



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ciencias



UNIDAD 3 – REGULADORES

Principio de operación del regulador reductor (parte 1)

Tarea 7

Materia:

Diseño de Sistemas Fotovoltaicos

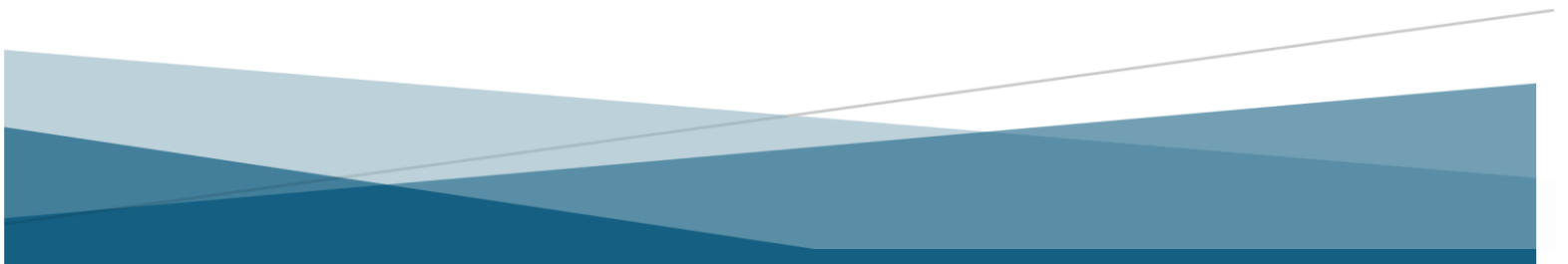
Equipo:

José Ángel Rostro Hernández
Cristhian Orta
Irving Fuentes
Esteban Martínez

Docente:

Dr. Gerardo Vázquez Guzmán

24 de Marzo de 2025, San Luis Potosí, S.L.P., México



INTRODUCCIÓN

Los convertidores de potencia CD-CD, y en particular los reguladores tipo *Buck*, son fundamentales en la electrónica de potencia moderna. Estos circuitos permiten reducir eficientemente un voltaje de entrada a un nivel inferior mediante técnicas de conmutación, encontrando aplicaciones críticas en sistemas de alimentación, energías renovables y electrónica industrial. Sin embargo, su desempeño no depende únicamente de la topología básica del convertidor, sino también de los circuitos auxiliares que garantizan una operación confiable.

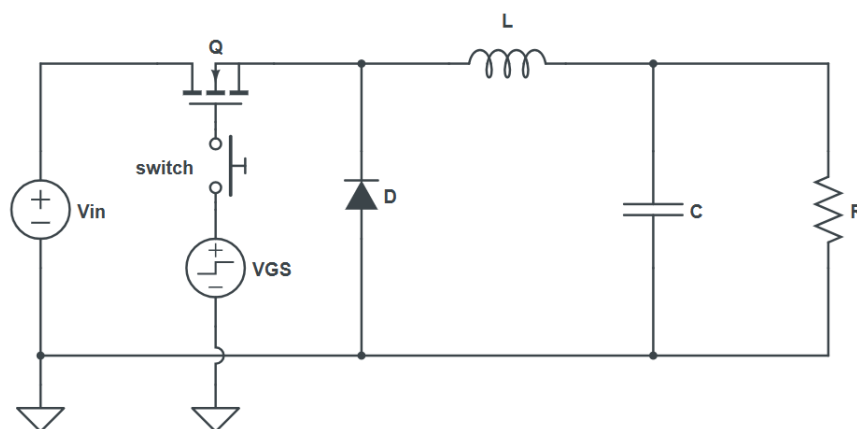


Figura 1. Regulador reductor

En este contexto, el **opto driver** y la **fuentes de alimentación aislada** emergen como componentes clave para el correcto accionamiento del dispositivo de conmutación (MOSFET/IGBT), es decir son los encargados activar y desactivar el transistor a partir de la generación de un voltaje en forma de onda cuadrada (VGS).

Una **fuentes aislada DC-DC** es un convertidor electrónico que transforma un voltaje de corriente continua (DC) de entrada en otro voltaje DC de salida, manteniendo un **aislamiento galvánico** entre ambos circuitos (entrada y salida). Este aislamiento es crucial para proteger equipos sensibles, evitar ruido eléctrico y garantizar seguridad en aplicaciones de alta potencia.

Su funcionamiento es utilizando un transformador de alta frecuencia para transferir energía de la entrada a la salida sin conexión eléctrica directa. El aislamiento se mide en **kV** (ej. 2.4kVDC en el MGJ2D051505SC).

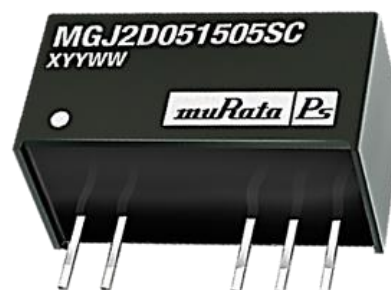


Figura 2. Fuente Aislada CD-CD

Circuitos electrónicos (como PWM) controlan la energía transferida al secundario para mantener estable el voltaje de salida, incluso con variaciones en la entrada o la carga.

Arquitectura básica del convertidor

1. Etapa de entrada (5V DC):

- +VIN (Pin 1): Entrada de voltaje positivo (+5V)
- -VIN (Pin 2): Retorno de la entrada (tierra de entrada)

2. Transformador de alta frecuencia:

- Oscilador de alta frecuencia (45kHz) que convierte DC a AC
- Transistores de potencia que conmutan rápidamente (MOSFETs internos)
- Transformador miniatura con relación de vueltas específica para $5V \rightarrow \pm 15V$

3. Etapa de salida ($\pm 15V$):

- +VOUT (Pin 7): +15V regulado (80mA máx.)
- -VOUT (Pin 5): -5V regulado (40mA máx.)
- OV (Pin 6): Tierra de salida (referencia para las salidas)

Proceso de elevación de voltaje

1. Conversión DC-AC:

- Un oscilador interno convierte los 5V DC en una señal cuadrada de alta frecuencia
- Esta frecuencia típicamente está entre 45kHz

2. Transformación:

- La señal AC pasa por el transformador aislador
- Primario: Conectado a la entrada de 5V
- Secundario 1: Para +15V (relación $\sim 3:1$ respecto al primario)
- Secundario 2: Para -5V (relación $\sim 1:1$ pero con configuración inversa)

3. Rectificación y filtrado:

- Diodos rápidos rectifican la salida AC del transformador
- Condensadores de filtrado suavizan el rizado (especificado $< 30mV_{p-p}$ típico)

- Circuitos de regulación mantienen $\pm 15V$ estables ante variaciones de carga

Por su parte el opto driver es un **gate driver óptico** que controla el encendido/apagado de transistores de potencia (IGBT/MOSFET) usando señales ópticas para aislamiento.

