



# INFORME DE TRABAJO PRÁCTICO

## N°1

**Cátedra:**  
Optoelectrónica

**Alumnos:**  
Monroy Acosta, Jose Ivan || M.U:00881  
Coronel Cristian Edgardo || M.U: 048

<b>Introducción:</b>	<b>2</b>
Circuito Esquemático Propuesto:	3
Hojas de Datos de los Circuitos Integrados Utilizados:	5
Cálculos Utilizados:	12
Mediciones:	13
Principio de funcionamiento del circuito:	14
Principio de funcionamiento de Dispositivos Optoelectrónicos:	15
Instrumental Utilizado	16
Relé de Estado Solido VS Rele Mecanico	16
Relé de Estado Sólido (SSR):	16
Ventajas:	17
Desventajas:	17
Relé Mecánico:	17
Ventajas:	17
Desventajas:	17

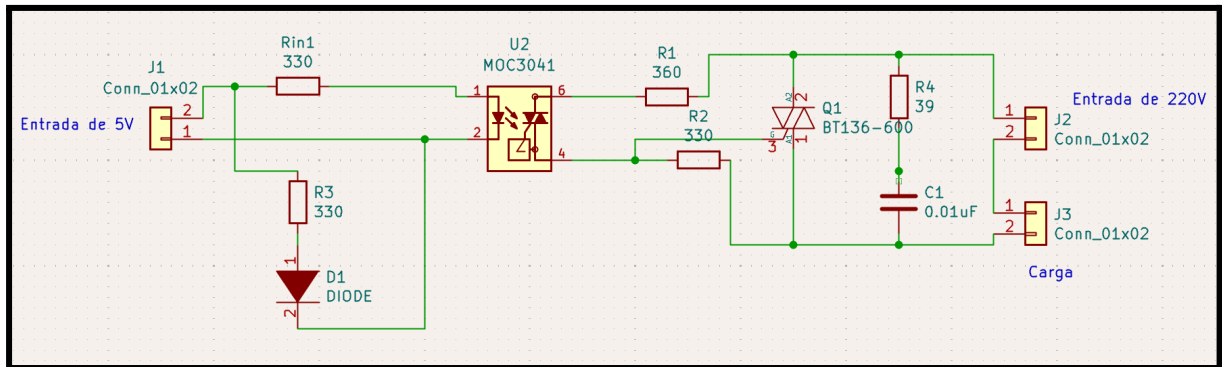
## Introducción:

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar y construir un relé de estado sólido (SSR) empleando dispositivos optoelectrónicos, específicamente un optoacoplador con salida a triac (optotriac), capaz de controlar una carga con tensiones de 220 V AC mediante una señal lógica proveniente de un microcontrolador.

A diferencia de los relés electromecánicos tradicionales, el relé de estado sólido no presenta partes móviles, lo que mejora significativamente la confiabilidad, la velocidad de conmutación y la vida útil del sistema, además de reducir el ruido eléctrico y mecánico durante la operación. El empleo de un optoacoplador permite una aislación galvánica completa entre el circuito de control (bajo voltaje) y el circuito de potencia (alta tensión), garantizando la seguridad del microcontrolador y del operador.

A su vez, se desarrolló un prototipo funcional montado en una placa de circuito impreso (PCB), con un diseño compacto y seguro, cumpliendo con los requerimientos eléctricos y de aislamiento necesarios para operar de forma confiable bajo condiciones de red. Este trabajo combina principios de optoelectrónica, electrónica de potencia y sistemas de control embebido.

