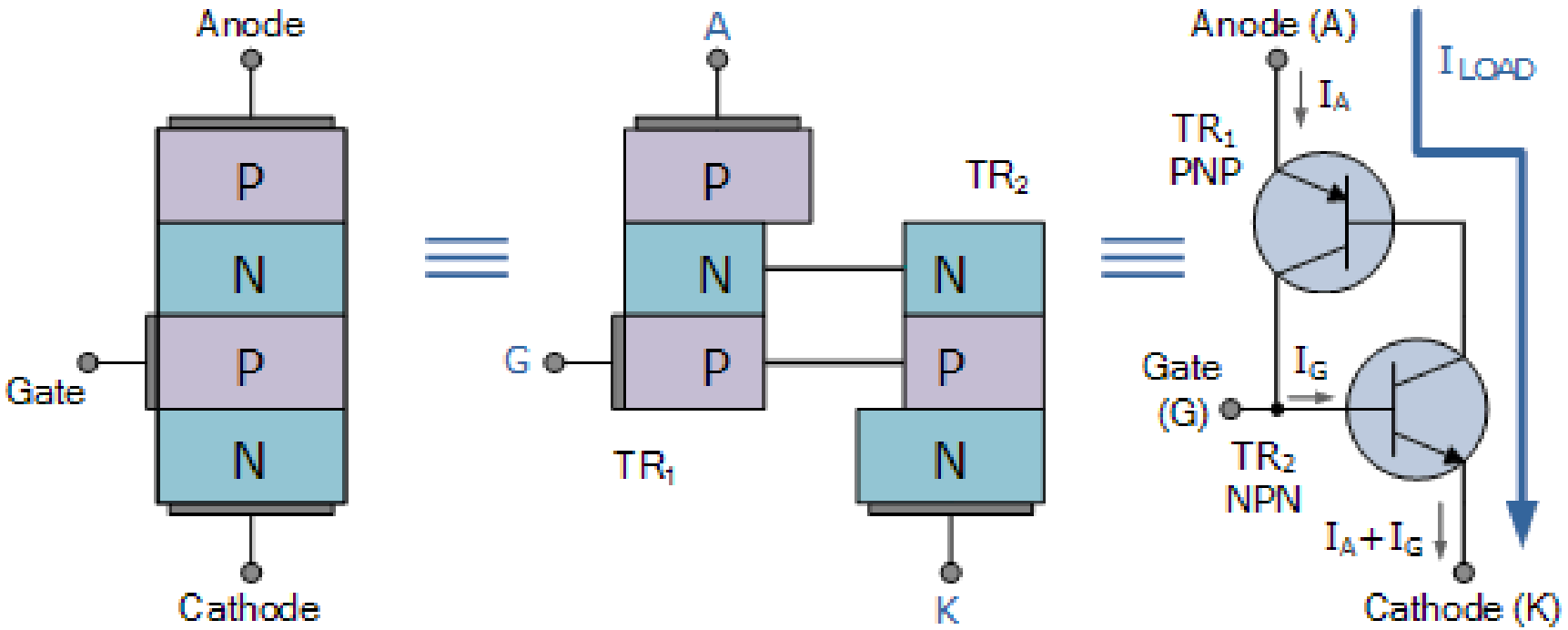
يتكون الثايرستور على ثلاث أطراف كالتالي:

١. المصعد Anodeويرمز له بالحرف A.
٢. المهبط Cathodeويرمز له بالحرف K.
٣. البوابة Gateويرمز له بالحرف G



بنية الثايرستور وطرق إشعاله

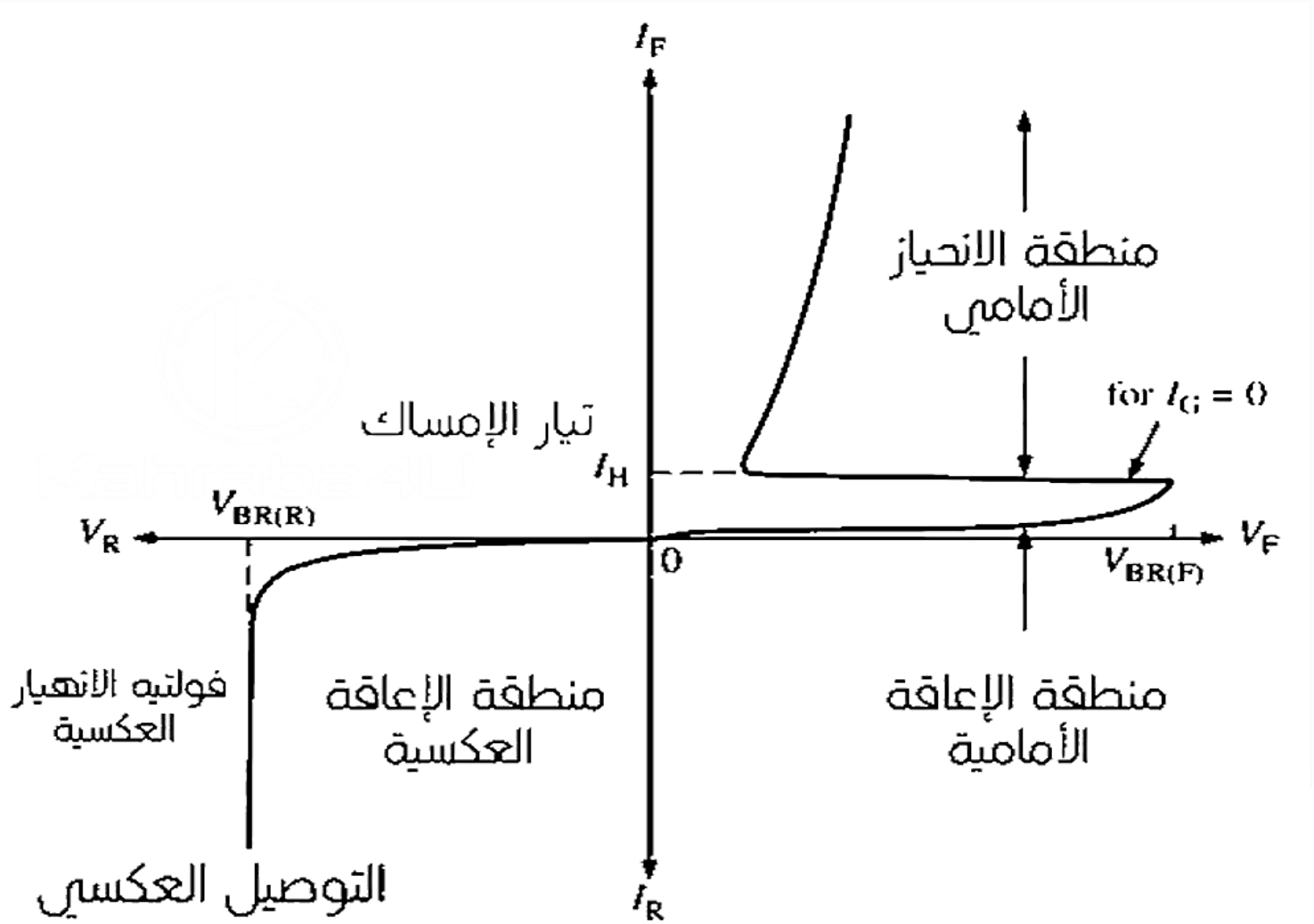
وصمم خصيصاً ليعمل تحت جهود وتيارات متفاوتة، يعمل بجهود تتراوح بين (٥٠ فولت إلى ٢٠٠٠ فولت وأكثر)، بينما يمرر تيارات تتراوح بين (١ أمبير حتى ١٢٠٠ أمبير). ويمثل الثايرستور كمفتاح مثالي، ويأتي بأحجام متنوعة.



