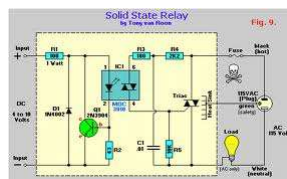


POWER ELECTRONICS



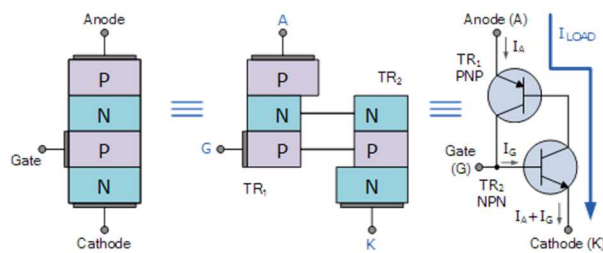
โซลิตสเตท

- คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ไม่มีหน้าสัมผัส ไม่เกิดการอาร์คหรือ สปราร์คที่หน้าสัมผัสของสวิตช์ แต่จะอาศัยการไบแอสเพื่อควบคุมการสวิตช์ของตัวอุปกรณ์ อุปกรณ์พวกนี้ ได้แก่ อุปกรณ์ไทรสเตอร์



ไทรสเตอร์ Thyristor

- ไทรสเตอร์จะประกอบไปด้วยรอยต่อ P-N 3 รอยต่อ คือ P-N-P-N ไทรสเตอร์อาจมีขั้วต่อใช้งานได้ตั้งแต่ 2 ขา 3 ขา หรือ 4 ขา และอาจเป็นชนิดให้กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว หรือ สองทิศทาง



ไทรสเตอร์มีบทบาทสำคัญต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

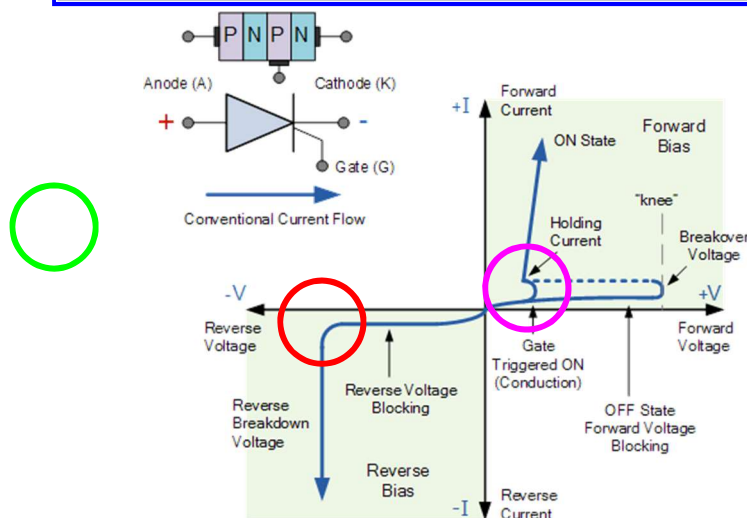
- การควบคุมจำนวนโหลด
- การควบคุมความเร็วมอเตอร์
- การเชื่อมไฟฟ้า
- ตัวให้ความเร็ว
- ระบบแสงสว่าง



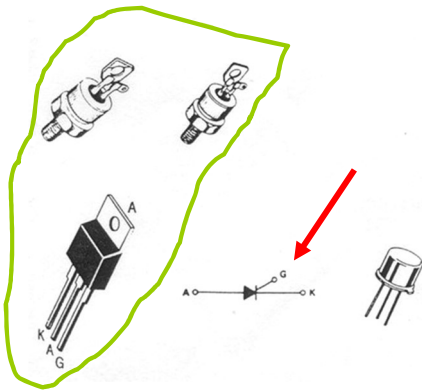
อุปกรณ์ไทรสเตอร์ที่ใช้งานและเป็นที่รู้จักมี ด้วยกันหลายชนิด

- ☞ เอส ซี อาร์ [Silicon Controlled Rectifier]
- ☞ ไทรแอค [TRIAC]
- ☞ เอส ซี เอส [Silicon Controlled Switch]
- ☞ จี ที โอ [Gate Turn – Off Device]

ลักษณะสมบัติแรงดันและกระแสของไทรสเตอร์



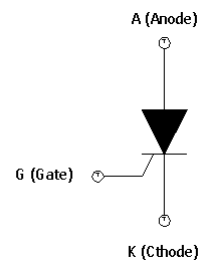
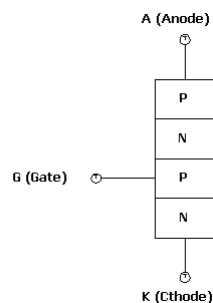
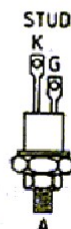
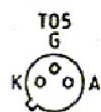
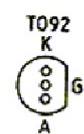
ซิลิกอน คอนโทรล เร็คตีไฟเออร์ SILICON CONTROLLED RECTIFIERS [SCR]



