



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERÍAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Desarrollo de un Banco de Pruebas Electrónico Basado en
Raspberry PI 5 para Diagnóstico de Bobinas de Encendido
Automotriz de Dos y Tres Terminales**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Solis Vaca José Xavier

Tutor: Llerena Mena Alex Fernando

Guayaquil
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo Alex Fernando Llerena Mena, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Desarrollo de un Banco de Pruebas Electrónico Basado en Raspberry PI 5 para Diagnóstico de Bobinas de Encendido Automotriz de Dos y Tres Terminales realizado por Solis Vaca José Xavier ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Alex Fernando Llerena Mena

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, José Xavier Solis Vaca declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

Autor: José Xavier Solis Vaca

C.I.: 0954369385

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a mi formación académica y personal. A mi familia, por su constante apoyo, paciencia y confianza, que me han permitido superar los desafíos durante la realización de este proyecto. A mis profesores, por compartir sus conocimientos y guiarme con su experiencia, y a mis compañeros, por los momentos de aprendizaje compartido y colaboración. También dedico este trabajo a quienes buscan aprender y explorar nuevas tecnologías, y a todas aquellas personas que, con esfuerzo y dedicación, transforman las ideas en acciones concretas. Que este proyecto sirva como testimonio de la importancia de la perseverancia, la curiosidad y la pasión por el conocimiento.

Agradecimiento

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto. A mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante, que me alentaron a perseverar ante los retos. A mis profesores y tutores, por su guía, enseñanzas y valiosos consejos que orientaron el desarrollo del trabajo. A mis compañeros, por su colaboración y apoyo durante las distintas etapas del proyecto, así como por los conocimientos compartidos que enriquecieron la experiencia.

Índice de contenido

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Índice de contenido	VI
Índice de figuras	X
Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Capítulo I.....	4
Antecedentes	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Ubicación del problema.....	4
1.3 Formulación del problema	4
1.4 Sistematización del problema.....	4
1.5 Objetivos de la investigación.....	5
1.6 Justificación y delimitación de la investigación	5
Capítulo II.....	8
Marco de referencia.....	8
2.1 Marco conceptual	8
2.1.1 <i>Fundamentos del funcionamiento del motor de combustión interna.....</i>	<i>8</i>
2.1.2 <i>Sistema de encendido en motores a gasolina</i>	<i>8</i>
2.1.3 <i>Principio de funcionamiento de las bobinas de ignición</i>	<i>9</i>
2.1.4 <i>Tipos de bobinas (de 2 y 3 pines) y sus aplicaciones</i>	<i>9</i>
2.1.5 <i>Circuito primario abierto.....</i>	<i>9</i>
2.2 Introducción a los sistemas electrónicos de diagnóstico automotriz.....	10
2.2.1 <i>Métodos tradicionales de prueba de bobinas</i>	<i>10</i>

2.2.2	<i>Limitaciones de las técnicas convencionales</i>	11
2.2.3	<i>Principio de funcionamiento de las bobinas de ignición</i>	11
2.3	Marco teórico	11
2.3.1	<i>Modelo conceptual del prototipo</i>	11
2.3.2	<i>Variables por evaluar</i>	11
2.3.3	<i>Variables para el diagnóstico</i>	11
2.4	Conceptos preliminares	12
2.4.1	<i>Conceptos fundamentales de electromagnetismo en bobinas</i>	12
2.4.2	<i>Elementos de electrónica de potencia en el sistema de encendido</i>	12
2.4.3	<i>Principios de programación</i>	12
2.4.4	<i>Conceptos relacionados con la electrónica automotriz</i>	13
2.5	Encendido transistorizado	13
2.6	Unidad de control electrónico	13
2.7	Componentes electrónicos	14
2.8	Circuito de alimentación de combustible en motores con ciclo Otto	17
2.9	Estado del arte	18
2.9.1	<i>Tipos de banco de pruebas</i>	18
2.9.2	<i>Diseño y selección de banco de pruebas</i>	19
2.9.3	<i>Probador de ancho de chispa ajustable</i>	19
Capítulo III.....		21
Diseño del prototipo para pruebas de bobinas de ignición		21
3.1	Diseño metodológico	21
3.1.1	<i>Elementos usados en el prototipo</i>	21
3.2	Estructura de soporte	24
3.3	Armado del circuito eléctrico.....	24
3.3.1	<i>Probador de ancho de chispa ajustable</i>	24
3.3.2	<i>Diagrama esquemático</i>	29
3.4	Armado del circuito eléctrico.....	31

3.4.1	<i>Comparación con otros lenguajes de programación.....</i>	31
CAPÍTULO IV		34
Evaluación del Desempeño y Validación del Prototipo		34
4.1	Ensamblaje y pruebas del sistema	34
4.1.1	<i>Ensamblaje del Prototipo.....</i>	34
4.1.2	<i>Montaje de Conectores</i>	34
4.3	Pruebas de funcionamiento	35
4.3.2	<i>Pruebas en Bobinas de Dos Pines</i>	35
4.3.2	<i>Pruebas en Bobinas de Tres Pines</i>	35
4.3.2	<i>Interfaz visual.....</i>	35
4.3	Análisis de Resultados	37
4.3.2	<i>Comparación con Métodos Convencionales de Diagnóstico</i>	37
4.3.2	<i>Evaluación de la Precisión y Tiempo de Respuesta</i>	37
Conclusiones		38
Recomendaciones		39
Referencias.....		40
Anexos		1

Índice de tablas

Tabla 1	Tipos de bobinas	9
Tabla 2	Electrónica de las bobinas.....	12
Tabla 3	Componentes principales	21
Tabla 4	Comparación de lenguajes de programación	32

Índice de figuras

Figura 1	Puntos de prueba de bobina COP	10
Figura 2	Funcionamiento de transistor PNP	13
Figura 3	Conexión de sistema de encendido electrónico	14
Figura 4	Tipos de sensores automotrices	15
Figura 5	Actuadores automotrices	16
Figura 6	Sistemas de alimentación	17
Figura 7	Encendido electromecánico	18
Figura 8	Probador de bobinas y módulos	19
Figura 9	Probador de ancho de chispa ajustable	20
Figura 10	Raspberry Pi 5	22
Figura 11	Pantalla 7"	23
Figura 12	Fuente de alimentación de 12V	25
Figura 13	Transistores IGBT FGH40N60	25
Figura 14	Driver	26
Figura 15	Snnubber RC CBB22	27
Figura 16	Diodo	27
Figura 17	LED	28
Figura 18	Optoacoplador PC817	28
Figura 19	Diagrama esquemático para activación de bobina de 2 pines	29
Figura 20	Diagrama esquemático para activación de bobina de 3 pines	30
Figura 21	Diagrama esquemático combinado para 2 y 3 pines en un solo circuito	30
Figura 22	Diagrama para ampliar a 8 bobinas (4 2p, 4 3p)	31
Figura 23	Estructura de soporte	34
Figura 24	Prueba en bobinas de 3 pines	35
Figura 25	Interfaz visual de control de bobinas	36
Figura 26	Prueba de funcionamiento	36
Figura 27	Señal de activación de bobina a 1000 RPM	37

Resumen

El presente proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un banco de pruebas para bobinas de encendido automotriz, orientado a realizar procesos de diagnóstico mediante la simulación controlada de condiciones de funcionamiento. Las bobinas de encendido son elementos importantes en los sistemas de ignición, por lo que su evaluación adecuada resulta clave para garantizar el correcto desempeño del motor, el trabajo inicia con el análisis del funcionamiento de bobinas de 2 y 3 pines, lo que permite definir la arquitectura general del sistema. El prototipo está conformado por una etapa de control basada en una Raspberry Pi 5, encargada de generar las señales de activación, y una etapa de potencia diseñada para la conmutación segura de las bobinas. Adicionalmente, se implementa una interfaz gráfica desarrollada en Python, visualizada en una pantalla táctil, que permite al usuario controlar la secuencia de encendido. Para validar el sistema, se realizaron ensayos experimentales bajo diferentes condiciones de operación, verificando la estabilidad del circuito y la correcta generación de las señales de prueba. Los resultados obtenidos demostraron que el banco de pruebas desarrollado es una herramienta funcional y adaptable, con potencial aplicación en entornos académicos y técnicos para el diagnóstico preliminar de bobinas de encendido automotriz.

Palabras clave: Bobina, prototipo, diagnóstico.

Abstract

This project consists of the design and development of a test bench for automotive ignition coils, aimed at performing diagnostic processes through the controlled simulation of operating conditions. Ignition coils are important components in ignition systems, so their proper evaluation is key to ensuring correct engine performance. The work begins with an analysis of the operation of 2-pin and 3-pin coils, which allows for defining the general architecture of the system. The prototype consists of a control stage based on a Raspberry Pi 5, responsible for generating the activation signals, and a power stage designed for the safe switching of the coils. Additionally, a graphical interface developed in Python, displayed on a touchscreen, is implemented, allowing the user to control the ignition sequence. To validate the system, experimental tests were carried out under different operating conditions, verifying the stability of the circuit and the correct generation of the test signals. The results obtained demonstrated that the developed test bench is a functional and adaptable tool, with potential application in academic and technical environments for the preliminary diagnosis of automotive ignition coils.

Keywords: Coil, prototype, diagnostic.

Introducción

Los sistemas de encendido automotriz son parte importante en el funcionamiento de los motores de combustión interna, ya que son responsables de generar la chispa necesaria para iniciar el proceso de combustión, dentro de estos sistemas, el correcto desempeño de las bobinas influye directamente en la eficiencia, el consumo de combustible y las emisiones del motor. Por esta razón, la evaluación y diagnóstico de las bobinas resulta esencial en los procesos de mantenimiento y reparación automotriz. El diagnóstico de bobinas de encendido suele realizarse mediante métodos convencionales que presentan limitaciones, como la imposibilidad de simular condiciones reales de operación o la dependencia de equipos costosos y de uso especializado, estas dificultades pueden derivar en diagnósticos imprecisos, reemplazos innecesarios de componentes y mayores costos de mantenimiento.

Ante este escenario, el desarrollo de un banco de pruebas que permita generar y controlar señales de prueba para bobinas de encendido automotriz se presenta como una alternativa viable. La integración de plataformas de control modernas, junto con software de visualización y control, permite crear sistemas flexibles, de bajo costo y con una alta capacidad de adaptación.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Planteamiento del problema

La mayoría de los autos en las vías, hoy en día tienen motores de combustión interna que requieren combustible, aire y electricidad para funcionar. En los vehículos modernos, la bobina de encendido juega un papel importante en suministrar el componente eléctrico a esa ecuación. Por lo tanto, si se tiene una bobina de encendido defectuosa, el motor no funcionará correctamente. Peor aún, puede detenerse por completo. Por ello, es importante saber cómo identificar los síntomas de una bobina de encendido en mal estado. Las bobinas de encendido deben estar en buen estado y funcionar correctamente para que el motor de un vehículo funcione adecuadamente. Por lo tanto, si un motor no está funcionando como suele hacerlo, una bobina de encendido defectuosa podría ser la razón.

1.2 Ubicación del problema

El estudio se lleva a cabo en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE, Guayaquil, Ecuador

1.3 Formulación del problema

¿Por qué es crucial la elaboración de un prototipo electrónico de banco de pruebas para la verificación y diagnóstico de bobinas de ignición automotriz de dos y tres pines, utilizando una Raspberry Pi 5 con un medio de visualización de parámetros?

1.4 Sistematización del problema

¿Cómo identificar de manera rápida y confiable si una bobina de ignición presenta fallas en su capacidad de generar la chispa de alta tensión?

¿Cómo diferenciar si la causa de un fallo de encendido en el motor proviene de la bobina y no de otros componentes del sistema de encendido?

¿Cómo proporcionar un método de prueba que permita detectar fallas o degradaciones progresivas en el rendimiento de una bobina de ignición?

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo electrónico basado en Raspberry Pi 5 para diagnosticar bobinas de encendido automotriz de dos y tres terminales, incorporando una interfaz de visualización que muestre los resultados.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diseñar el circuito electrónico, la arquitectura de un prototipo con la capacidad de generación y medición señales de prueba compatibles con bobinas de ignición.
- Implementar el software de control y visualización que muestre en pantalla parámetros relevantes de las bobinas, como voltaje de salida y frecuencia de señal.
- Validar el funcionamiento del prototipo mediante ensayos experimentales con bobinas de encendido automotriz.

1.6 Justificación y delimitación de la investigación

La mayoría de las bobinas de encendido son componentes duraderos, pero no son indestructibles ni están diseñadas para durar para siempre. Las bobinas de encendido tienden a fallar debido a bujías o cables de bujía defectuosos. Si la mezcla de combustible y oxígeno del vehículo es demasiado rica o pobre, es posible que las bobinas de encendido fallen prematuramente. Además, el calor del motor y las vibraciones pueden causar daños en las bobinas de encendido. Sin embargo, en la mayoría de los vehículos pueden recorrer de 120000 a 160000 kilómetros antes de necesitar un reemplazo de la bobina de encendido.

1.6.1 Justificación Teórica

El proyecto se sustenta en los principios de la electrónica automotriz y de los sistemas de encendido de motores de combustión interna, los cuales requieren altos niveles de confiabilidad para garantizar el desempeño del motor, el diseño del circuito y de la estructura del prototipo permitirá aplicar conocimientos de generación y medición de señales de alta tensión, mientras que la integración de un Raspberry Pi 5 refuerza conceptos de procesamiento digital y control, de esta

manera es posible mejorar la comprensión de fenómenos eléctricos en bobinas de ignición y aporta al conocimiento académico sobre técnicas de diagnóstico electrónico.

1.6.2 Justificación metodológica

La propuesta se desarrolla a partir de un proceso que abarca el diseño del circuito electrónico, la implementación del software de control y visualización de parámetros en tiempo real y la validación experimental con bobinas de encendido automotriz, dentro de cada etapa se emplean técnicas de diseño electrónico, programación de microcontroladores y pruebas de laboratorio para asegurar que el prototipo cumpla con los objetivos planteados.

1.6.3 Justificación práctica

El prototipo sirve como herramienta de diagnóstico rápido para talleres automotrices y espacios de formación técnica, con la visualización en pantalla de parámetros de voltaje de salida y frecuencia de señal detecta fallas en bobinas de encendido y facilita la capacitación de técnicos en procedimientos de mantenimiento correctivo.

1.6.4 Delimitación temporal

Este trabajo se realizará de octubre del 2025 a febrero del 2026.

1.6.5 Delimitación geográfica

El estudio se llevará a cabo en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la UIDE, Guayaquil, Ecuador.

1.6.6 Delimitación del contenido

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un prototipo electrónico, basado en una Raspberry Pi 5, para diagnosticar de manera eficiente bobinas de encendido automotriz de dos y tres terminales. El objetivo es crear una herramienta de bajo costo y fácil de usar que automatice el proceso de prueba y muestre los resultados de forma clara en una pantalla, superando las limitaciones de los métodos de diagnóstico tradicionales.

El desarrollo se divide en el diseño del hardware y la programación del software.

El hardware consistirá en la Raspberry Pi 5 como unidad central, junto con circuitos diseñados para generar las señales de prueba necesarias y para medir de forma segura el alto

voltaje de salida de las bobinas. El software, desarrollado en Python, controla todo el proceso, analizará los datos recibidos y presentará un diagnóstico final ("Buena" o "Defectuosa") en una interfaz gráfica intuitiva.

Capítulo II

Marco de referencia

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Fundamentos del funcionamiento del motor de combustión interna

El motor de combustión interna es una máquina térmica que convierte la energía química del combustible en energía mecánica mediante ciclos termodinámicos. En motores de ciclo Otto, el proceso se divide en cuatro tiempos:

- Admisión: Entrada de mezcla aire-combustible.
- Compresión: Compresión de la mezcla.
- Explosión: Chispa eléctrica genera la ignición.
- Escape: Expulsión de gases quemados.

La chispa en el momento preciso es crítica para la eficiencia, potencia y emisiones, este evento depende del sistema de encendido.

2.1.2 Sistema de encendido en motores a gasolina

El sistema de encendido electrónico en los motores de gasolina tiene como función principal generar una chispa eléctrica de alta energía entre los electrodos de la bujía para iniciar la combustión de la mezcla aire-combustible dentro de la cámara de combustión.

Los elementos fundamentales que lo componen son:

- La batería del vehículo (12 V), que constituye la fuente primaria de energía.
- La unidad de control electrónico (ECU), encargada de determinar el momento exacto de la chispa (avance de encendido) en función de las señales de posición del cigüeñal, régimen de giro, carga del motor, temperatura y otros parámetros.
- El sensor de posición del cigüeñal (CKP) y, en muchos casos, el sensor de posición del árbol de levas (CMP), que proporcionan la información de referencia angular y el orden de encendido.

- La o las bobinas de ignición, que transforman la tensión de batería de bajo voltaje en pulsos de alta tensión (20000 a 50000 V).
- Las bujías, que convierten dicho pulso de alta tensión en un arco eléctrico dentro de la cámara de combustión.
- Los cables o conectores de alta tensión cuando no se emplea configuración “coil on plug” COP.

2.1.3 Principio de funcionamiento de las bobinas de ignición

La bobina es un transformador de pulso basado en inducción electromagnética

- Carga: ECU cierra el primario (12V → bobina) → campo magnético crece.
- Descarga: ECU abre el primario → colapso del campo → alto voltaje en secundario.
- Chispa: Voltaje secundario ioniza el gap de la bujía → arco eléctrico.

2.1.4 Tipos de bobinas (de 2 y 3 pines) y sus aplicaciones

La tabla 1 muestra las conexiones que tienen las bobinas tipo COP que tienen 2 y 3 pines.

Tabla 1

Tipos de bobinas

Tipo	Pines	Descripción	Aplicación
Bobina de 2 pines	+12V, GND/señal	Controlada por distribuidor o módulo externo.	Motores antiguos, motocicletas, sistemas con distribuidor.
Bobina de 3 pines	+12V, Señal	GND, Control directo por ECU (transistor interno).	Sistemas COP, motores modernos.

Nota: Tipos de bobinas y conexiones.

2.1.5 Circuito primario abierto

Fallas comunes y consecuencias en el desempeño del motor

Cable roto, conector oxidado o terminal quemado.

Consecuencia: ausencia total de chispa → el cilindro no arranca

Circuito secundario abierto

Bobina partida o torre de salida rota.

Consecuencia: sin chispa en la bujía correspondiente

Cortocircuito entre espiras del secundario

Aislamiento interno deteriorado por calor o envejecimiento.

Consecuencia: voltaje secundario muy bajo, chispa débil o intermitente

Fuga a masa en el secundario

Grieta en la carcasa o carbonización interna.

Consecuencia: chispa hacia el chasis en lugar de la bujía, posible daño a la ECU.

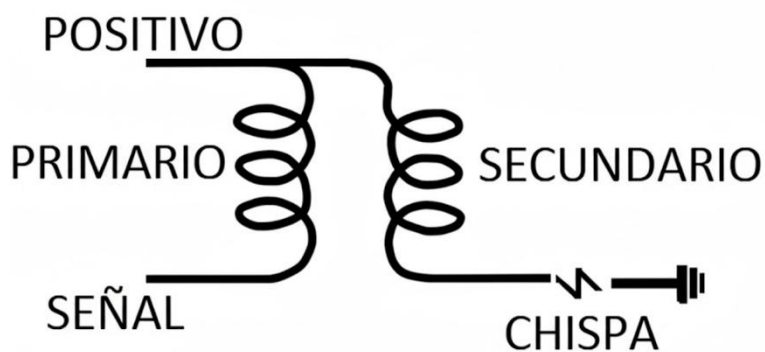
2.2 Introducción a los sistemas electrónicos de diagnóstico automotriz

2.2.1 Métodos tradicionales de prueba de bobinas

- Medición de resistencia óhmica del primario y secundario con multímetro, ver figura 1.
- Observación de la chispa utilizando un probador en línea o desconectando la bujía.
- Análisis de la forma de onda del primario con osciloscopio.

Figura 1

Puntos de prueba de bobina COP



Fuente: (CARLOS, 2016)

2.2.2 Limitaciones de las técnicas convencionales

Las pruebas tradicionales son estáticas, miden la bobina en reposo o con el motor apagado, por lo que no detectan fallas que solo aparecen en condiciones reales de operación como con alta temperatura, vibración o alta frecuencia.

2.2.3 Principio de funcionamiento de las bobinas de ignición

El empleo de microcontroladores como la Raspberry Pi o placas similares supera estas limitaciones al ofrecer:

- Adquisición en tiempo real de tensión, corriente y frecuencia a alta velocidad.
- Procesamiento digital inmediato.
- Posibilidad de generar la señal de activación con control preciso de la frecuencia.
- interfaz gráfica y conectividad para presentar resultados claros al usuario final.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Modelo conceptual del prototipo

El sistema es un banco de pruebas 100% autónomo donde la Raspberry Pi 5 hace de “cerebro del motor”. Ella sola genera la señal de encendido exactamente igual que lo haría la ECU real, pero con la ventaja de que las RPM se modifican en tiempo real desde el programa, todo lo simula el software, la Raspberry envía los pulsos a la bobina bajo prueba.

2.3.2 Variables por evaluar

Se desglosan de la siguiente manera:

- RPM simulados: el programa las define.
- Frecuencia de los pulsos de chispa: calculada automáticamente a partir de las RPM.
- Tiempo de descarga y oscilaciones: se analizan justo después de cada corte.

2.3.3 Variables para el diagnóstico

En la tabla 2 podemos ver las variables de la electrónica de una bobina.

Tabla 2*Electrónica de las bobinas*

Categoría	Variable
Alimentación	Voltaje de entrada, Tierra
Control ECU (microcontrolador)	Señal trigger, Dwell
Eléctricas	Resistencia primario/secundario, corriente primario
Alto voltaje	Kv de salida, forma de onda de chispa
Funcionamiento	Temperatura, estabilidad, misfire

Nota: Electrónica en el encendido de bobina.

2.4 Conceptos preliminares

2.4.1 Conceptos fundamentales de electromagnetismo en bobinas

La bobina funciona como transformador de pulso basado en la rápida variación del flujo magnético. La energía almacenada en el primario se transfiere al secundario en forma de alto voltaje cuando el campo colapsa, siguiendo estrictamente la ley de Faraday y la conservación de la energía.

2.4.2 Elementos de electrónica de potencia en el sistema de encendido

Se emplean transistores de potencia (MOSFET automotriz), diodos de rueda libre para suprimir picos inversos, y divisores de alta tensión seguros para medir decenas de kilovoltios sin dañar el microcontrolador.

2.4.3 Principios de programación

El software está desarrollado en Python utilizando librerías como RPi.GPIO, Adafruit_ADS1x15 en caso de requerir, NumPy y Matplotlib para adquisición, análisis numérico y visualización en tiempo real.

2.4.4 Conceptos relacionados con la electrónica automotriz

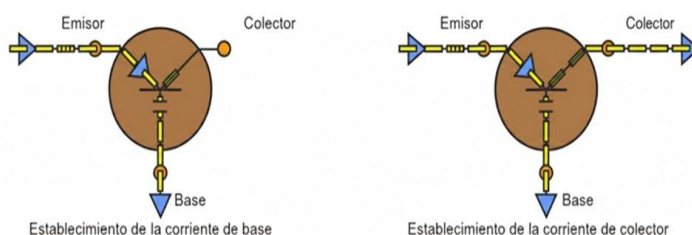
Se consideran aspectos como inmunidad electromagnética, protección contra inversión de polaridad, códigos de falla OBD-II relacionados con misfire, y la importancia del tiempo de dwell variable según RPM.

2.5 Encendido transistorizado

Es un perfeccionamiento del sistema de encendido convencional con ruptor, cuya implantación fue más bien escasa, puesto que seguidamente salieron al mercado los sistemas que se estudiarán a continuación, en los que se prescinde definitivamente del ruptor. Sigue por tanto utilizando el ruptor tradicional para efectuar el control de la alimentación en el primario de la bobina, si bien en este caso de modo indirecto. La diferencia principal es que se dispone un circuito transistorizado para efectuar la conexión y desconexión del primario, por lo que los contactos del ruptor se limitan a controlar dicho circuito transistorizado. Básicamente, se dispone un transistor PNP, en el que la corriente circula desde emisor hasta base, estableciéndose la llamada corriente de base, y cuando esto ocurre, se establece la llamada corriente de colector, al circular la corriente entre emisor y colector (Belló, 2015).

Figura 2

Funcionamiento de transistor PNP



Fuente (Belló, 2015)

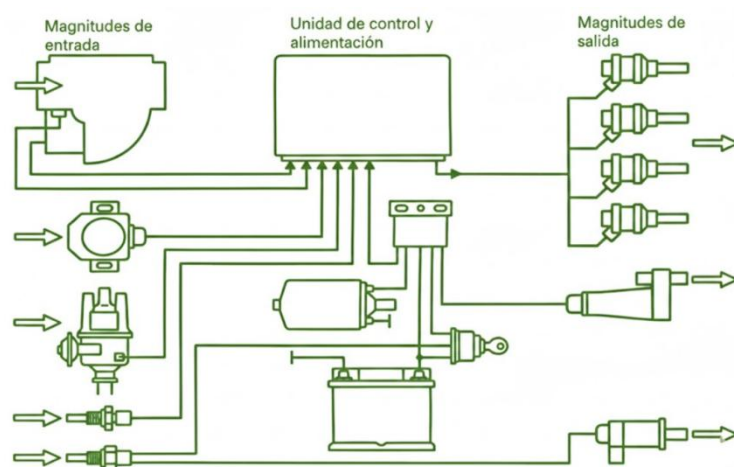
2.6 Unidad de control electrónico

La unidad de control es un componente netamente electrónico que está constituida por un conjunto de circuitos, trabaja con un microprocesador digital, que agrupa el mando del sistema de

encendido y de dosificación de combustible, como lo muestra la figura 3. Esto es posible puesto que se encuentra conectado a una serie de sensores que generan diferentes señales para informar el funcionamiento del motor y de esta manera mandar otras señales a diferentes actuadores (Alonso, 2010).

Figura 3

Conexión de sistema de encendido electrónico



Fuentes: (Alonso, 2010)

2.7 Componentes electrónicos

Estos elementos no solo determinan la capacidad de los robots para realizar tareas, sino también cómo interactúan con su entorno y ejecutan sus funciones programadas.