## Circuito Esquemático Propuesto:

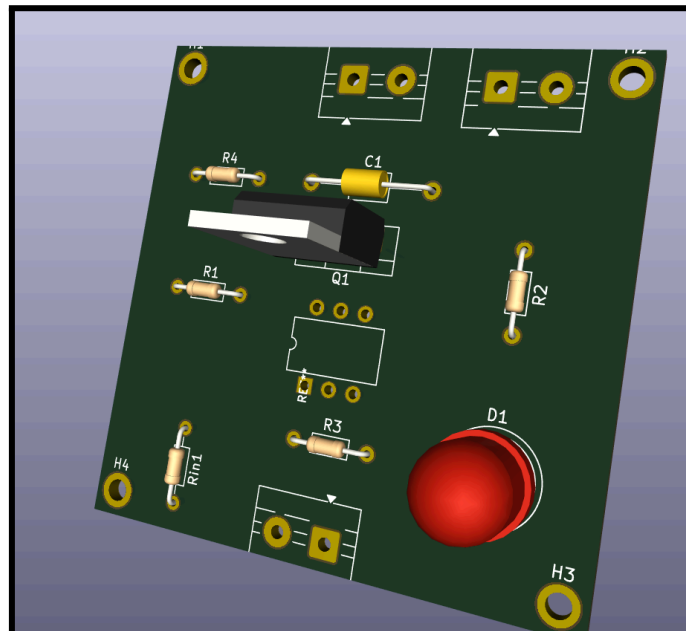


**Figura N°1: Circuito Esquemático**

A su vez, el circuito formado en la PCB quedó diagramado de la siguiente forma

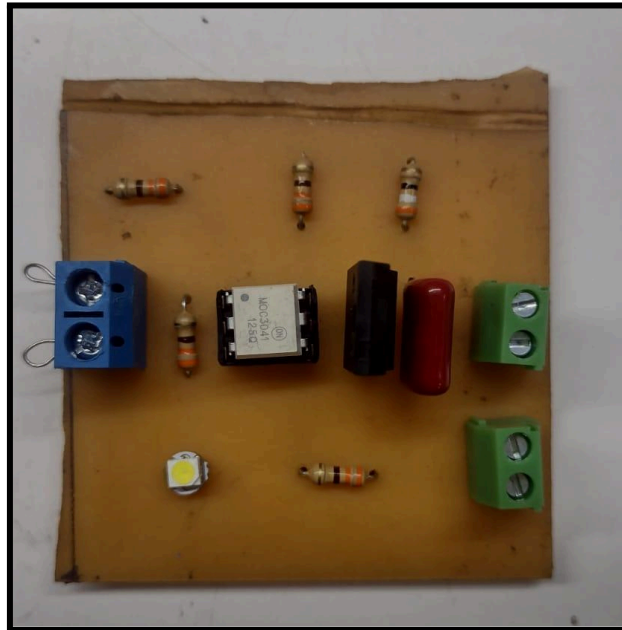
**Figura N°2: Diagrama de PCB**

Cuya visualización en 3D es la siguiente



**Figura N°3: Placa Final**

Finalmente, la placa luego del proceso de elaboración mediante el método del planchado y el paso por el ácido quedo como se muestra a continuación



**Figura N°4: Placa Real**

Como se observa, hemos pasado del proceso de diseño en el programa KICAD a la implementación real del mismo, logrando un resultado más que satisfactorio a la hora de realizar las pruebas de funcionamiento.



**Figura N°X: Prueba de Funcionamiento**

## Hojas de Datos de los Circuitos Integrados Utilizados:



August 2015

### MOC3031M, MOC3032M, MOC3033M, MOC3041M, MOC3042M, MOC3043M 6-Pin DIP Zero-Cross Triac Driver Output Optocoupler (250/400 Volt Peak)

#### Features

- Simplifies Logic Control of 115 VAC Power
- Zero Voltage Crossing
- $dv/dt$  of 2000 V/ $\mu$ s Typical, 1000 V/ $\mu$ s Guaranteed
- Peak Blocking Voltage
  - 250 V, MOC303XM
  - 400 V, MOC304XM
- Safety and Regulatory Approvals
  - UL1577, 4,170 VAC<sub>RMS</sub> for 1 Minute
  - DIN EN/IEC60747-5-5

#### Description

The MOC303XM and MOC304XM devices consist of a GaAs infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon detector performing the function of a zero voltage crossing bilateral triac driver.

They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 115 VAC lines, such as teletypewriters, CRTs, solid-state relays, industrial controls, printers, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

#### Applications

- Solenoid/Valve Controls
- Lighting Controls
- Static Power Switches
- AC Motor Drives
- Temperature Controls
- E.M. Contactors
- AC Motor Starters
- Solid State Relays

#### Schematic

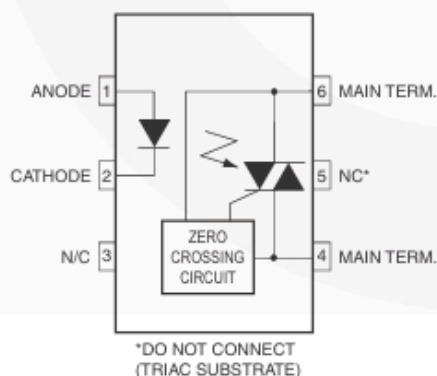


Figure 1. Schematic

#### Package Outlines

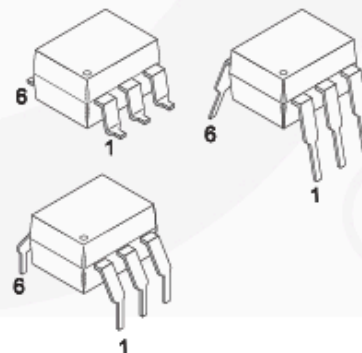


Figure 2. Package Outlines

MOC303XM, MOC304XM — 6-Pin DIP Zero-Cross Triac Driver Output Optocoupler (250/400 Volt Peak)

## Safety and Insulation Ratings

As per DIN EN/IEC 60747-5-5, this optocoupler is suitable for "safe electrical insulation" only within the safety limit data. Compliance with the safety ratings shall be ensured by means of protective circuits.