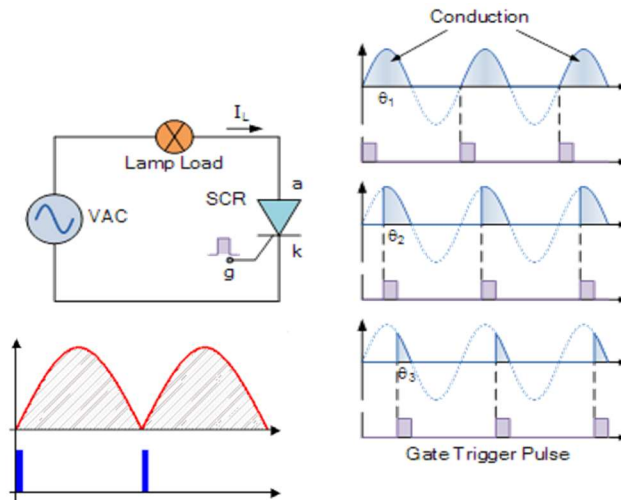
SCR เป็นอุปกรณ์จำพวก Solid – state ทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์ ขอมให้กระแสไหลผ่านตัวเองที่ขั้วแอโนด กับแคโทด โดยมีการส่งสัญญาณมาที่ขาเกต

SCR จะไม่เหมือนกับสวิตช์โดยทั่วไป โดยผังวงจรมีแหล่งจ่ายไฟกลับสัญญาณที่ได้ หรือระดับแรงดันที่ได้หลังตัว SCR จะเป็นไฟตรง จึงทำหน้าที่ Rectify ได้ด้วย นอกจากนี้แล้วช่วงเวลากการสวิตช์ของวงจรในตัว SCR ยังคงต้องขึ้นอยู่กับค่าเวลาในการที่จะทำให้กระแสจ่ายสู่ไหลลดได้

โครงสร้าง สัญลักษณ์ เอสซีอาร์



ตัวอย่างวงจรใช้งานอุปกรณ์ **SCR** อย่างง่าย ในการควบคุมโหลด



Static Characteristics of a Thyristor

- Thyristors are semiconductor devices that can operate only in the switching mode.
- Thyristor are current operated devices, a small Gate current controls a larger Anode current.
- Conducts current only when forward biased and triggering current applied to the Gate.
- The thyristor acts like a rectifying diode once it is triggered "ON".
- Anode current must be greater than **holding current** to maintain conduction.
- Blocks current flow when reverse biased, no matter if Gate current is applied.
- Once triggered "ON", will be latched "ON" conducting even when a gate current is no longer applied providing Anode current is above latching current.

การเลือกใช้ไทรสเตอร์ และการอ่านสเปค



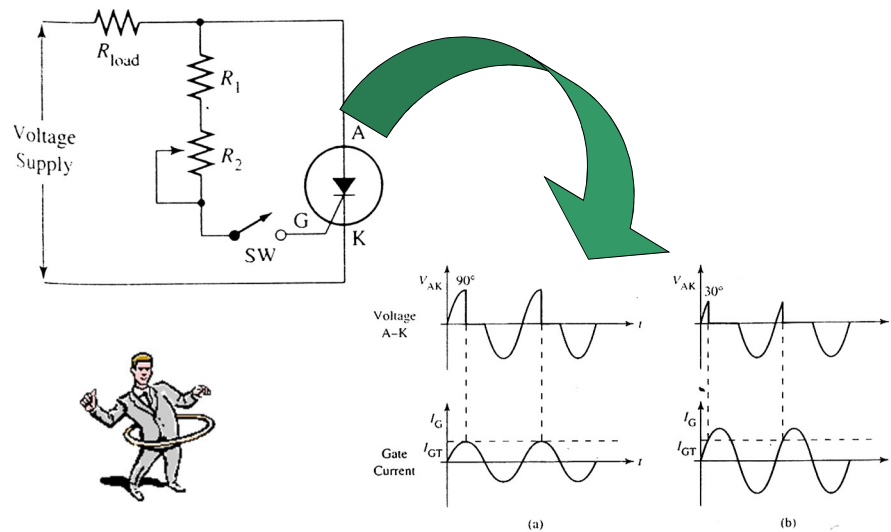
1. จี๊ดจำกัดแรงดัน
2. จี๊ดจำกัดทางด้านกระแส
3. ความไวในการ Turn – On
4. ช่วงเวลาการ Turn – Off
5. กระแสรั่วไหล
6. แรงดันคร่อมตัวไทรสเตอร์ขณะนำกระแส