Microcontroladores y Procesadores: constituyen el núcleo de procesamiento. Su función es interpretar la información recibida y generar respuestas mediante algoritmos de control. El nivel de complejidad que puede asumir un robot está directamente relacionado con la capacidad computacional de estos dispositivos (Muñiz, 2024).

De acuerdo con (Acevedo, 2023) los sensores: “proporcionan información del entorno. Entre los más utilizados se encuentran los sensores de proximidad, visuales, táctiles y térmicos. Estos elementos habilitan la autonomía funcional del robot y su capacidad de adaptación a diferentes condiciones operativas.”, ver figura 4.

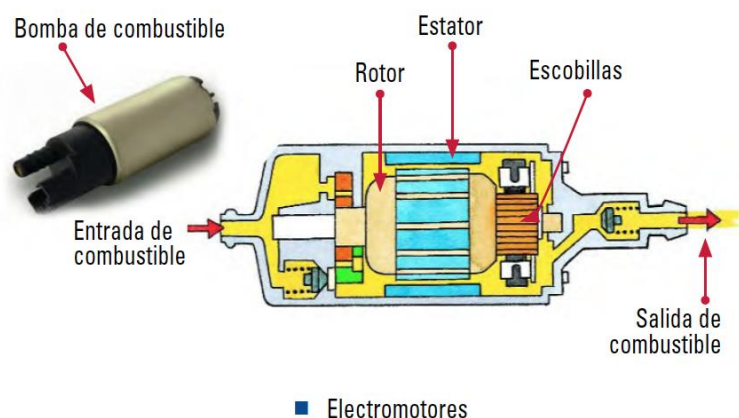
Figura 4*Tipos de sensores automotrices**Fuente: (Autoaprende, 2025)*

(Acevedo, 2023) asegura que los actuadores: “Invierten señales eléctricas en acciones físicas. Se utilizan motores eléctricos, servomotores y solenoides para generar movimiento en las distintas partes mecánicas del sistema. Su presencia es indispensable en tareas de desplazamiento, manipulación y ejecución de acciones mecánicas programadas”

En la figura 5 podemos ver los tipos de actuadores utilizados de manera convencional en un vehículo.

Figura 5*Actuadores automotrices**Fuente: (Autoavance, 2024)*

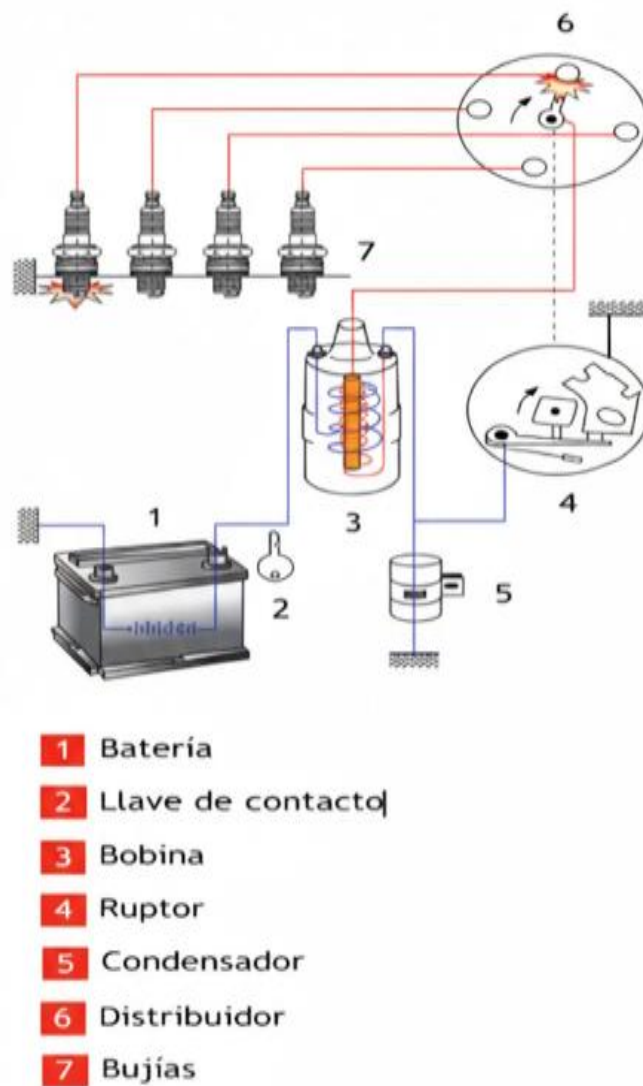
Sistemas de Alimentación: constituyen un componente esencial en la arquitectura robótica, ya que proporcionan la energía necesaria para el funcionamiento continuo del sistema, su implementación varía según los requerimientos operativos del robot, empleándose baterías recargables en aplicaciones móviles y sistemas cableados en configuraciones estacionarias.

Figura 6*Sistemas de alimentación**Fuente: (COLOMBIA, 2021)*

Placas de Circuito Impreso: constituyen un componente esencial en la arquitectura robótica, ya que proporcionan la energía necesaria para el funcionamiento continuo del sistema. Su implementación varía según los requerimientos operativos del robot, empleándose baterías recargables en aplicaciones móviles y sistemas cableados en configuraciones estacionarias. (PARRALES, 2025)

2.8 Circuito de alimentación de combustible en motores con ciclo Otto

De acuerdo con Jonathan Mieles, graduado de la UIDE (Roberto, 2024) “En los motores de combustión interna Otto, en sus inicios se utilizó el carburador, siendo éste un elemento donde se realiza la mezcla del aire y la gasolina previo a su entrada a la cámara de combustión; tiene como función alcanzar la mezcla óptima para alcanzar que la explosión se realice de forma más adecuada. En su interior se espera alcanzar la mezcla en proporción de 14.7:1, es decir 14.7 partes de aire un aparte de gasolina, aspecto que se lo conoce como factor lambda o mezcla estequiométrica. Actualmente se utilizan los carburadores han sido reemplazados por el sistema de inyección de combustible en los motores a gasolina, inicialmente el sistema de inyección se lo empleaba de forma exclusiva en motores que utilizan el combustible diésel.”

Figura 7*Encendido electromecánico**Fuente: (Roberto, 2024)*

2.9 Estado del arte

2.9.1 Tipos de banco de pruebas

Hoy en día existen varios tipos de bancos de pruebas, que se acoplan a la necesidad de cada uno de ellos para la obtención de datos referentes a un componente a ser analizado. (R, 2012)

2.9.2 Diseño y selección de banco de pruebas

Para la selección del banco de pruebas a utilizarse hay que determinar los principios de operación o funcionamiento que este tendrá, además se definen los parámetros y especificaciones principales que tendrá, para ello es recomendable dividir el banco de pruebas en subsistemas que tendrán una función específica, pero trabajando en conjunto completan el trabajo que se requiere en el banco de pruebas. (Tejada, 2006)

Figura 8

Probador de bobinas y módulos



Fuente: (SEMEC, 2025)

2.9.3 Probador de ancho de chispa ajustable

El probador de ancho de chispa es parecido a una bujía de encendido, cumpliendo la misma función que es disparar el arco eléctrico o chispa, por un extremo se conecta a masa y por el otro se conecta a la bobina por medio de un cable de la bujía. Este probador permite ver la chispa que genera la bobina, además se puede regular su ancho para realizar diferentes pruebas (CARLOS, 2016).

Figura 9

Probador de ancho de chispa ajustable



Fuente: (CARLOS, 2016)

Capítulo III

Diseño del prototipo para pruebas de bobinas de ignición

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Elementos usados en el prototipo

La tabla 3 muestra los componentes usados en la ignición de bobinas que incluye el prototipo.

Tabla 3

Componentes principales

Categoría	Componente	Cantidad	Nomenclatura
Control Principal	Microcontrolador	1	Raspberry Pi 5
	Pantalla	1	Elecrow de 7 in táctil
Alimentación	Fuente 12 V	1	12V 15A
	Capacitor	1	1000 μ F / 50V
	Convertidor	1	12V $\rightarrow$ 15V
	DC/DC		
IGBT	IGBT principal	8	FGH40N60
	Driver aislado	4	HCPL-3150J
	Resistencia	4	210 Ω (1/2W)
	Resistencia	4	4.7 k Ω
	Snubber C	4	CBB22
	Diodo	4	HER308
	Conector salida	16	Conectores pinzas
Etapa Bobina 3 pines	Opto interfaz 0– 5V	4	PC817
Indicadores LED	LED Alto brillo	8	LED rojo/azul
	Resistencia base	4	1 k Ω

Nota: Componentes principales usados en el prototipo.

Ventajas del Raspberry Pi 5

Potencia real de cómputo, el proyecto exige parámetros como:

- Cálculos de dwell
- Gestión de RPM dinámicas
- Interfaz gráfica
- Registro de datos
- Control simultáneo de 4 canales.

Un Pi 5 tiene CPU ARM 64-bit con múltiples núcleos, puede correr Linux y software en Python/C++ sin problema. Un Arduino UNO/Mega hacen cálculos mucho más limitados y no pueden correr aplicaciones complejas de UI o logging sin hardware adicional, el Raspberry Pi 5 se puede ver en la figura 10.

Figura 10

Raspberry Pi 5



Interfaces, pantalla, GUI, Raspberry Pi 5 permite usar:

- Pantallas HDMI
- Pantallas táctiles
- Web UI local

- Linux normal con ventanas

Con Arduino las interfaces son más limitadas como para usar pantallas LCD simples, la pantalla en la cual se muestra la interfaz visual es visible en la figura 11.

Figura 11

Pantalla 7"



Ventajas del IGBT

Soporta tensiones altas (600–1200V) aunque se trabaje a 12V, la bobina genera hasta 300–450 V en el colapso del campo magnético. Un MOSFET automotriz típico (55–70V) se muere.

Los IGBT tienen:

- Más área de silicio
- Mejor comportamiento al calentarse
- Más tolerancia a abusos

Las ECU de autos usan IGBT para encendido precisamente por su resistencia al estrés inductivo.

Ventajas del snubber con diodo

- El diodo solo la redirige → el IGBT sigue sufriendo.
- El conjunto RC amortigua las oscilaciones LC generadas entre bobina y cableado.
- El IGBT puede entrar en avalancha, sobrecalentarse y morir.

3.2 Estructura de soporte

La estructura de soporte fue fabricada con un armazón metálico, diseñada específicamente para alojar y fijar la placa PCB y los componentes asociados del sistema de encendido simulado.

Este soporte está diseñado para manejar una distribución de espacios adecuada, favorece la ventilación y evita vibraciones o movimientos que puedan afectar las conexiones eléctricas.

3.3 Armado del circuito eléctrico

3.3.1 Probador de ancho de chispa ajustable

Alimentación principal

Desde la fuente de 12 V, saca un cable positivo y se distribuye hacia cada bobina, ese positivo entra directamente al pin +12 V de la bobina, no pasa por el IGBT ni por nada más, el otro lado es el que será conmutado por el IGBT.

En bobinas de dos pines, la activación se realiza conmutando el terminal negativo del primario mediante un dispositivo de potencia, como un IGBT, que actúa como interruptor electrónico. El terminal positivo permanece conectado permanentemente a 12 V.

En cambio, las bobinas de tres pines incorporan un módulo interno de potencia, por lo que requieren únicamente una señal lógica de activación, generalmente de tipo pull up a 12 V, sin necesidad de conmutar directamente la corriente del primario.

La señal de activación es generada por la Raspberry Pi en forma de pulsos digitales, cuyo ancho y frecuencia son controlados por software.

Figura 12*Fuente de alimentación de 12V***Características de la fuente**

Entrada: 100V---120V 60Hz/ 200V---220V 50Hz AC

Salida: 12V---15A DC

Conexiones del IGBT FGH40N60

Cada canal tiene su propio IGBT:

- El pin colector (C) del IGBT se conecta al cable que viene del terminal negativo de la bobina.
- El pin emisor (E) del IGBT va a GND chasis / GND común.

Figura 13*Transistores IGBT FGH40N60*

Driver HCPL-3150A.

No se conecta ningún GPIO de la Raspberry Pi directamente al gate del IGBT, entre la Raspberry Pi y el IGBT se utiliza un driver de compuerta aislado HCPL-3150A, el cual proporciona aislamiento eléctrico y la corriente necesaria para una conmutación segura.

Entrada del driver (lado lógico):

- Pin IN+ → GPIO de la Raspberry Pi
- Pin IN- → GND de la Raspberry Pi

Salida del driver (lado potencia):

- Pin OUT → Gate del IGBT mediante una resistencia en serie de $10\ \Omega$
- Pin GND (driver) → GND del lado de potencia.
- Pin VCC (driver) → 12–15 V provenientes del convertidor DC–DC

Adicionalmente, se coloca una resistencia pull down de $10\ \text{k}\Omega$ entre Gate y Emisor del IGBT para garantizar el apagado del transistor en ausencia de señal.

Figura 14

Driver



Snubber C CBB22

Directamente entre colector y emisor del IGBT pones el snubber; capacitor 330uF, 600 V, resistencia 10 Ω , 5 W. Estos dos componentes se conectan en serie uno con otro, y el conjunto se conecta como un puente entre C y E y evita que los picos destruyan el transistor.

Figura 15*Snnubber RC CBB22***Diodo HER307.**

Va en paralelo a la bobina, entre +12 V y el pin negativo que va al IGBT, el cátodo del diodo va normalmente al positivo (+12 V) y el ánodo hacia la bobina/IGBT. Este diodo evita el pico cuando la bobina cae da protección extra, se puede apreciar en la figura 16.

Figura 16*Diodo*

Indicador LED para cada canal

Los indicadores LED, tienen una conexión diferente a los optoacopladores y drivers, tienen una señal de activación de activación que viene del Raspberry Pi 5por separado, los LED son de 12V.

Figura 17

LED



Driver PC817

Se usa principalmente para aislar señales digitales o analógicas de bajo voltaje (como las de 3.3 V o 5 V de una Raspberry Pi, Arduino o microcontrolador) de circuitos que manejan voltajes más altos, corrientes mayores o entornos ruidosos,

Figura 18

Optoacoplador PC817



Cambiador de bobinas

Se soporta ambos tipos:

- Las bobinas de 2 pines usan tu circuito con IGBT.
- Las bobinas de 3 pines solo necesitan señal.

Ambos están controlados directamente por el Raspberry Pi 5.

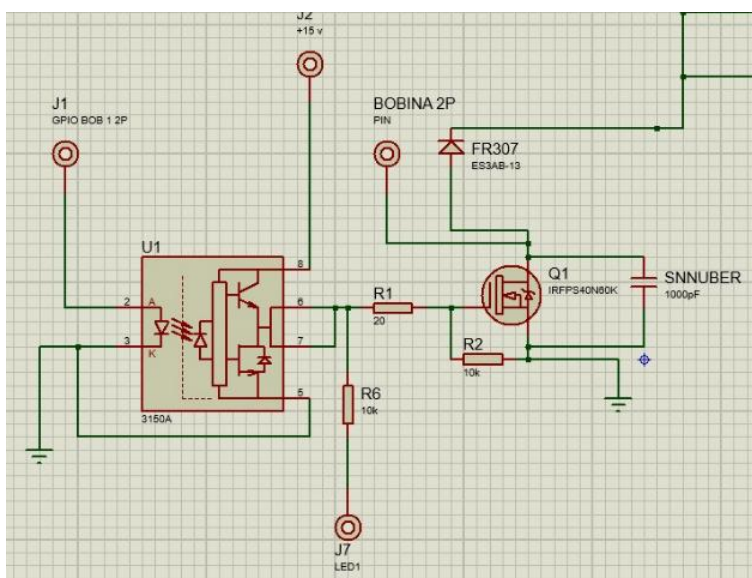
3.3.2 Diagrama esquemático

El diagrama esquemático fue diseñado electrónico en el programa PROTEUS 8 Professional, el cual permitirá insertar todos los diferentes requisitos técnicos que requiere el banco de pruebas y mediante comprobación de su funcionamiento, se realizó los ajustes necesarios para su mejor funcionamiento.

La figura 19 muestra el diagrama esquemático que combina driver con IGBT para el control y la activación de 2 pines.

Figura 19

Diagrama esquemático para activación de bobina de 2 pines

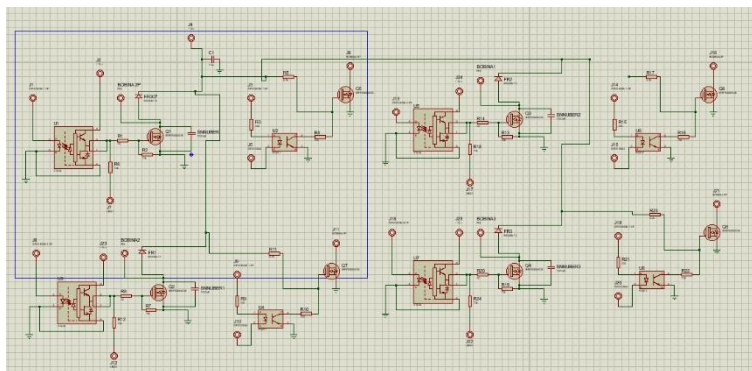


La figura 20 muestra el diagrama esquemático para la activación de la bobina de 3 pines, esta combina el optoacoplador con un IGBT para prevenir saltos o daños que puedan afectar al Raspberry Pi 5.

La figura 22 muestra un solo circuito que se amplía para dar pulso hasta 8 bobinas (4 2 pines, 4 3 pines).

Figura 22

Diagrama para ampliar a 8 bobinas (4 2p, 4 3p)



3.4 Armado del circuito eléctrico

El lenguaje de programación usado es Python para el control del banco de pruebas de bobinas automotrices ya que presenta múltiples ventajas frente a otros lenguajes, especialmente en sistemas basados en Raspberry Pi.

Python es el lenguaje más ampliamente soportado en Raspberry Pi ya que cuenta con:

- Bibliotecas oficiales para control de GPIO
- Acceso directo a hardware sin configuraciones complejas
- Alta compatibilidad con sistemas operativos basados en Linux

3.4.1 Comparación con otros lenguajes de programación

De acuerdo con (Hernández, 2020) podemos decir que Python es: "Lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y de propósito general, desarrollado en 1991 por Guido van Rossum. Su principal característica es la legibilidad del código, lo que facilita su comprensión y mantenimiento. Es compatible con múltiples sistemas operativos como Windows, Linux y macOS. La mayoría de las distribuciones de Linux ya incluyen el intérprete de Python. Su desarrollo y mantenimiento están bajo la responsabilidad de la Python Software Foundation, y se distribuye bajo una licencia de código abierto. Actualmente, es ampliamente utilizado en áreas como

inteligencia artificial, análisis de datos, desarrollo web y automatización, gracias a la extensa variedad de bibliotecas y herramientas disponibles.” Bajo este contexto la implementación de un microcontrolador capaz de controlar Python por defecto es un soporte bastante grande considerando los permisos requeridos para poder dar uso de este lenguaje de programación tradicionalmente, aun así, otros lenguajes de programación se ven en cierta medida más limitados o complicados en comparación.

Tabla 4

Comparación de lenguajes de programación

Lenguaje Limitación para este proyecto	
C / C++	Mayor complejidad para GUI y manejo de eventos
Arduino	Limitado en interfaces gráficas y procesamiento
MATLAB	Costoso y poco portable
Java	Mayor consumo de recursos y complejidad

Nota: La tabla muestra las ventajas de los códigos de programación en el proyecto.

De acuerdo con (Castro, 2021) sugiere que C++; “Son lenguajes de programación ampliamente utilizados en el desarrollo de sistemas embebidos, software de sistemas y aplicaciones de alto rendimiento. Se destacan por su eficiencia y control sobre los recursos del sistema. En entornos como Raspberry Pi, son frecuentemente empleados para interactuar directamente con hardware, desarrollar controladores y optimizar procesos que requieren un uso intensivo de memoria o procesamiento. Su sintaxis estructurada y su capacidad para la programación orientada a objetos (en el caso de C++) los convierten en herramientas versátiles para múltiples contextos tecnológicos.”

En cuanto a JavaScript (Huanca, 2023) dice que es un lenguaje de programación orientado a objetos, empleado principalmente en el desarrollo del lado cliente para aplicaciones web interactivas. Permite modificar dinámicamente el contenido de una página en respuesta a las acciones del usuario, generar animaciones, validar formularios y gestionar eventos en tiempo real.

Es una tecnología esencial en el desarrollo de interfaces modernas y se ejecuta directamente en el navegador, sin necesidad de compilación previa.

CAPÍTULO IV

Evaluación del Desempeño y Validación del Prototipo

4.1 Ensamblaje y pruebas del sistema

4.1.1 Ensamblaje del Prototipo

El prototipo del banco de pruebas para bobinas está ensamblado sobre una estructura fabricada con madera tipo pleibo, para facilidad de manipulación de la estructura haciendo que la inserción de los diodos leds y los banana plugs sea más sencilla de manera que se pueda agilizar la prueba.

Figura 23

Estructura de soporte



4.1.2 Montaje de Conectores

Se instalaron conectores tipo pinza para facilitar la conexión de bobinas de dos y tres pines sin necesidad de adaptadores adicionales. Adicionalmente, se incorporaron indicadores LED por canal, los cuales se activan de forma sincronizada con la señal de disparo, permitiendo una verificación visual del funcionamiento del sistema.

4.3 Pruebas de funcionamiento

4.3.2 Pruebas en Bobinas de Dos Pines

Las pruebas realizadas sobre bobinas de dos pines consistieron en la activación controlada del primario mediante el IGBT, variando la frecuencia de conmutación para simular distintos regímenes de giro del motor. Sin embargo, la chispa no salta debido a una aparente descarga de corriente.

4.3.2 Pruebas en Bobinas de Tres Pines

Para las bobinas de tres pines, el sistema operó como generador de señal de control, manteniendo la alimentación y la tierra constantes, y modulando únicamente el pin de señal, las pruebas demuestran que el banco es capaz de reproducir de forma precisa la secuencia de encendido requerida, respetando el orden de disparo 1–3–4–2, lo cual valida su capacidad para simular condiciones reales de operación.

Figura 24

Prueba en bobinas de 3 pines



4.3.2 Interfaz visual

La interfaz visual fue desarrollada en Python mediante una librería gráfica, permitiendo mostrar de forma clara e intuitiva el estado de funcionamiento de cada canal de encendido, esta se visualiza directamente en la pantalla Elecrow de 7 pulgadas, conectada a la Raspberry Pi, lo que elimina la necesidad de dispositivos externos adicionales.

La interfaz muestra información relevante como:

- Estado de activación de cada bobina (encendida / apagada).
- Indicadores visuales mediante iconos o LED virtuales.
- Botones de control para activar o desactivar canales de forma manual.
- Mensajes de estado que permiten verificar el funcionamiento del sistema (ver figura 25).

Figura 25

Interfaz visual de control de bobinas

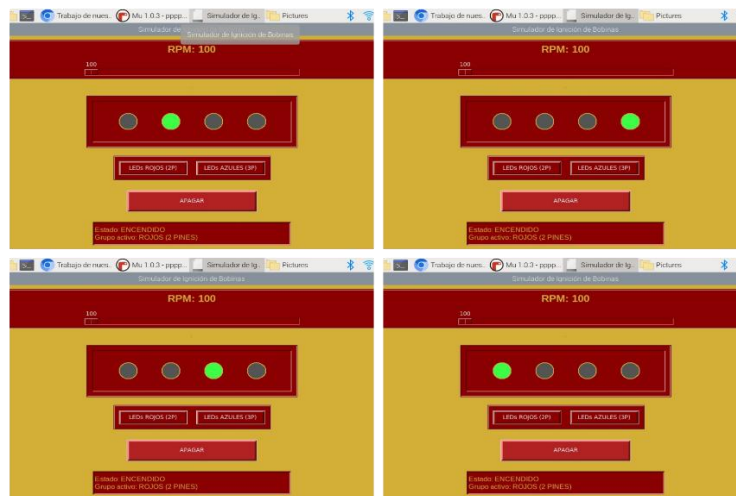
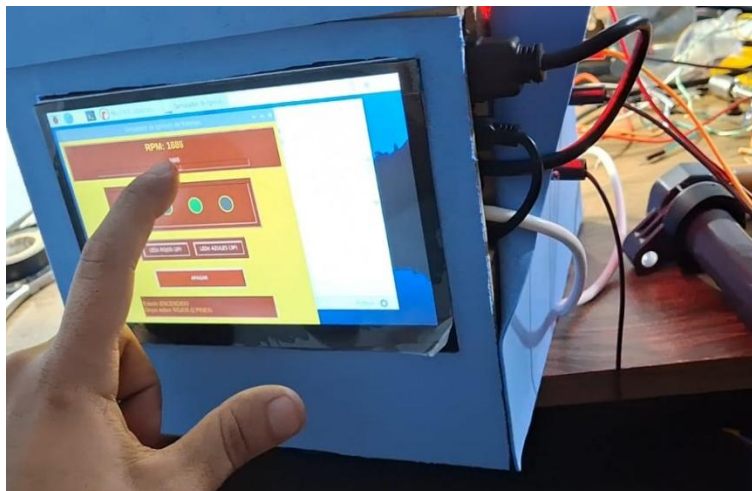


Figura 26

Prueba de funcionamiento



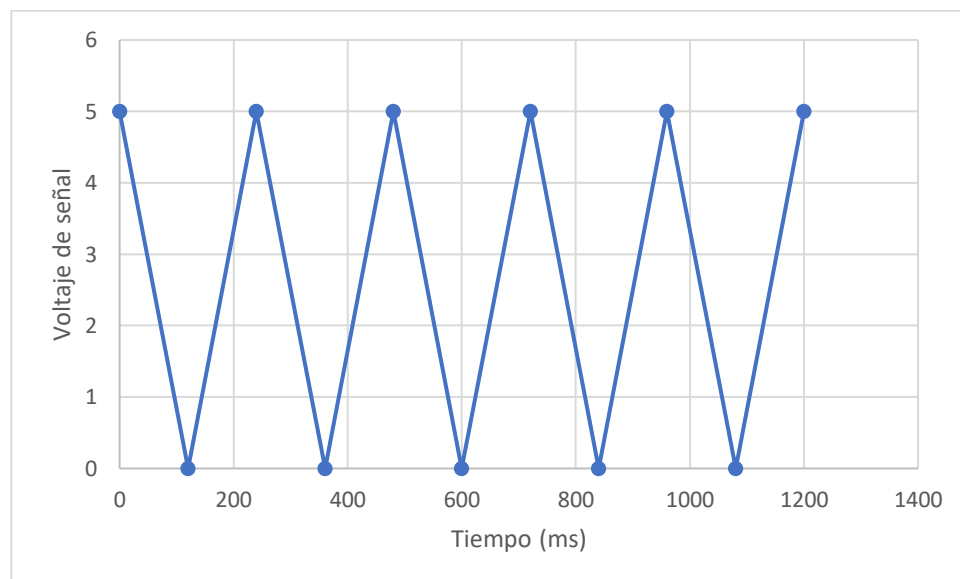
4.3 Análisis de Resultados

4.3.2 Comparación con Métodos Convencionales de Diagnóstico

A diferencia de los métodos convencionales, que se basan en pruebas estáticas o en la sustitución directa de componentes, este banco de pruebas desarrollado permite evaluar las bobinas bajo condiciones dinámicas y controladas, simulando el régimen de funcionamiento del motor.