Parameter		Characteristics
Installation Classifications per DIN VDE 0110/1.89 Table 1, For Rated Mains Voltage	< 150 V <sub>RMS</sub>	I–IV
	< 300 V <sub>RMS</sub>	I–IV
Climatic Classification		40/85/21
Pollution Degree (DIN VDE 0110/1.89)		2
Comparative Tracking Index		175

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>PR</sub>	Input-to-Output Test Voltage, Method A, V <sub>IORM</sub> × 1.6 = V <sub>PR</sub> , Type and Sample Test with t <sub>m</sub> = 10 s, Partial Discharge < 5 pC	1275	V <sub>peak</sub>
	Input-to-Output Test Voltage, Method B, V <sub>IORM</sub> × 1.875 = V <sub>PR</sub> , 100% Production Test with t <sub>m</sub> = 1 s, Partial Discharge < 5 pC	1594	V <sub>peak</sub>
V <sub>IORM</sub>	Maximum Working Insulation Voltage	850	V <sub>peak</sub>
V <sub>IOTM</sub>	Highest Allowable Over-Voltage	6000	V <sub>peak</sub>
	External Creepage	≥ 7	mm
	External Clearance	≥ 7	mm
	External Clearance (for Option TV, 0.4" Lead Spacing)	≥ 10	mm
DTI	Distance Through Insulation (Insulation Thickness)	≥ 0.5	mm
R <sub>IO</sub>	Insulation Resistance at T <sub>S</sub> , V <sub>IO</sub> = 500 V	> 10 <sup>9</sup>	Ω

**Electrical Characteristics** $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.**Individual Component Characteristics**

Symbol	Parameters	Test Conditions	Device	Min.	Typ.	Max.	Unit
<b>EMITTER</b>							
$V_F$	Input Forward Voltage	$I_F = 30\text{ mA}$	All		1.25	1.50	V
$I_R$	Reverse Leakage Current	$V_R = 6\text{ V}$	All		0.01	100	$\mu\text{A}$
<b>DETECTOR</b>							
$I_{\text{DRM1}}$	Peak Blocking Current, Either Direction	Rated $V_{\text{DRM}}$ , $I_F = 0^{(1)}$	All			100	nA
$V_{\text{TM}}$	Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{\text{TM}} = 100\text{ mA peak}$ , $I_F = 0$	All		1.8	3.0	V
dv/dt	Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	$I_F = 0$ (Figure 11) <sup>(2)</sup>	All	1000	2000		V/ $\mu\text{s}$

**Transfer Characteristics**

Symbol	DC Characteristics	Test Conditions	Device	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{\text{FT}}$	LED Trigger Current	Main Terminal Voltage = $3\text{ V}^{(3)}$	MOC3031M MOC3041M			15	mA
			MOC3032M MOC3042M			10	
			MOC3033M MOC3043M			5	
$I_H$	Holding Current, Either Direction		All		400		$\mu\text{A}$

**Zero Crossing Characteristics**

Symbol	Characteristics	Test Conditions	Device	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{\text{IH}}$	Inhibit Voltage	$I_F = \text{rated } I_{\text{FT}}$ , MT1-MT2 voltage above which device will not trigger off-state	All			20	V
$I_{\text{DRM2}}$	Leakage in Inhibited State	$I_F = \text{rated } I_{\text{FT}}$ , rated $V_{\text{DRM}}$ off-state	All			2	mA

**Isolation Characteristics**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Device	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{\text{ISO}}$	Isolation Voltage <sup>(4)</sup>	$t = 1\text{ Minute}$	All	4170			$V_{\text{ACRMS}}$

**Notes:**

- Test voltage must be applied within dv/dt rating.
- This is static dv/dt. See Figure 11 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
- All devices are guaranteed to trigger at an  $I_F$  value less than or equal to max  $I_{\text{FT}}$ . Therefore, recommended operating  $I_F$  lies between max  $I_{\text{FT}}$  (15 mA for MOC3031M and MOC3041M, 10 mA for MOC3032M and MOC3042M, 5 mA for MOC3033M and MOC3043M) and absolute maximum  $I_F$  (60 mA).
- Isolation voltage,  $V_{\text{ISO}}$ , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, pins 1 and 2 are common, and pins 4, 5 and 6 are common.

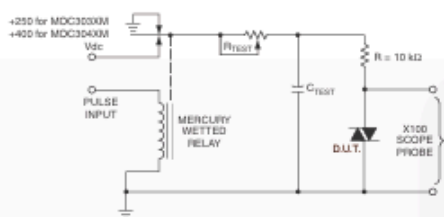


Figure 11. Static dv/dt Test Circuit



Figure 12. Static dv/dt Test Waveform (MOC3031M, MOC3032M, MOC3033M)

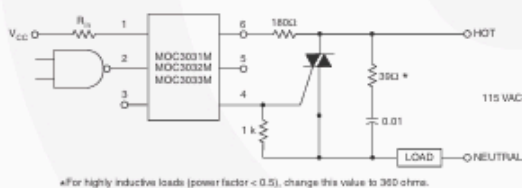
1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable  $R_{TEST}$  allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T stops triggering.  $\tau_{RC}$  is measured at this point and recorded.