วิธีการทำให้ SCR นำกระแส Methods of turning on an SCR

วิธีการทำให้ SCR นำกระแสที่นิยมใช้มากที่สุดก็คือ การป้อนสัญญาณสลับที่ขา Gate ของ SCR แต่โดยทั่วไปแล้ววิธีการนอกเหนือจากนี้ยังมีอีก 3 วิธี

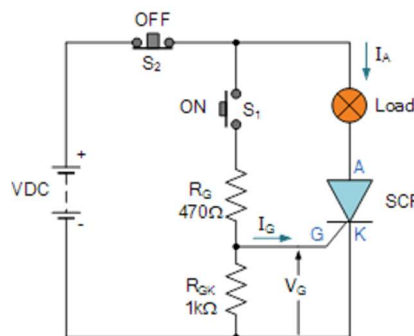
1. การป้อนแรงดันไบอัสตรงเกินค่า VBO
2. การทำให้มีกระแสรั่วไหลมากขึ้น
3. เกิดจากค่า dv/dt

ลักษณะวงจรอย่างง่ายที่ทำให้ SCR นำกระแสได้

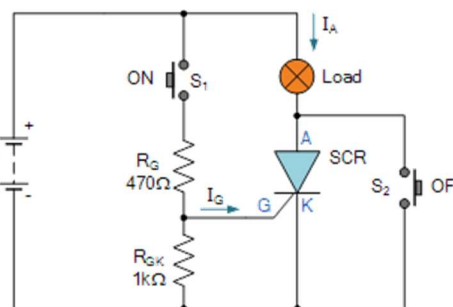


ลักษณะวงจรอย่างง่ายที่ทำให้ SCR นำกระแสได้

DC Thyristor Switching Circuit

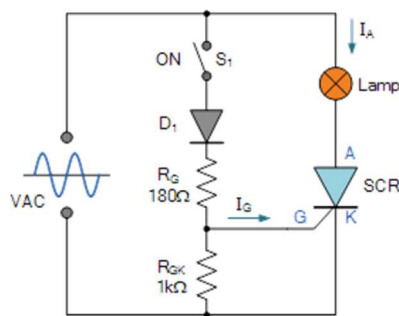


Alternative DC Thyristor Circuit

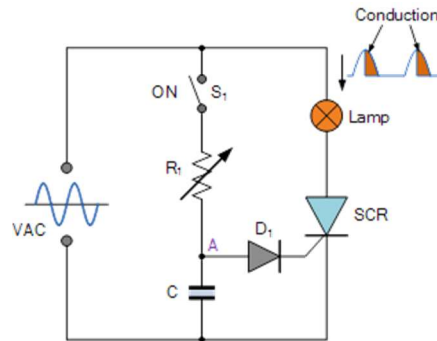


ลักษณะวงจรอย่างง่ายที่ทำให้ SCR นำกระแสได้

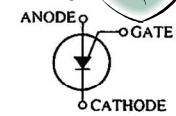
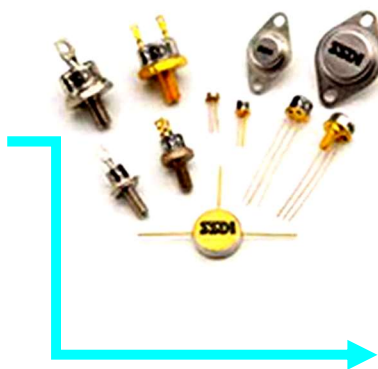
AC Thyristor Circuit



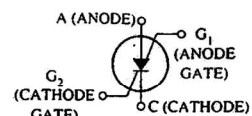
Half Wave Phase Control



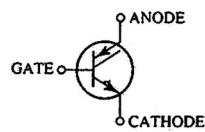
อุปกรณ์ Complementary SCR, SCS, GTO, SBS



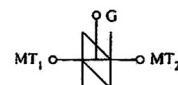
Complementary SCR



SCS



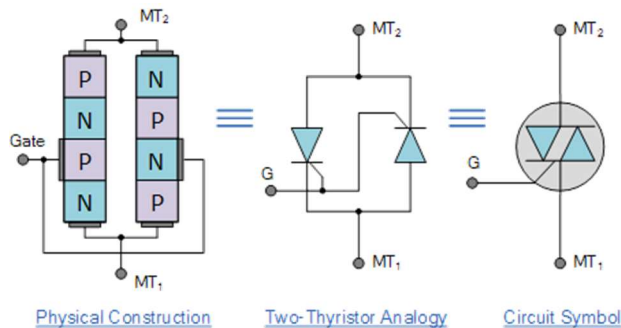
Gate turn-off (GTO)