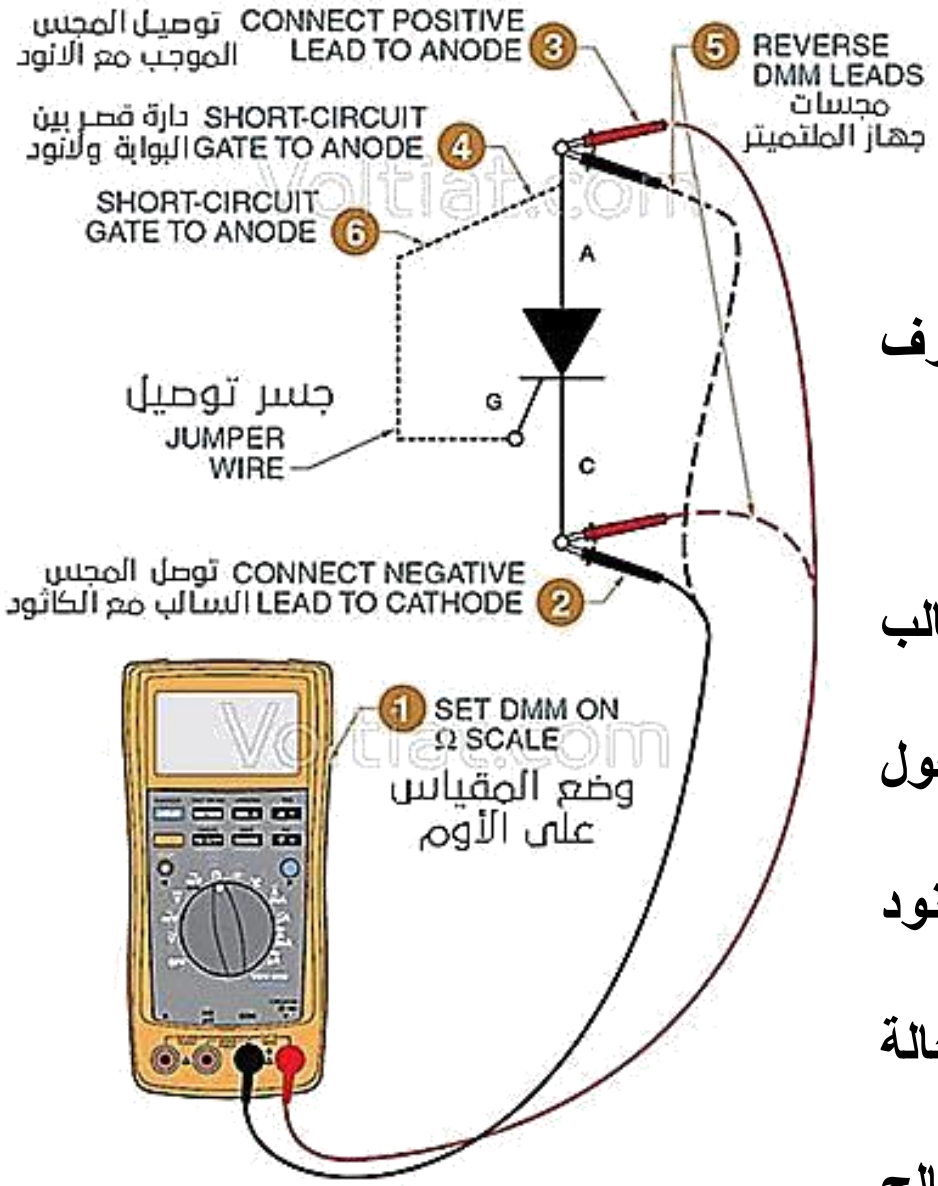
- يتكون من اربع طبقات (P1 , N1 , P2 , N2)
- يمكن تمثيله بترانزستورين PNP ;NPN.
- له ثلاث أطراف :

١. المصعد Anode (A)
٢. المهبط Cathode (K).
٣. البوابة Gate (G)