Figura 27

Señal de activación de bobina a 1000 RPM



4.3.2 Evaluación de la Precisión y Tiempo de Respuesta

El Raspberry Pi 5 como unidad de control funciona como una generación de señales de disparo, con tiempos de respuesta adecuados para el rango de velocidades evaluado, la respuesta visual de los LED y los valores medidos por los sensores de corriente confirman la sincronización entre la señal de control y la activación de las bobinas.

Conclusiones

El desarrollo del prototipo basado en Raspberry Pi 5 permitió diagnosticar bobinas de encendido tres terminales, integrando una interfaz que facilita la visualización de resultados. Esto demuestra la viabilidad de la Raspberry Pi como herramienta accesible y eficiente para pruebas automotrices.

Se logró diseñar un circuito electrónico funcional y seguro, capaz de generar y medir señales de prueba compatibles con bobinas de ignición automotrices de 3 pines, se integran dispositivos de potencia, aislamiento y elementos de protección que garantizan la estabilidad del sistema.

La implementación del software de control en Python sobre la plataforma Raspberry Pi permitió gestionar de forma precisa los parámetros de operación del sistema, como la frecuencia de activación y el estado de las bobinas, demostrando la versatilidad del lenguaje para aplicaciones de diagnóstico automotriz.

La validación del prototipo se llevó a cabo mediante ensayos experimentales controlados, los cuales evidenciaron una respuesta adecuada y una estabilidad satisfactoria en la generación de señales. Los resultados experimentales confirmaron el correcto funcionamiento y encendido de bobinas de encendido de tres pines. En contraste, durante las pruebas realizadas con bobinas de dos pines, el prototipo presentó un comportamiento inestable y no conforme con los criterios de desempeño establecidos. En consecuencia, la variante de bobinas de dos pines fue descartada del diseño final.

Recomendaciones

La interfaz de usuario del prototipo podría beneficiarse de una mejora en la claridad y presentación de los resultados, incorporando gráficos comparativos, alertas visuales y mensajes de diagnóstico que faciliten la interpretación rápida de fallas en las bobinas, tanto para técnicos como para estudiantes en entornos educativos.

El sistema podría ampliarse para abarcar la compatibilidad con diferentes tipos de bobinas de encendido, incluyendo aquellas presentes en vehículos con configuraciones más complejas o de nueva generación, aumentando así su aplicabilidad en talleres automotrices y laboratorios de investigación.

El circuito propuesto se comporta excelente en bobinas de 3 pines, por seguridad el propio software apaga la circulación de la señal para no sobrecalentar los componentes y la bobina, es posible tomar el circuito teórico para las bobinas de 2 pines como una base para su culminación y funcionamiento.

La estabilidad y seguridad del circuito se verían fortalecidas con la implementación de protecciones adicionales, como sistemas anti sobre corriente y componentes de mayor tolerancia, asegurando un funcionamiento confiable incluso ante variaciones de tensión o condiciones operativas más exigentes.

Se recomienda optimizar el diseño del prototipo enfocándolo en el uso de bobinas de encendido de tres pines, incorporando ajustes en la etapa de control y potencia que permitan mejorar aún más la estabilidad y la confiabilidad del sistema. Adicionalmente, se propone realizar un rediseño específico del circuito de accionamiento para bobinas de dos pines, considerando el uso de etapas de adaptación eléctrica, protección y control adecuadas, con el objetivo de evaluar su posible integración en futuras versiones del prototipo y ampliar su rango de aplicabilidad.

Referencias

- Acevedo, M. (2023). *¿De qué Están Hechos los Robots y cuál es su Impacto en la Industria? Aeromaquinados.*
- Alonso. (2010). *Técnicas del automóvil, equipo eléctrico.* Ediciones Paraninfo.
- Autoaprende. (2025). *Conoce los diferentes tipos de sensores automotrices y su importancia para el buen funcionamiento de tu vehículo!*
- Autoavance. (2024). *Tipos de Actuadores del Motor.*
- Belló, M. Á. (2015). *Sistemas auxiliares del motor.* Paraninfo.
- CARLOS, O. G. (2016). *Diseño y construccion de un banco de pruebas para diagnóstico de bobinas de encendido COP, DIS, y convencional.* Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.
- Castro, M. (2021). *Sistema Domótico con la plataforma Raspberry Pi para Mejorar el Proceso Enseñanza Aprendizaje en el Laboratorio de Robótica de la Carrera Tecnologías de la Información.* Repositorio Digital Unesum.
- COLOMBIA, C. (2021). *Principales actuadores en el vehículo y sus posibles fallos.* Autocrash.
- Donaire, D. L. (2021). *Cables para bujías: para qué sirven, fallas, cómo cambiarlos, precio.* ActualidadMotor.
- Hernández, H. (2020). *Diseño y fabricación de robot didáctico reprogramable de 3 grados de libertad.*
- Huanca, L. (2023). *Diseño de un controlador PID con realimentación de streaming de video para guiado de un prototipo de vehículo autónomo.* Universidad Nacional Del Altiplano.
- Muñiz, Q. (2024). *Brazo Robótico para el Desarrollo de Prácticas en.* UNESUM REPOSITORIO DIGITAL.
- PARRALES, J. S. (2025). *Robot didáctico con tecnología raspberry pi como estrategia didáctica para el laboratorio de electrónica y robótica de la universidad estatal del sur de Manabí.* JIPIJAPA: UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ.

- R, S. (2012). *Diseño mecánico de un banco de pruebas inercial para motocicletas*. Navarra: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.
- Roberto, M. C. (2024). *Análisis de las Gráficas de Funcionamiento de las Bobinas de Encendido Tipo COP del Vehículo Chevrolet Sail 1.4 Utilizando un Osciloscopio Automotriz*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.
- Sebastian. (2023). Conexiones del motor. *Sebastian de argentina*.
- SEMEC. (2025). *Probador de modulos y bobinas PM02-KV*. Soluciones electromecanicas.
- Tejada, G. (2006). *Diseño de un banco de pruebas para motores automotrices*. Caracas: Universidad Simón Bolívar.
- Velez, C. (2022). *Circuito Electrónico en la placa Raspberry Pi para el Proceso de Enseñanza Aprendizaje de la Asignatura de Robótica en la Carrera de Tecnología de la Información*.

Anexos I

Código para hacer pruebas en bobinas con interfaz visual

```
from gpiozero import LED
from time import sleep
import threading
import tkinter as tk

FONDO = "#D4AF37"
PANEL = "#8B0000"
ROJO = "#8B0000"
ROJO_VIVO = "#B22222"
DORADO = "#D4AF37"
TEXTO = "#EAEAEA"
Verde = "#3DFF48"

bobinas_2p = [LED(24), LED(25), LED(8), LED(7)] # 4 bobinas, orden 1-3-4-2
bobinas_3p = [LED(12), LED(16), LED(20), LED(21)]

grupo_activo = bobinas_2p
color_activo = "ROJOS (2 PINES)"
rpm = 1200
encendido = False
orden_indices = [0, 1, 2, 3]

def secuencia_bobinas():
    global rpm, encendido, grupo_activo
    while True:
```

```

if not encendido or rpm <= 0:
    sleep(0.05)
    continue

tiempo_total = 60 / rpm
dwell = tiempo_total * 0.6
off_time = tiempo_total * 0.4

for i in orden_indices:
    if not encendido:
        break

    # Encender bobina real
    grupo_activo[i].on()
    # Encender LED virtual correspondiente
    encender_virtual(i)
    sleep(dwell)
    grupo_activo[i].off()
    apagar_virtual(i)
    sleep(off_time)

def encender_virtual(i):
    canvas.itemconfig(leds_virtuales[i], fill=Verde)

def apagar_virtual(i):
    canvas.itemconfig(leds_virtuales[i], fill="#555555")

```

```
def apagar_virtuales():
```

```
    for i in range(4):
```

```
        apagar_virtual(i)
```

```
def set_rojos():
```

```
    global grupo_activo, color_activo
```

```
    apagar_todos()
```

```
    grupo_activo = bobinas_2p
```

```
    color_activo = "ROJOS (2 PINES)"
```

```
    actualizar_estado()
```

```
def set_azules():
```

```
    global grupo_activo, color_activo
```

```
    apagar_todos()
```

```
    grupo_activo = bobinas_3p
```

```
    color_activo = "AZULES (3 PINES)"
```

```
    actualizar_estado()
```

```
def toggle_encendido():
```

```
    global encendido
```

```
    encendido = not encendido
```

```
    boton_on.config(
```

```
        text="APAGAR" if encendido else "ENCENDER",
```

```
        bg=ROJO_VIVO if encendido else ROJO
```

```
    )
```

```
    actualizar_estado()
```

```

def actualizar_rpm(valor):
    global rpm
    rpm = float(valor)
    etiqueta_rpm.config(text=f"RPM: {int(rpm)}")

def apagar_todos():
    for b in bobinas_2p + bobinas_3p:
        b.off()
    apagar_virtuales()

def actualizar_estado():
    estado_texto.set(
        f"Estado: {'ENCENDIDO' if encendido else 'APAGADO'}\n"
        f"Grupo activo: {color_activo}"
    )

ventana = tk.Tk()
ventana.title("Simulador de Ignición de Bobinas")
ventana.geometry("680x540")
ventana.configure(bg=FONDO)

frame_rpm = tk.Frame(ventana, bg=PANEL, relief=tk.GROOVE, bd=3)
frame_rpm.pack(pady=10, padx=10, fill="x")

etiqueta_rpm = tk.Label(
    frame_rpm, text=f"RPM: {rpm}",
    font=("Arial", 18, "bold"),

```

```
        fg=DORADO, bg=PANEL
    )
    etiqueta_rpm.pack(pady=5)
```

```
slider = tk.Scale(
    frame_rpm,
    from_=100,
    to=3000,
    orient=tk.HORIZONTAL,
    length=480,
    bg=PANEL,
    fg=TEXTO,
    troughcolor=ROJO,
    highlightthickness=0,
    command=actualizar_rpm
)
slider.set(rpm)
slider.pack(pady=5)
```

```
frame_leds = tk.Frame(ventana, bg=PANEL, relief=tk.RIDGE, bd=3)
frame_leds.pack(pady=10, padx=10)
```

```
canvas = tk.Canvas(
    frame_leds,
    width=440,
    height=100,
    bg=PANEL,
```

```

        relief=tk.SUNKEN,

        bd=2,

        highlightthickness=0
    )
    canvas.pack(padx=10, pady=10)

```

```

leds_virtuales = []

for i in range(4):
    x = 60 + i * 95

    led = canvas.create_oval(x, 30, x + 40, 70,
                             fill="#555555", outline=DORADO, width=2)

    leds_virtuales.append(led)

```

```

frame_botones = tk.Frame(ventana, bg=PANEL, relief=tk.GROOVE, bd=3)
frame_botones.pack(pady=10)

```

```

btn_rojos = tk.Button(
    frame_botones, text="LEDs ROJOS (2P)",
    width=15, bg=ROJO, fg=TEXTO,
    activebackground=ROJO_VIVO,
    relief=tk.RAISED, bd=3,
    command=set_rojos
)
btn_rojos.grid(row=0, column=0, padx=10, pady=10)

```

```

btn_azules = tk.Button(
    frame_botones, text="LEDs AZULES (3P)",

```

```

width=15, bg=ROJO, fg=TEXTTO,
activebackground=ROJO_VIVO,
relief=tk.RAISED, bd=3,
command=set_azules
)
btn_azules.grid(row=0, column=1, padx=10, pady=10)

```

```

boton_on = tk.Button(
    ventana, text="ENCENDER",
    width=32, height=2,
    bg=ROJO, fg=TEXTTO,
    activebackground=ROJO_VIVO,
    relief=tk.RAISED, bd=4,
    command=toggle_encendido
)
boton_on.pack(pady=15)

```

```

estado_texto = tk.StringVar()
estado_texto.set(f"Estado: {'APAGADO'}\nGrupo activo: {color_activo}")

```

```

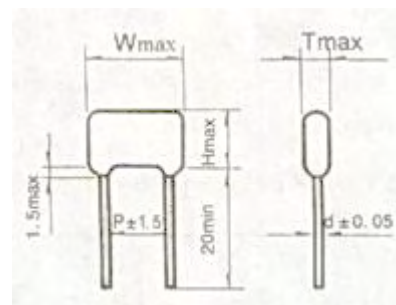
estado_label = tk.Label(
    ventana,
    textvariable=estado_texto,
    font=("Arial", 12),
    fg=DORADO,
    bg=PANEL,
    relief=tk.SUNKEN,

```

```
    bd=3,  
    width=48,  
    height=3,  
    anchor="w",  
    justify="left"  
)  
estado_label.pack(pady=10, padx=10)  
  
hilo_bobinas = threading.Thread(target=secuencia_bobinas, daemon=True)  
hilo_bobinas.start()  
  
ventana.mainloop()
```

- Features: Small size, light weight, high insulation resistance, good self healing.
- Uses: Suitable for high current circuits and widely used in DC pulse sating, hi frequency and high current circuits.
- In electronic lighting ballast and high voltage power, supplies of high frequency and high pulse rise time circuits.
- According to user's need, capacitor of non standard and special specification can be produced.

Items	Characteristics
Standard	GB 10190 (IEC 384-16)
Climatic	55/085/21
Rated voltage	250,400,630V
	0.01-2.2 uF
Capacitance Range	
Capacitance Tolerance	±5%(J) ; ± 10% (K)
Voltage Proof	2.0U _R (1-5s)
Insulation Resistance	≥25000M Ω, C _R ≤ 0.33uF (20°C, 1min) ≥7500M Ω, C _R ≤ 0.33uF
Dissipation Factor	≤0.001 (1KHz) ≤0.002 (1KHz)

[illegible]

FGH40N60SFD

600V, 40A Field Stop IGBT

Features

- High current capability
- Low saturation voltage: $V_{CE(sat)} = 2.3V$ @ $I_C = 40A$
- High input impedance
- Fast switching
- RoHS compliant

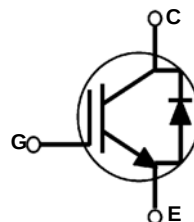
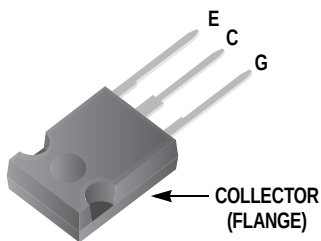
Applications

- Induction Heating, UPS, SMPS, PFC



General Description

Using Novel Field Stop IGBT Technology, Fairchild's new series of Field Stop IGBTs offer the optimum performance for Induction Heating, UPS, SMPS and PFC applications where low conduction and switching losses are essential.



Absolute Maximum Ratings

Symbol	Description	Ratings	Units
V_{CES}	Collector to Emitter Voltage	600	V
V_{GES}	Gate to Emitter Voltage	± 20	V
I_C	Collector Current @ $T_C = 25^\circ C$	80	A
	Collector Current @ $T_C = 100^\circ C$	40	A
$I_{CM} (1)$	Pulsed Collector Current @ $T_C = 25^\circ C$	120	A
P_D	Maximum Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ C$	290	W
	Maximum Power Dissipation @ $T_C = 100^\circ C$	116	W
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +150	$^\circ C$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +150	$^\circ C$
T_L	Maximum Lead Temp. for soldering Purposes, 1/8" from case for 5 seconds	300	$^\circ C$

Notes:

1: Repetitive rating: Pulse width limited by max. junction temperature

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC} (IGBT)$	Thermal Resistance, Junction to Case	-	0.43	$^\circ C/W$
$R_{\theta JC} (Diode)$	Thermal Resistance, Junction to Case	-	1.45	$^\circ C/W$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	-	40	$^\circ C/W$

Package Marking and Ordering Information

Device Marking	Device	Package	Packaging Type	Qty per Tube	Max Qty per Box
FGH40N60SFD	FGH40N60SFDTU	TO-247	Tube	30ea	-

Electrical Characteristics of the IGBT T_C = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Off Characteristics						
BV _{CES}	Collector to Emitter Breakdown Voltage	V _{GE} = 0V, I _C = 250μA	600	-	-	V
$\frac{\Delta BV_{CES}}{\Delta T_J}$	Temperature Coefficient of Breakdown Voltage	V _{GE} = 0V, I _C = 250μA	-	0.6	-	V/°C
I _{CES}	Collector Cut-Off Current	V _{CE} = V _{CES} , V _{GE} = 0V	-	-	250	μA
I _{GES}	G-E Leakage Current	V _{GE} = V _{GES} , V _{CE} = 0V	-	-	±400	nA
On Characteristics						
V _{GE(th)}	G-E Threshold Voltage	I _C = 250μA, V _{CE} = V _{GE}	4.0	5.0	6.5	V
V _{CE(sat)}	Collector to Emitter Saturation Voltage	I _C = 40A, V _{GE} = 15V	-	2.3	2.9	V
		I _C = 40A, V _{GE} = 15V, T _C = 125°C	-	2.5	-	V
Dynamic Characteristics						
C _{ies}	Input Capacitance	V _{CE} = 30V, V _{GE} = 0V, f = 1MHz	-	2110	-	pF
C _{oes}	Output Capacitance		-	200	-	pF
C _{res}	Reverse Transfer Capacitance		-	60	-	pF
Switching Characteristics						
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	V _{CC} = 400V, I _C = 40A, R _G = 10Ω, V _{GE} = 15V, Inductive Load, T _C = 25°C	-	25	-	ns
t _r	Rise Time		-	42	-	ns
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time		-	115	-	ns
t _f	Fall Time		-	27	54	ns
E _{on}	Turn-On Switching Loss		-	1.13	-	mJ
E _{off}	Turn-Off Switching Loss		-	0.31	-	mJ
E _{ts}	Total Switching Loss		-	1.44	-	mJ
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	V _{CC} = 400V, I _C = 40A, R _G = 10Ω, V _{GE} = 15V, Inductive Load, T _C = 125°C	-	24	-	ns
t _r	Rise Time		-	43	-	ns
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time		-	120	-	ns
t _f	Fall Time		-	30	-	ns
E _{on}	Turn-On Switching Loss		-	1.14	-	mJ
E _{off}	Turn-Off Switching Loss		-	0.48	-	mJ
E _{ts}	Total Switching Loss		-	1.62	-	mJ
Q _g	Total Gate Charge	V _{CE} = 400V, I _C = 40A, V _{GE} = 15V	-	120	-	nC
Q _{ge}	Gate to Emitter Charge		-	14	-	nC
Q _{gc}	Gate to Collector Charge		-	58	-	nC

Electrical Characteristics of the Diode $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max	Units
V _{FM}	Diode Forward Voltage	I _F = 20A	T _C = 25 ^o C	-	1.95	2.6	V
			T _C = 125 ^o C	-	1.85	-	
t _{rr}	Diode Reverse Recovery Time	I _{ES} =20A, dI _{ES} /dt = 200A/μs	T _C = 25 ^o C	-	45	-	ns
			T _C = 125 ^o C	-	140	-	
Q _{rr}	Diode Reverse Recovery Charge		T _C = 25 ^o C	-	75	-	nC
			T _C = 125 ^o C	-	375	-	

Typical Performance Characteristics

Figure 1. Typical Output Characteristics

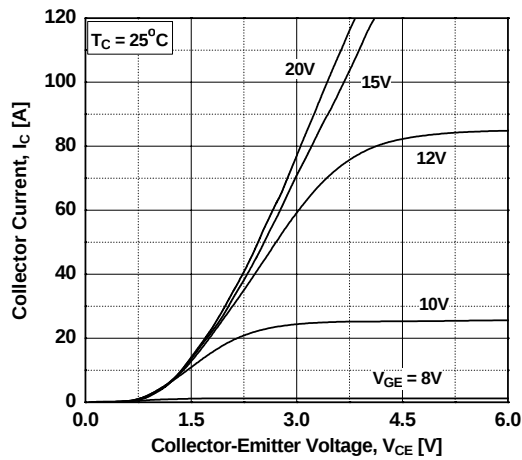


Figure 2. Typical Output Characteristics

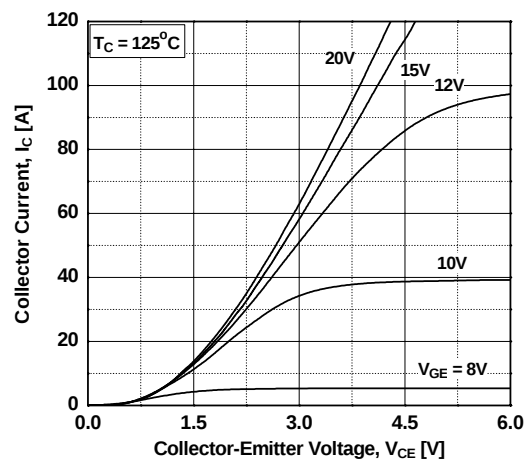


Figure 3. Typical Saturation Voltage Characteristics

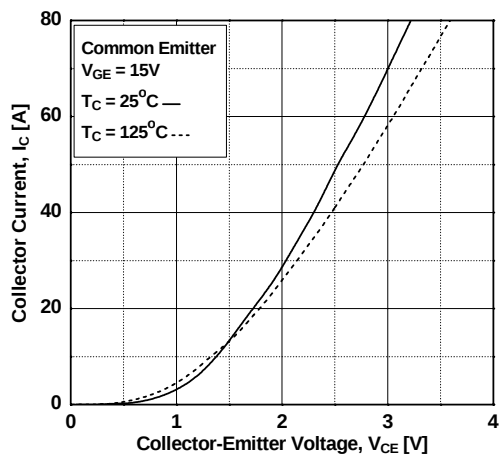


Figure 4. Transfer Characteristics

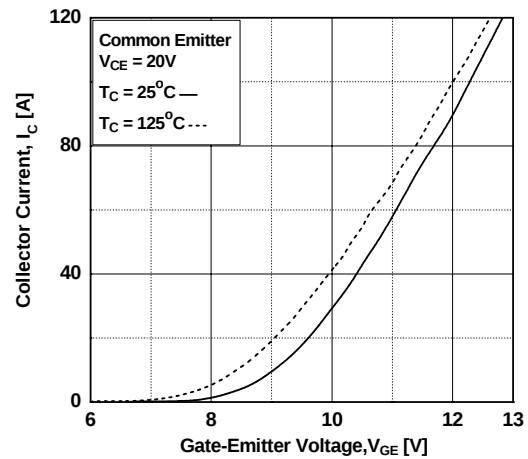


Figure 5. Saturation Voltage vs. Case Temperature at Variant Current Level

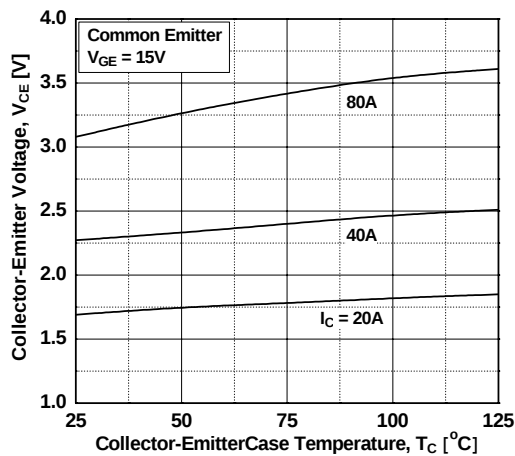
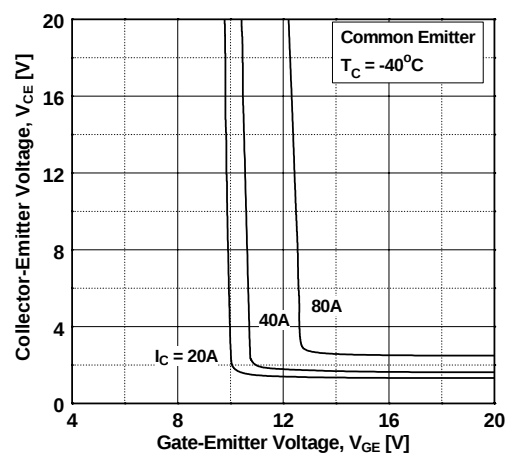