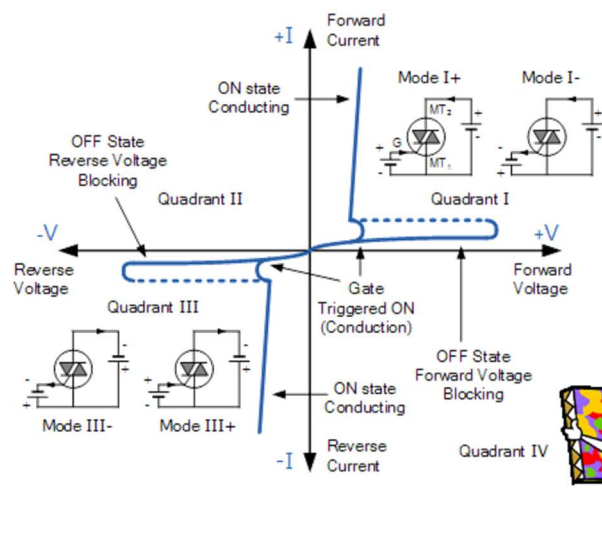
Silicon bilateral switch (SBS)

ไทรแอก Triacs

A **TRIAC** (triode for alternating current; also **bidirectional triode thyristor** or **bilateral triode thyristor**^[1]) is a three terminal [electronic component](#) that conducts [current](#) in either direction when triggered.



Triac I-V Characteristics Curves



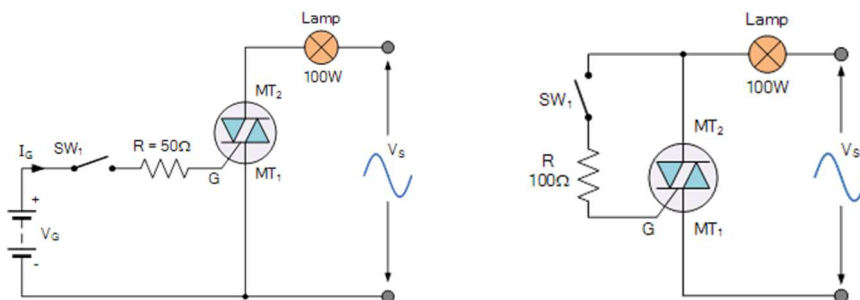
triggering modes of operation

- I + Mode = MT_2 current positive (+ve), Gate current positive (+ve)
- I - Mode = MT_2 current positive (+ve), Gate current negative (-ve)
- III + Mode = MT_2 current negative (-ve), Gate current positive (+ve)
- III - Mode = MT_2 current negative (-ve), Gate current negative (-ve)

- A "Triac" is another 4-layer, 3-terminal thyristor device similar to the SCR.
- The Triac can be triggered into conduction in either direction.
- There are four possible triggering modes for a Triac, of which 2 are preferred.