منحنى خواص الثايرستور



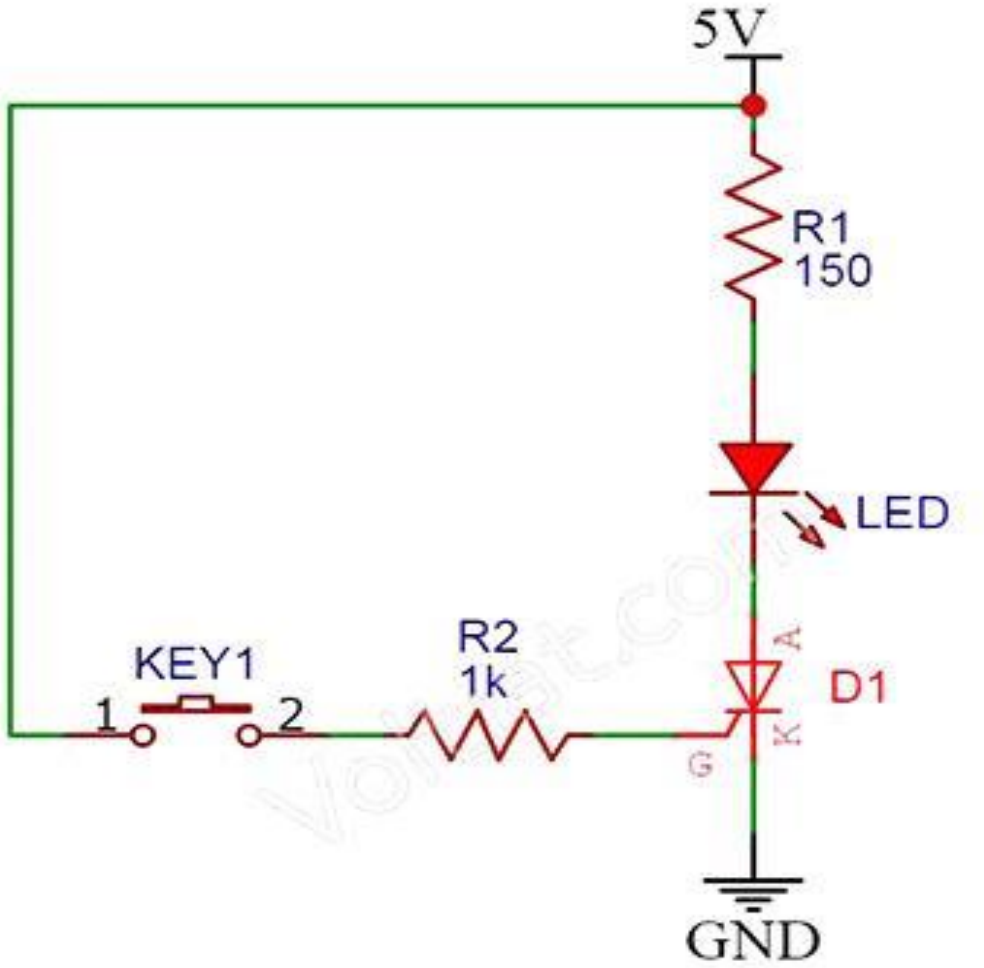
فحص الثايرستور باستخدام الملتميتر



يمكنك استخدام جهاز الافوميتر أو الملتميتر من أجل اختبار الثايرستور بشكل فعال بإتباع الخطوات التالية:

- تشغيل جهاز القياس ووضع مفتاح التدريج على أعلى قيمة مقاومة.
- وصل الطرف الموجب لجهاز الملتميتر مع طرف أنود الثايرستور والطرف السالب مع طرف الكاثود.
- ستظهر لك على الشاشة قيمة إلى ما لا نهاية أي دائرة مفتوحة.
- وإذا اعكسنا أطراف الجهاز ستظهر لنا نفس الشيء أي دائرة مفتوحة.
- وصل كلاً من طرفي الأنود والبوابة بالطرف الموجب للملتميتر والطرف السالب بالكاثود.
- ستظهر لك على شاشة القراءة قيمة مقاومة منخفضة، وهذا يدل على تحول الثايرستور إلى وضع التوصيل **ON**.
- بحرص شديد أزل طرف جهاز القياس عن البوابة فقط دون فصله الأنود والكاثود.
- ستظهر لك قيمة مقاومة منخفضة أيضاً، وهذا يدل على أنه ما زال في حالة توصيل حتى بعد إزالة الجهد الموجب عن البوابة.
- إذا كانت النتائج مطابقة لما تم في الخطوات السابقة، فإن الثايرستور صالح للعمل.

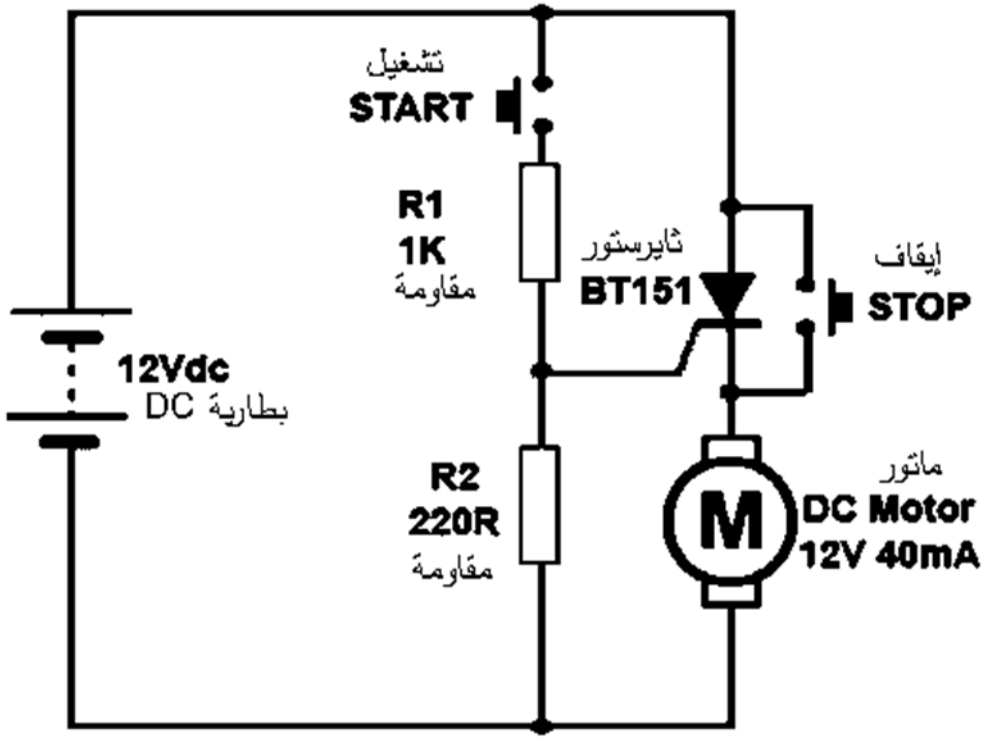
فحص الثايرستور باستخدام دائرة بسيطة



- يمكن فحص الثايرستور عن طريق بناء دائرة إلكترونية بسيطة للتأكد من صلاحية الثايرستور من حيث التوصيل والفصل.
- عند الضغط على المفتاح Key1، فإن نبضة الجهد تمر عبره للبوابة، وبناء على إشعال البوابة، فإن الثايرستور يسمح بمرور التيار من الانود A إلى الكاثود K، مؤدياً إلى إضاءة الليد بشكل دائم حتى عند رفع اليد عن المفتاح key1 .