Características:

- **Aislamiento galvánico:** Evita ruidos eléctricos y protege el circuito de control.
- **Entrada:** Señal de bajo voltaje (ej. 5V desde un microcontrolador o DSP).
- **Salida:** Voltajes bipolares (ej. +15V/-5V) para el gate del transistor.
- **Velocidad rápida:** Genera ondas cuadradas limpias para conmutación eficiente.



Figura 3. Opto driver

Funcionamiento básico:

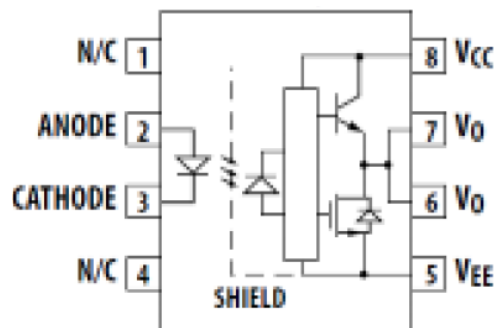


Figura 3. Circuito interno del Opto driver

1. Parte del LED (diodo emisor de luz):

- El ánodo (pin 2) y cátodo (pin 3) forman el diodo LED interno
- Cuando aplicas corriente a través de estos pines (típicamente con 5-20mA), el LED se enciende

2. Parte del fotodetector/controlador:

- Cuando el LED se enciende, emite luz infrarroja

- Esta luz activa un componente fotosensible interno (probablemente un fototransistor o fotodiodo)
- El componente activado controla la salida de alto voltaje (Vo, pin 7)

3. Conexiones de potencia:

- Vcc (pin 8): Voltaje positivo para la parte del controlador (típicamente +5V)
- VEE (pin 5): Voltaje negativo para la salida (en este caso -5V)
- Vo (pin 7): Salida de voltaje variable que puede oscilar entre -5V y +15V dependiendo del estado del LED

Es importante resaltar que el optodriver no genera directamente estos voltajes, sino que modula/conmuta entre ellos:

1. Cuando el LED está **apagado**:

- La salida Vo puede estar en un estado predeterminado (por ejemplo, -5V a través de una resistencia)

2. Cuando el LED está **encendido**:

- El circuito interno conmuta Vo a un voltaje más alto (hasta +15V)
- El valor exacto depende de la carga conectada y las resistencias externas

El "SHIELD" mencionado en el diagrama suele ser una conexión a tierra de blindaje para reducir interferencias electromagnéticas.

OBJETIVO

Implementar y validar experimentalmente el circuito básico del regulador reductor, enfocándose en la operación del opto-driver y la fuente de alimentación aislada, para comprender su papel en el accionamiento del dispositivo de conmutación.

El objetivo principal es validar experimentalmente su funcionamiento, reforzando los conceptos teóricos vistos en clase.

DESARROLLO

Lo primero que se realizó en la práctica fue la verificación de la fuente de alimentación. Se mide las terminales de la fuente de voltaje dentro de nuestro sistema (la protoboard) con tal de analizar la entrada de voltaje a nuestro sistema, cuyo voltaje esperado era de 5 V.

Una vez verificada la fuente de alimentación, se realizó la conexión del circuito de acuerdo con las indicaciones del docente. Utilizando el convertidor MGJ2D051505SC, se realizan las conexiones del sistema siendo:

- Pin 1: voltaje de entrada de la fuente.
- Pin 2: voltaje de salida de la fuente.
- Pin 5: salida regulada de voltaje de 15 V.
- Pin 6: salida a tierra.
- Pin 7: salida regulada de voltaje de -5 V.

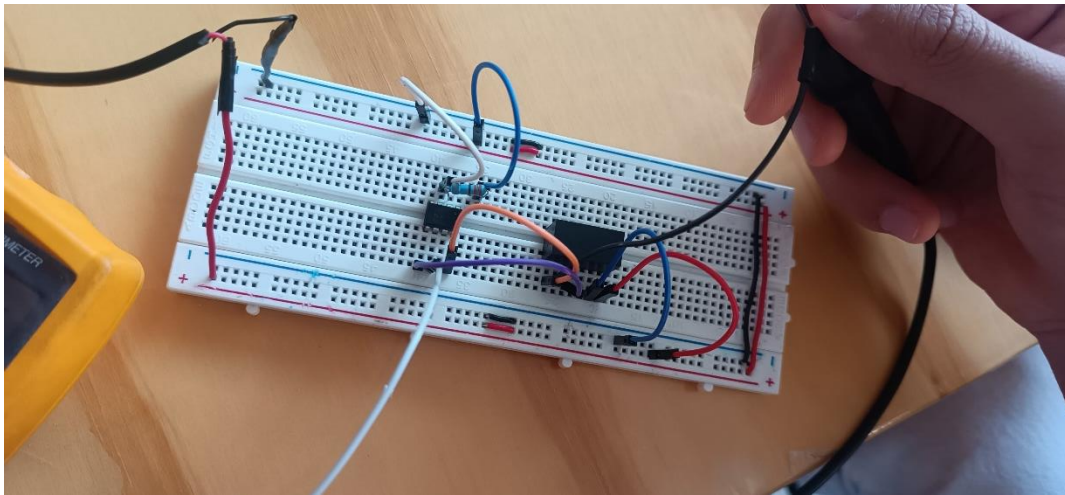


Imagen 1. Circuito integrado del regulador reductor

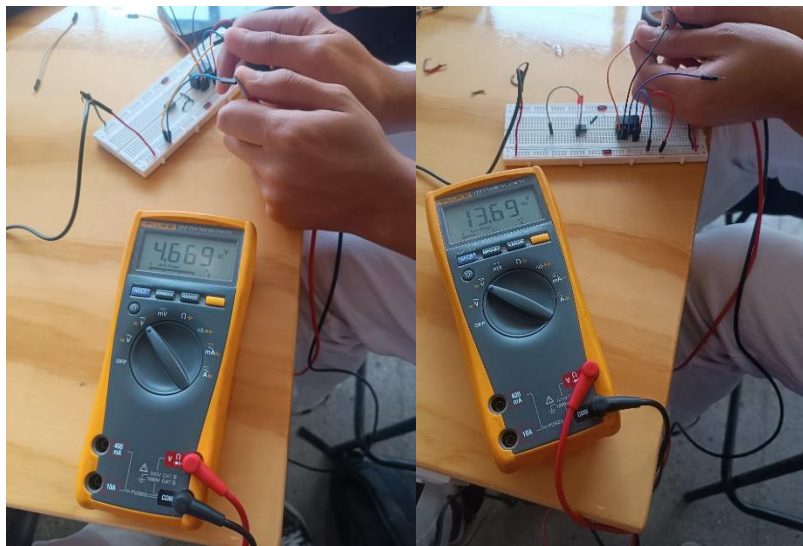


Imagen 2. Validando V_{in} y V_{out} de la fuente aislada

Se realizan las respectivas mediciones de las salidas de voltaje de este convertidor, y una vez verificados los valores de estas mediciones, se instala el optodriver, siguiendo las instrucciones dadas por el docente.