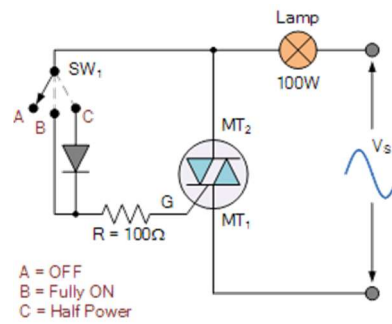
Triac Applications

Triac Switching Circuit



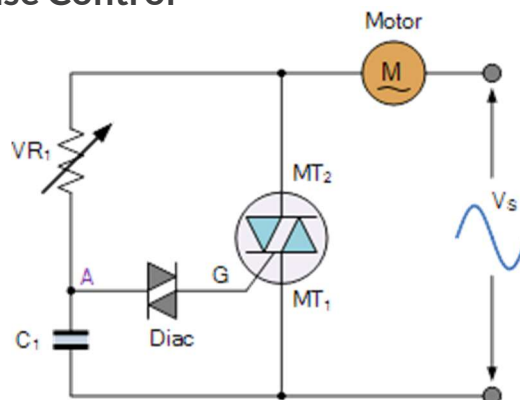
Triac Applications

Modified Triac Switching Circuit



Triac Applications

Triac Phase Control



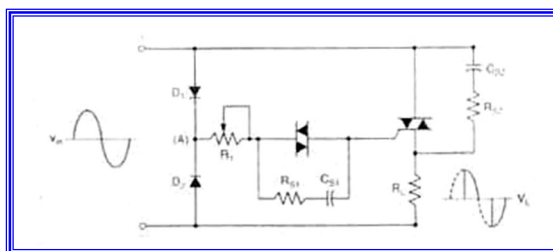
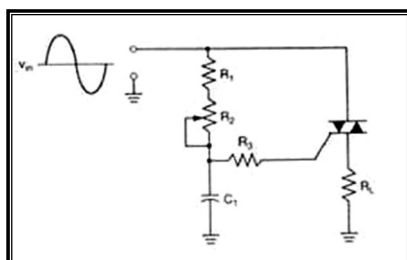
การเตรียมใช้งาน TRIAC



วิธีที่ง่ายที่สุดในการควบคุมให้ไทรแอกทำงานได้ปกติ คือการป้อนกระแสเข้าที่ขาเกต แต่หลังจากที่ไทรแอกนำกระแสแล้ว กระแสที่ไหลผ่าน MT1 และ MT2 ยังคงไม่ไหลผ่านโดยทันทีสาเหตุเนื่องจากการล่าช้าของการไหลผ่านของกระแสแอโนด ระหว่างรอยต่อ P-N

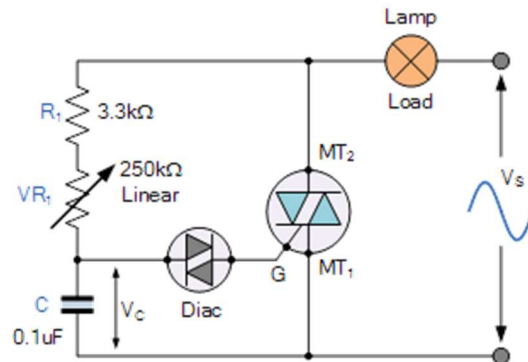
วิธีการทำให้ไทรแอกทำงานได้เร็ว คือใช้ค่ากระแสสูงสุดที่ทำให้เกิดกำลังสูงสุด เป็นสัญญาณเข้าไปทริกไทรแอก หรือไม่ก็มีการสร้างลักษณะสัญญาณพัลส์เป็นแบบอนุกรมอย่างต่อเนื่องป้อนเข้าที่ขาเกตจะทำให้ไทรแอกสามารถทำงานค้างสภาวะอยู่

วงจรการใช้งานไทรแอก



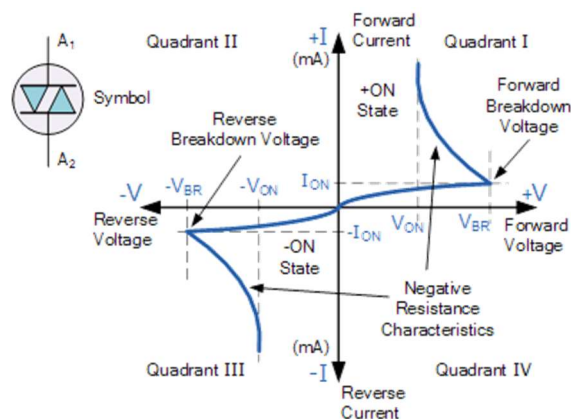
Diac

The Diac is a two-junction bidirectional semiconductor device designed to break down when the AC voltage across it exceeds a certain level passing current in either direction



Diac Symbol and I-V Characteristics

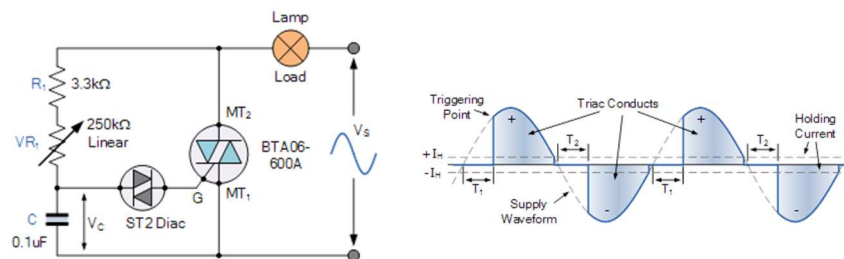
Diacs are primarily used as trigger devices in phase-triggering and variable power control applications because a diac helps provide a sharper and more instant trigger pulse (as opposed to a steadily rising ramp voltage) which is used to turn "ON" the main switching device.