Figure 6. Saturation Voltage vs. V_{GE}



Typical Performance Characteristics

Figure 7. Saturation Voltage vs. V_{GE}

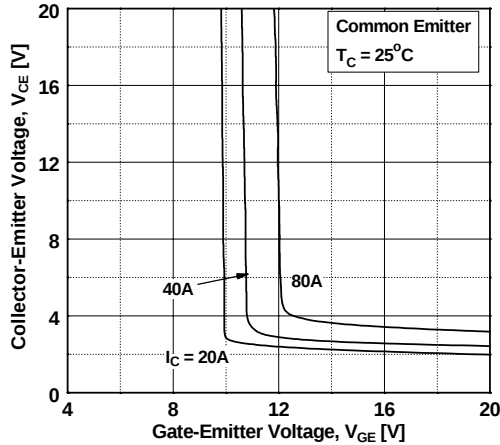


Figure 8. Saturation Voltage vs. V_{GE}

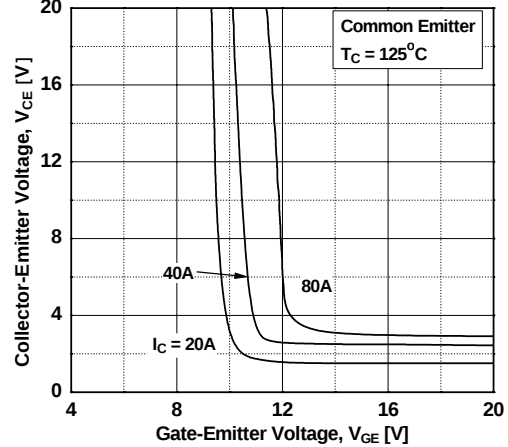


Figure 9. Capacitance Characteristics

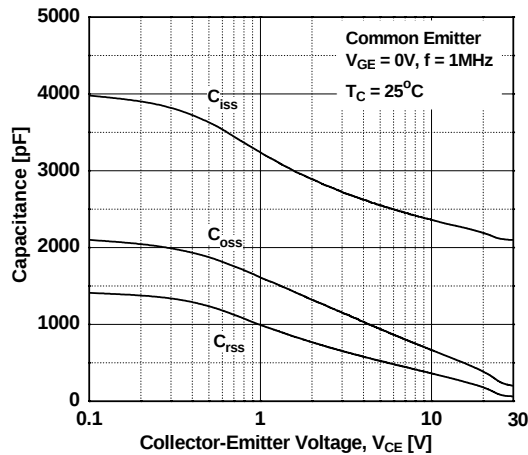


Figure 10. Gate charge Characteristics

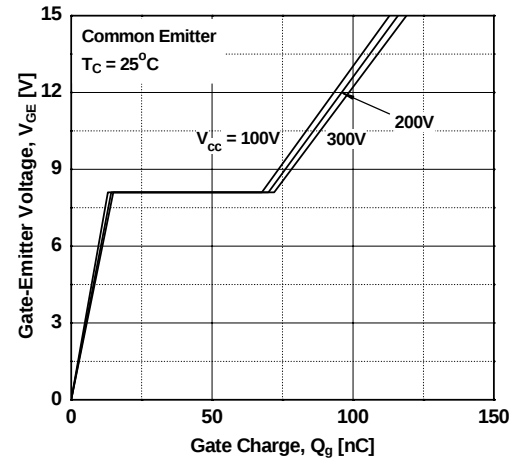


Figure 11. SOA Characteristics

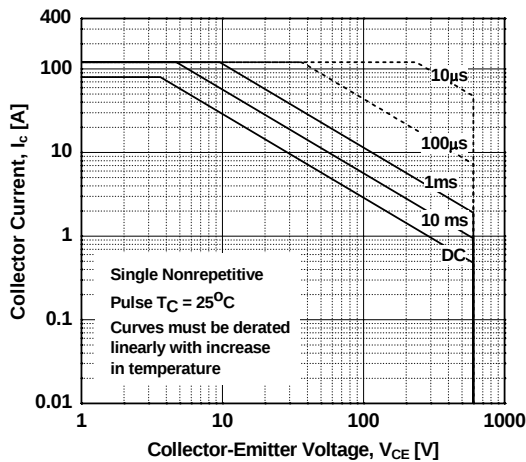
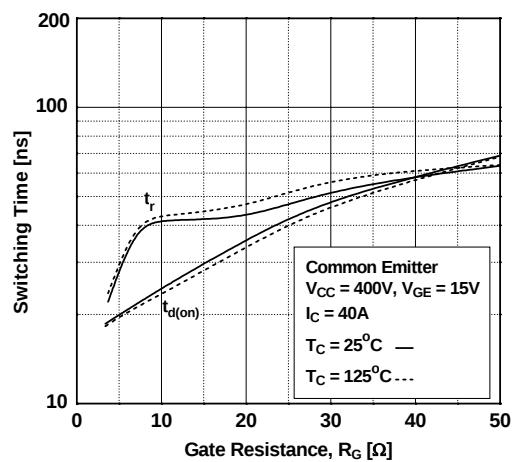


Figure 12. Turn-on Characteristics vs. Gate Resistance



Typical Performance Characteristics

Figure 13. Turn-off Characteristics vs. Gate Resistance

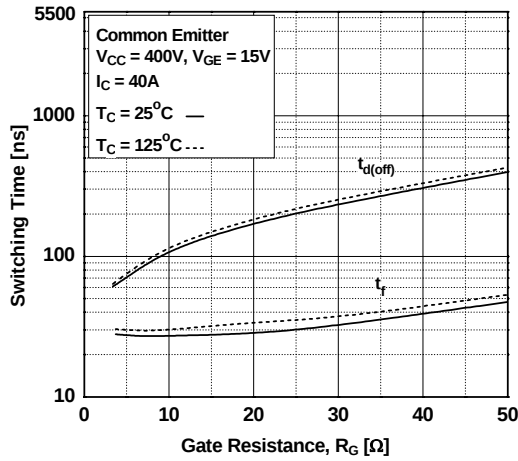


Figure 14. Turn-on Characteristics vs. Collector Current

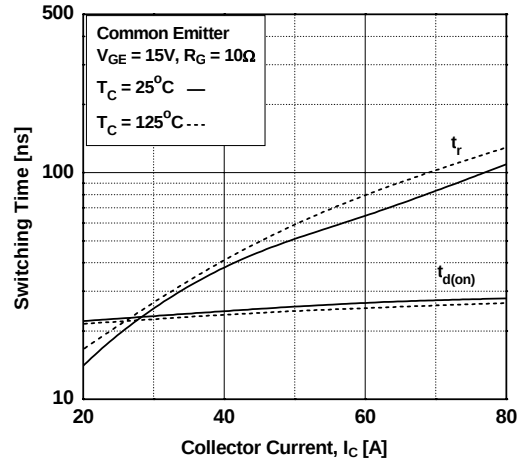


Figure 15. Turn-off Characteristics vs. Collector Current

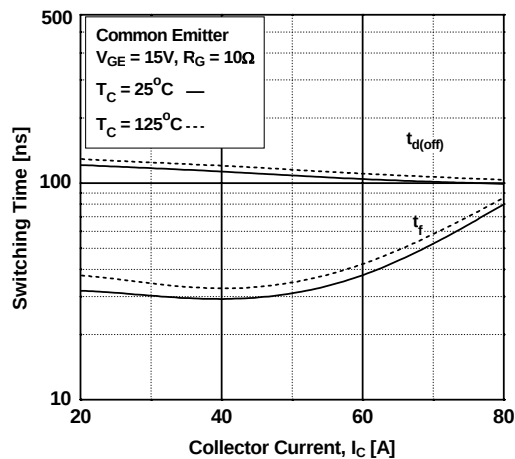


Figure 16. Switching Loss vs. Gate Resistance

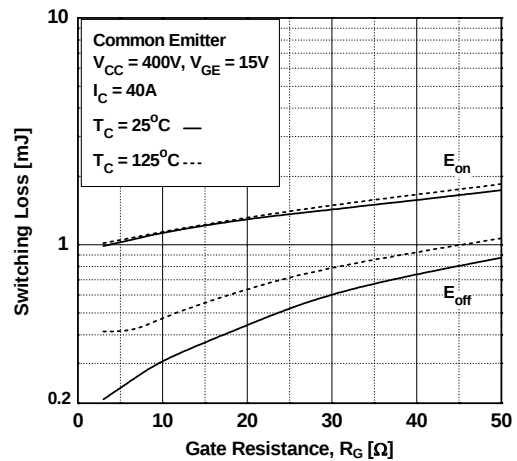


Figure 17. Switching Loss vs. Collector Current

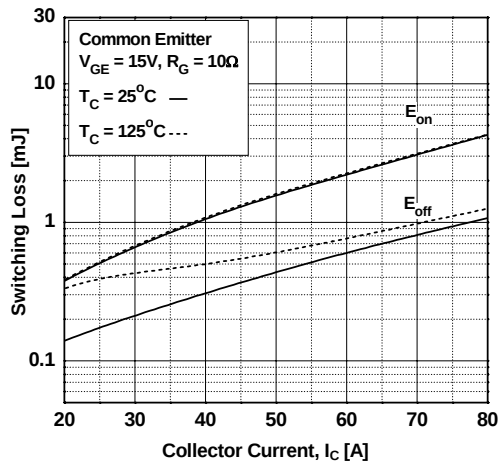
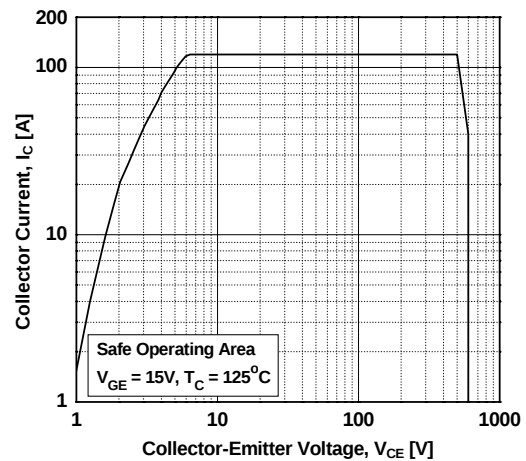


Figure 18. Turn off Switching SOA Characteristics



Typical Performance Characteristics

Figure 19. Forward Characteristics

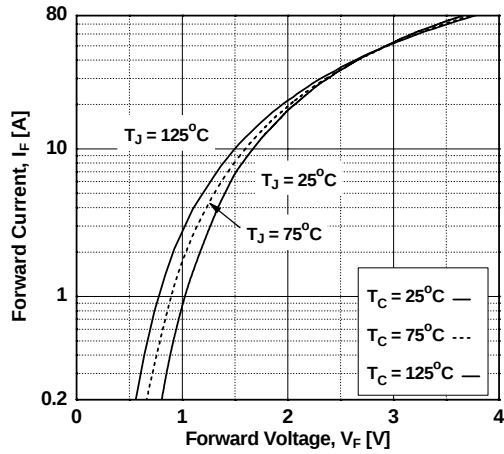


Figure 20. Typical Reverse Current vs. Reverse Voltage

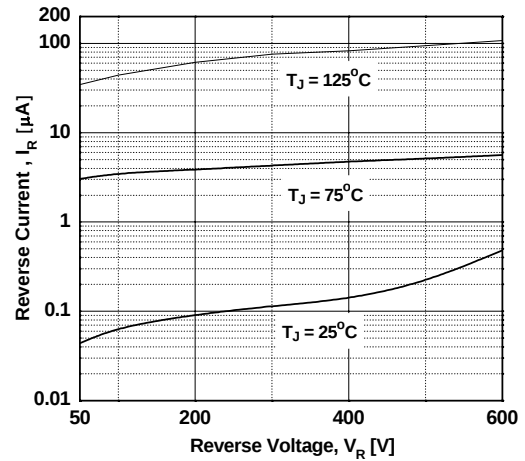


Figure 21. Stored Charge

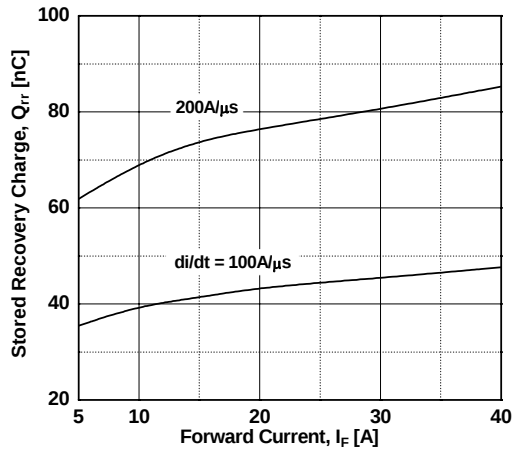


Figure 22. Reverse Recovery Time

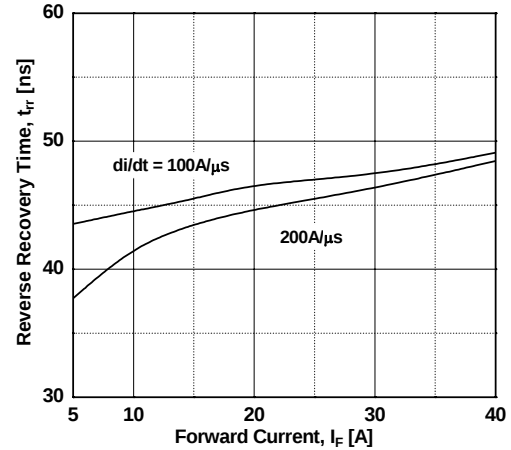
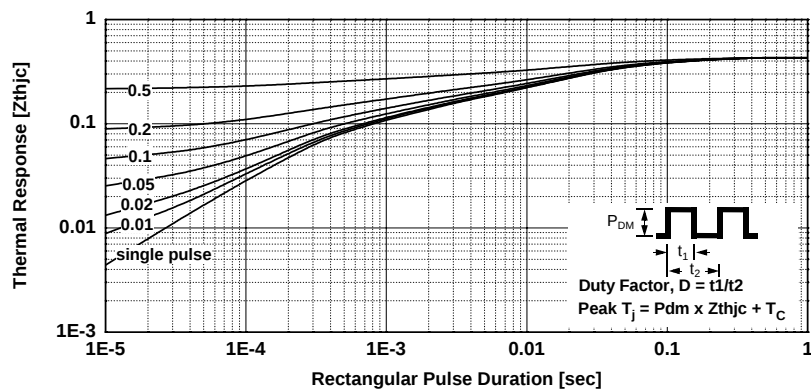
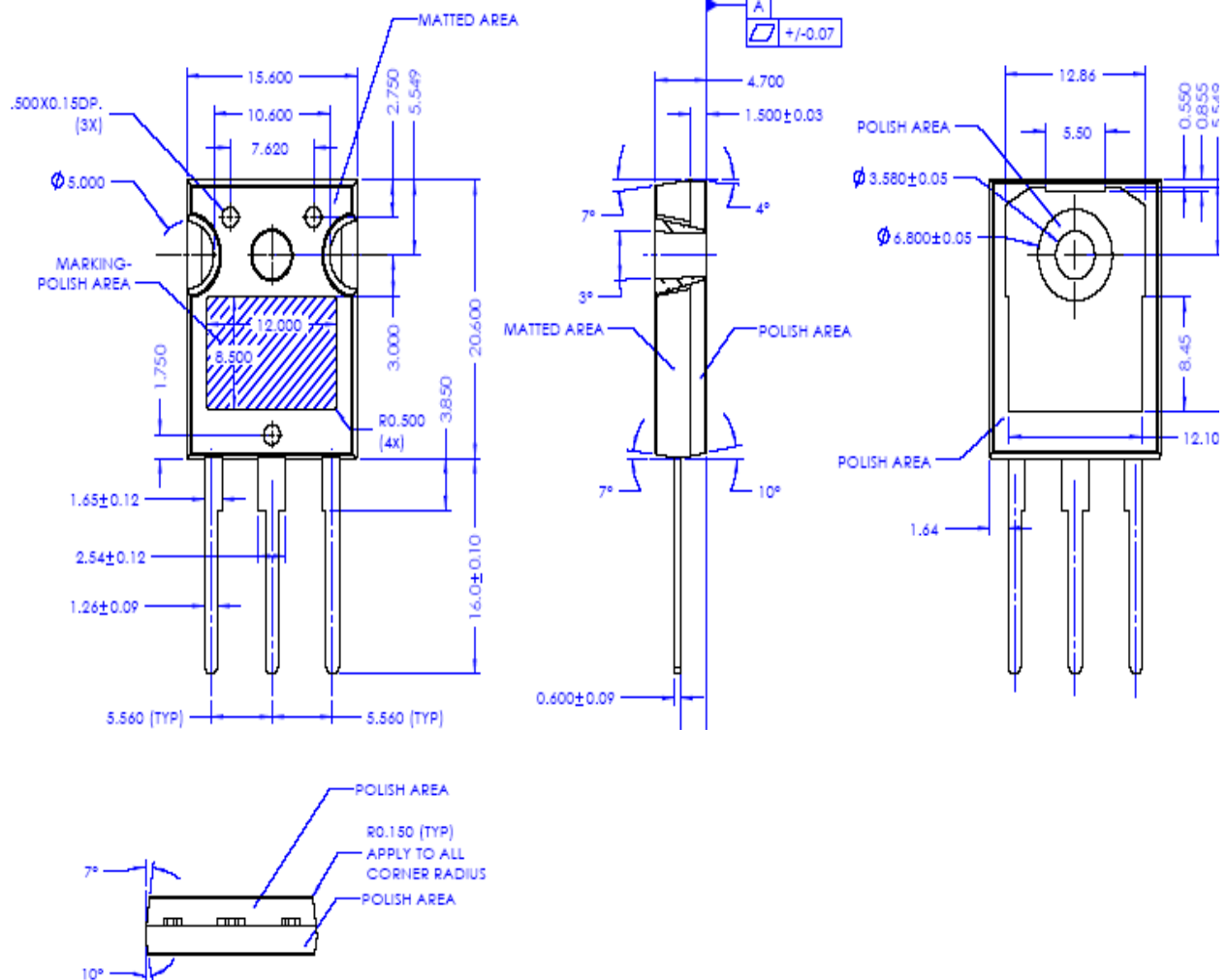


Figure 23. Transient Thermal Impedance of IGBT



Mechanical Dimensions

TO-247AB (FKS PKG CODE 001)



Dimensions in Millimeters



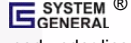
TRADEMARKS

The following includes registered and unregistered trademarks and service marks, owned by Fairchild Semiconductor and/or its global subsidiaries, and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

Build it Now™
CorePLUS™
CorePOWER™
CROSSVOLT™
CTL™
Current Transfer Logic™
EcoSPARK®
EfficientMax™
EZSWITCH™ *


Fairchild®
Fairchild Semiconductor®
FACT Quiet Series™
FACT®
FAST®
FastvCore™
FlashWriter® *

FPS™
F-PFS™
FRFET®
Global Power ResourceSM
Green FPS™
Green FPS™ e-Series™
GTO™
IntelliMAX™
ISOPLANAR™
MegaBuck™
MICROCOUPLER™
MicroFET™
MicroPak™
MillerDrive™
MotionMax™
Motion-SPM™
OPTOLOGIC®
OPTOPLANAR®


PDP SPM™
Power-SPM™
PowerTrench®
Programmable Active Droop™
QFET®
QS™
Quiet Series™
RapidConfigure™
Saving our world, 1mW at a time™
SmartMax™
SMART START™
SPM®
STEALTH™
SuperFET™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
SupreMOS™
SyncFET™


The Power Franchise®
the power franchise
TinyBoost™
TinyBuck™
TinyLogic®
TINYOPTO™
TinyPower™
TinyPWM™
TinyWire™

UHC®
Ultra FRFET™
UniFET™
VCX™
VisualMax™

* EZSWITCH™ and FlashWriter® are trademarks of System General Corporation, used under license by Fairchild Semiconductor.

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS. THESE SPECIFICATIONS DO NOT EXPAND THE TERMS OF FAIRCHILD'S WORLDWIDE TERMS AND CONDITIONS, SPECIFICALLY THE WARRANTY THEREIN, WHICH COVERS THESE PRODUCTS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support, device, or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ANTI-COUNTERFEITING POLICY

Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, www.fairchildsemi.com, under Sales Support.

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of brand reputation, substandard performance, failed application, and increased cost of production and manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild's quality standards for handling and storage and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties and will appropriately address and warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative / In Design	Datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	Datasheet contains preliminary data; supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve design.
No Identification Needed	Full Production	Datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve the design.
Obsolete	Not In Production	Datasheet contains specifications on a product that is discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is for reference information only.

PREPARED BY: <i>M. Katsuki</i>	DATE: <i>November 28, 1995</i>	Anexo IV	SPEC No. ED-95151
APPROVED BY: <i>J. Yoshikawa</i>		DATE: <i>Nov 28 1995</i>	November 28, 1995
		SHARP ELECTRONIC COMPONENTS GROUP SHARP CORPORATION SPECIFICATION	ISSUE PAGE 10 Pages REPRESENTATIVE DIVISION OPTO-ELECTRONIC DEVICES DIV.

DEVICE SPECIFICATION FOR

Business dealing name

PHOTOCOUPLER

MODEL No.

PC817

O	PC817XI		PC817XI6
	PC817XI1		PC817XI7
	PC817XI2		PC817XI8
	PC817XI3		PC817XI9
	PC817XI4		PC817XI0
	PC817XI5		

1. These specification sheets include the contents under the copyright of Sharp Corporation ("Sharp"). Please keep them with reasonable care as important information. Please don't reproduce or cause anyone reproduce them without Sharp's consent.

2. Please obey the instructions mentioned below for actual use of this device.
SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices.

(1) This device is designed for general electronic equipment.
Main uses of this device are as follows;

[• Computer • OA equipment • Telecommunication equipment (Terminal)
• Measuring equipment • Tooling machine • AV equipment • Home appliance, etc.]

(2) Please take proper steps in order to maintain reliability and safety, in case this device is used for the uses mentioned below which require high reliability.

[• Unit concerning control and safety of a vehicle (air plane, train, automobile etc.)
• Traffic signal • Gas leak detection breaker • Fire box and burglar alarm box
• Other safety equipment, etc.]

(3) Please do not use for the uses mentioned below which require extremely high reliability.

[• Space equipment • Telecommunication equipment (Trunk)
• Nuclear control equipment • Medical equipment etc.]

Contact a SHARP representative of sales office in advance when you intend to use SHARP devices for any applications other than those applications for general electronic equipment recommend by SHARP at (1).

CUSTOMER'S APPROVAL

DATE
PRESENTED
BY

T. M.

DATE

BY

T. Matsumura,
Department General Manager of
Engineering Dept., II
Opto-Electronic Devices Div.
ELECOM Group
SHARP CORPORATION

REFERENCE

1. Application

This specification applies to the outline and characteristics of photocoupler Model No. PC817series.

2. Outline

Refer to the attached drawing No. CY7073K02.

3. Ratings and characteristics

Refer to the attached sheet, page 3 to 6.

4. Reliability

Refer to the attached sheet, page 7.

5. Incoming inspection

Refer to the attached sheet, page 8.

6. Supplement

6.1 Isolation voltage shall be measured in the following method.

- (1) Short between anode to cathode on the primary side and between collector to emitter on the secondary side.
- (2) The dielectric withstand tester with zero-cross circuit shall be used.
- (3) The wave form of applied voltage shall be a sine wave.
(It is recommended that the isolation voltage be measured in insulation oil.)

REFERENCE

6.2 Business dealing name

("○" mark indicates business dealing name of ordered product)

Ordered product	Business dealing name	Rank mark	Ic (mA)
○	PC817XI	A, B, C, D or no mark	2.5 to 30
	PC817XI1	A	4.0 to 8.0
	PC817XI2	B	6.5 to 13
	PC817XI3	C	10 to 20
	PC817XI4	D	15 to 30
	PC817XI5	A or B	4.0 to 13
	PC817XI6	B or C	6.5 to 20
	PC817XI7	C or D	10 to 30
	PC817XI8	A, B or C	4.0 to 20
	PC817XI9	B, C or D	6.5 to 30
	PC817XI0	A, B, C or D	4.0 to 30

Test
conditions $I_F = 5\text{mA}$ $V_{CE} = 5\text{V}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$

6.3 This Model is approved by UL.

Approved Model No. : PC817

UL file No. : E64380

6.4 This product is not designed against irradiation.

This product is assembled with electrical input and output.

This product incorporates non-coherent light emitting diode.

7. Notes

Refer to the attached sheet-1-1, 2.

REFERENCE

3. Ratings and characteristics

3.1 Absolute maximum ratings

Ta=25°C

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	*1 Forward current	I_F	50	mA
	*2 Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	*1 Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector current	I_c	50	mA
	*1 Collector power dissipation	P_c	150	mW
*1 Total power dissipation		P_{tot}	200	mW
*3 Isolation voltage		V_{iso}	5	kVrms
Operating temperature		T_{opr}	-30 to +100	°C
Storage temperature		T_{stg}	-55 to +125	°C
*4 Soldering temperature		T_{sol}	260	°C

*1 The derating factors of absolute maximum ratings due to ambient temperature are shown in Fig. 1 to 4.

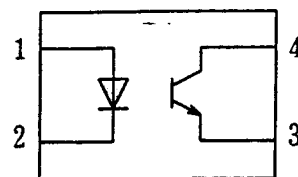
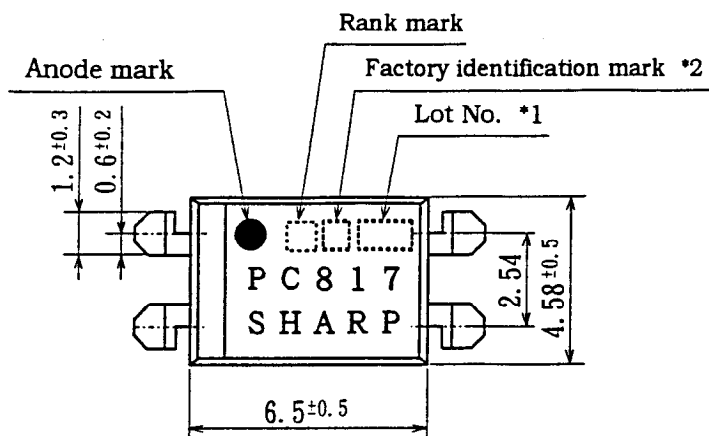
*2 Pulse width $\leq 100 \mu s$, Duty ratio : 0.001 (Refer to Fig. 5)

*3 AC for 1 min, 40 to 60%RH

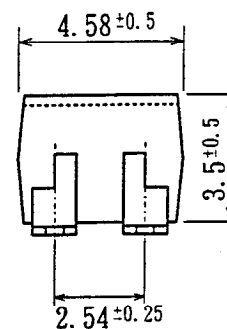
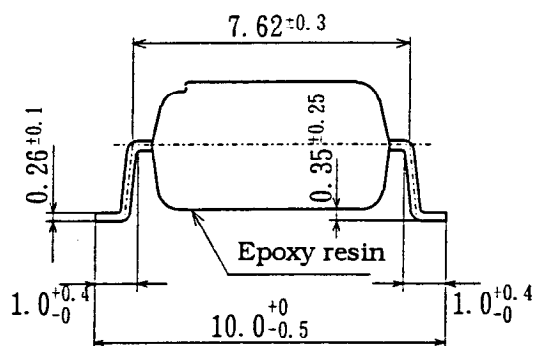
*4 For 10 s

3.2 Electro-optical characteristics

Parameter		Symbol	Condition	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	V_F	$I_F=20\text{mA}$	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	V_{FM}	$I_{FM}=0.5\text{A}$	-	-	3.0	V
	Reverse current	I_R	$V_R=4\text{V}$	-	-	10	μA
	Terminal capacitance	C_t	$V=0, f=1\text{kHz}$	-	30	250	pF
Output	Dark current	I_{CEO}	$V_{CE}=20\text{V}, I_F=0$	-	-	100	nA
	Collector-emitter breakdown voltage	BV_{CEO}	$I_C=0.1\text{mA}$ $I_F=0$	35	-	-	V
	Emitter-collector breakdown voltage	BV_{ECO}	$I_E=10\mu\text{A}, I_F=0$	6	-	-	V
Transfer characteristics	Collector current	I_C	$I_F=5\text{mA}, V_{CE}=5\text{V}$	2.5	-	30	mA
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F=20\text{mA}$ $I_C=1\text{mA}$	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	R_{ISO}	DC500V 40 to 60%RH	5×10^{10}	10^{11}	-	Ω
	Floating capacitance	C_f	$V=0, f=1\text{MHz}$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	f_c	$V_{CE}=5\text{V}, I_C=2\text{mA}$ $R_L=100\Omega, -3\text{dB}$	-	80	-	kHz
	Rise time	t_r	$V_{CE}=2\text{V}$ $I_C=2\text{mA}$ $R_L=100\Omega$	-	4	18	μs
	Fall time	t_f		-	3	18	μs



Pin Nos. and internal connection diagram



*1) 2-digit number shall be marked according to DIN standard.