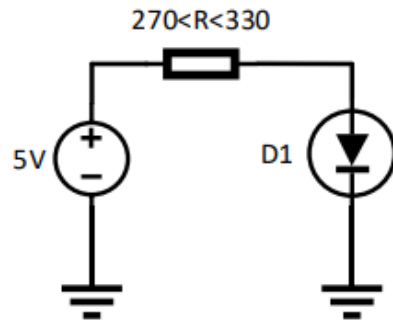


Figura 4. Circuito de entrada del optodriver

Las conexiones del optodriver fueron:

- Pin 2: ánodo del diodo LED interno (conexión de resistencia).
- Pin 3: cátodo del diodo LED interno (conexión de voltaje de salida de la fuente).
- Pin 5: conexión de salida regulada de voltaje de +15 V desde el convertidor.
- Pin 7: salida a tierra desde el optodriver.
- Pin 8: conexión de salida regulada de voltaje de -5 V desde el convertidor.

Variando la polaridad del voltaje de entrada del optodriver desde el pin 2, el voltaje de salida que se obtenía desde la medición del pin 6 del convertidor y del pin 7 del optodriver variaba entre las salidas de voltaje reguladas.

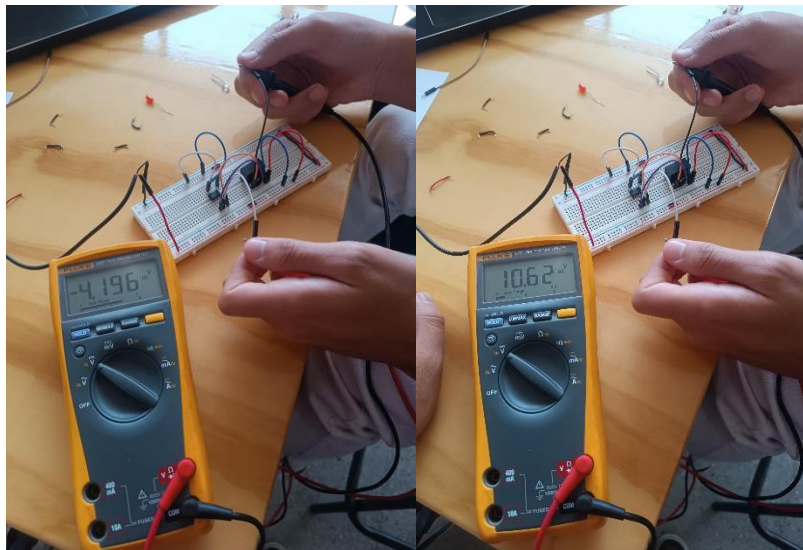


Imagen 3. Variación del voltaje en el optodriver.

RESULTADOS

Una vez hecho el circuito, las mediciones que se obtuvieron fueron las siguientes:

- Si el circuito, desde el optodriver, se colocaba la entrada de voltaje en el polo negativo en el pin 2, la salida de voltaje del sistema teórico debe arrojar una medición de -5 V. En nuestro caso, el valor aproximado de medición variaba entre -4.5 V y -4.7 V.

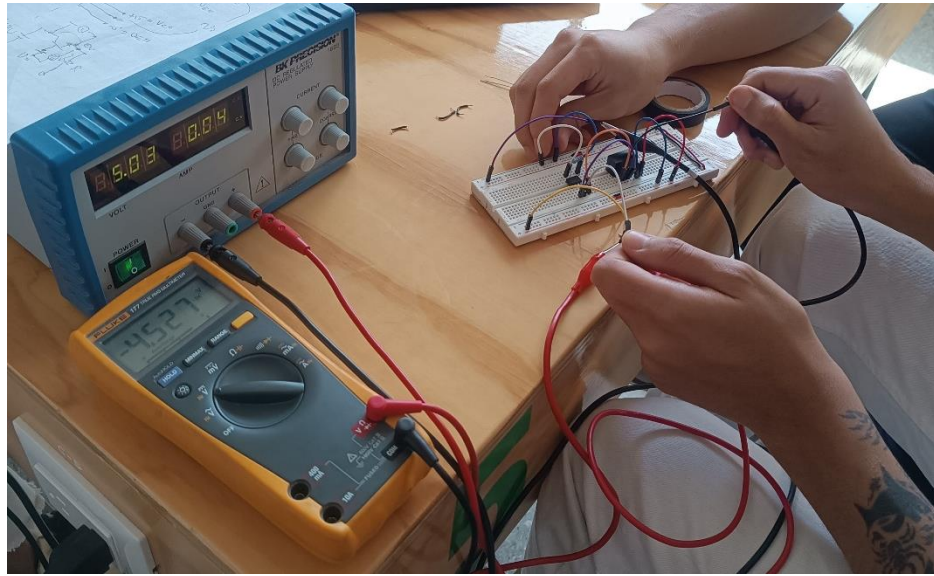


Imagen 4. Medición de salida de voltaje de -5 V

- Si el circuito, desde el optodriver, se colocaba la entrada de voltaje en el polo positivo en el pin 2, la salida de voltaje del sistema teórico debe arrojar una medición de +15 V. En nuestro caso, el valor aproximado de medición fue de 12.3 V.