Figure 13. Static dv/dt Test Waveform (MOC3041M, MOC3042M, MOC3043M)

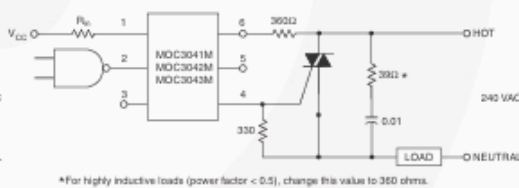
Typical circuit (Fig 14, 15) for use when hot line switching is required. In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or neutral side. The load may be connected to either the neutral or hot line.

$R_{in}$  is calculated so that  $I_F$  is equal to the rated  $I_{FT}$  of the part, 5mA for the MOC3033M and MOC3043M, 10mA for the MOC3032M and MOC3042M, or 15mA for the MOC3031M and MOC3041M. The 39 ohm resistor and 0.01μF capacitor are for snubbing of the triac and may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.



\*For highly inductive loads (power factor < 0.5), change this value to 360 ohms.

Figure 14. Hot-Line Switching Application Circuit (MOC3031M, MOC3032M, MOC3033M)



\*For highly inductive loads (power factor < 0.5), change this value to 360 ohms.

Figure 15. Hot-Line Switching Application Circuit (MOC3041M, MOC3042M, MOC3043M)



## Triacs

## BT136 series

## GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

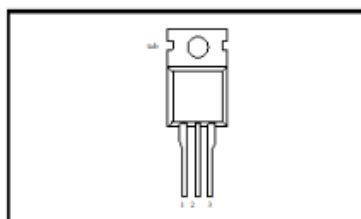
## QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	MAX.	UNIT
$V_{DRM}$	BT136-	500	600	800	V
	BT136-	500F	600F	800F	
	BT136-	500G	600G	800G	
	Repetitive peak off-state voltages	500	600	800	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	4	4	A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	25	25	25	A

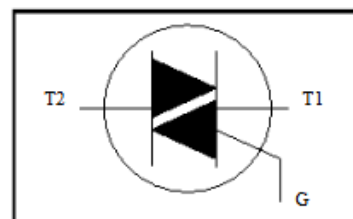
## PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

## PIN CONFIGURATION



## SYMBOL



## LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.			UNIT
$V_{DRM}$	Repetitive peak off-state voltages		-	-500 500 <sup>1</sup>	-600 600 <sup>1</sup>	-800 800	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 107^\circ\text{C}$	-	4			A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge	-	25			A
$I_{2t}$	Peak on-state current	$t = 20\text{ ms}$	-	27			A
$I_{2t}$	Peak on-state current	$t = 16.7\text{ ms}$	-	3.1			A
$I_{2t}$	Peak on-state current	$t = 10\text{ ms}$	-	3.1			A
$dI_T/dt$	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_{TM} = 6\text{ A}$ ; $I_G = 0.2\text{ A}$ ; $dI_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-	50			A/ $\mu\text{s}$
$I_{GM}$	Peak gate current	T2+ G+	-	50			A/ $\mu\text{s}$
$V_{GM}$	Peak gate voltage	T2+ G-	-	50			A/ $\mu\text{s}$
$P_{GM}$	Peak gate power	T2- G-	-	10			A/ $\mu\text{s}$
$P_{G(AV)}$	Average gate power	T2- G+	-	2			A
$T_{stg}$	Storage temperature		-	5			V
$T_j$	Operating junction temperature	over any 20 ms period	-	0.5			W
			-40	150			$^\circ\text{C}$
			-	125			$^\circ\text{C}$

## Triacs

## BT136 series

## THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th\ j-mb}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	3.0	K/W
$R_{th\ j-a}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle in free air	-	-	3.7	K/W
			-	60	-	K/W

## STATIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise stated

j = 13 °C unless otherwise stated								
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.			UNIT
BT136-								
I <sub>GT</sub>	Gate trigger current	V <sub>D</sub> = 12 V; I <sub>T</sub> = 0.1 A			...	...F	...G	
		T2+ G+	-	5	35	25	50	mA
		T2+ G-	-	8	35	25	50	mA
		T2- G-	-	11	35	25	50	mA
		T2- G+	-	30	70	70	100	mA
I <sub>L</sub>	Latching current	V <sub>D</sub> = 12 V; I <sub>GT</sub> = 0.1 A						
		T2+ G+	-	7	20	20	30	mA
		T2+ G-	-	16	30	30	45	mA
		T2- G-	-	5	20	20	30	mA
		T2- G+	-	7	30	30	45	mA
I <sub>H</sub>	Holding current	V <sub>D</sub> = 12 V; I <sub>GT</sub> = 0.1 A	-	5	15	15	30	mA
V <sub>T</sub>	On-state voltage	I <sub>T</sub> = 5 A	-	1.4	1.70			V
V <sub>GT</sub>	Gate trigger voltage	V <sub>D</sub> = 12 V; I <sub>T</sub> = 0.1 A	-	0.7	1.5			V
		V <sub>D</sub> = 400 V; I <sub>T</sub> = 0.1 A; T <sub>j</sub> = 125 °C	0.25	0.4	-			V
I <sub>D</sub>	Off-state leakage current	V <sub>D</sub> = V <sub>DRM(max)</sub> ; T <sub>j</sub> = 125 °C	-	0.1	0.5			mA

## DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise stated

j = 125 °C, unless otherwise stated								
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.			TYP.	MAX.	UNIT
BT136-								
dV <sub>D</sub> /dt	Critical rate of rise of off-state voltage	V <sub>DM</sub> = 67% V <sub>DRM(max)</sub> ; T <sub>j</sub> = 125 °C; exponential waveform; gate open circuit	100	50	200	250	-	V/μs
dV <sub>com</sub> /dt	Critical rate of change of commutating voltage	V <sub>DM</sub> = 400 V; T <sub>j</sub> = 95 °C; I <sub>T(RMS)</sub> = 4 A; di <sub>com</sub> /dt = 1.8 A/ms; gate open circuit	-	-	10	50	-	V/μs
t <sub>gt</sub>	Gate controlled turn-on time	I <sub>TM</sub> = 6 A; V <sub>D</sub> = V <sub>DRM(max)</sub> ; - I <sub>G</sub> = 0.1 A; dI <sub>G</sub> /dt = 5 A/μs	-	-	-	2	-	μs

## Triacs

## BT136 series

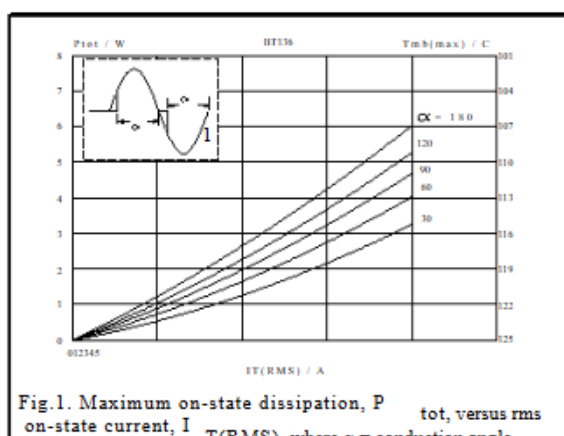


Fig. 1. Maximum on-state dissipation,  $P_{tot}$ , versus rms on-state current,  $I_{T(RMS)}$ , where  $\alpha$  = conduction angle.

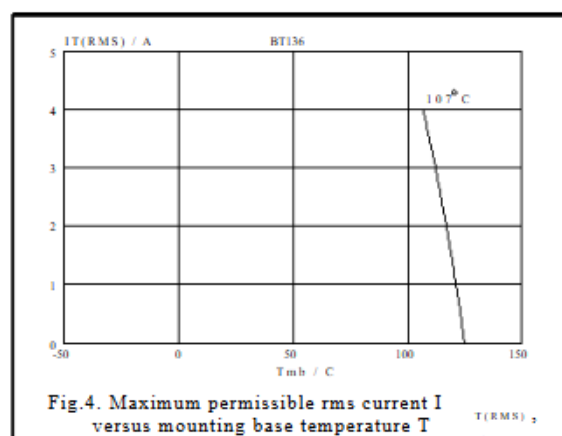


Fig. 4. Maximum permissible rms current  $I_{T(RMS)}$  versus mounting base temperature  $T_{mb}$ .

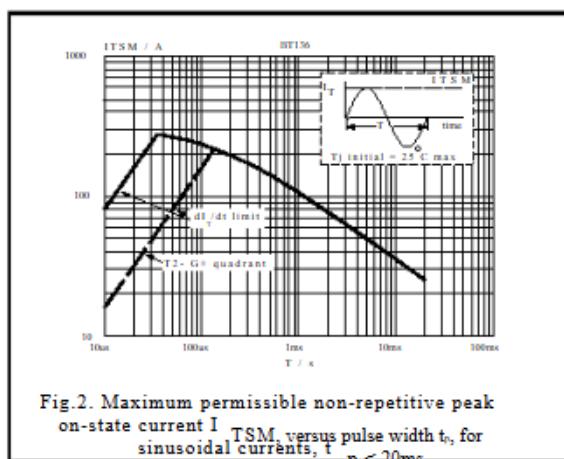


Fig. 2. Maximum permissible non-repetitive peak on-state current  $I_{TSM}$  versus pulse width  $t_p$  for sinusoidal currents,  $f = 50\text{ Hz}$ .

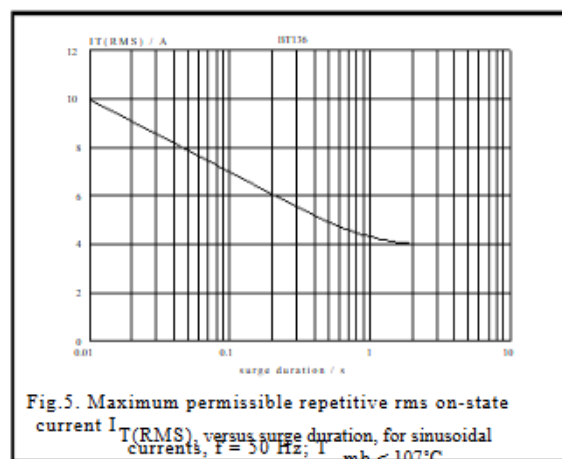


Fig. 5. Maximum permissible repetitive rms on-state current  $I_{T(RMS)}$  versus surge duration for sinusoidal currents,  $f = 50\text{ Hz}$ ;  $T_{mb} \leq 107^\circ\text{C}$ .