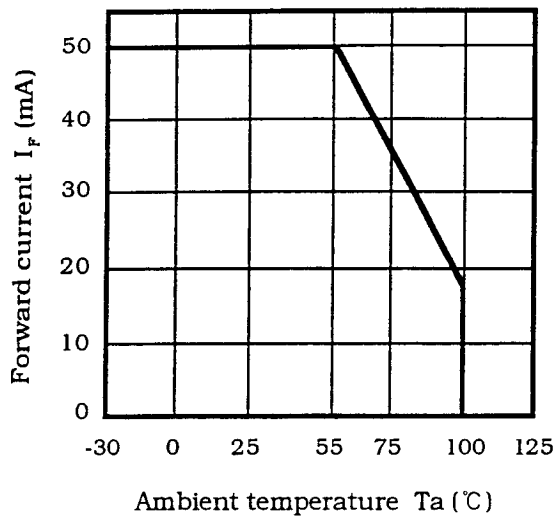
*2) Factory identification mark shall be or shall not be marked.

*3) Marking is laser marking

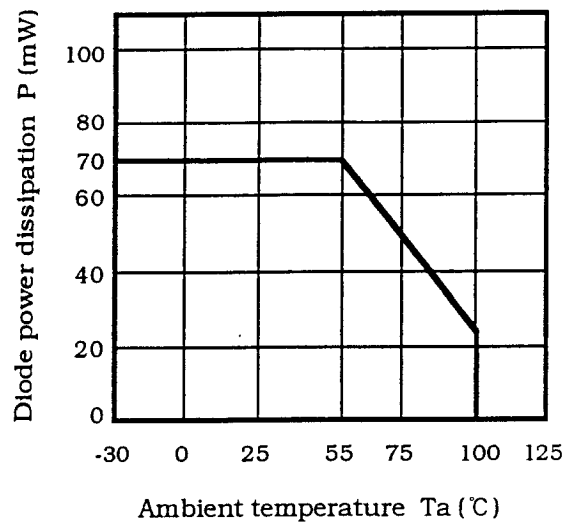
UNIT : 1/1 mm

Name	PC817 Outline Dimensions (Business dealing name : PC817XI)
Drawing No.	CY7073K02

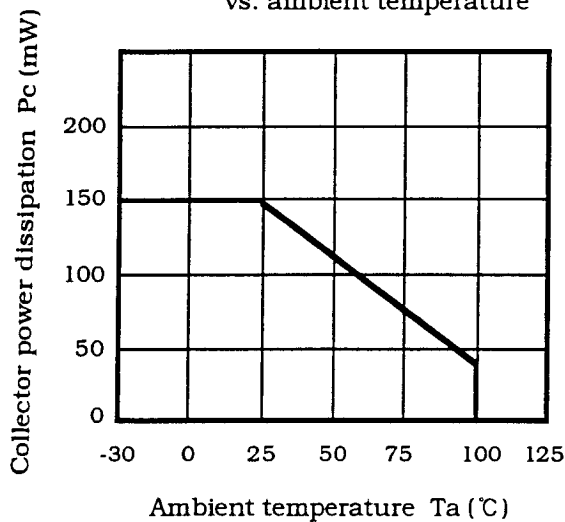
(Fig. 1) Forward current vs. ambient temperature



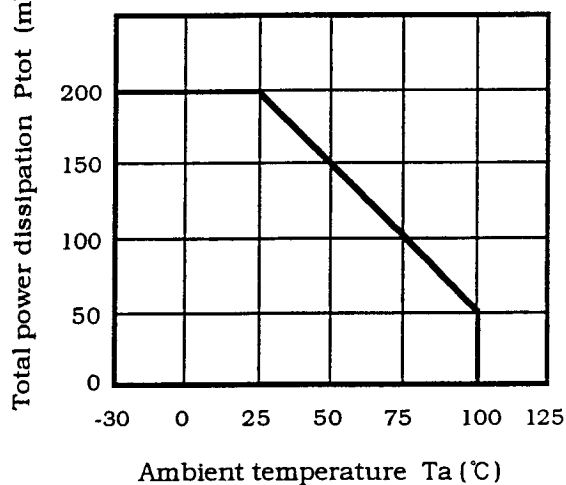
(Fig. 2) Diode power dissipation vs. ambient temperature



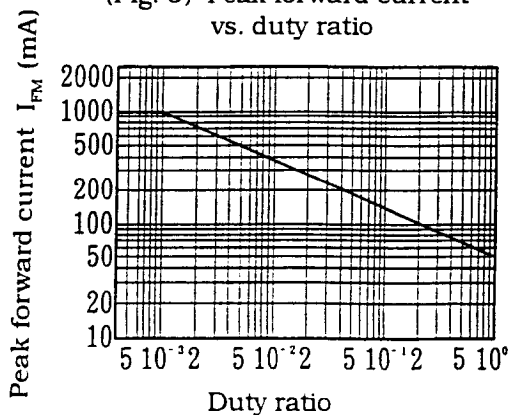
(Fig. 3) Collector power dissipation vs. ambient temperature



(Fig. 4) Total power dissipation vs. ambient temperature



(Fig. 5) Peak forward current vs. duty ratio



Pulse width $\leq 100 \mu s$
 $T_a = 25^\circ C$

4. Reliability

The reliability of products shall be satisfied with items listed below.

Confidence level : 90%

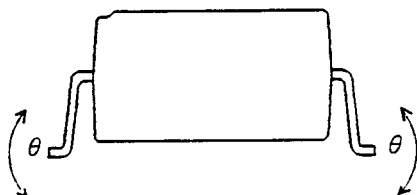
LTPD : 10%/20%

Test Items	Test Conditions *1	Failure Judgement Criteria	Samples (n)
			Defective(C)
Solderability *2	230°C, 5 s	—	n=11, C=0
Soldering heat	260°C, 10 s	$V_F > U \times 1.2$ $I_R > U \times 2$ $I_{CEO} > U \times 2$ $I_C < L \times 0.7$ $V_{CE(sat)} > U \times 1.2$ U : Upper specification limit L : Lower specification limit	n=11, C=0
Terminal strength (Tension)	Weight : 5N 5 s/each terminal		n=11, C=0
Terminal strength (Bending) *3	Weight : 2.5N 2 times/each terminal		n=11, C=0
Mechanical shock	15000m/s ² , 0.5ms 3 times/ ±X, ±Y, ±Z direction		n=11, C=0
Variable frequency vibration	100 to 2000 to 100Hz/4min 200m/s ² 4 times/ X, Y, Z direction		n=11, C=0
Temperature cycling	1 cycle -55°C to +125°C (30min) (30min) 20 cycles test		n=22, C=0
High temp. and high humidity storage	+60°C, 90%RH, 1000h		n=22, C=0
High temp. storage	+125°C, 1000h		n=22, C=0
Low temp. storage	-55°C, 1000h		n=22, C=0
Operation life	I _F =50mA, P _{tot} =200mW Ta=25°C, 1000h		n=22, C=0

*1 Test method, conforms to JIS C 7021.

*2 Solder shall adhere at the area of 95% or more of immersed portion of lead and pin hole or other holes shall not be concentrated on one portion.

*3 Terminal bending direction is shown below.



REFERENCE

5. Incoming inspection

5.1 Inspection items

(1) Electrical characteristics

 $V_F, I_R, I_{CEO}, V_{CE(sat)}, I_C, R_{ISO}, V_{ISO}$

(2) Appearance

5.2 Sampling method and Inspection level

A single sampling plan, normal inspection level II based on ISO 2859 is applied. The AQL according to the inspection items are shown below.

Defect	Inspection item	AQL (%)
Major defect	Electrical characteristics Unreadable marking	0.1
Minor defect	Appearance defect except the above mentioned.	0.4

Precautions for Photocouplers

1 For cleaning

- (1) Solvent cleaning : Solvent temperature 45°C or less
Immersion for 3 min or less
- (2) Ultrasonic cleaning : The affect to device by ultrasonic cleaning is different by cleaning bath size, ultrasonic power output, cleaning time, PWB size or device mounting condition etc. Please test it in actual using condition and confirm that doesn't occur any defect before starting the ultrasonic cleaning.

Applicable solvent : Ethyl alcohol, Methyl alcohol
Freon TE · TF, Diflon-solvent S3-E

Please refrain from using Chloro Fluoro Carbon type solvent to clean device as much as possible since it is internationally restricted to protect the ozonosphere. Before you use alternative solvent you are requested to confirm that it does not attack package resin.

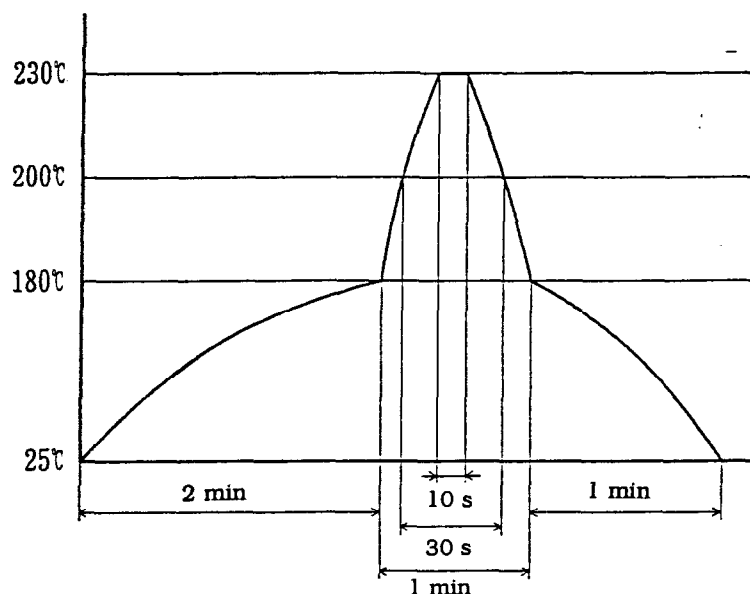
2. The LED used in the Photocoupler generally decreases the light emission power by operation. In case of long operation time, please design the circuit with considering the degradation of the light emission power of the LED. (50%/5years)

REFERENCE

3. Precaution for Soldering Photocoupler

(1) If solder reflow :

It is recommended that only one soldering be done at the temperature and the time within the temperature profile as shown in the figure.



(2) Other precautions

An infrared lamp used to heat up for soldering may cause a localized temperature rise in the resin. So keep the package temperature within that specified in Item (1). Also avoid immersing the resin part in the solder.

0.5 Amp Output Current IGBT Gate Drive Optocoupler

Technical Data

Features

- **0.5 A Minimum Peak Output Current**
- **15 kV/ μ s Minimum Common Mode Rejection (CMR) at $V_{CM} = 1500$ V**
- **1.0 V Maximum Low Level Output Voltage (V_{OL}) Eliminates Need for Negative Gate Drive**
- **$I_{CC} = 5$ mA Maximum Supply Current**
- **Under Voltage Lock-Out Protection (UVLO) with Hysteresis**
- **Wide Operating V_{CC} Range: 15 to 30 Volts**
- **0.5 μ s Maximum Propagation Delay**
- **+/- 0.35 μ s Maximum Delay Between Devices/Channels**
- **Industrial Temperature Range: -40°C to 100°C**
- **HCPL-315J: Channel One to Channel Two Output Isolation = 1500 Vrms/1 min.**
- **Safety and Regulatory Approval:**
UL Recognized (UL1577)
3750 Vrms/1 min.

IEC/EN/DIN EN 60747-5-2

Approved

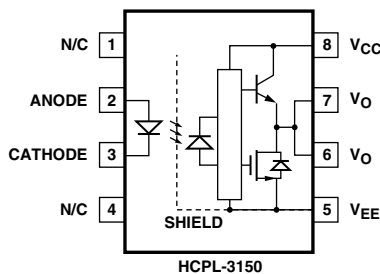
$V_{IORM} = 630 V_{peak}$
(HCPL-3150 Option 060 only)

$V_{IORM} = 891 V_{peak}$ (HCPL-315J) CSA Certified

Applications

- **Isolated IGBT/MOSFET Gate Drive**
- **AC and Brushless DC Motor Drives**
- **Industrial Inverters**
- **Switch Mode Power Supplies (SMPS)**
- **Uninterruptable Power Supplies (UPS)**

Functional Diagram



TRUTH TABLE

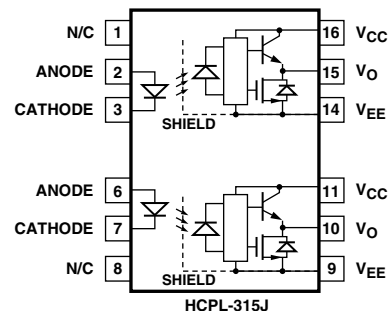
LED	$V_{CC} - V_{EE}$ "Positive Going" (i.e., Turn-On)	$V_{CC} - V_{EE}$ "Negative-Going" (i.e., Turn-Off)	V_O
OFF	0 - 30 V	0 - 30 V	LOW
ON	0 - 11 V	0 - 9.5 V	LOW
ON	11 - 13.5 V	9.5 - 12 V	TRANSITION
ON	13.5 - 30 V	12 - 30 V	HIGH

HCPL-3150 (Single Channel)

HCPL-315J (Dual Channel)

Description

The HCPL-315X consists of a LED optically coupled to an integrated circuit with a power output stage. This optocoupler is ideally suited for driving power IGBTs and MOSFETs used in motor control inverter applications. The high operating voltage range of the output stage provides the drive voltages required by gate controlled devices. The voltage and current supplied by this optocoupler makes it ideally suited for directly driving IGBTs with ratings up to 1200 V/50 A. For IGBTs with higher ratings, the HCPL-3150/315J can be used to drive a discrete power stage which drives the IGBT gate.



A 0.1 μ F bypass capacitor must be connected between the V_{CC} and V_{EE} pins for each channel.

CAUTION: It is advised that normal static precautions be taken in handling and assembly of this component to prevent damage and/or degradation which may be induced by ESD.

Selection Guide: Invertor Gate Drive Optoisolators

Package Type	8-Pin DIP (300 mil)				Widebody (400 mil)	Small Outline SO-16		
Part Number	HCPL-3150	HCPL-3120	HCPL-J312	HCPL-J314	HCNW-3120	HCPL-315J	HCPL-316J	HCPL-314J
Number of Channels	1	1	1	1	1	2	1	2
IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Approvals	V_{IORM} 630 V_{peak} Option 060		V_{IORM} 891 V_{peak}		V_{IORM} 1414 V_{peak}	V_{IORM} 891 V_{peak}		
UL Approval	3750 Vrms/1 min.		3750 Vrms/1 min.		5000 Vrms/1min.	3750 Vrms/1 min.		
Output Peak Current	0.5A	2A	2A	0.4A	2A	0.5A	2A	0.4A
CMR (minimum)	15 kV/ μ s			10 kV/ μ s	15 kV/ μ s			10 kV/ μ s
UVLO	Yes			No	Yes			No
Fault Status	No						Yes	No

Ordering Information

Specify Part Number followed by Option Number (if desired)

Example

HCPL-315Y#XXXX

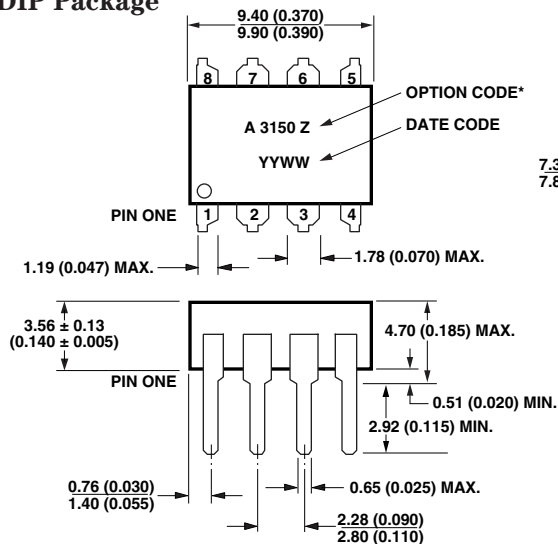
- No Option = Standard DIP package, 50 per tube.
- 060 = IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 V_{IORM} = 630 V_{peak} Option, 50 per tube. (HCPL-3150 only)
- 300 = Gull Wing Surface Mount Option, 50 per tube. (HCPL-3150 only)
- 500 = Tape and Reel Packaging Option. HCPL-3150; 1000 per reel.
HCPL-315J; 850 per reel.
- XXXE = Lead Free Option
- $\emptyset$ = Single Channel, 8-pin PDIP.
- J = Dual Channel, SO16.

Option data sheets available. Contact Agilent sales representative or authorized distributor.

Remarks: The notation “#” is used for existing products, while (new) products launched since 15th July 2001 and lead free option will use “-”

Package Outline Drawings

Standard DIP Package



DIMENSIONS IN MILLIMETERS AND (INCHES).

* MARKING CODE LETTER FOR OPTION NUMBERS.

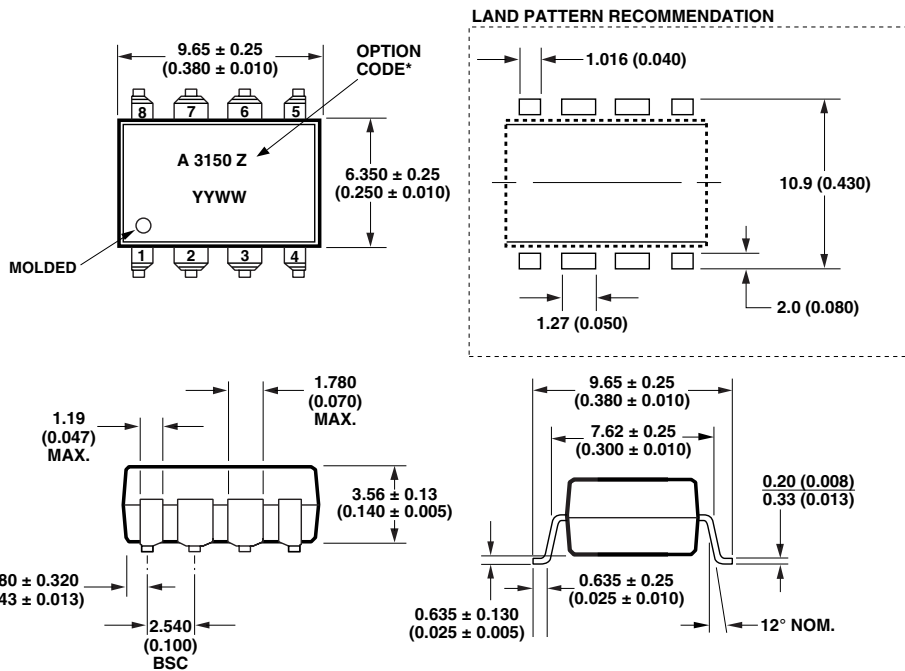
"V" = OPTION 060.

OPTION NUMBERS 300 AND 500 NOT MARKED.

NOTE: FLOATING LEAD PROTRUSION IS 0.25 mm (10 mils) MAX.

Package Outline Drawings

Gull-Wing Surface-Mount Option 300



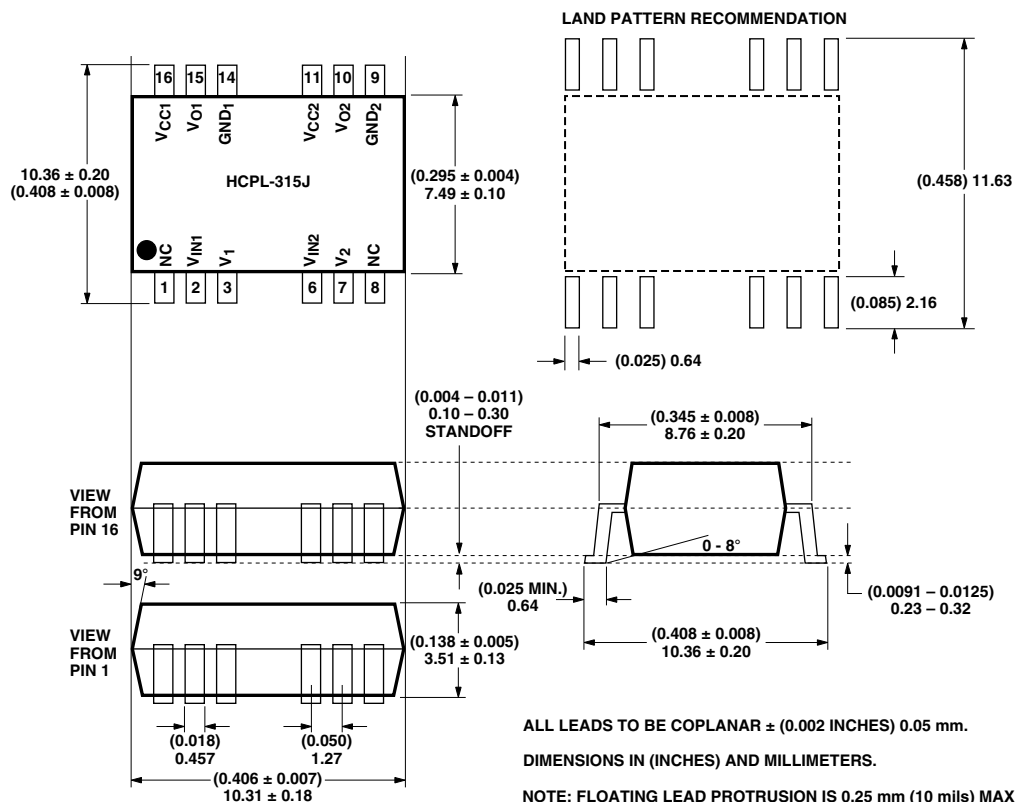
DIMENSIONS IN MILLIMETERS (INCHES).
TOLERANCES (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED): xx.xx = 0.01
xx.xxx = 0.005

LEAD COPLANARITY
MAXIMUM: 0.102 (0.004)

NOTE: FLOATING LEAD PROTRUSION IS 0.25 mm (10 mils) MAX.

*MARKING CODE LETTER FOR OPTION NUMBERS.
"V" = OPTION 060.
OPTION NUMBERS 300 AND 500 NOT MARKED.

16 - Lead Surface Mount

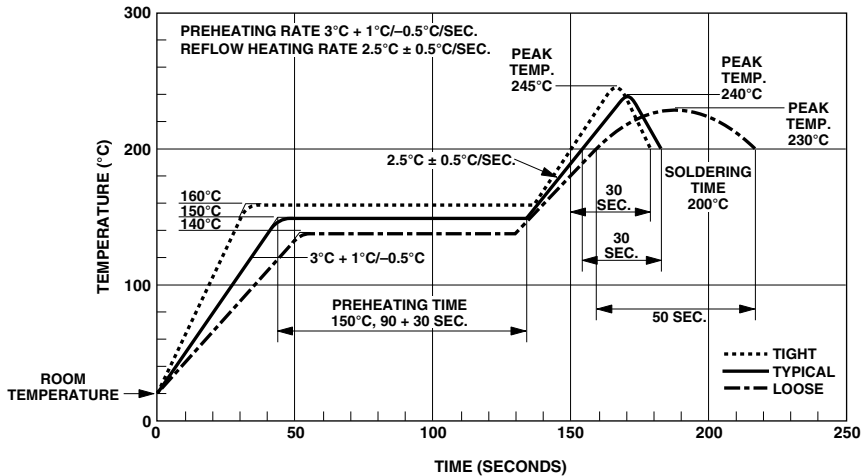


ALL LEADS TO BE COPLANAR ± (0.002 INCHES) 0.05 mm.

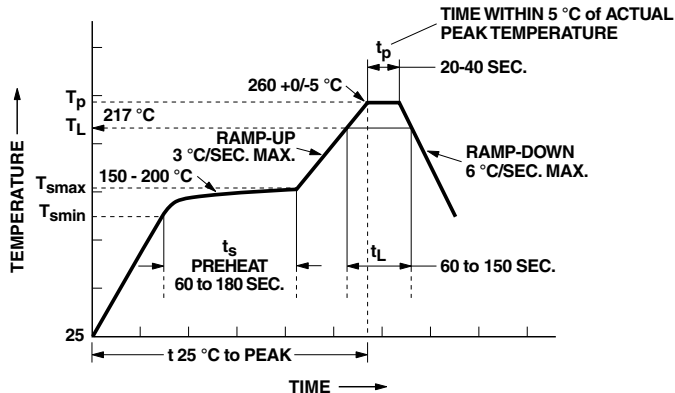
DIMENSIONS IN (INCHES) AND MILLIMETERS.