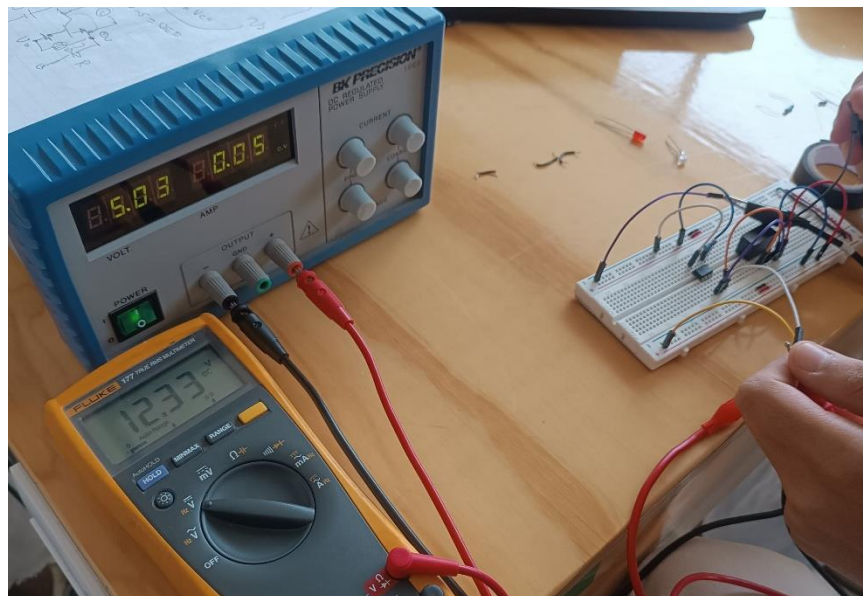


Imagen 5. Medición de voltaje de salida de +15 V

CONCLUSIONES

El regulador reductor es un sistema bastante importante debido a que permite reducir de forma eficiente un voltaje de entrada, y la práctica nos permite ver el principio de cómo actúa este tipo de reguladores, donde el voltaje de salida cambia, aunque trabaja en conjunto con circuitos que permiten alternar este voltaje. Debido a la importancia de los valores de salida de voltaje, es importante asegurarse que en el sistema no haya pérdidas de este, con tal de que el sistema que se esté manejando sea eficiente, por lo que siempre hay que comprobar que la fuente esté funcionando de forma adecuada, así como el resto de las componentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Murata Power Solutions. (2007). *MGJ2 Series 5.2kVDC Isolated 2W Gate Drive DC-DC Converters* [Hoja técnica]. Murata Manufacturing Co., Ltd. <https://www.murata.com>
- Alpha Microelectronics GmbH. (s.f.). *A3130 General Features* [Hoja técnica]. Alpha Microelectronics GmbH. <https://www.alpha-microelectronics.de>

— a3130 general features —

The a3130 is a universal DSP-based PFC solution to be used in applications requiring power factor values close to unity. Typical applications are high-power DC motors and lighting systems. The controller is based on the boost topology and is fully software-controlled. The PFC algorithm is loaded from an on-chip non-volatile memory for stand-alone operation or can be uploaded to the DSP core using a two-wire interface.

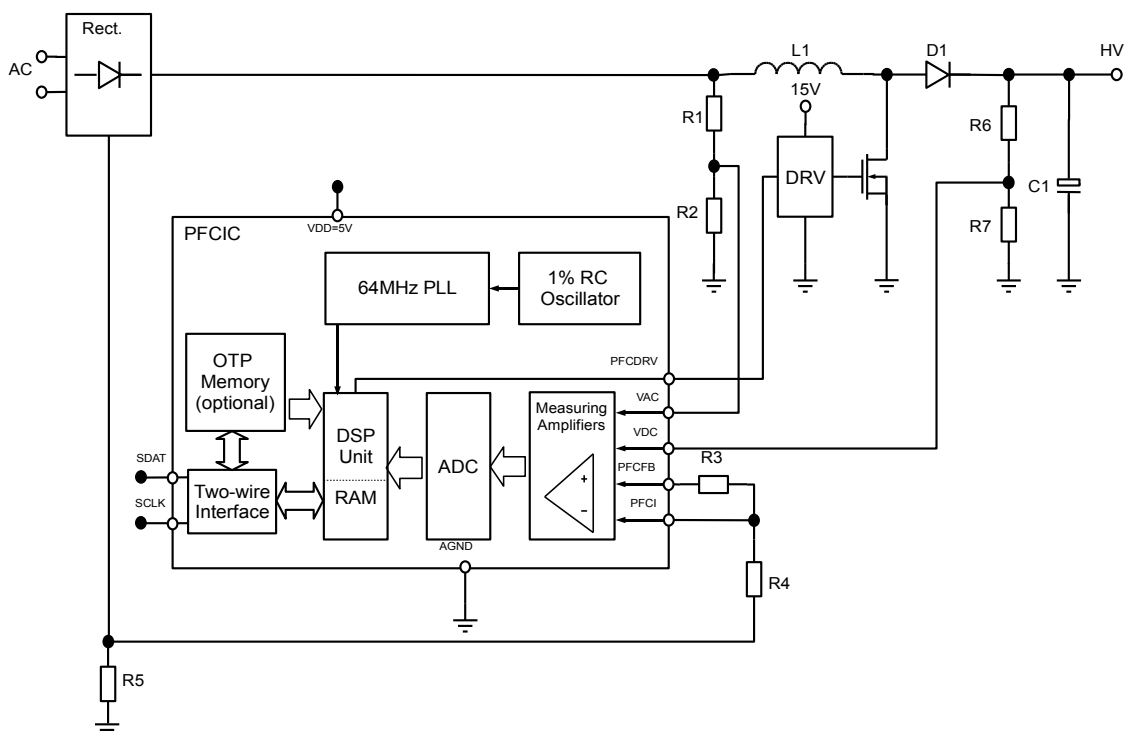
Highlights:

- ☐ Fully reconfigurable digitally-controlled power factor controller in CMOS technology
- ☐ On-chip AC-phase-locked sinusoidal 45...65Hz oscillator to improve AC-line noise rejection
- ☐ High accuracy through on-chip 10bit ADC and dedicated RISC processor
- ☐ Achievable high efficiency (>95%) and power factor (>0.99)
- ☐ Broad range of user-selectable PWM frequency (5kHz...200kHz)
- ☐ Low EMC filter requirements due to use of spread-spectrum PWM
- ☐ Two-wire interface to load software
- ☐ Supports 90V...135V and 195V...275V 60/50Hz mains standards

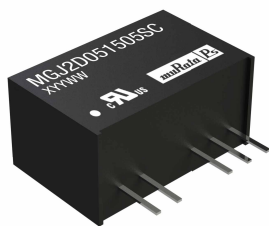
Available Options:

- ☐ On-chip gate driver
- ☐ On-chip OTP memory for stand-alone operation

— example application schematic —



a3130: simplified application schematic



FEATURES

- Optimised bipolar output voltages for IGBT/ Mosfet gate drives
- Reinforced insulation to UL60950 recognised
- UL60601 (3rd Ed) pending recognition
- Power density 0.81W/cm³
- 5.2kVDC isolation test voltage 'Hi Pot Test'
- Ultra low coupling capacitance
- Footprint 1.96cm²
- SIP package style
- 5V, 12V, 15V & 24V inputs
- +15V/-15V, +15V/-5V, +15V/-8.7V & +20V/-5V outputs
- Operation to 100 °C
- Characterised dv/dt immunity
- Characterised partial discharge performance

PRODUCT OVERVIEW

The MGJ2 series of DC-DC converters is ideal for powering 'high side' and 'low side' gate drive circuits for IGBTs and Mosfets in bridge circuits. A choice of asymmetric output voltages allows optimum drive levels for best system efficiency and EMI. The MGJ2 series is characterised for high isolation and dv/dt requirements commonly seen in bridge circuits used in motor drives and inverters, while the MGJ2 industrial grade temperature rating and construction gives long service life and reliability.