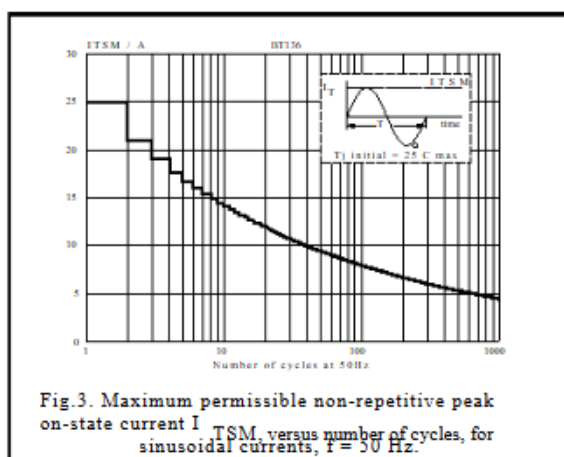


Fig. 3. Maximum permissible non-repetitive peak on-state current  $I_{TSM}$  versus number of cycles for sinusoidal currents,  $f = 50\text{ Hz}$ .

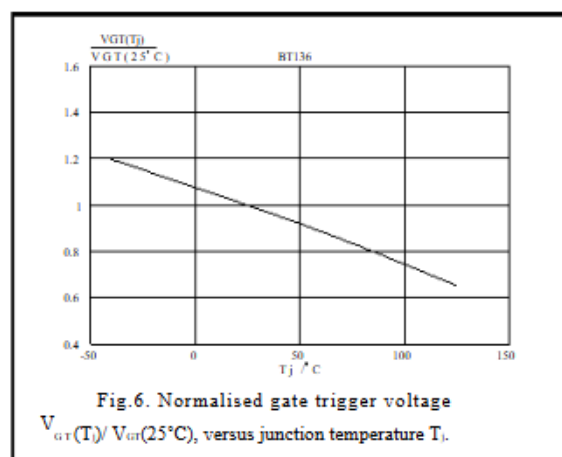
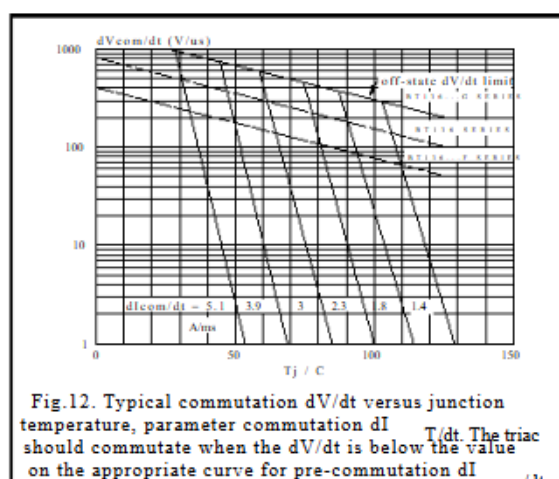
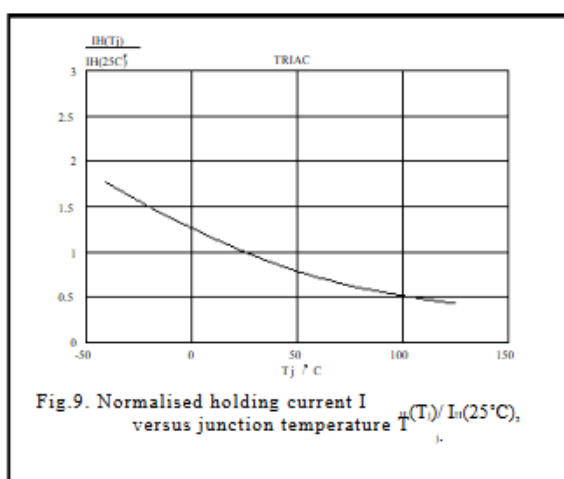
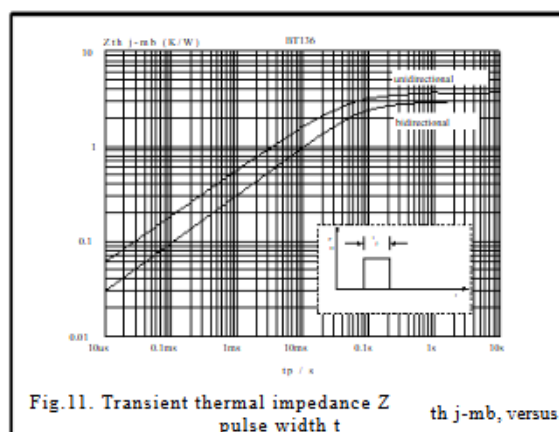
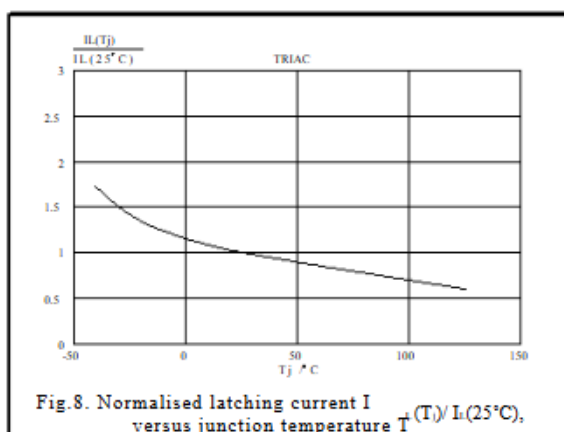
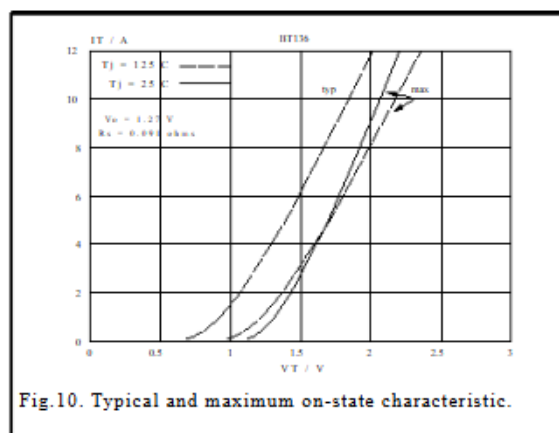
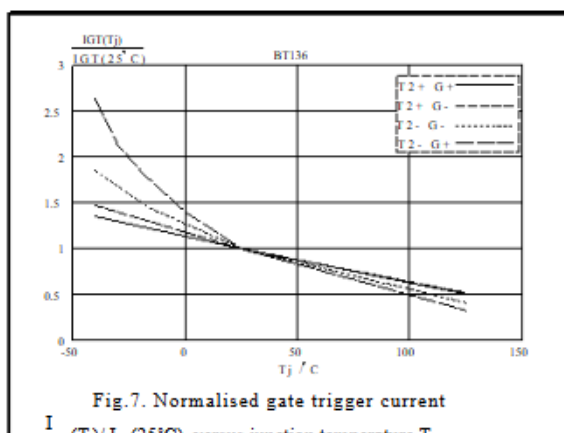