NOTE: FLOATING LEAD PROTRUSION IS 0.25 mm (10 mils) MAX.

Solder Reflow Thermal Profile



Recommended Pb-Free IR Profile



NOTES:
THE TIME FROM 25 °C to PEAK TEMPERATURE = 8 MINUTES MAX.
T_{smax} = 200 °C, T_{smin} = 150 °C

Regulatory Information

The HCPL-3150 and HCPL-315J have been approved by the following organizations:

UL

Recognized under UL 1577,
Component Recognition
Program, File E55361.

CSA

Approved under CSA Component
Acceptance Notice #5, File CA
88324.

IEC/EN/DIN EN 60747-5-2

Approved under:
IEC 60747-5-2:1997 + A1:2002
EN 60747-5-2:2001 + A1:2002
DIN EN 60747-5-2 (VDE 0884
Teil 2):2003-01.
(Option 060 and HCPL-315J only)

IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Insulation Characteristics

Description	Symbol	HCPL-3150#060	HCPL-315J**	Unit
Installation classification per DIN VDE 0110/1.89, Table 1 for rated mains voltage ≤ 150 Vrms for rated mains voltage ≤ 300 Vrms for rated mains voltage ≤ 600 Vrms		I-IV I-III	I-IV I-III I-II	
Climatic Classification		55/100/21	55/100/21	
Pollution Degree (DIN VDE 0110/1.89)		2	2	
Maximum Working Insulation Voltage	V_{IORM}	630	891	Vpeak
Input to Output Test Voltage, Method b* $V_{IORM} \times 1.875 = V_{PR}$, 100% Production Test with $t_m = 1$ sec, Partial discharge < 5 pC	V_{PR}	1181	1670	Vpeak
Input to Output Test Voltage, Method a* $V_{IORM} \times 1.5 = V_{PR}$, Type and Sample Test, $t_m = 60$ sec, Partial discharge < 5 pC	V_{PR}	945	1336	Vpeak
Highest Allowable Overvoltage* (Transient Overvoltage $t_{ini} = 10$ sec)	V_{IOTM}	6000	6000	Vpeak
Safety-Limiting Values – Maximum Values Allowed in the Event of a Failure, Also See Figure 37, Thermal Derating Curve.				
Case Temperature	T_S	175	175	°C
Input Current	$I_{S, INPUT}$	230	400	mA
Output Power	$P_{S, OUTPUT}$	600	1200	mW
Insulation Resistance at T_S , $V_{IO} = 500$ V	R_S	$\geq 10^9$	$\geq 10^9$	Ω

**Approval Pending.

*Refer to the front of the optocoupler section of the current Catalog, under Product Safety Regulations section IEC/EN/DIN EN 60747-5-2, for a detailed description of Method a and Method b partial discharge test profiles.

Note: Isolation characteristics are guaranteed only within the safety maximum ratings which must be ensured by protective circuits in application.

Insulation and Safety Related Specifications

Parameter	Symbol	HCPL-3150	HCPL-315J	Units	Conditions
Minimum External Air Gap (External Clearance)	L(101)	7.1	8.3	mm	Measured from input terminals to output terminals, shortest distance through air.
Minimum External Tracking (External Creepage)	L(102)	7.4	8.3	mm	Measured from input terminals to output terminals, shortest distance path along body.
Minimum Internal Plastic Gap (Internal Clearance)		0.08	≥ 0.5	mm	Through insulation distance conductor to conductor.
Tracking Resistance (Comparative Tracking Index)	CTI	≥ 175	≥ 175	Volts	DIN IEC 112/VDE 0303 Part 1
Isolation Group		IIIa	IIIa		Material Group (DIN VDE 0110, 1/89, Table 1)

Option 300 - surface mount classification is Class A in accordance with CECC 00802.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Note
Storage Temperature	T_S	-55	125	°C	
Operating Temperature	T_A	-40	100	°C	
Average Input Current	$I_{F(AVG)}$		25	mA	1, 16
Peak Transient Input Current ($< 1 \mu s$ pulse width, 300 pps)	$I_{F(TRAN)}$		1.0	A	
Reverse Input Voltage	V_R		5	Volts	
“High” Peak Output Current	$I_{OH(PEAK)}$		0.6	A	2, 16
“Low” Peak Output Current	$I_{OL(PEAK)}$		0.6	A	2, 16
Supply Voltage	$(V_{CC} - V_{EE})$	0	35	Volts	
Output Voltage	$V_{O(PEAK)}$	0	V_{CC}	Volts	
Output Power Dissipation	P_O		250	mW	3, 16
Total Power Dissipation	P_T		295	mW	4, 16
Lead Solder Temperature	260°C for 10 sec., 1.6 mm below seating plane				
Solder Reflow Temperature Profile	See Package Outline Drawings Section				

Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units
Power Supply Voltage	$(V_{CC} - V_{EE})$	15	30	Volts
Input Current (ON)	$I_{F(ON)}$	7	16	mA
Input Voltage (OFF)	$V_{F(OFF)}$	-3.0	0.8	V
Operating Temperature	T_A	-40	100	°C

Electrical Specifications (DC)

Over recommended operating conditions ($T_A = -40$ to 100°C , $I_{F(ON)} = 7$ to 16 mA, $V_{F(OFF)} = -3.0$ to 0.8 V, $V_{CC} = 15$ to 30 V, $V_{EE} = \text{Ground}$, each channel) unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.*	Max.	Units	Test Conditions		Fig.	Note
High Level Output Current	I _{OH}	0.1	0.4		A	V _O = (V _{CC} - 4 V)		2, 3,	5
		0.5				V _O = (V _{CC} - 15 V)		17	2
Low Level Output Current	I _{OL}	0.1	0.6		A	V _O = (V _{EE} + 2.5 V)		5, 6,	5
		0.5				V _O = (V _{EE} + 15 V)		18	2
High Level Output Voltage	V _{OH}	(V _{CC} - 4)	(V _{CC} - 3)		V	I _O = -100 mA		1, 3, 19	6, 7
Low Level Output Voltage	V _{OL}		0.4	1.0	V	I _O = 100 mA		4, 6, 20	
High Level Supply Current	I _{CCH}		2.5	5.0	mA	Output Open, I _F = 7 to 16 mA		7, 8	16
Low Level Supply Current	I _{CCL}		2.7	5.0	mA	Output Open, V _F = -3.0 to +0.8 V			
Threshold Input Current Low to High	I _{FLH}		2.2	5.0	mA	HCPL-3150	I _O = 0 mA, V _O > 5 V	9, 15, 21	
			2.6	6.4		HCPL-315J			
Threshold Input Voltage High to Low	V _{FHL}	0.8			V				
Input Forward Voltage	V _F	1.2	1.5	1.8	V	HCPL-3150	I _F = 10 mA	16	
			1.6	1.95		HCPL-315J			
Temperature Coefficient of Forward Voltage	ΔV _F /ΔT _A		-1.6		mV/°C	I _F = 10 mA			
Input Reverse Breakdown Voltage	BV _R	5			V	HCPL-3150	I _R = 10 μA		
		3				HCPL-315J	I _R = 10 μA		
Input Capacitance	C _{IN}		70		pF	f = 1 MHz, V _F = 0 V			
UVLO Threshold	V _{UVLO+}	11.0	12.3	13.5	V	V _O > 5 V,		22, 36	
	V _{UVLO-}	9.5	10.7	12.0		I _F = 10 mA			
UVLO Hysteresis	UVLO _{HYS}		1.6		V				

*All typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_{CC} - V_{EE} = 30 \text{ V}$, unless otherwise noted.

Switching Specifications (AC)

Over recommended operating conditions ($T_A = -40$ to 100°C , $I_{F(ON)} = 7$ to 16 mA, $V_{F(OFF)} = -3.0$ to 0.8 V, $V_{CC} = 15$ to 30 V, $V_{EE} = \text{Ground}$, each channel) unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Min.	Typ.*	Max.	Units	Test Conditions	Fig.	Note
Propagation Delay Time to High Output Level	t_{PLH}	0.10	0.30	0.50	μs	$R_g = 47\ \Omega$, $C_g = 3\ \text{nF}$, $f = 10\ \text{kHz}$, Duty Cycle = 50%	10, 11, 12, 13, 14, 23	14
Propagation Delay Time to Low Output Level	t_{PHL}	0.10	0.3	0.50	μs			
Pulse Width Distortion	PWD			0.3	μs			15
Propagation Delay Difference Between Any Two Parts or Channels	PDD ($t_{PHL} - t_{PLH}$)	-0.35		0.35	μs		34,35	10
Rise Time	t_r		0.1		μs		23	
Fall Time	t_f		0.1		μs			
UVLO Turn On Delay	$t_{UVLO\ ON}$		0.8		μs	$V_O > 5\ \text{V}$, $I_F = 10\ \text{mA}$	22	
UVLO Turn Off Delay	$t_{UVLO\ OFF}$		0.6		μs	$V_O < 5\ \text{V}$, $I_F = 10\ \text{mA}$		
Output High Level Common Mode Transient Immunity	$ CM_H $	15	30		kV/ μs	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $I_F = 10$ to $16\ \text{mA}$, $V_{CM} = 1500\ \text{V}$, $V_{CC} = 30\ \text{V}$	24	11, 12
Output Low Level Common Mode Transient Immunity	$ CM_L $	15	30		kV/ μs	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CM} = 1500\ \text{V}$, $V_F = 0\ \text{V}$, $V_{CC} = 30\ \text{V}$		11, 13

Package Characteristics (each channel, unless otherwise specified)

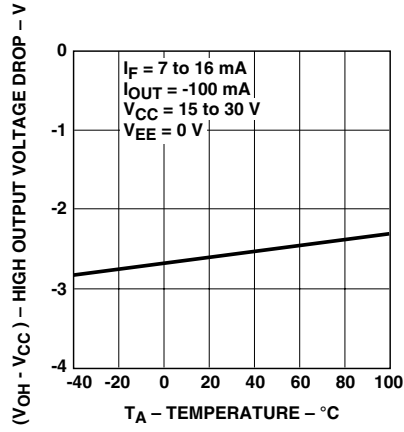
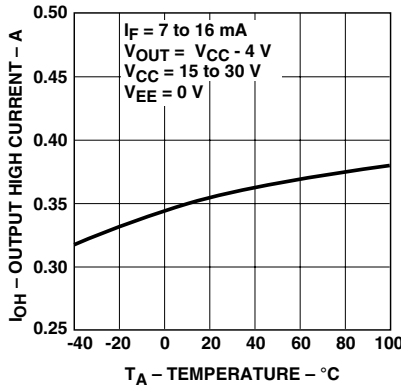
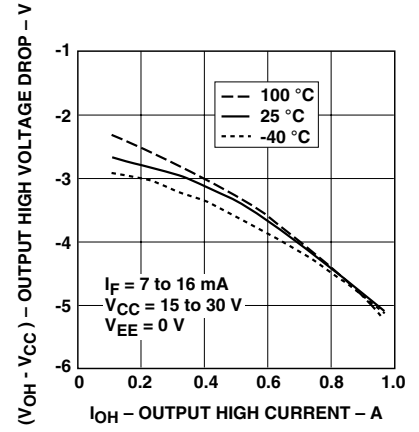
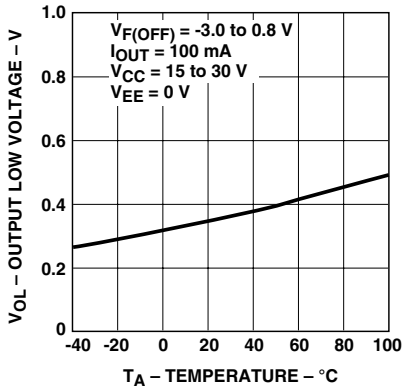
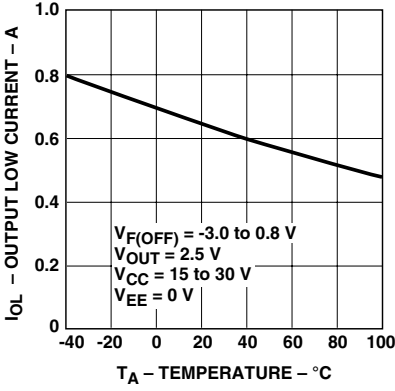
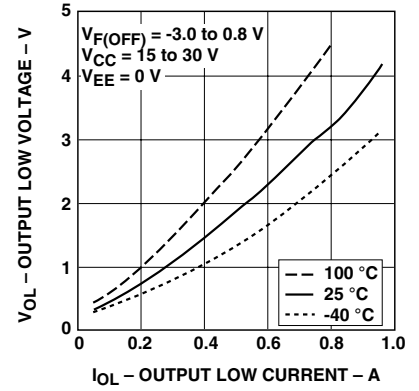
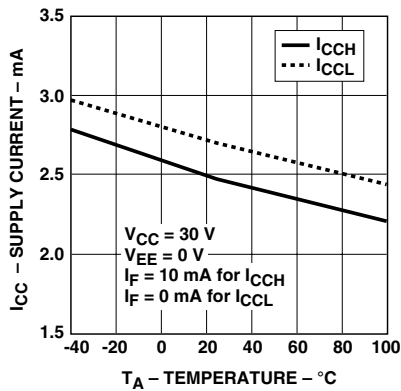
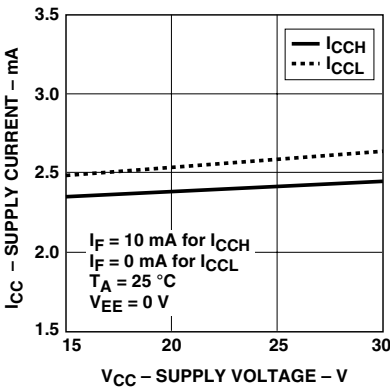
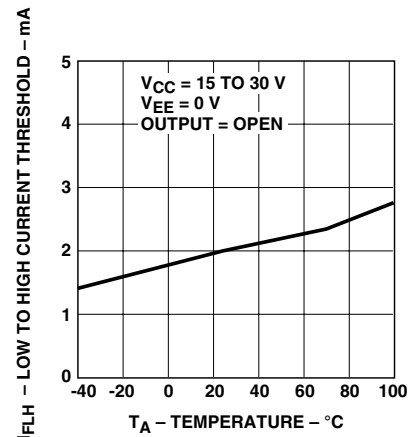
Parameter	Symbol	Device	Min.	Typ.*	Max.	Units	Test Conditions	Fig.	Note
Input-Output Momentary Withstand Voltage**	V_{ISO}	HCPL-3150	3750			Vrms	RH < 50%, t = 1 min., T _A = 25°C		8, 9
		HCPL-315J	3750						
Output-Output Momentary Withstand Voltage**	V_{O-O}	HCPL-315J	1500			Vrms	RH < 50% t = 1 min., T _A = 25°C		17
Resistance (Input - Output)	R_{I-O}			10 ¹²		Ω	V _{I-O} = 500 V _{DC}		9
Capacitance (Input - Output)	C_{I-O}	HCPL-3150		0.6		pF	f = 1 MHz		
		HCPL-315J		1.3					
LED-to-Case Thermal Resistance	θ_{LC}	HCPL-3150		391		°C/W	Thermocouple located at center underside of package	28	18
LED-to-Detector Thermal Resistance	θ_{LD}	HCPL-3150		439		°C/W			
Detector-to-Case Thermal Resistance	θ_{DC}	HCPL-3150		119		°C/W			

*All typical values at T_A = 25°C and V_{CC} - V_{EE} = 30 V, unless otherwise noted.

**The Input-Output/Output-Output Momentary Withstand Voltage is a dielectric voltage rating that should not be interpreted as an input-output/output-output continuous voltage rating. For the continuous voltage rating refer to your equipment level safety specification or Agilent Application Note 1074 entitled "Optocoupler Input-Output Endurance Voltage."

Notes:

- Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 0.3 mA/°C.
- Maximum pulse width = 10 μs, maximum duty cycle = 0.2%. This value is intended to allow for component tolerances for designs with I_O peak minimum = 0.5 A. See Applications section for additional details on limiting I_{OH} peak.
- Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 4.8 mW/°C.
- Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 5.4 mW/°C. The maximum LED junction temperature should not exceed 125°C.
- Maximum pulse width = 50 μs, maximum duty cycle = 0.5%.
- In this test V_{OH} is measured with a dc load current. When driving capacitive loads V_{OH} will approach V_{CC} as I_{OH} approaches zero amps.
- Maximum pulse width = 1 ms, maximum duty cycle = 20%.
- In accordance with UL1577, each HCPL-3150 optocoupler is proof tested by applying an insulation test voltage ≥ 4500 Vrms (≥ 5000 Vrms for the HCPL-315J) for 1 second (leakage detection current limit, I_{I-O} ≤ 5 μA). This test is performed before the 100% production test for partial discharge (method b) shown in the IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Insulation Characteristics Table, if applicable.
- Device considered a two-terminal device: pins on input side shorted together and pins on output side shorted together.
- The difference between t_{PHL} and t_{PLH} between any two parts or channels under the same test condition.
- Pins 1 and 4 (HCPL-3150) and pins 3 and 4 (HCPL-315J) need to be connected to LED common.
- Common mode transient immunity in the high state is the maximum tolerable |dV_{CM}/dt| of the common mode pulse, V_{CM}, to assure that the output will remain in the high state (i.e., V_O > 15.0 V).
- Common mode transient immunity in a low state is the maximum tolerable |dV_{CM}/dt| of the common mode pulse, V_{CM}, to assure that the output will remain in a low state (i.e., V_O < 1.0 V).
- This load condition approximates the gate load of a 1200 V/25 A IGBT.
- Pulse Width Distortion (PWD) is defined as |t_{PHL} - t_{PLH}| for any given device.
- Each channel.
- Device considered a two terminal device: Channel one output side pins shorted together, and channel two output side pins shorted together.
- See the thermal model for the HCPL-315J in the application section of this data sheet.

Figure 1. V_{OH} vs. Temperature.Figure 2. I_{OH} vs. Temperature.Figure 3. V_{OH} vs. I_{OH} .Figure 4. V_{OL} vs. Temperature.Figure 5. I_{OL} vs. Temperature.Figure 6. V_{OL} vs. I_{OL} .Figure 7. I_{CC} vs. Temperature.Figure 8. I_{CC} vs. V_{CC} .Figure 9. I_{FLH} vs. Temperature.

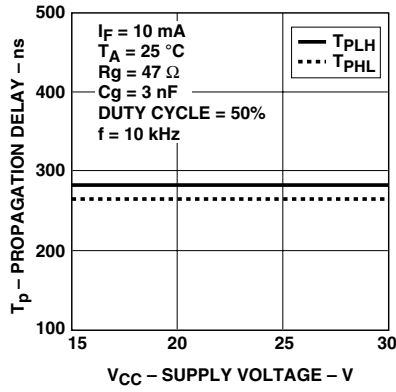
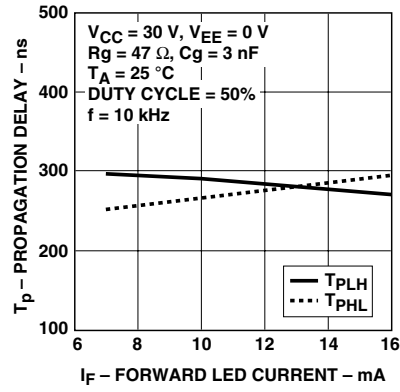
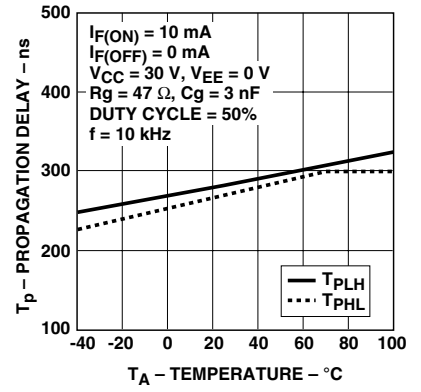
Figure 10. Propagation Delay vs. V_{CC} .Figure 11. Propagation Delay vs. I_F .

Figure 12. Propagation Delay vs. Temperature.

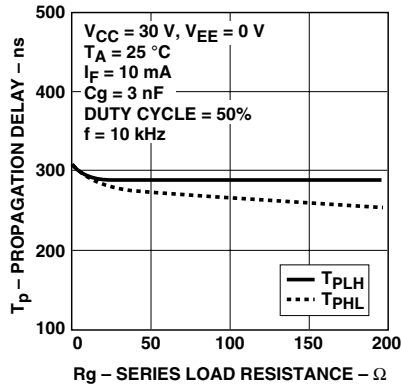
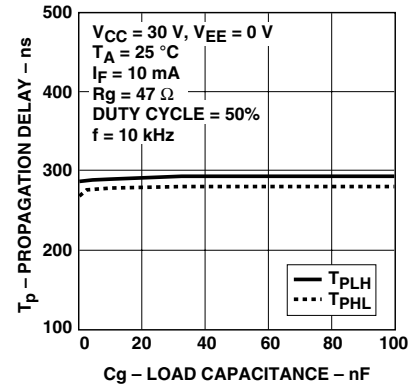
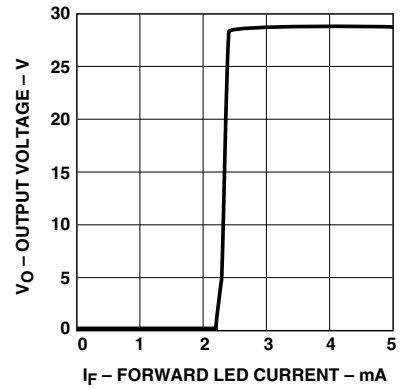
Figure 13. Propagation Delay vs. R_g .Figure 14. Propagation Delay vs. C_g .

Figure 15. Transfer Characteristics.

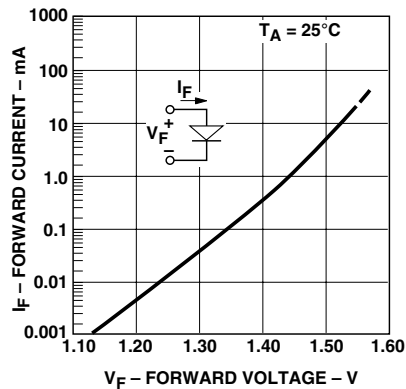


Figure 16. Input Current vs. Forward Voltage.

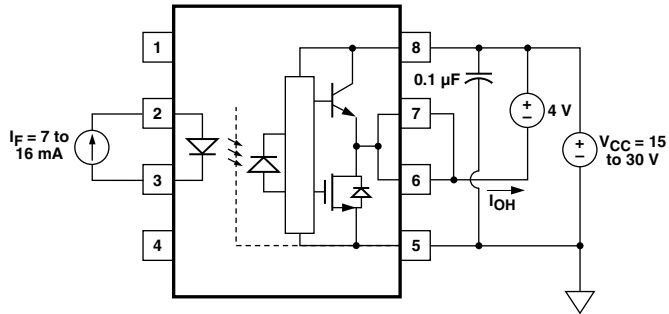
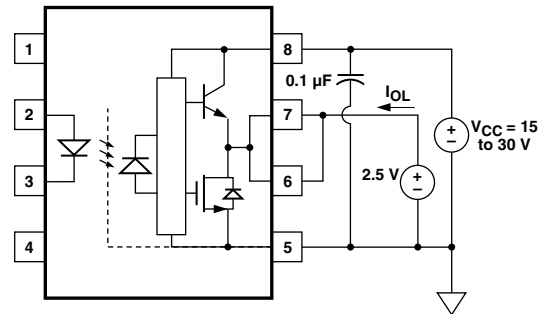
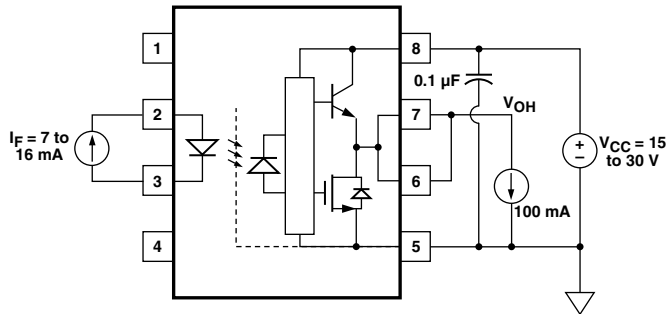
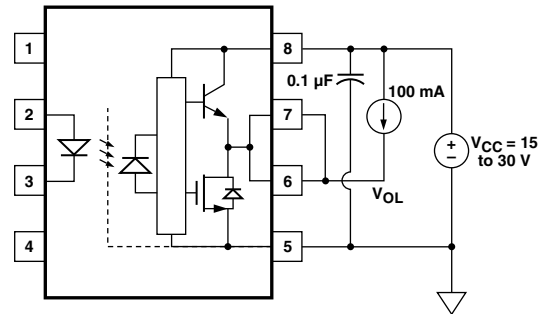
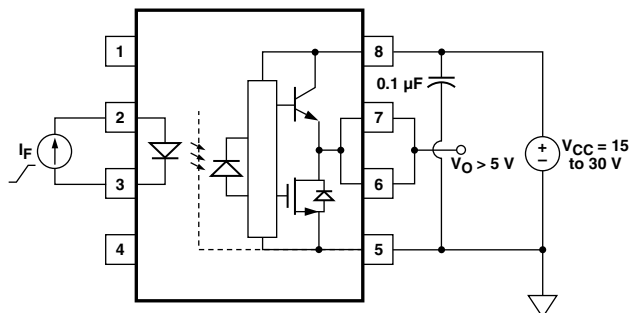
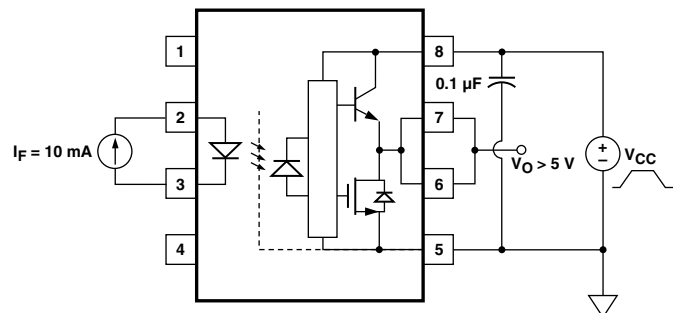
Figure 17. I_{OH} Test Circuit.Figure 18. I_{OL} Test Circuit.Figure 19. V_{OH} Test Circuit.Figure 20. V_{OL} Test Circuit.Figure 21. I_{FLH} Test Circuit.