SELECTION GUIDE

Order Code	Nominal Input Voltage	Output Voltage 1	Output Voltage 2	Output Current 1	Output Current 2	Input Current at Rated Load	Load Regulation (Typ)	Load Regulation (Max)	Ripple & Noise (Typ) ²	Ripple & Noise (Max) ²	Efficiency (Min)	Efficiency (Typ)	Isolation Capacitance	MTTF ¹
	V	V	V	mA	mA	mA	%	%	mVp-p	mVp-p	%	%	pF	kHrs
MGJ2D051505SC	5	15	-5	80	40	360	5.7	7	30	50	71	76	2.8	2095
MGJ2D051509SC	5	15	-8.7	80	40	390	6	7	30	50	73	77.5	3.3	1902
MGJ2D051515SC	5	15	-15	67	67	492	6.5	7	20	35	76	79	4	2629
MGJ2D052005SC	5	20	-5	80	40	440	6.2	8	30	50	74	78.5	3.3	1655
MGJ2D121505SC	12	15	-5	80	40	150	4.7	6	30	50	76	80	2.9	2339
MGJ2D121509SC	12	15	-8.7	80	40	155	5.3	7.5	30	50	76	80	3.5	2296
MGJ2D121515SC	12	15	-15	67	67	203	6.0	7	24	40	78	82	4	2707
MGJ2D122005SC	12	20	-5	80	40	195	5.5	8	30	45	78	82	3.3	1799
MGJ2D151505SC	15	15	-5	80	40	120	5	7	30	50	75	80	2.9	2374
MGJ2D151509SC	15	15	-8.7	80	40	130	5	7	30	50	76	80	4	2736
MGJ2D151515SC	15	15	-15	67	67	167	5.5	7	23	35	75	79	4	2100
MGJ2D152005SC	15	20	-5	80	40	145	6	8	30	50	78	81	3.4	1864
MGJ2D241505SC	24	15	-5	80	40	75	4.6	7	30	50	75	80.5	2.7	2194
MGJ2D241509SC	24	15	-8.7	80	40	80	4.8	7	30	50	77	82	3.5	2275
MGJ2D242005SC	24	20	-5	80	40	90	6	8	30	50	78	82	3.5	1725

INPUT CHARACTERISTICS

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Voltage range	Continuous operation, 5V input types	4.5	5	5.5	V
	Continuous operation, 12V input types	10.8	12	13.2	
	Continuous operation, 15V input types	13.5	15	16.5	
	Continuous operation, 24V input types	21.6	24	26.4	
Input reflected ripple	5V input types		40		mA
	12V & 15V input types		20		
	24V input types		15		

OUTPUT CHARACTERISTICS

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Rated Power	T _A = -40°C to 100°C			2	W
Voltage Set Point Accuracy	See tolerance envelopes				
Line regulation	High V _{IN} to low V _{IN}		1.0	1.1	%/%

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Short-circuit protection	Continuous
Lead temperature 1mm from case for 10 seconds	260°C
Input voltage V _{IN} , MGJ2D05xxxxSC	5.5V
Input voltage V _{IN} , MGJ2D12xxxxSC	13.2V
Input voltage V _{IN} , MGJ2D15xxxxSC	16.5V
Input voltage V _{IN} , MGJ2D24xxxxSC	26.4V

ISOLATION CHARACTERISTICS

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Isolation test voltage	Flash tested for 1 second	5200			VDC
Resistance	Viso= 500VDC		1		GΩ

1. Calculated using MIL-HDBK-217 FN2 calculation model with nominal input voltage at full load.
2. See ripple & noise test method.

All specifications typical at T_A=25°C, nominal input voltage and rated output current unless otherwise specified.

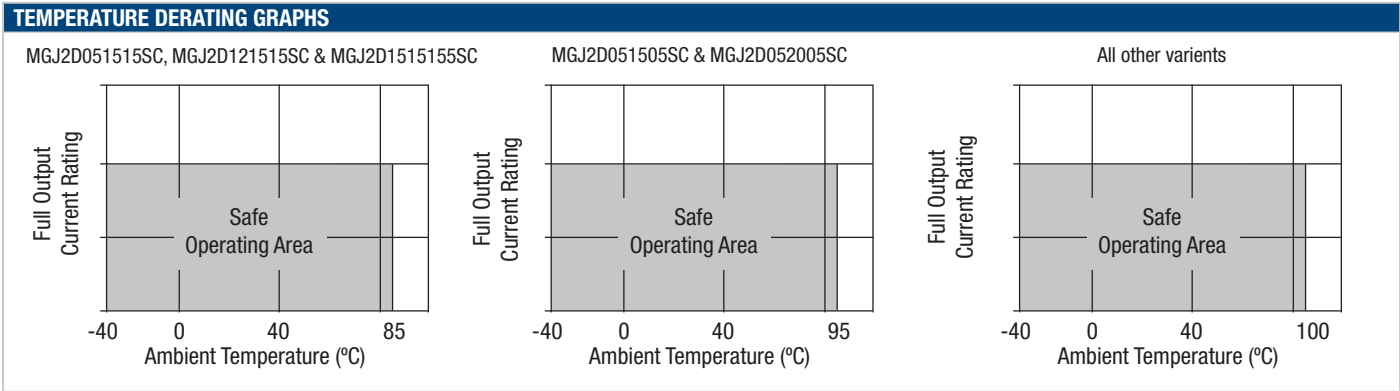


For full details go to
www.murata-ps.com/rohs



GENERAL CHARACTERISTICS					
Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Switching frequency	All types		45		kHz