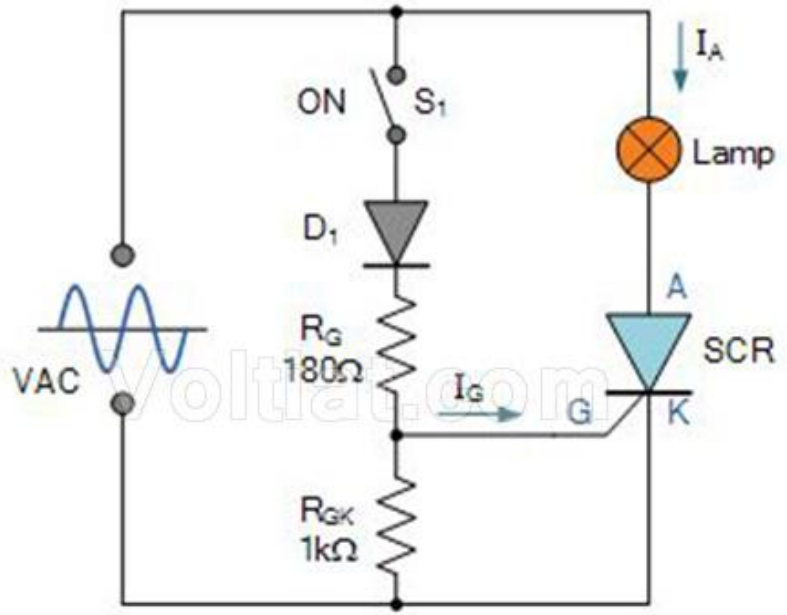
طريقة إشعال الثايرستور

- تتم عملية إشعال الثايرستور بتطبيق جهد موجب بين طرفي البوابة (G)والكاثود (K)، حينها يتحول إلى التوصيل الأمامي ويسمح بمرور تيار أمامي، ولكي تتم عملية الإشعال بنجاح لا بد من تحقيق الشرطين الأتيين:
- أن يكون جهد المصعد موجباً بالنسبة للمهبط.
- توفر نبضة قدح موجبة مناسبة على بوابة الثايرستور.



دارة إشعال الثايرستور للتحكم بعمل محرك تيار مستمر

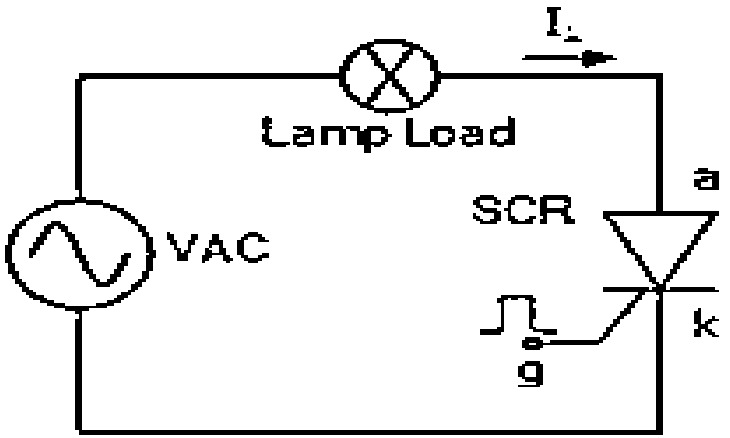
كيفية إعطاء نبضة للثايرستور

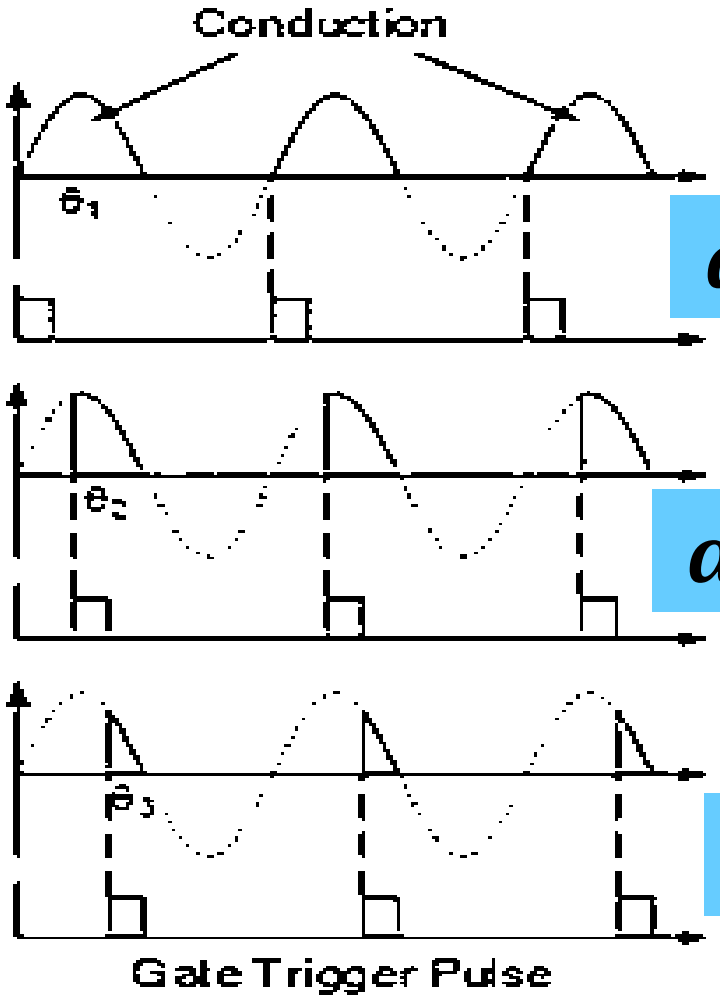


- يتم إعطاء نبضة موجبة فقط لطرف البوابة التابع للثايرستور عن طريق بناء دائرة مكونة من دايود ومقاومات كما هو موضح في الدارة التالية.
- يعمل الدايود في الدارة على تمرير نصف الموجة الموجبة فقط لطرف البوبة كنبضة من أجل تشغيل الثايرستور.
- بينما يتم اختيار قيم المقاومتين بما يتناسب مع جهد وتيار البوابة Gateالتي تحتاج إليها، ولمعرفة قيم الجهد وتيار البوابة المطلوبين، عليك الرجوع لبيانات الداتا شيت الخاص بالثايرستور.
- وعند تغذية الدارة بمصدر الجهد فإن الدايود يعمل على تمرير النصف الموجب للموجة إلى طرف البوابة بقيمتين جهد وتيار مناسبين لإعطاء نبضة لكي يتم تشغيل الثايرستور دون أي تأخير للموجة الموجبة، وبالتالي فإن قدرة الحمل تكون ٥٠% فقط.
- وإذا أردنا عمل تأخير وصول نبضة الموجة الموجبة للبوابة سوف نضيف مكثف على التوازي مع طرف البوابة والأرضي، وهنا سوف يمرر نبضة الموجة الموجبة إلى المكثف أولاً لشحنه ثم يمر إلى البوابة لتشغيل الثايرستور، ويعتمد زمن التأخير على مقدار قيمة المكثف.