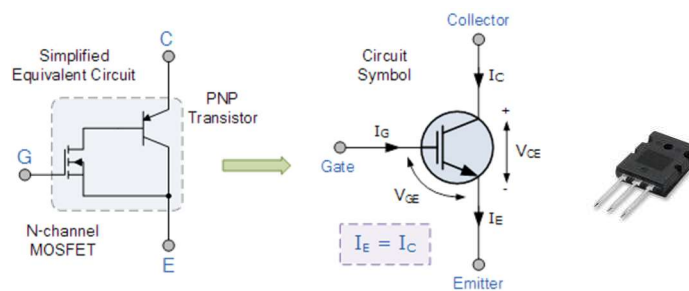
Diac AC Phase Control

When the charging voltage reaches the breakover voltage of the diac (about 30 V for the ST2), the diac breaks down and the capacitor discharges through the diac.

The diac is commonly used as a solid state triggering device for other semiconductor switching devices, mainly SCR's and triacs. Triacs are widely used in applications such as lamp dimmers and motor speed controllers and as such the diac is used in conjunction with the triac to provide full-wave control of the AC supply as shown.



Insulated Gate Bipolar Transistor



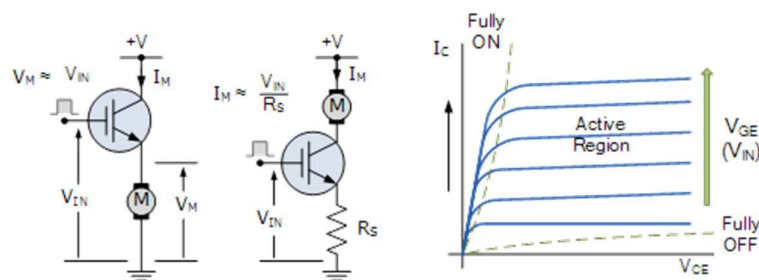
The *Insulated Gate Bipolar Transistor*, (IGBT) combines the insulated gate (hence the first part of its name) technology of the MOSFET with the output performance characteristics of a conventional bipolar transistor, (hence the second part of its name).

Insulated Gate Bipolar Transistor

The *IGBT Transistor* takes the best parts of these two types of common transistors, the high input impedance and high switching speeds of a MOSFET with the low saturation voltage of a bipolar transistor, and combines them together to produce another type of transistor switching device that is capable of handling large collector-emitter currents with virtually zero gate current drive.

The result of this hybrid combination is that the “IGBT Transistor” has the output switching and conduction characteristics of a bipolar transistor but is voltage-controlled like a MOSFET.

IGBT Characteristics



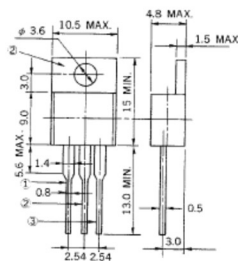
IGBT Comparison Table

Device Characteristic	Power Bipolar	Power MOSFET	IGBT
Voltage Rating	High <1kV	High <1kV	Very High >1kV
Current Rating	High <500A	Low <200A	High >500A
Input Drive	Current, h_{FE} 20-200	Voltage, V_{GS} 3-10V	Voltage, V_{GE} 4-8V
Input Impedance	Low	High	High
Output Impedance	Low	Medium	Low
Switching Speed	Slow (μ S)	Fast (nS)	Medium
Cost	Low	Medium	High

NEC
ELECTRON DEVICE

THYRISTORS 5P4M, 5P5M, 5P6M

PACKAGE DIMENSIONS
in millimeters



Pin Connection
① Cathode
② Anode
③ Gate

The 5P4M to 5P6M are a P gate all diffused mold type Thyristor granted 5Amp On-state Average Current ($T_C=103^\circ\text{C}$)

FEATURES

- Easy installation by TO-220 AB package.
- 80 A surge current.
- High Voltage.
 - : $V_{DRM}, V_{RRM} = 400\text{ V}$ (5P4M)
 - : $V_{DRM}, V_{RRM} = 500\text{ V}$ (5P5M)
 - : $V_{DRM}, V_{RRM} = 600\text{ V}$ (5P6M)

APPLICATIONS

- Motor speed control for household appliance.
- Temperature control for heater and constant temperature box.
- Constant voltage power source and battery charger.
- Automotive application such as regulator.
- Various solid state relay etc.