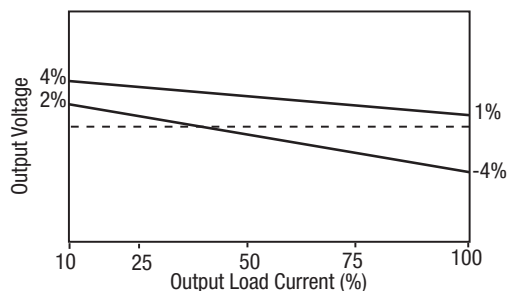
TEMPERATURE CHARACTERISTICS					
Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Specification	All output types (see safety approval section for limitations)	-40		100	°C
Storage		-55		125	
Case Temperature above ambient	5V input types		24		
	All other input types		20		
Cooling	Free air convection				



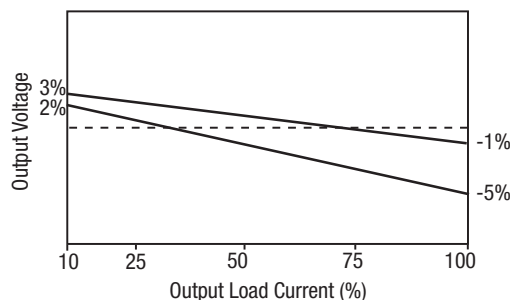
POSITIVE OUTPUT VOLTAGE TOLERANCE ENVELOPES

The voltage tolerance envelopes show typical load regulation characteristics for this product series. The tolerance envelope is the maximum output voltage variation due to changes in output loading and set point accuracy.

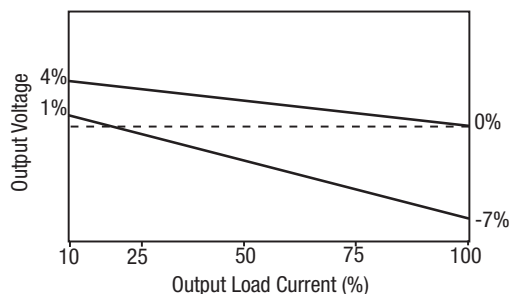
MGJ2D051505SC, MGJ2D051509SC, MGJ2D151505SC & MGJ2D151509SC



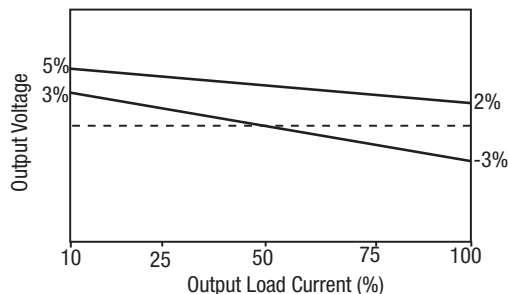
MGJ2D122005SC, MGJ2D152005SC & MGJ2D242005SC



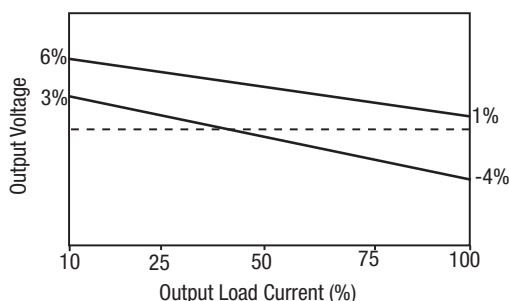
MGJ2D121509SC, MGJ2D241509SC & MGJ2D052005SC



MGJ2D121505SC & MGJ2D241505SC

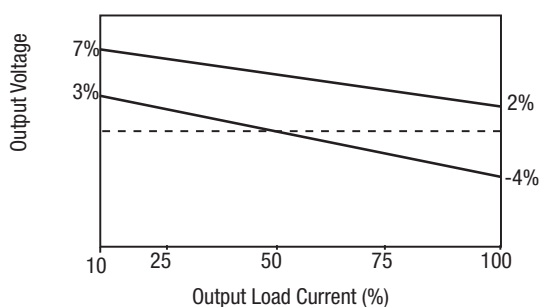


MGJ2D051515SC, MGJ2D121515SC & MGJ2D151515SC

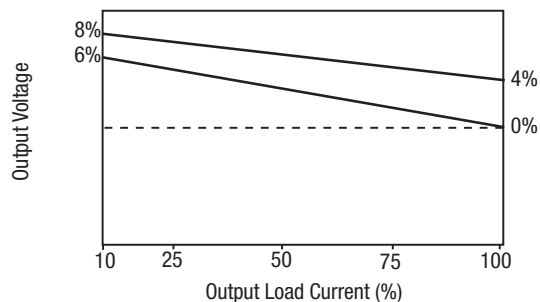


NEGATIVE OUTPUT VOLTAGE TOLERANCE ENVELOPES

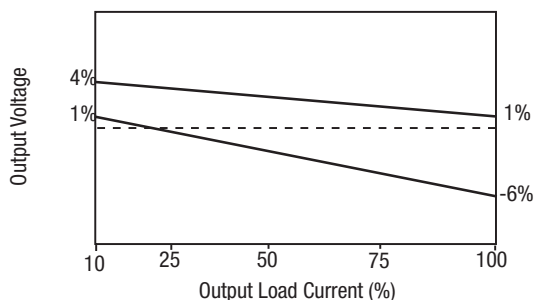
MGJ2D051509SC, MGJ2D052005SC & MGJ2D121505SC, MGJ2D-122005SC, MGJ2D152005SC & MGJ2D242005SC



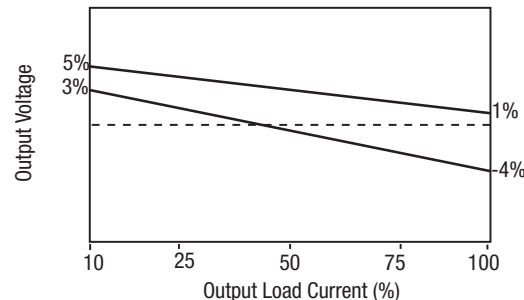
MGJ2D151505SC



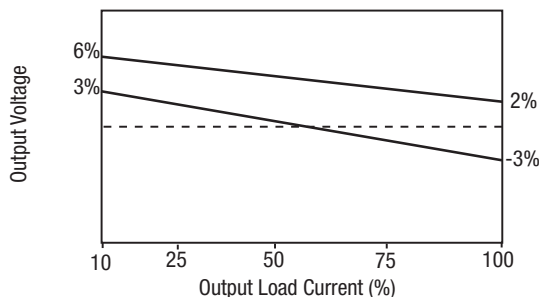
MGJ2D121509SC & MGJ2D241509SC



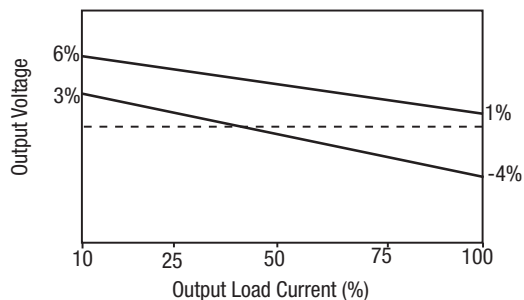
MGJ2D051505SC



MGJ2D151509SC & MGJ2D241505SC



MGJ2D051515SC, MGJ2D121515SC & MGJ2D151515SC



TECHNICAL NOTES

ISOLATION VOLTAGE

'Hi Pot Test', 'Flash Tested', 'Withstand Voltage', 'Proof Voltage', 'Dielectric Withstand Voltage' & 'Isolation Test Voltage' are all terms that relate to the same thing, a test voltage, applied for a specified time, across a component designed to provide electrical isolation, to verify the integrity of that isolation.