Fig. 6. Normalised gate trigger voltage  $V_{GT}(T)/V_{GT}(25^\circ\text{C})$  versus junction temperature  $T_j$ .

## Triacs

## BT136 series



Cálculos Utilizados:

$$R_{led} = \frac{V_{in} - V_{umbral}}{I_{led}} = \frac{5V - 1,2V}{10mA} = 380 \Omega$$

## Mediciones:

Para la realización de las mediciones, se colocó una lámpara LED como carga del circuito conectado a 220V. El objetivo de dicho procedimiento fue comprobar que el circuito realizaba un corte fehaciente de la energía en los bornes de la carga cuando el circuito de control estaba desactivado.

### Primera medición

Para la primera prueba se descubrió que el circuito no realizaba un corte total en bornes de la carga, quedando una tensión remanente de 150 V AC, lo cual dejaba a nuestra carga a una iluminación residual que no estaba contemplada en el resultado final que consideramos satisfactorio. Para ello se procedió al retiro del capacitor de  $0.01\mu\text{F}$ , el cual proporcionaba dicha tensión remanente. Esto solucionó el inconveniente.

### Segunda medición:

Para la segunda prueba se determinó el correcto funcionamiento del prototipo. A continuación expondremos las mediciones realizadas.



**Figura N°X: Medición con Circuito de control ON**

A su vez, la medición cuando el circuito de control estaba desactivado fue de:



**Figura N°X: Medición con Circuito de control ON**

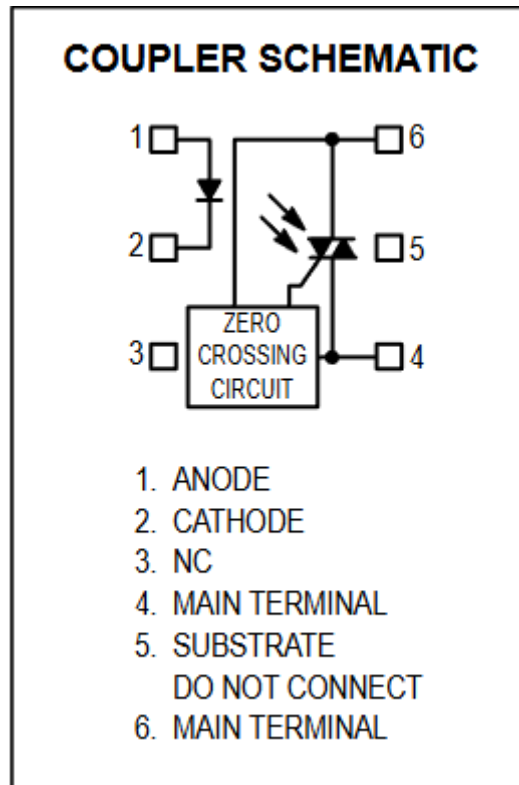
Esto nos representa un funcionamiento correcto del circuito diseñado cumpliendo con los requerimientos solicitados por la catedra