Figure 22. UVLO Test Circuit.

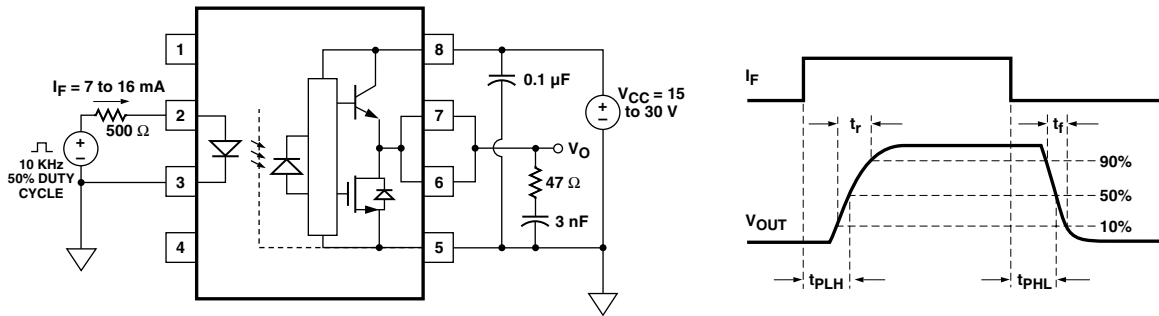


Figure 23. t_{PLH} , t_{PHL} , t_r , and t_f Test Circuit and Waveforms.

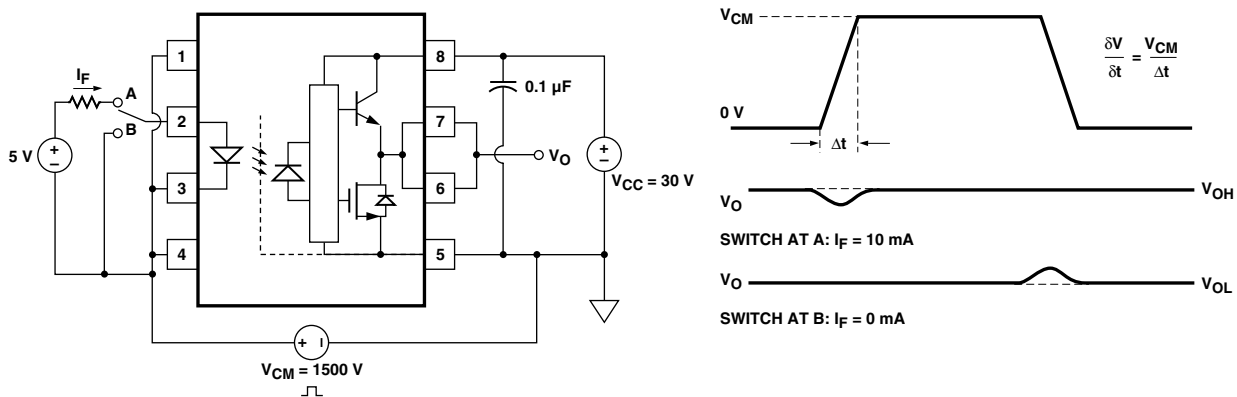


Figure 24. CMR Test Circuit and Waveforms.

Applications Information

Eliminating Negative IGBT Gate Drive

To keep the IGBT firmly off, the HCPL-3150/315J has a very low maximum V_{OL} specification of 1.0 V. The HCPL-3150/315J realizes this very low V_{OL} by using a DMOS transistor with 4 Ω (typical) on resistance in its pull down circuit. When the HCPL-3150/315J is in the low state, the IGBT gate is shorted to

the emitter by $R_g + 4 \Omega$. Minimizing R_g and the lead inductance from the HCPL-3150/315J to the IGBT gate and emitter (possibly by mounting the HCPL-3150/315J on a small PC board directly above the IGBT) can eliminate the need for negative IGBT gate drive in many applications as shown in Figure 25. Care should be taken with such a PC board design to avoid routing the IGBT collector or

emitter traces close to the HCPL-3150/315J input as this can result in unwanted coupling of transient signals into the HCPL-3150/315J and degrade performance. (If the IGBT drain must be routed near the HCPL-3150/315J input, then the LED should be reverse-biased when in the off state, to prevent the transient signals coupled from the IGBT drain from turning on the HCPL-3150/315J.)

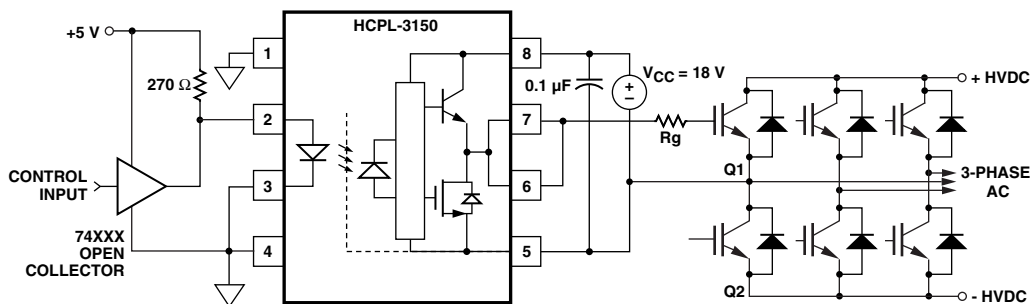


Figure 25a. Recommended LED Drive and Application Circuit.

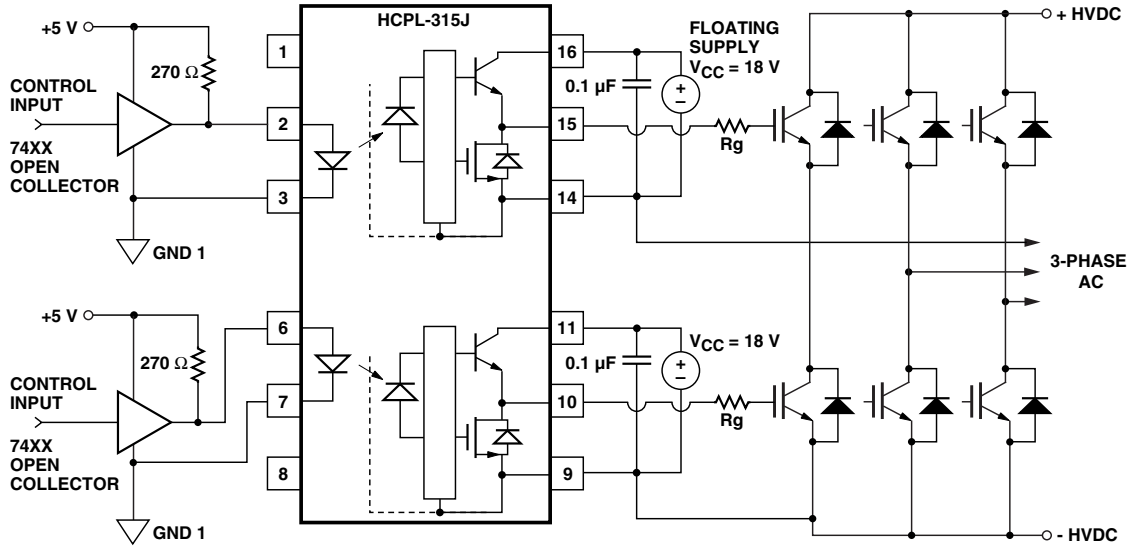


Figure 25b. Recommended LED Drive and Application Circuit (HCPL-315J).

Selecting the Gate Resistor (R_g) to Minimize IGBT Switching Losses.

Step 1: Calculate R_g Minimum From the I_{OL} Peak Specification. The IGBT and R_g in Figure 26 can be analyzed as a simple RC circuit with a voltage supplied by the HCPL-3150/315J.

$$\begin{aligned} R_g &\geq \frac{(V_{CC} - V_{EE} - V_{OL})}{I_{OLPEAK}} \\ &= \frac{(V_{CC} - V_{EE} - 1.7 V)}{I_{OLPEAK}} \\ &= \frac{(15 V + 5 V - 1.7 V)}{0.6 A} \\ &= 30.5 \Omega \end{aligned}$$

The V_{OL} value of 2 V in the previous equation is a conservative value of V_{OL} at the peak current of 0.6 A (see Figure 6). At lower R_g values the voltage supplied by the HCPL-3150/315J is not an ideal voltage step. This results in lower peak currents (more margin) than predicted by this analysis. When negative gate drive is not used V_{EE} in the previous equation is equal to zero volts.

Step 2: Check the HCPL-3150/315J Power Dissipation and Increase R_g if Necessary. The HCPL-3150/315J total power dissipation (P_T) is equal to the

sum of the emitter power (P_E) and the output power (P_O):

$$\begin{aligned} P_T &= P_E + P_O \\ P_E &= I_F \cdot V_F \cdot \text{Duty Cycle} \\ P_O &= P_{O(BIAS)} + P_{O(SWITCHING)} \\ &= I_{CC} \cdot (V_{CC} - V_{EE}) \\ &\quad + E_{SW}(R_G, Q_G) \cdot f \end{aligned}$$

For the circuit in Figure 26 with I_F (worst case) = 16 mA, R_g = 30.5 Ω , Max Duty Cycle = 80%, Q_g = 500 nC, f = 20 kHz and T_A max = 90°C:

$$P_E = 16 \text{ mA} \cdot 1.8 \text{ V} \cdot 0.8 = 23 \text{ mW}$$

$$\begin{aligned} P_O &= 4.25 \text{ mA} \cdot 20 \text{ V} \\ &\quad + 4.0 \mu\text{J} \cdot 20 \text{ kHz} \\ &= 85 \text{ mW} + 80 \text{ mW} \\ &= 165 \text{ mW} \\ &> 154 \text{ mW } (P_{O(MAX)} @ 90^\circ\text{C}) \\ &= 250 \text{ mW} - 20^\circ\text{C} \cdot 4.8 \text{ mW/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

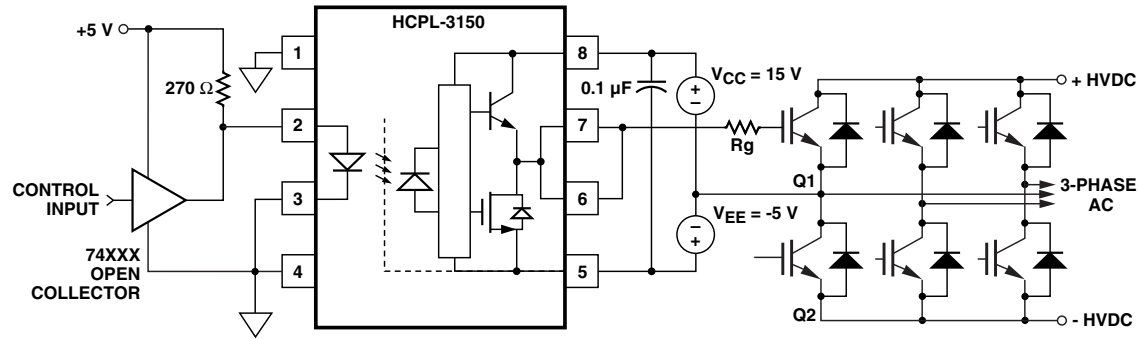


Figure 26a. HCPL-3150 Typical Application Circuit with Negative IGBT Gate Drive.

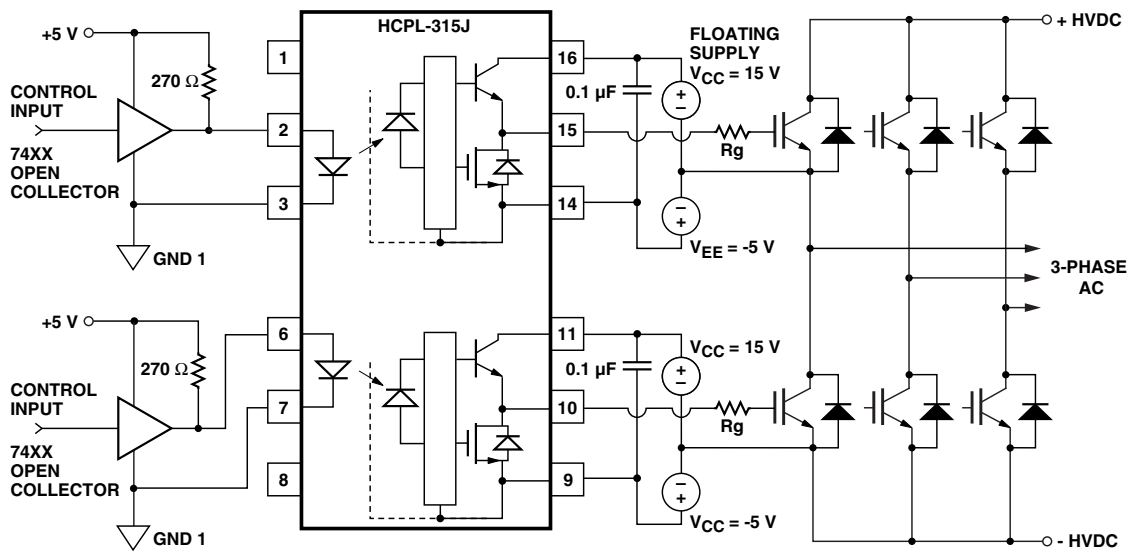


Figure 26b. HCPL-315J Typical Application Circuit with Negative IGBT Gate Drive.

P_E Parameter	Description
I_F	LED Current
V_F	LED On Voltage
Duty Cycle	Maximum LED Duty Cycle

P_O Parameter	Description
I_{CC}	Supply Current
V_{CC}	Positive Supply Voltage
V_{EE}	Negative Supply Voltage
$E_{SW}(R_g, Q_g)$	Energy Dissipated in the HCPL-3150/315J for each IGBT Switching Cycle (See Figure 27)
f	Switching Frequency

The value of 4.25 mA for I_{CC} in the previous equation was obtained by derating the I_{CC} max of 5 mA (which occurs at -40°C) to I_{CC} max at 90°C (see Figure 7).

Since P_O for this case is greater than $P_{O(MAX)}$, R_g must be increased to reduce the HCPL-3150 power dissipation.

$$\begin{aligned} P_{O(SWITCHING\ MAX)} &= P_{O(MAX)} - P_{O(BIAS)} \\ &= 154\ mW - 85\ mW \\ &= 69\ mW \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{SW(MAX)} &= \frac{P_{O(SWITCHING\ MAX)}}{f} \\ &= \frac{69\ mW}{20\ kHz} = 3.45\ \mu J \end{aligned}$$

For $Q_g = 500\ nC$, from Figure 27, a value of $E_{SW} = 3.45\ \mu J$ gives a $R_g = 41\ \Omega$.

Thermal Model (HCPL-3150)

The steady state thermal model for the HCPL-3150 is shown in Figure 28a. The thermal resistance values given in this model can be used to calculate the temperatures at each node for a given operating condition. As shown by the model, all heat generated flows through θ_{CA} which raises the case temperature T_C accordingly. The value of θ_{CA} depends on the conditions of the

board design and is, therefore, determined by the designer. The value of $\theta_{CA} = 83^{\circ}\text{C/W}$ was obtained from thermal measurements using a 2.5 x 2.5 inch PC board, with small traces (no ground plane), a single HCPL-3150 soldered into the center of the board and still air. The absolute maximum power dissipation derating specifications assume a θ_{CA} value of 83°C/W .

From the thermal mode in Figure 28a the LED and detector IC junction temperatures can be expressed as:

$$T_{JE} = P_E \cdot (\theta_{LC} || (\theta_{LD} + \theta_{DC}) + \theta_{CA}) + P_D \cdot \left(\frac{\theta_{LC} \cdot \theta_{DC}}{\theta_{LC} + \theta_{DC} + \theta_{LD}} + \theta_{CA} \right) + T_A$$

$$\begin{aligned} T_{JD} &= P_E \cdot \left(\frac{\theta_{LC} \cdot \theta_{DC}}{\theta_{LC} + \theta_{DC} + \theta_{LD}} + \theta_{CA} \right) \\ &+ P_D \cdot (\theta_{DC} || (\theta_{LD} + \theta_{LC}) + \theta_{CA}) + T_A \end{aligned}$$

Inserting the values for θ_{LC} and θ_{DC} shown in Figure 28 gives:

$$\begin{aligned} T_{JE} &= P_E \cdot (230^{\circ}\text{C/W} + \theta_{CA}) + P_D \cdot (49^{\circ}\text{C/W} + \theta_{CA}) + T_A \\ T_{JD} &= P_E \cdot (49^{\circ}\text{C/W} + \theta_{CA}) + P_D \cdot (104^{\circ}\text{C/W} + \theta_{CA}) + T_A \end{aligned}$$

For example, given $P_E = 45\ mW$, $P_O = 250\ mW$, $T_A = 70^{\circ}\text{C}$ and $\theta_{CA} = 83^{\circ}\text{C/W}$:

$$\begin{aligned} T_{JE} &= P_E \cdot 313^{\circ}\text{C/W} + P_D \cdot 132^{\circ}\text{C/W} + T_A \\ &= 45\ mW \cdot 313^{\circ}\text{C/W} + 250\ mW \cdot 132^{\circ}\text{C/W} + 70^{\circ}\text{C} = 117^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{JD} &= P_E \cdot 132^{\circ}\text{C/W} + P_D \cdot 187^{\circ}\text{C/W} + T_A \\ &= 45\ mW \cdot 132^{\circ}\text{C/W} + 250\ mW \cdot 187^{\circ}\text{C/W} + 70^{\circ}\text{C} = 123^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

T_{JE} and T_{JD} should be limited to 125°C based on the board layout and part placement (θ_{CA}) specific to the application.

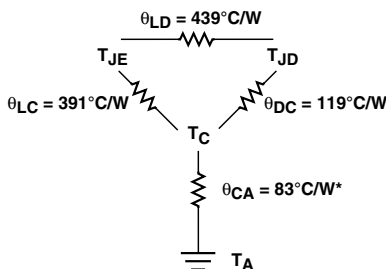


Figure 28a. Thermal Model.

T_{JE} = LED junction temperature
 T_{JD} = detector IC junction temperature
 T_C = case temperature measured at the center of the package bottom
 θ_{LC} = LED-to-case thermal resistance
 θ_{LD} = LED-to-detector thermal resistance
 θ_{DC} = detector-to-case thermal resistance
 θ_{CA} = case-to-ambient thermal resistance
 $*\theta_{CA}$ will depend on the board design and the placement of the part.

Thermal Model Dual-Channel (SOIC-16) HCPL-315J Optoisolator

Definitions

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8, \theta_9, \theta_{10}$: Thermal impedances between nodes as shown in Figure 28b. Ambient Temperature: Measured approximately 1.25 cm above the optocoupler with no forced air.

Description

This thermal model assumes that a 16-pin dual-channel (SOIC-16) optocoupler is soldered into an 8.5 cm x 8.1 cm printed circuit board (PCB). These optocouplers are hybrid devices with four die: two LEDs and two detectors. The temperature at the LED and the detector of the optocoupler can be calculated by using the equations below.

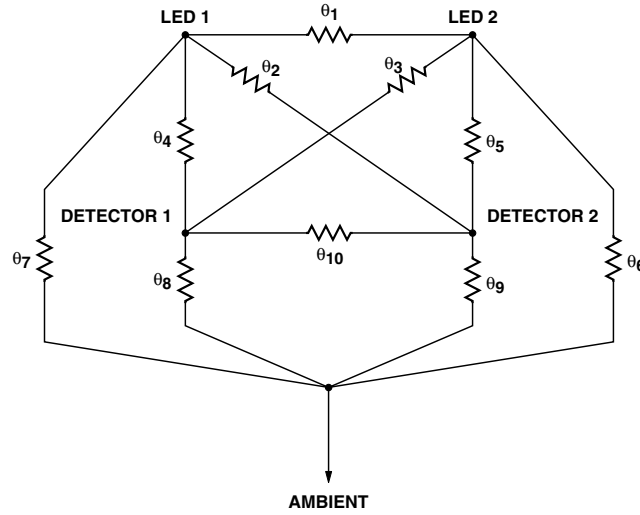


Figure 28b. Thermal Impedance Model for HCPL-315J.

$$\Delta T_{E1A} = A_{11}P_{E1} + A_{12}P_{E2} + A_{13}P_{D1} + A_{14}P_{D2}$$

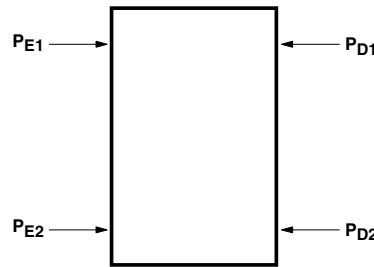
$$\Delta T_{E2A} = A_{21}P_{E1} + A_{22}P_{E2} + A_{23}P_{D1} + A_{24}P_{D2}$$

$$\Delta T_{D1A} = A_{31}P_{E1} + A_{32}P_{E2} + A_{33}P_{D1} + A_{34}P_{D2}$$

$$\Delta T_{D2A} = A_{41}P_{E1} + A_{42}P_{E2} + A_{43}P_{D1} + A_{44}P_{D2}$$

where:

- ΔT_{E1A} = Temperature difference between ambient and LED 1
- ΔT_{E2A} = Temperature difference between ambient and LED 2
- ΔT_{D1A} = Temperature difference between ambient and detector 1
- ΔT_{D2A} = Temperature difference between ambient and detector 2
- P_{E1} = Power dissipation from LED 1;
- P_{E2} = Power dissipation from LED 2;
- P_{D1} = Power dissipation from detector 1;
- P_{D2} = Power dissipation from detector 2
- A_{xy} thermal coefficient (units in $^{\circ}\text{C}/\text{W}$) is a function of thermal impedances θ_1 through θ_{10} .



Thermal Coefficient Data (units in $^{\circ}\text{C}/\text{W}$)

Part Number	A_{11}, A_{22}	A_{12}, A_{21}	A_{13}, A_{31}	A_{24}, A_{42}	A_{14}, A_{41}	A_{23}, A_{32}	A_{33}, A_{44}	A_{34}, A_{43}
HCPL-315J	198	64	62	64	83	90	137	69

Note: Maximum junction temperature for above part: 125°C .

LED Drive Circuit Considerations for Ultra High CMR Performance

Without a detector shield, the dominant cause of optocoupler CMR failure is capacitive coupling from the input side of the optocoupler, through the package, to the detector IC as shown in Figure 29. The HCPL-3150/315J improves CMR performance by using a detector IC with an optically transparent Faraday shield, which diverts the capacitively coupled current away from the sensitive IC circuitry. However, this shield does not eliminate the capacitive coupling between the LED and optocoupler pins 5-8 as shown in Figure 30. This capacitive coupling causes perturbations in the LED current during common mode transients and becomes the major source of CMR failures for a shielded optocoupler. The main design objective of a high CMR LED drive circuit becomes keeping the LED in the proper state (on or off) during common mode transients. For example, the recommended application circuit (Figure 25), can achieve 15 kV/ μ s CMR while minimizing component complexity.

Techniques to keep the LED in the proper state are discussed in the next two sections.

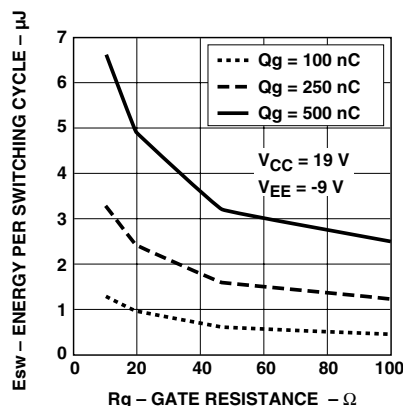


Figure 27. Energy Dissipated in the HCPL-3150 for Each IGBT Switching Cycle.

CMR with the LED On (CMR_H)

A high CMR LED drive circuit must keep the LED on during common mode transients. This is achieved by overdriving the LED current beyond the input threshold so that it is not pulled below the threshold during a transient. A minimum LED current of 10 mA provides adequate margin over the maximum I_{FLH} of 5 mA to achieve 15 kV/ μ s CMR.

CMR with the LED Off (CMR_L)

A high CMR LED drive circuit must keep the LED off ($V_F \leq V_{F(OFF)}$) during common mode transients. For example, during a $-dV_{CM}/dt$ transient in Figure 31, the current flowing through C_{LEDP} also flows through the R_{SAT} and V_{SAT} of the logic gate. As long as the low state voltage developed across the

logic gate is less than $V_{F(OFF)}$, the LED will remain off and no common mode failure will occur.

The open collector drive circuit, shown in Figure 32, cannot keep the LED off during a $+dV_{CM}/dt$ transient, since all the current flowing through C_{LEDN} must be supplied by the LED, and it is not recommended for applications requiring ultra high CMR_L performance. Figure 33 is an alternative drive circuit which, like the recommended application circuit (Figure 25), does achieve ultra high CMR performance by shunting the LED in the off state.

Under Voltage Lockout Feature

The HCPL-3150/315J contains an under voltage lockout (UVLO) feature that is designed to protect the IGBT under fault conditions which cause the HCPL-3150/315J supply voltage (equivalent to the fully-charged IGBT gate voltage) to drop below a level necessary to keep the IGBT in a low resistance state. When the HCPL-3150/315J output is in the high state and the supply voltage drops below the HCPL-3150/315J V_{UVLO} threshold ($9.5 < V_{UVLO} < 12.0$), the optocoupler output will go into the low state with a typical delay, UVLO Turn Off Delay, of 0.6 μ s. When the HCPL-3150/315J output is in the low state and the supply voltage rises above the HCPL-3150/315J V_{UVLO+} threshold ($11.0 < V_{UVLO+} < 13.5$), the optocoupler will go into the

high state (assuming LED is “ON”) with a typical delay, UVLO TURN On Delay, of 0.8 μ s.

IPM Dead Time and Propagation Delay Specifications

The HCPL-3150/315J includes a Propagation Delay Difference (PDD) specification intended to help designers minimize “dead time” in their power inverter designs. Dead time is the time period during which both the high and low side power transistors (Q1 and Q2 in Figure 25) are off. Any overlap in Q1 and Q2 conduction will result in large currents flowing through the power devices from the high- to the low-voltage motor rails.