Murata Power Solutions MGJ2 series of DC/DC converters are all 100% production tested at their stated isolation voltage. This is 5.2kVDC for 1 second.

A question commonly asked is, "What is the continuous voltage that can be applied across the part in normal operation?"

When the insulation in the MGJ2 series is not used as a safety barrier, i.e. provides functional isolation only, continuous or switched voltages across the barrier in excess of 1.5kV are sustainable. Long term reliability testing at these voltages continues. Please contact Murata for further information.

The MGJ2 series is recognised by Underwriters Laboratory for various voltages, please see safety approval section below.

REPEATED HIGH-VOLTAGE ISOLATION TESTING

It is well known that repeated high-voltage isolation testing of a barrier component can actually degrade isolation capability, to a lesser or greater degree depending on materials, construction and environment. We therefore strongly advise against repeated high voltage isolation testing, but if it is absolutely required, that the voltage be reduced by 20% from specified test voltage.

SAFETY APPROVAL

UL 60950

The MGJ2 series is recognised by Underwriters Laboratory (UL) to UL 60950 for reinforced insulation to a working voltage of 200Vrms and for basic/supplementary insulation to a working voltage of 300Vrms.

Fusing

The MGJ2 Series of converters are not internally fused so to meet the requirements of UL an anti-surge input line fuse should always be used with ratings as defined below.

MGJ2x05xxx: 1.25A

MGJ2x12xxx: 750mA

MGJ2x15xxx: 750mA

MGJ2x24xxx: 750mA

All fuses should be UL recognized and rated to 125V.

RoHS COMPLIANCE INFORMATION



This series is compatible with RoHS soldering systems with a peak wave solder temperature of 260°C for 10 seconds. The pin termination finish on this product series is Tin Plate, Hot Dipped over Matte Tin with Nickel Preplate. The series is backward compatible with Sn/Pb soldering systems. For further information, please visit www.murata-ps.com/rohs

APPLICATION NOTES

Minimum load

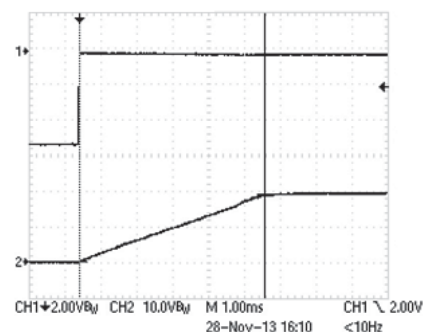
The minimum load to meet datasheet specification is 10% of the full rated load across the specified input voltage range. Lower than 10% minimum loading will result in an increase in output voltage, which may rise to typically 1.25 times the specified output voltage if the output load falls to less than 5%.

Capacitive loading and start up

Typical start up times for this series, with a typical input voltage rise time of 2.2 μ s and output capacitance of 10 μ F, are shown in the table below. The product series will start into capacitance ranging from 47 μ F up to 220 μ F with increased start times.

	Start-up time ms
MGJ2D051505SC	3.3
MGJ2D051509SC	4.5
MGJ2D051515SC	20.84
MGJ2D052005SC	5.4
MGJ2D121505SC	3.2
MGJ2D121509SC	4
MGJ2D121515SC	14.54
MGJ2D122005SC	5.5
MGJ2D151505SC	2.5
MGJ2D151509SC	3
MGJ2D151515SC	10.48
MGJ2D152005SC	4.5
MGJ2D241505SC	2.7
MGJ2D241509SC	3
MGJ2D242005SC	4.2

Typical Start-Up Wave Form

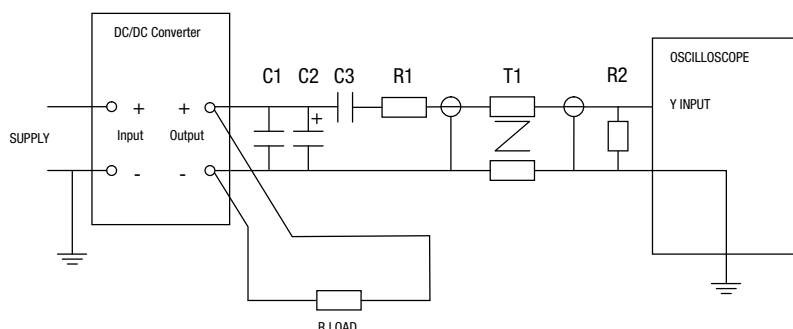


Ripple & Noise Characterisation Method

Ripple and noise measurements are performed with the following test configuration.

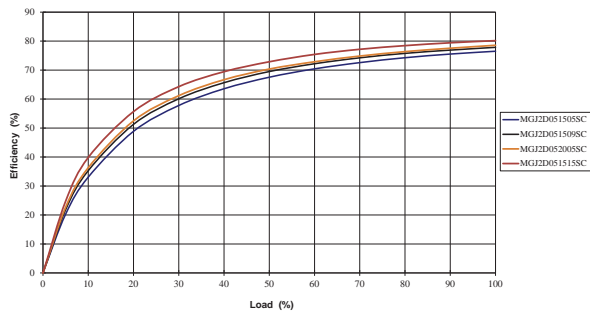
C1	1 μ F X7R multilayer ceramic capacitor, voltage rating to be a minimum of 3 times the output voltage of the DC/DC converter
C2	10 μ F tantalum capacitor, voltage rating to be a minimum of 1.5 times the output voltage of the DC/DC converter with an ESR of less than 100m Ω at 100 kHz
C3	100nF multilayer ceramic capacitor, general purpose
R1	450 Ω resistor, carbon film, \pm 1% tolerance
R2	50 Ω BNC termination
T1	3T of the coax cable through a ferrite toroid
RLOAD	Resistive load to the maximum power rating of the DC/DC converter. Connections should be made via twisted wires
Measured values are multiplied by 10 to obtain the specified values.	