### Principio de funcionamiento del circuito:

El circuito diseñado consta de dos partes bien diferenciadas:

- Circuito de Control
- Circuito de potencia

La parte de control consta de una entrada de 5V, la cual es una salida típica de cualquier microcontrolador que se encuentra de manera comercial en la actualidad. Dicha entrada va conectada a los pines 1 y 2 del MOC. Este dispositivo en su interior presenta un pequeño fotodiodo el cual se iluminará con el fin de activar la etapa de potencia tal como se puede apreciar en la figura N°4.



**Figura N°x: Esquemático del MOC3041**

A su vez, se decidió colocar un pequeño LED en la entrada, con su correspondiente resistencia, el cual servirá de “testigo” para señalar que el dispositivo se encuentra en funcionamiento.

En contrapartida, la parte de potencias se conecta a la tensión de la red, la cual es de 220V. Cuando el circuito de control active el fotodiodo, el FotoTriac se activará, lo que permitirá el paso de la tensión a través de él. A la salida del Pin 4 tendremos conectada una resistencia de 330  $\Omega$ . Cuando la corriente fluya a través de la misma, habrá una caída de tensión que polariza la compuerta del Triac, lo que permitirá que este se polarice y formará un cortocircuito a través de él. Esto llevará la energía directa hacia la carga ubicada en la bornera J3.

**Principio de funcionamiento de Dispositivos Optoelectrónicos:**

## Optoacoplador

Los Optoacopladores u Optoaisladores son dispositivos que podemos encontrar en múltiples aplicaciones dentro de un equipo electrónico, cuando una señal debe ser transmitida desde un circuito específico a otro, sin que exista conexión eléctrica entre ambos.

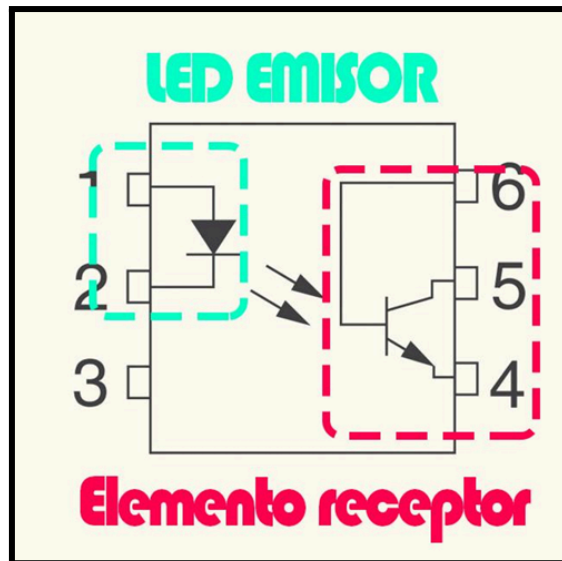


Figura N°x: Optoacoplador

La construcción interna de estos dispositivos puede ser muy variada, en función del tipo de aplicación a la que se vaya a exponer.

Una de las propiedades que poseen es que al estar encapsulados, la relación óptica se mantiene constante y eso hace que la naturaleza del uso sea totalmente electrónica

## Instrumental Utilizado

Multímetro:



Figura N°x: Multímetro

Relé de Estado Solido VS Rele Mecanico

Relé de Estado Sólido (SSR)



### Ventajas:

1. Durabilidad: No tiene partes móviles, lo que reduce el desgaste y aumenta la vida útil.
2. Velocidad: Actuación más rápida que los relés mecánicos, ideal para aplicaciones que requieren conmutaciones rápidas.
3. Silencio: Operación silenciosa, sin clics mecánicos.
4. Bajo consumo de energía: Menor requerimiento de potencia para activar el relé.
5. Resistencia a vibraciones: Más resistente a condiciones adversas como vibraciones y golpes.

### Desventajas:

1. Costo: Generalmente, son más caros que los relés mecánicos.
2. Calor: Pueden generar más calor en operaciones continuas, lo que podría requerir disipadores de calor.
3. Limitaciones de voltaje: No son adecuados para todas las aplicaciones, especialmente en circuitos de alta potencia.

## Relé Mecánico

### Ventajas:

1. Costo: Suelen ser más económicos que los relés de estado sólido.
2. Capacidad de manejo de corriente: Pueden manejar altos voltajes y corrientes con facilidad.
3. Simplicidad: Diseño simple y fácil de entender; no requiere circuitos complejos para su funcionamiento.

### Desventajas:

1. Durabilidad: Tienen partes móviles que se desgastan con el tiempo, reduciendo la vida útil.
2. Ruido: Producen ruido al activar y desactivar.
3. Velocidad: Más lentos en comparación con los relés de estado sólido.
4. Requieren más energía: Mayor consumo de energía para activar el mecanismo