دارة تحكم بشدة الانارة

تطبيقات الثايرستور



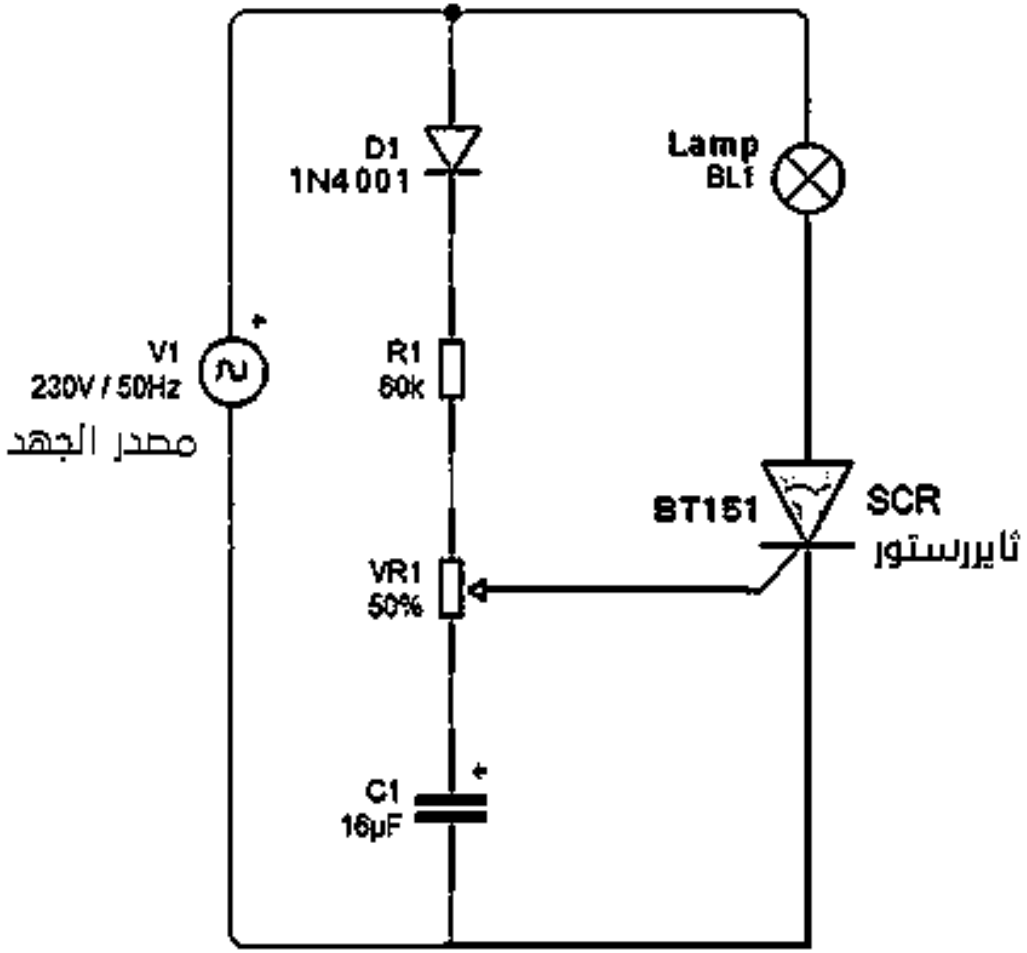


$\alpha = 0$

$\alpha = 80$

$\alpha = 120$

دائرة الثايرستور للتحكم بشدة الإضاءة



- تحتوي الدارة على مصدر جهد متردد، وثايرستور، ودايود، ومقاومة ثابتة، ومقاومة متغيرة، للتحكم في شدة الإضاءة، بالإضافة إلى مكثف من أجل تأخير نبضة الجهد (التيار) القادم للبوابة بمقدار يتناسب مع قيمة المكثف.

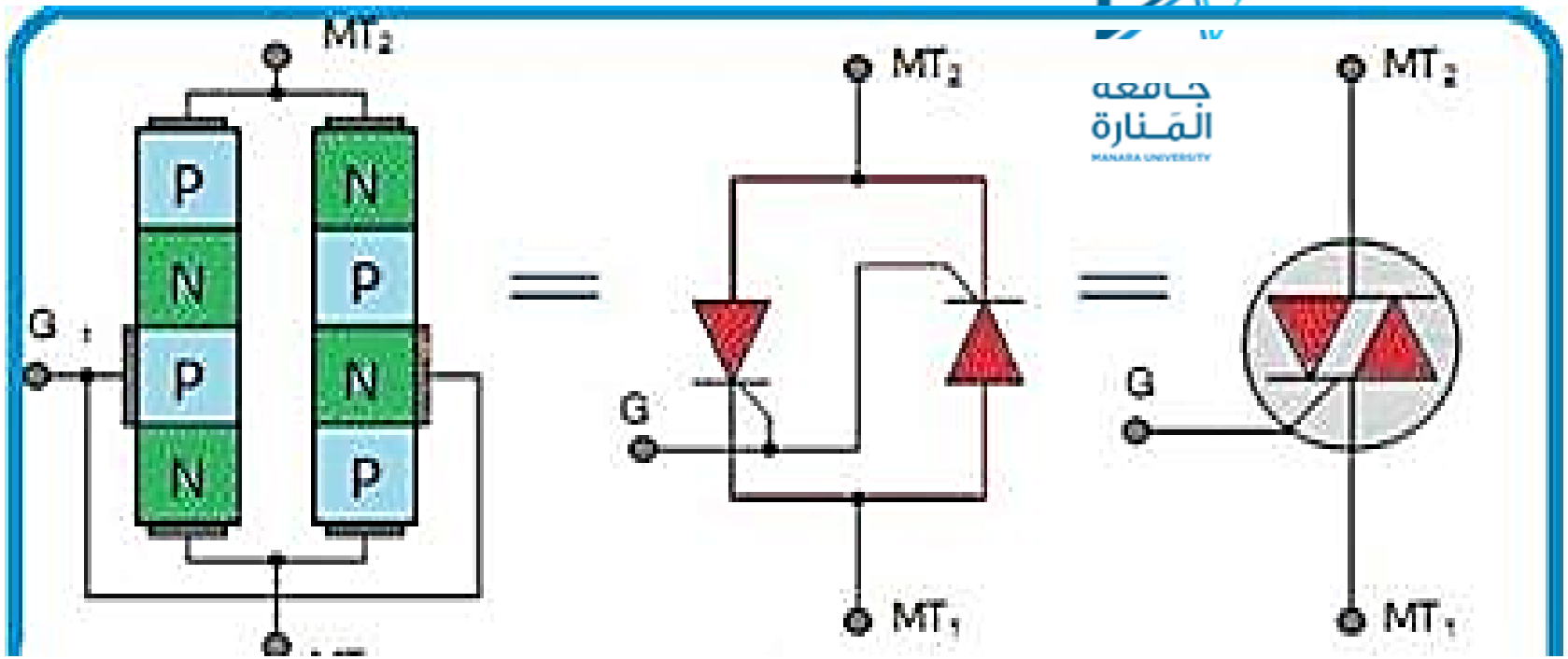
التريـاك/ Triac

يطلق عليه المفتاح الالكتروني السريع و ينتمي التريـاك لعائلة الثايرستور عدا أنه يتميز عن الثايرستور بأنه يوصل التيار بكلا الاتجاهين، بينما يوصل الثايرستور التيار باتجاه واحد من قطب الانود إلى الكاثود فالتريـاك له ثلاثة أطراف كما للثيرستور :

- المصعد Anode (A)
- المهبط Cathode (K).
- البوابة Gate (G)

يعريف التريـاك بأنه مفتاح ثلاثي الأطراف وثنائي الاتجاه وهو يتحكم في مرور التيار الكهربائي في اتجاهين متعاكسين ويشبه المقوم السيليكوني المحكوم الثايرستور (SCR) لكنه يمتاز عنه بقدرته على إمرار التيار في الاتجاهين، أي يمكن استخدامه في دارات التيار المتناوب بوصفه مفتاحا إلكترونيا فاعلا وهو مصمم بحيث يعمل في حالة الو صل ON أو حالة الفصل OFF .