MAXIMUM RATINGS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	5P4M	5P5M	5P6M	UNIT	NOTE
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RSM}	500	600	700	V	
Non-Repetitive Peak Off-State Voltage	V_{DSM}	500	600	700	V	
Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	400	500	600	V	
Repetitive Peak Off-State Voltage	V_{DRM}	400	500	600	V	
Average On-State Current	$I_{T(AV)}$	5 ($T_c = 103^\circ\text{C}$, $\theta = 180^\circ$ Single phase half wave)			A	See Fig. 5
Surge On-State Current	I_{TSM}	80			A	See Fig. 2
Fusing Current	I_{T^2dt}	28 ($1\text{ ms} \leq t \leq 10\text{ ms}$)			A^2s	
Peak Gate Power Dissipation	P_{GM}	5 ($f \geq 50\text{ Hz}$, Duty $\leq 10\%$)			W	See Fig. 3
Average Gate Power Dissipation	$P_{G(AV)}$	0.5			W	
Peak Gate Forward Current	I_{FGM}	2 ($f \geq 50\text{ Hz}$, Duty $\leq 10\%$)			A	
Peak Gate Reverse Voltage	V_{RGM}	10			V	
Junction Temperature	T_j	-40 to $+125$			$^\circ\text{C}$	
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to $+150$			$^\circ\text{C}$	
Weight		2			g	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_j = 25^\circ\text{C}$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	NOTE
Repetitive Peak Reverse Current	I_{RRM}	$V_{RM} = V_{RRM}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$	—	—	2	mA	
Repetitive Peak Off-State Current	I_{DRM}	$V_{DM} = V_{DRM}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$	—	—	2	mA	
On-State Voltage	V_{TM}	$I_{TM} = 10\text{ A}$	—	—	1.4	V	See Fig. 1
Gate-Trigger Current	I_{GT}	$V_{DM} = 6\text{ V}$, $R_L = 100\ \Omega$	—	—	10	mA	See Fig. 3
Gate-Trigger Voltage	V_{GT}	$V_{DM} = 6\text{ V}$, $R_L = 100\ \Omega$	—	—	1.5	V	
Gate Non-Trigger Voltage	V_{GD}	$V_{DM} = 1/2 V_{DRM}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$	0.2	—	—	V	
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	dv/dt	$V_{DM} = V_{DRM}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$	—	40	—	V/ μs	
Holding Current	I_H	$V_D = 24\text{ V}$	—	10	—	mA	
Circuit Commutated Turn-Off Time	t_q	$I_{TM} = 5\text{ A}$, $V_R \geq 25\text{ V}$ $V_{DM} = 2/3 V_{DRM}$, $dI/dt = 15\text{ A}/\mu\text{s}$ $dv/dt = 10\text{ V}/\mu\text{s}$, $T_j = 125^\circ\text{C}$	—	80	—	μs	
Thermal Resistance	R_{th}	Junction to case	—	—	3	$^\circ\text{C}/\text{W}$	See Fig. 7



BTA40, BTA41 and BTB41 Series

Table 1: Main Features

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	40	A
V_{DRM}/V_{RRM}	600 and 800	V
$I_{GT}(Q_1)$	50	mA

DESCRIPTION

Available in high power packages, the **BTA/BTB40-41** series is suitable for general purpose AC switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers, ...

Thanks to their clip assembly technique, they provide a superior performance in surge current handling capabilities.

By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at $2500V_{RMS}$) complying with UL standards (File ref.: E81734).

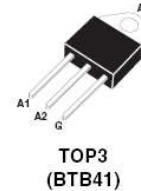
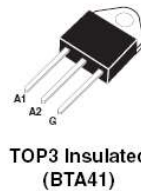
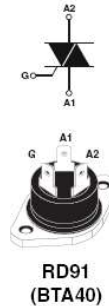


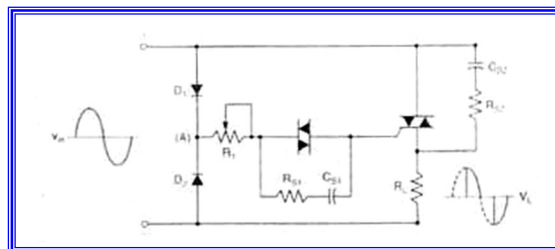
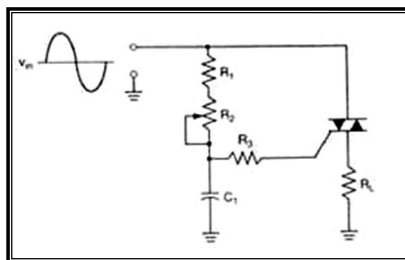
Table 3: Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	RD91 / TOP3 $T_c = 95^\circ\text{C}$	40
		TOP Ins. $T_c = 80^\circ\text{C}$	
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_j initial = 25°C)	$F = 50\text{ Hz}$ $t = 20\text{ ms}$	400
		$F = 60\text{ Hz}$ $t = 16.7\text{ ms}$	420
I^2t	I^2t Value for fusing	$t_p = 10\text{ ms}$	880
dI/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$, $t_r \leq 100\text{ ns}$	$F = 120\text{ Hz}$ $T_j = 125^\circ\text{C}$	50
V_{DSM}/V_{RSM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	$t_p = 10\text{ ms}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	$V_{DSM}/V_{RSM} + 100$
I_{GM}	Peak gate current	$t_p = 20\text{ }\mu\text{s}$ $T_j = 125^\circ\text{C}$	8
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_j = 125^\circ\text{C}$	1
T_{stg}	Storage junction temperature range		- 40 to + 150
T_j	Operating junction temperature range		- 40 to + 125