Differential Mode Noise Test Schematic

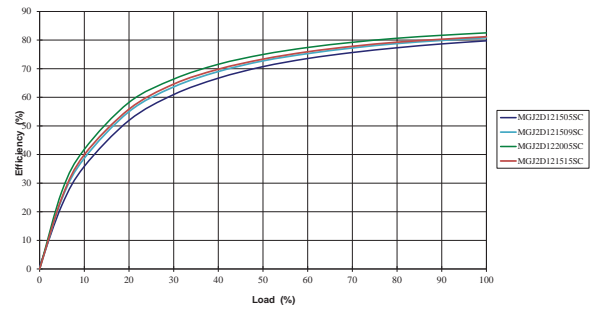


EFFICIENCY VS LOAD

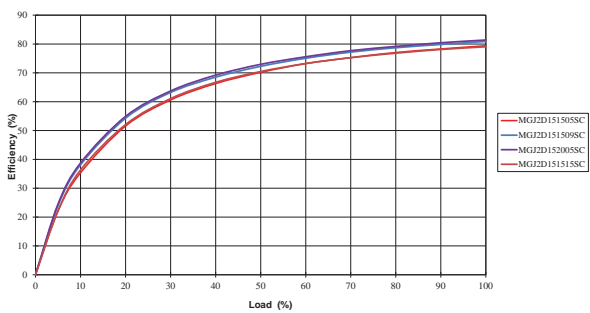
5V INPUT



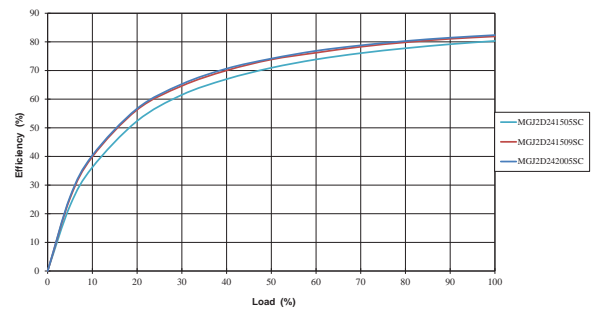
12V INPUT



15V INPUT

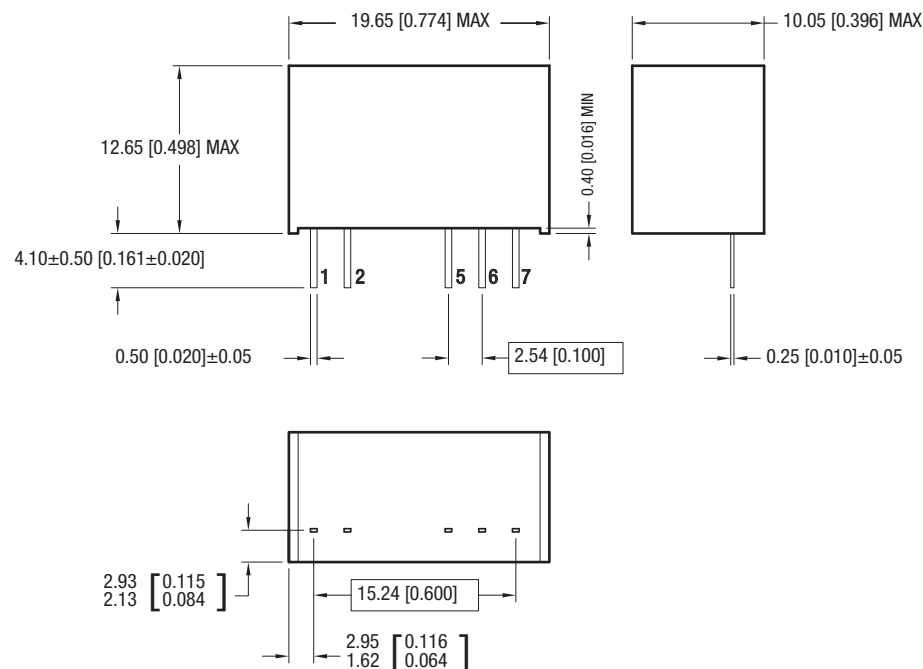


24V INPUT



PACKAGE SPECIFICATIONS

MECHANICAL DIMENSIONS



All dimensions in mm ± 0.25 mm (inches ± 0.01). All pins on a 2.54 (0.1) pitch and within ± 0.25 (0.01) of true position.

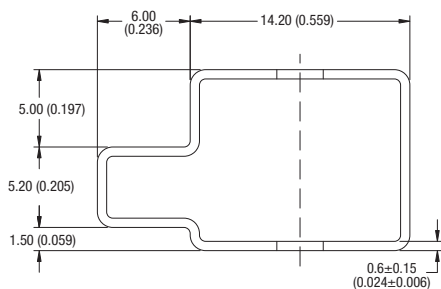
Weight: 4.3g

PIN CONNECTIONS

Pin Output

Pin	Function
1	+V _{IN}
2	-V _{IN}
5	-V _{OUT}
6	OV
7	+V _{OUT}

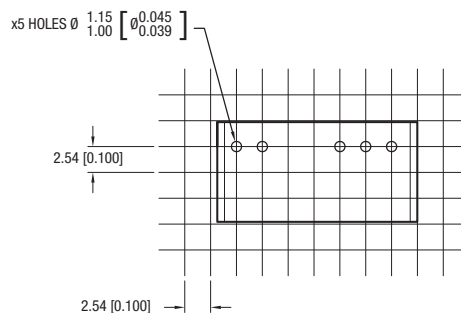
TUBE OUTLINE DIMENSIONS



Unless otherwise stated all dimensions in mm ± 0.5 mm (inches ± 0.02).
Tube length : 20.669 \pm 0.079 (525mm \pm 2mm).

Tube Quantity : 25

RECOMMENDED FOOTPRINT DETAILS



All dimensions in mm ± 0.25 mm (inches ± 0.01).

Murata Power Solutions, Inc.
11 Cabot Boulevard, Mansfield, MA 02048-1151 U.S.A.
ISO 9001 and 14001 REGISTERED



This product is subject to the following [operating requirements](http://www.murata-ps.com/requirements/) and the [Life and Safety Critical Application Sales Policy](http://www.murata-ps.com/requirements/):
Refer to: <http://www.murata-ps.com/requirements/>

Murata Power Solutions, Inc. makes no representation that the use of its products in the circuits described herein, or the use of other technical information contained herein, will not infringe upon existing or future patent rights. The descriptions contained herein do not imply the granting of licenses to make, use, or sell equipment constructed in accordance therewith. Specifications are subject to change without notice.
© 2016 Murata Power Solutions, Inc.