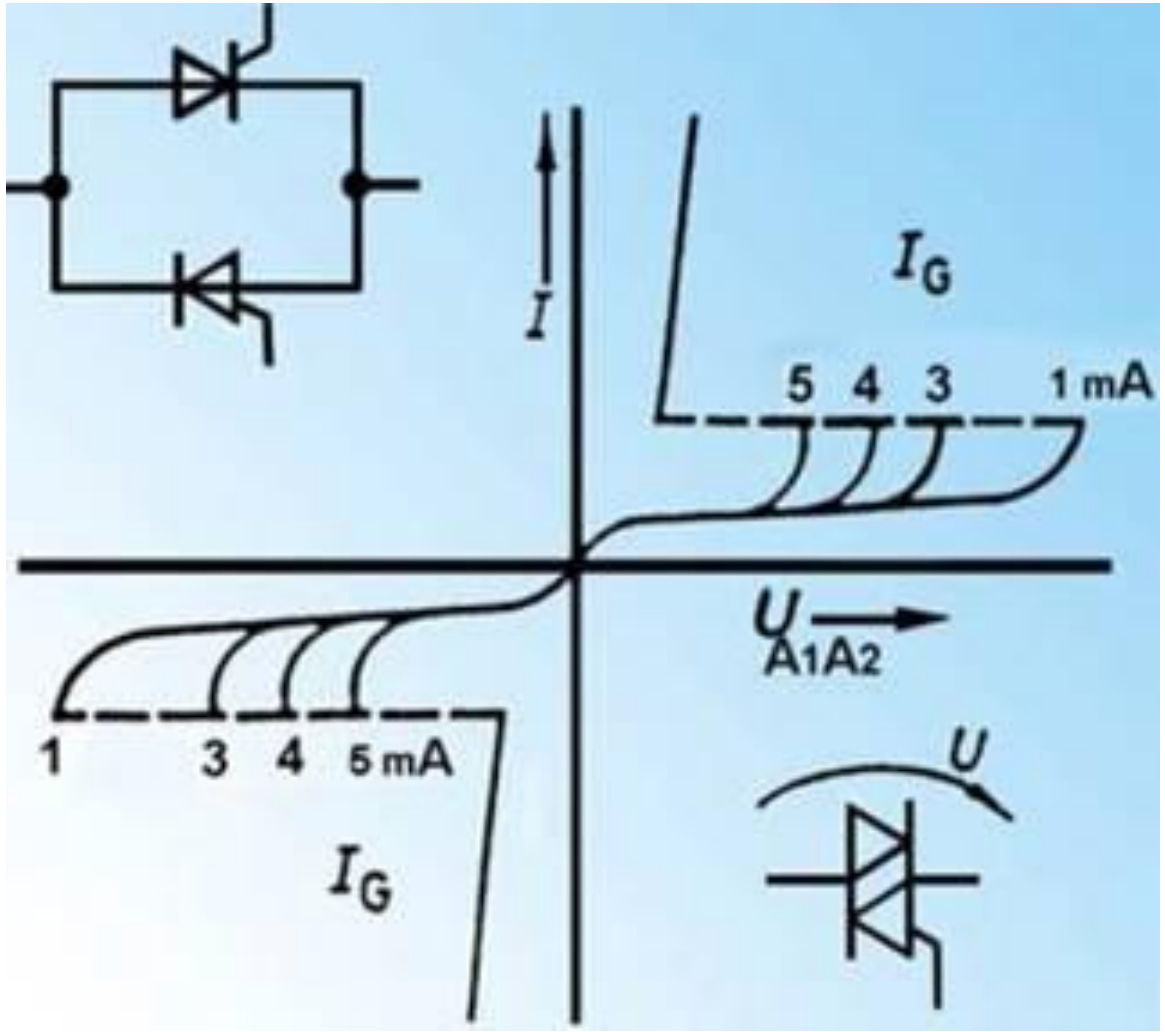
التركيب الداخلي للترياك



يتركب الترياك من مواد شبه موصلة (PNPN+ NPNP)) مندمجين علي شكل زوجا من المقومات السيليكونية المحكومة (ثايرستورين) متعاكسين متوازيين، أحدهما ذو بوابة سالبة والأخر ذو بوابة موجبة توصل البوابتين معا كبوابة واحدة.

المقوم السليكوني المحكوم الأول SCR1 (p2-n2-p1-n1) يمثل الطرف (MT1) المتصل بالشريحة الموجبة (P2)، وهو مصعد المقوم، والطرف الثاني (MT2) المتصل بالشريحة السالبة (n1) يمثل مهبطه. أما الطرف (G) فيمثل البوابة لهذا العنصر، يعمل هذا المقوم في منطقتي التوصيل الأمامي أو الحجز الأمامي عندما يكون منحازا انحيازا أماميا في النصف الموجب لفولتية المصدر الذي يكون تيارا متناوبا وتحدد منطقة عمل هذا المقوم عن طريق دارة البوابة.

مبدأ عمل التريـاك

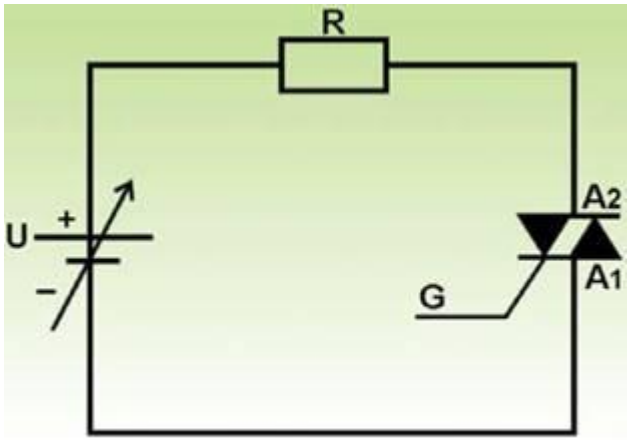


من المنحنى نلاحظ أننا تغلبنا على المشكلة التي نعاني منها عند استخدام الثايرستور وهى توحيد نصف موجة التيار أي أن في الثيرستور لا نستطيع إيصال أكثر من نصف القدرة إلى الحمل أما بواسطة التريـاك يمكن إيصل أكثر من نصف القدرة إلى الحمل.