Tables 4: Electrical Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

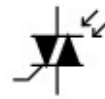
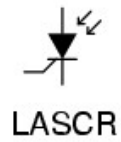
Symbol	Test Conditions	Quadrant	Value	Unit
$I_{GT}(1)$	$V_D = 12\text{ V}$ $R_L = 33\text{ }\Omega$	I - II - III IV	MAX. 50 100	mA
V_{GT}		ALL	MAX. 1.3	V
V_{GD}	$V_D = V_{DRM}$ $R_L = 3.3\text{ k}\Omega$ $T_j = 125^\circ\text{C}$	ALL	MIN. 0.2	V
$I_H(2)$	$I_T = 500\text{ mA}$		MAX. 80	mA
I_L	$I_G = 1.2 I_{GT}$	I - III - IV II	MAX. 70 160	mA
$dV/dt(2)$	$V_D = 67\% V_{DRM}$ gate open	$T_j = 125^\circ\text{C}$	MIN. 500	V/ μs
$(dV/dt)_c(2)$	$(dI/dt)_c = 20\text{ A/ms}$	$T_j = 125^\circ\text{C}$	MIN. 10	V/ μs

วงจรการใช้งานไตรแอก

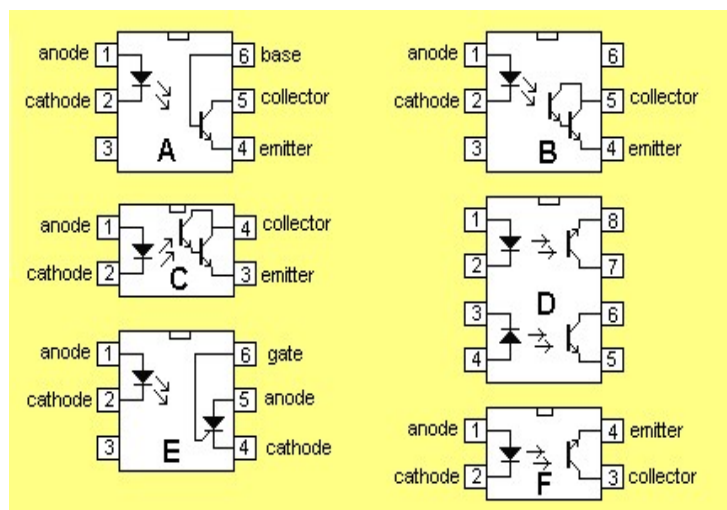


Light Activated **SCR**

Opto-TRIAC



OPTO-Isolator



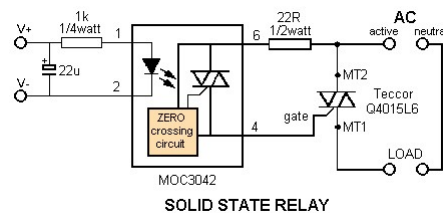
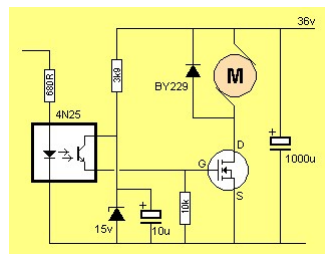
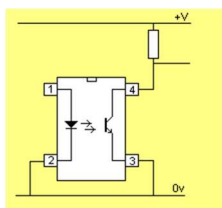
OPTO-Isolator

OPTO-COUPLEDERS are also called **OPTO-ISOLATORS** or **PHOTO-COUPLEDERS**.

An opto-coupler is an **optical link** and it connects two circuits via this link.

The optical link is contained within a chip. A Light Emitting Diode inside the chip shines on a photo-diode, photo-transistor or other photo device. When the photo device sees illumination, the resistance between its terminals reduces. This reduced resistance can activate another circuit.

OPTO-Isolator



<http://talkingelectronics.com/ChipDataEbook-1d/html/OptoList.html>