To minimize dead time in a given design, the turn on of LED2 should be delayed (relative to the turn off of LED1) so that under worst-case conditions, transistor Q1 has just turned off when transistor Q2 turns on, as shown in Figure 34. The amount of delay necessary to achieve this condition is equal to the maximum value of the propagation delay difference specification, PDD_{MAX} , which is specified to be 350 ns over the operating temperature range of -40°C to 100°C.

Delaying the LED signal by the maximum propagation delay difference ensures that the minimum dead time is zero, but it does not tell a designer what the

maximum dead time will be. The maximum dead time is equivalent to the difference between the maximum and minimum propagation delay difference specifications as shown in Figure 35. The maximum dead time for the HCPL-3150/315J is 700 ns ($= 350 \text{ ns} - (-350 \text{ ns})$) over an operating temperature range of -40°C to 100°C.

Note that the propagation delays used to calculate PDD and dead time are taken at equal temperatures and test conditions since the optocouplers under consideration are typically mounted in close proximity to each other and are switching identical IGBTs.

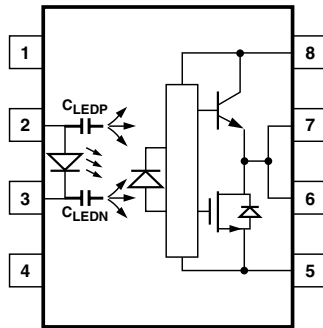


Figure 29. Optocoupler Input to Output Capacitance Model for Unshielded Optocouplers.

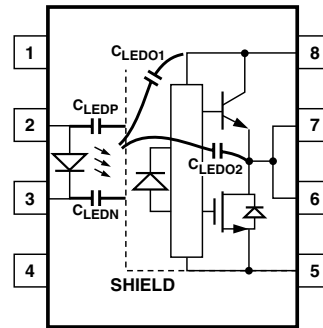


Figure 30. Optocoupler Input to Output Capacitance Model for Shielded Optocouplers.

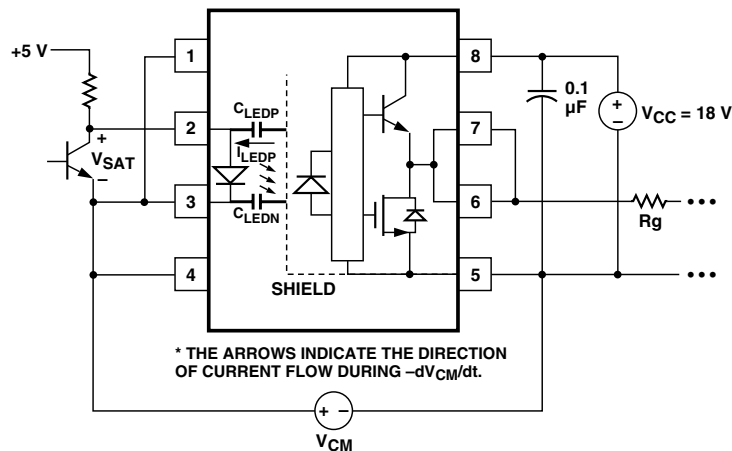


Figure 31. Equivalent Circuit for Figure 25 During Common Mode Transient.

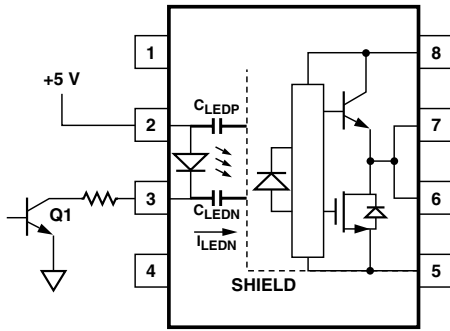


Figure 32. Not Recommended Open Collector Drive Circuit.

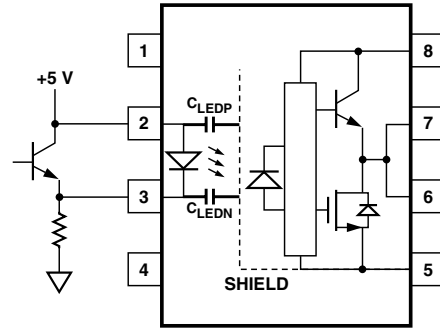
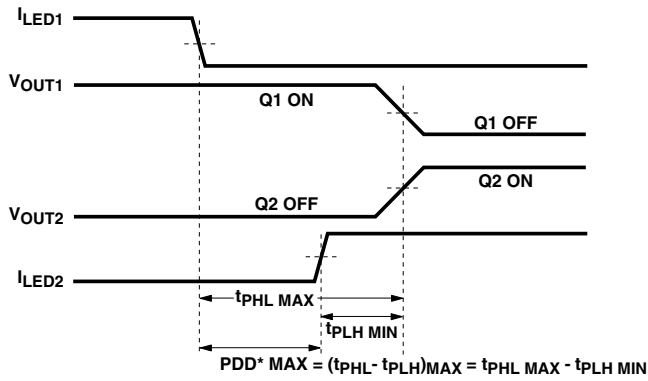
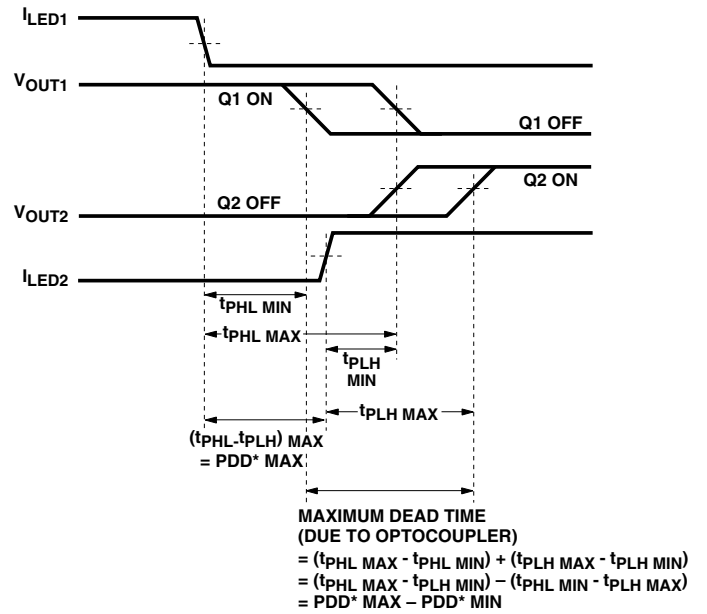


Figure 33. Recommended LED Drive Circuit for Ultra-High CMR.



*PDD = PROPAGATION DELAY DIFFERENCE
NOTE: FOR PDD CALCULATIONS THE PROPAGATION DELAYS ARE TAKEN AT THE SAME TEMPERATURE AND TEST CONDITIONS.

Figure 34. Minimum LED Skew for Zero Dead Time.



*PDD = PROPAGATION DELAY DIFFERENCE
NOTE: FOR DEAD TIME AND PDD CALCULATIONS ALL PROPAGATION DELAYS ARE TAKEN AT THE SAME TEMPERATURE AND TEST CONDITIONS.

Figure 35. Waveforms for Dead Time.

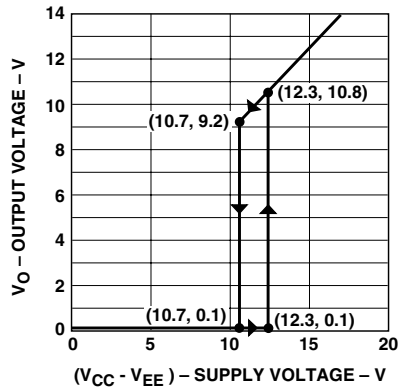


Figure 36. Under Voltage Lock Out.

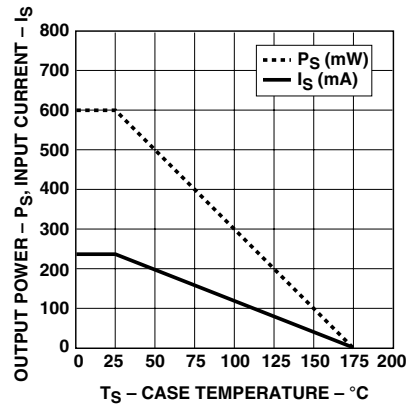


Figure 37a. HCPL-3150: Thermal Derating Curve, Dependence of Safety Limiting Value with Case Temperature per IEC/EN/DIN EN 60747-5-2.

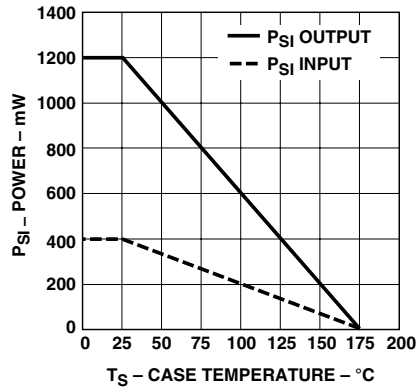


Figure 37b. HCPL-315J: Thermal Derating Curve, Dependence of Safety Limiting Value with Case Temperature per IEC/EN/DIN EN 60747-5-2.

www.agilent.com/semiconductors

For product information and a complete list of distributors, please go to our web site.

For technical assistance call:

Americas/Canada: +1 (800) 235-0312 or (916) 788-6763

Europe: +49 (0) 6441 92460

China: 10800 650 0017

Hong Kong: (+65) 6756 2394

India, Australia, New Zealand: (+65) 6755 1939

Japan: (+81 3) 3335-8152 (Domestic/International), or 0120-61-1280 (Domestic Only)

Korea: (+65) 6755 1989

Singapore, Malaysia, Vietnam, Thailand, Philippines, Indonesia: (+65) 6755 2044

Taiwan: (+65) 6755 1843

Data subject to change.

Copyright © 2005 Agilent Technologies, Inc.

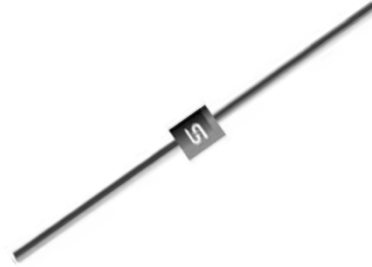
Obsoletes 5989-0783EN

March 1, 2005

5989-2142EN

Features

- ✧ High efficiency, Low VF
- ✧ High current capability
- ✧ High reliability
- ✧ High surge current capability
- ✧ For use in low voltage, high frequency inverter, free wheeling, and polarity protection application
- ✧ Green compound with suffix "G" on packing code & prefix "G" on datecode



Mechanical Data

- ✧ Case: Molded plastic
- ✧ Epoxy: UL 94V-0 rate flame retardant
- ✧ Lead: Pure tin plated, lead free, solderable per MIL-STD-202, Method 208 guaranteed
- ✧ Polarity: Color band denotes cathode
- ✧ Solder dip 260°C max.10s per JESD 22-B106
- ✧ Weight: 1.2 grams

Ordering Information (example)

Part No.	Package	Packing	INNER TAPE	Packing code	Packing code (Green)
HER301	DO-201AD	500 / AMMO box	52mm	A0	A0G

Maximum Ratings and Electrical Characteristics

Rating at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	HER 301	HER 302	HER 303	HER 304	HER 305	HER 306	HER 307	Unit
Maximum Repetitive Peak Reverse Voltage	V _{RRM}	50	100	200	300	400	600	800	V
Maximum RMS Voltage	V _{RMS}	35	70	140	210	280	420	560	V
Maximum DC Blocking Voltage	V _{DC}	50	100	200	300	400	600	800	V
Maximum Average Forward Rectified Current	I _{F(AV)}	3							A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	I _{FSM}	150							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 1) @ 3 A	V _F	1.0				1.3	1.7		V
Maximum Reverse Current @ Rated VR T _A =25 °C 									

Note 1: Pulse Test with PW=300 usec, 1% Duty Cycle

Note 2: Reverse Recovery Test Conditions: IF=0.5A, IR=1.0A, IRR=0.25A

Note 3: Measured at 1 MHz and Applied Reverse Voltage of 4.0V D.C.

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES (HER301 THRU HER307)

FIG.1 MAXIMUM FORWARD CURRENT DERATING CURVE

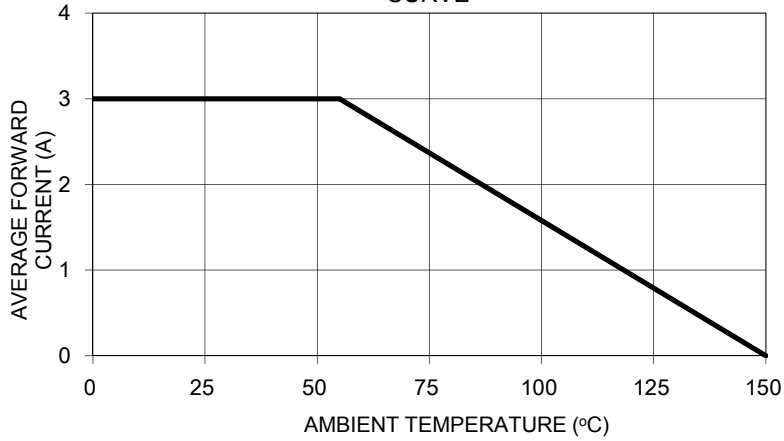


FIG. 2 TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

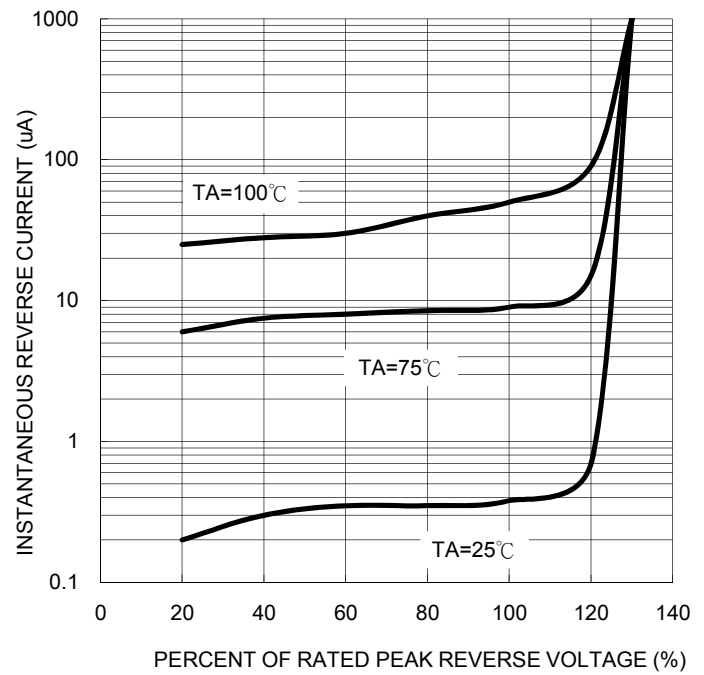


FIG. 3 MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

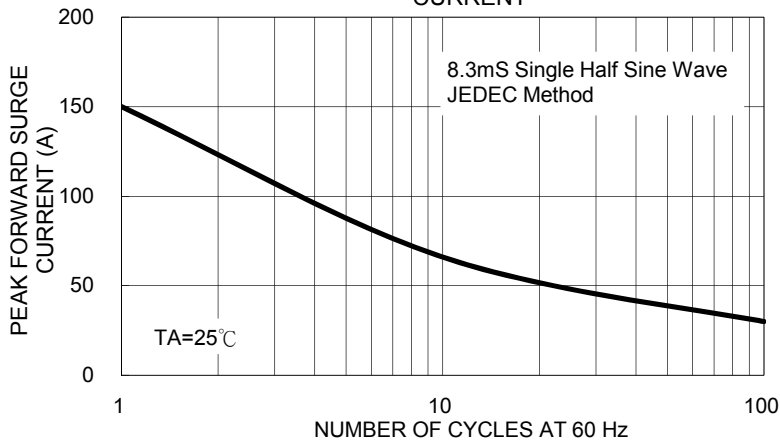


FIG. 5 TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

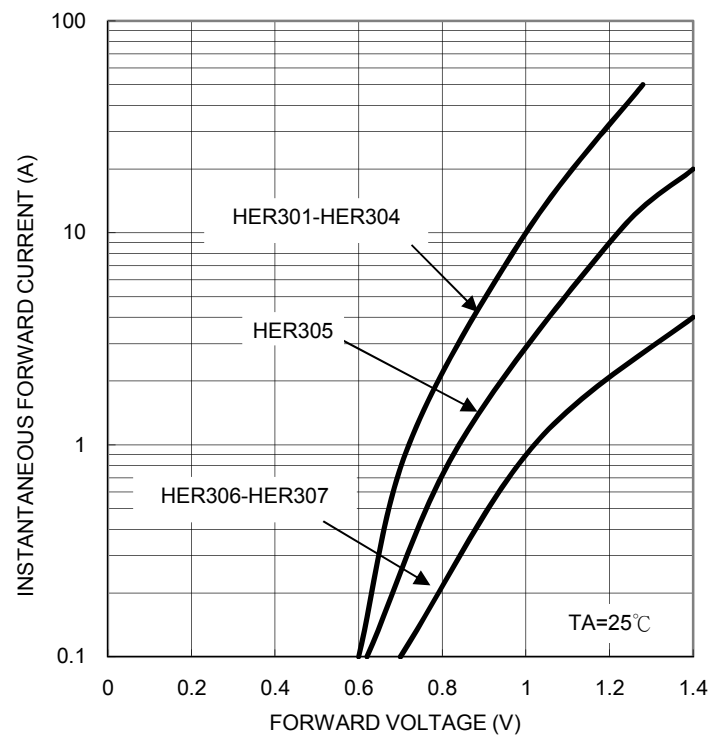


FIG. 4 TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

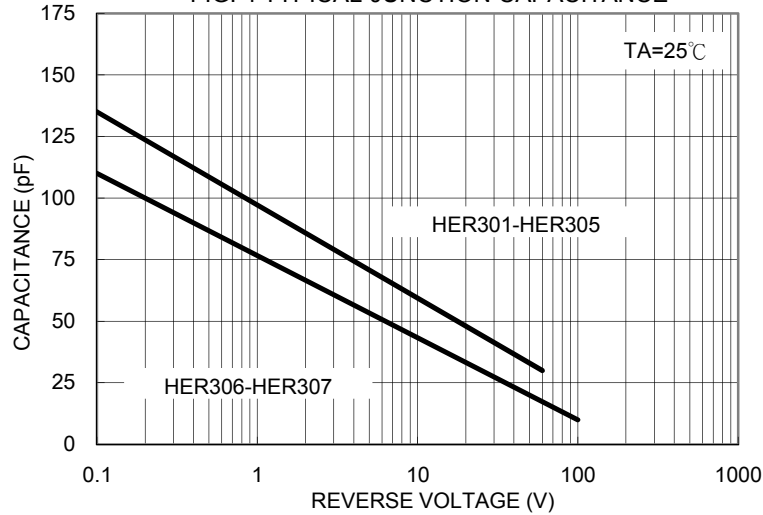
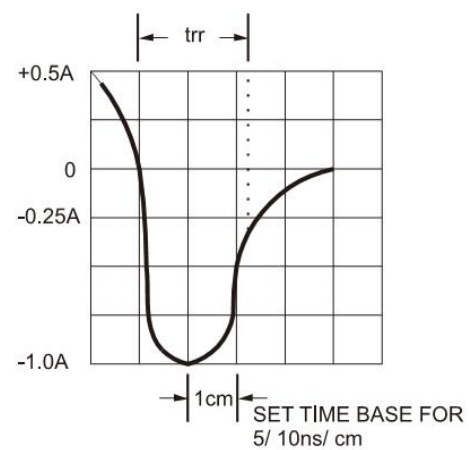
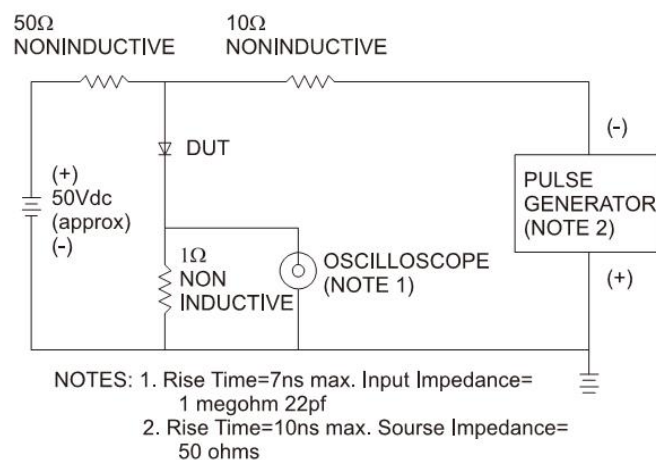


FIG.6- REVERSE RECOVERY TIME CHARACTERISTIC AND TEST CIRCUIT DIAGRAM

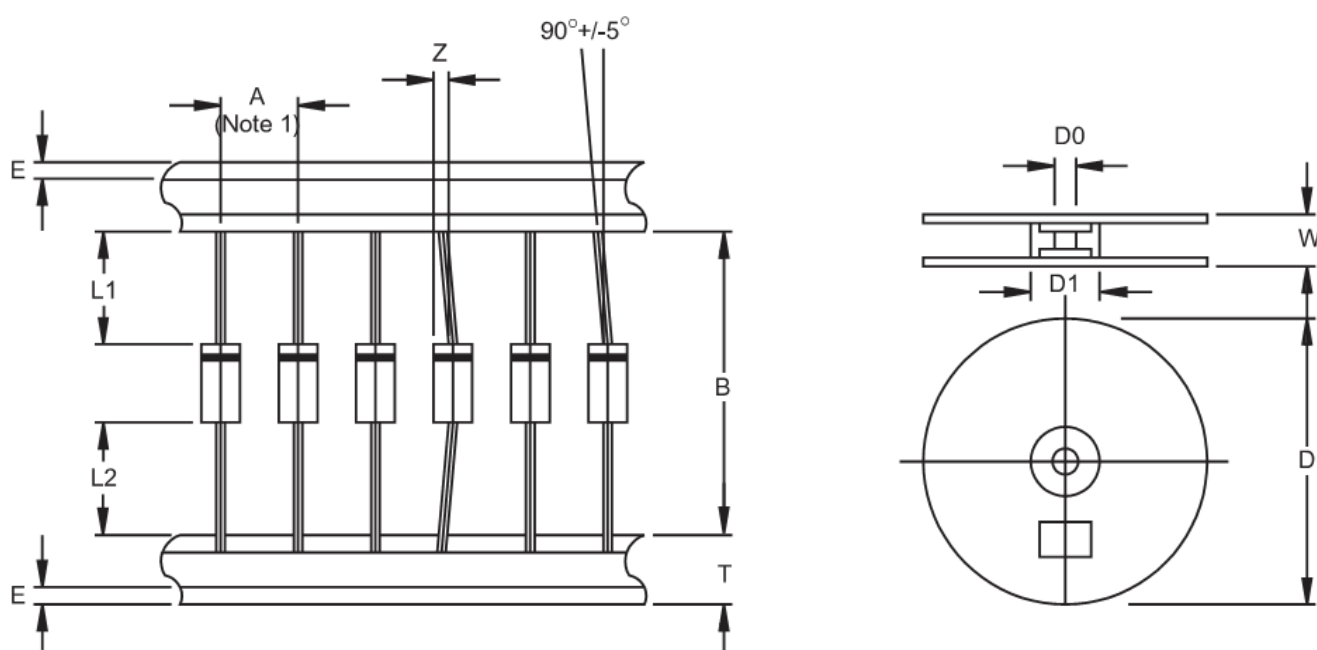


Ordering information

Part No.	Package	Packing	INNER TAPE	Packing code	Packing code (Green)
HER30x (Note)	DO-201AD	500 / AMMO box	52mm	A0	A0G
	DO-201AD	1.25K / 13" Reel	52mm	R0	R0G
	DO-201AD	500 / Bulk packing		B0	B0G
	DO-201AD	Forming		X0	X0G

Note: "x" is Device Code from "1" thru "7".

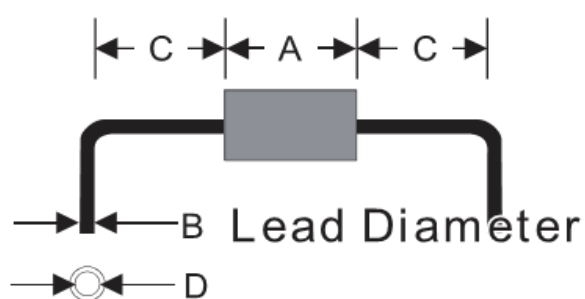
AXIAL LEAD TAPING SPECIFICATIONS



Outline	A	B	Z	T	E	L1-L2	D	D1	D0	W
	±0.5	±1.5	MAX	±0.4	MAX	MAX		±0.3	±0.4	±1.0
DO-201AD	10	52.4	1.2	6	0.8	1	330	85.7	16.6	76

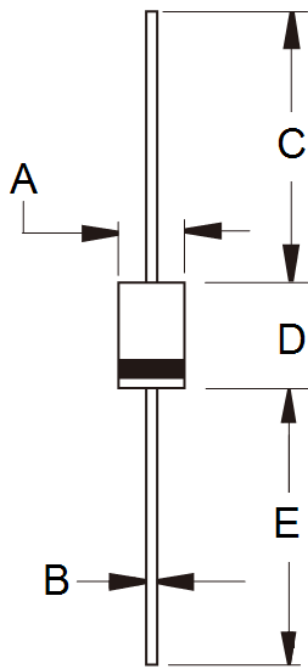
Unit (mm)

Suggested Mounting Hole Rule



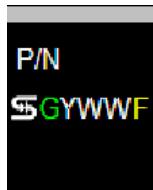
Symbol	Unit(mm)
A	9.0
B	1.2
C	4.0
D	1.6

Dimensions



DIM.	Unit(mm)		Unit(inch)	
	Min	Max	Min	Max
A	5.00	5.60	0.197	0.220
B	1.20	1.30	0.048	0.052
C	25.40	-	1.000	-
D	8.50	9.50	0.335	0.375
E	25.40	-	1.000	-

Marking Diagram



- P/N = Specific Device Code
- G = Green Compound
- YWW = Date Code
- F = Factory Code