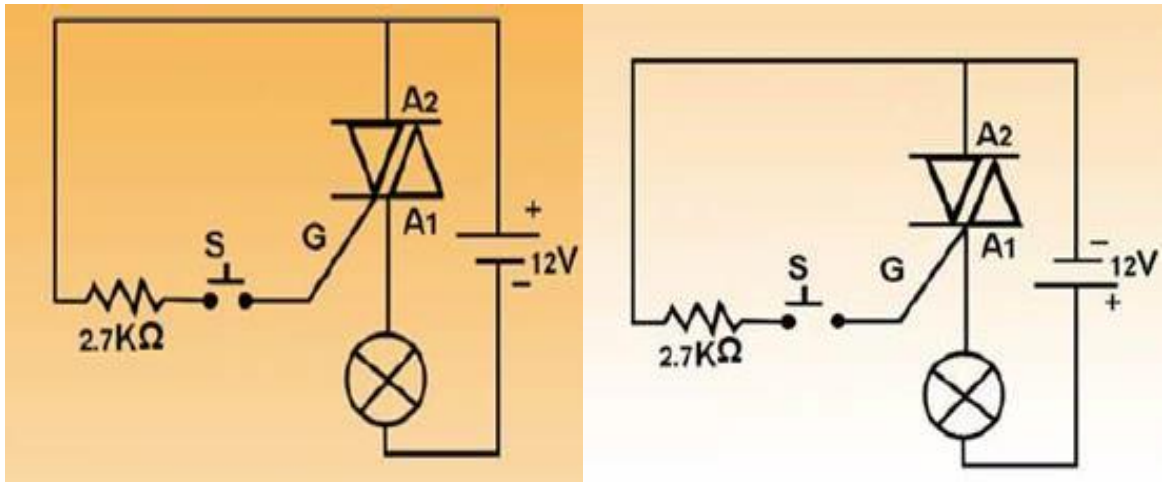
حيث أن الجزء الخاص بالانهيار الأمامي شبيه بالثايرستور والاختلاف في الانحياز العكسي حيث إنه يكرر المنحني بالانحياز العكسي علي أن تكون قطبية MT2, G2 موجب و MTI سالب أو تكون قطبية G2, MT2 سالب و MTI موجب ليعمل بكلا الاتجاهين ويتصرف كأنه ثايرستوران متعاكسان.

مما سبق نستنتج أن التريـاك يوصل التيار عند توفر القدح المناسب للبوابة وكلما زاد التيار على البوابة كلما قلت قيمة الجهد بين A1و A2.

أساليب (طرق) قدح وإطفاء التريـاك



قدح التريـاك بالوصول إلى جهد الانـهيار



قدح التريـاك بنبضة جهد عند البوابة:

يتحول التريـاك من وضع فصل إلى وصل (ON) في الحالات التالية:

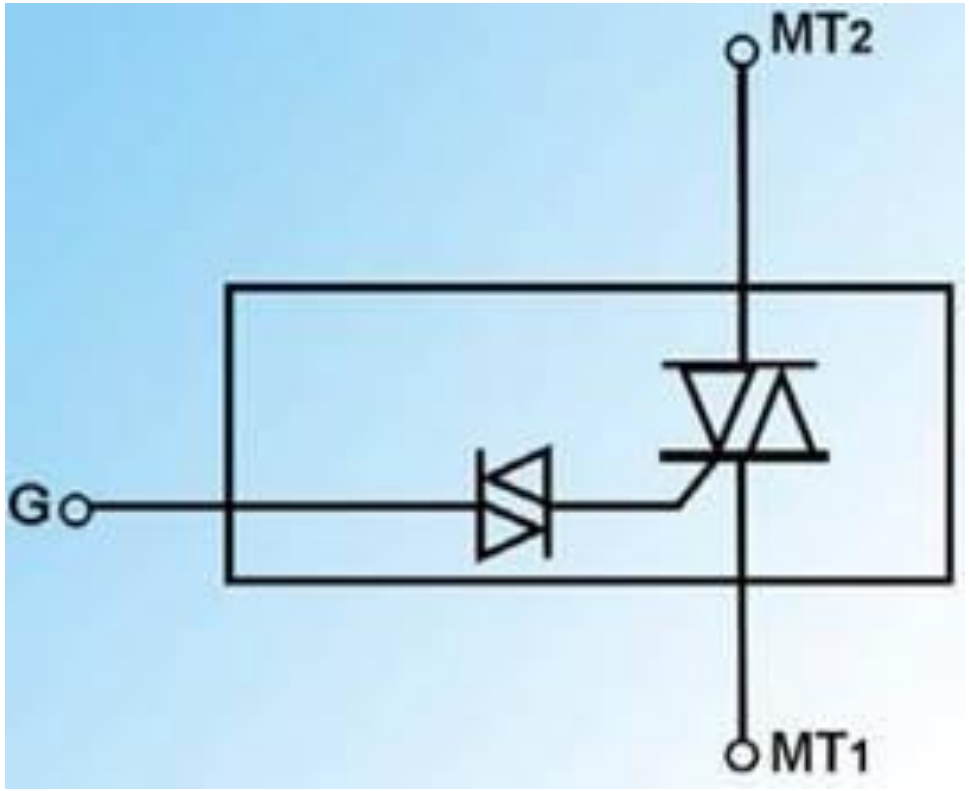
- قدح التريـاك بالوصول إلى جهد الانـهيار الامامي:

وصول فرق الجهد بين المصعدين A1و A2 إلى جهد الانـهيار الامامي Forward break down voltage عند توصيل التريـاك ضمن دائرة كهربائية تحتوي على حمل (R).

- قدح التريـاك بنبضة جهد عند البوابة:

عن طريق توفير جهد على طرفي المصعدين A1و A2 أقل من جهد الانـهيار الفوقي وتوفر نبضة جهد عند البوابة مناسبة لعمل التريـاك.

إطفاء التريـاك:



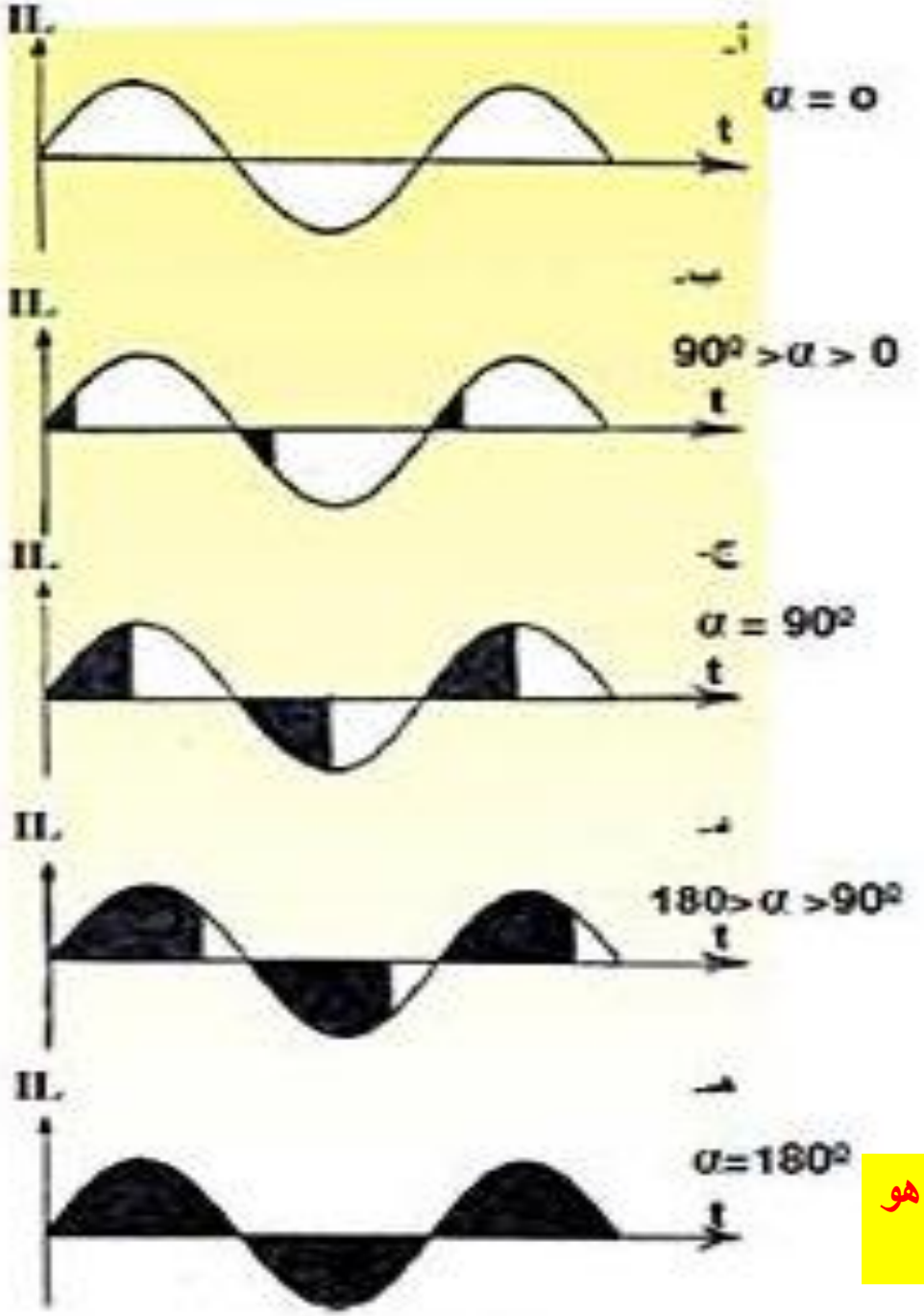
❑ يتحول التريـاك من وضع (ON) الى (OFF) في الحالات التالية:

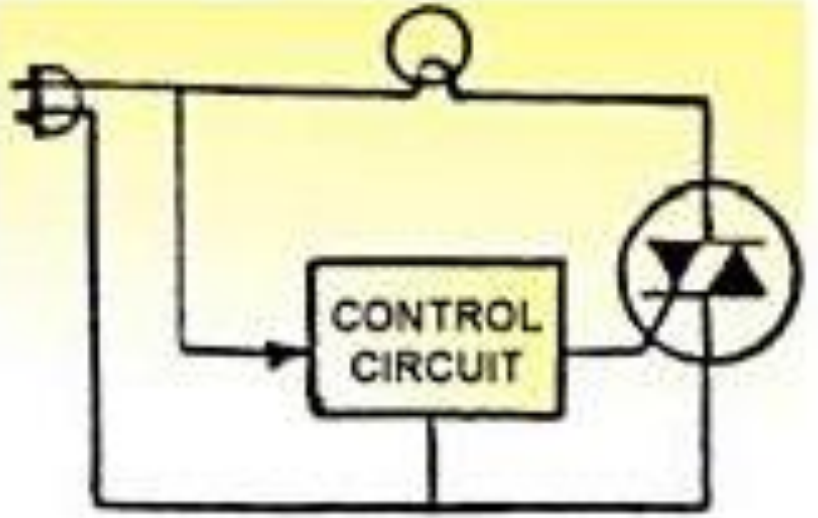
- فصل الدارة الكهربائية التي تحوي التريـاك يؤدي هذا الى إطفاء الحمل وإيقاف التريـاك حتى لو وصت الدارة من جديد لن يعمل التريـاك إلا بتكرار نبضة القدح عند بوابته.
- قلب قطبية جهد المصعدين A1 و A2 مع إبقاء نوع قطبية جهد بوابته علي حالة.

أنواع المفاتيح الالكترونية في عائلة التريـاك

- يضم الكوادراك كلا من التريـاك Triac والدياك diac في علاف واحد ويعتبر الكوادراك مفتاح متناوب ثنائي الاتجاه يتم التحكم به عن طريق بوابته G يجهود ذات قطبية موجبة أو سالبة.
- يستخدم الكوادراك للتحكم بالإنارة أو التحكم بسرعة التقطيع، يتحمل الكوادراك جهودا أعلى من ١٥٠ فولت أو يمكن أن يعمل في المجال ٢٠٠ فولت إلى ٦٠٠ فولت،أقطابه الثلاثة هي MTIو MT2و G.

عمل الترياك في دوائر التيار المتناوب





يطلق على الترياك المفتاح السريع حيث أنه يتميز عن الثايرستور في أنه يمكن من خلاله التحكم في طور الموجة الجيبية كاملة وبالتالي التحكم في القدرة الواصلة إلى الحمل الموصل على التوالي مع الترياك .

و يمكن الحصول على عدة حالات لمقدار القدرة الواصلة إلى الحمل حسب زاوية التأخير a حيث أنها كلما كانت قليلة زادت قيمة القدرة الواصلة إلى الحمل والعكس كما في الشكل التالي:

الجزء المظلل في الشكل السابق هو الجزء المحذوف والجزء الغير مظلل هو القدرة الواصلة إلى الحمل.