

# INA226 36V, 16 bits, ultrapreciso I<sup>2</sup>S Monitor de corriente, voltaje y potencia de salida C con Alerta

## 1 Características

- Detecta tensiones de bus de 0 V a 36 V
- Detección en el lado alto o en el lado bajo
- Informa sobre corriente, voltaje y potencia
- Alta precisión:
  - Error de ganancia: 0,1% (máximo)
  - Desfase: 10  $\mu$ V (máximo)
- Opciones de promediado configurables
- 16 direcciones programables
- Funciona con una fuente de alimentación de 2,7 V a 5,5 V.
- Paquete DGS (VSSOP) de 10 pines

## 2 Aplicaciones

- Servidores en rack
- Infraestructura inalámbrica
- Computación de alto rendimiento
- gestión de energía
- Monitores y equilibradores de celdas de batería
- Fuentes de alimentación
- Equipos de prueba

## 3 Descripción

El INA226 es un shunt de corriente y monitor de potencia con interfaz I<sup>2</sup>C™- o interfaz compatible con SMBUS. El dispositivo monitoriza tanto la caída de tensión en derivación como la tensión de alimentación del bus. El valor de calibración programable, los tiempos de conversión y el promedio, junto con un multiplicador interno, permiten la lectura directa de la corriente en amperios y la potencia en vatios.

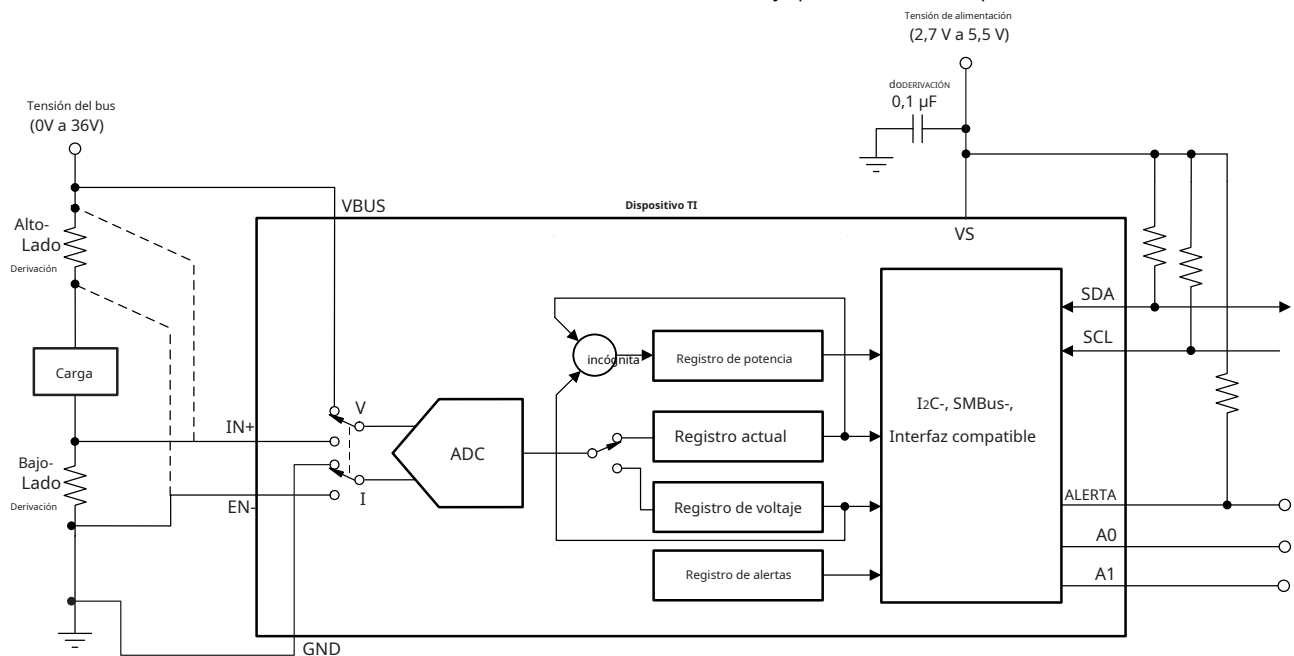
El INA226 detecta la corriente en tensiones de bus de modo común que pueden variar de 0 V a 36 V, independientemente de la tensión de alimentación. El dispositivo funciona con una única alimentación de 2,7 V a 5,5 V, con un consumo típico de 330  $\mu$ A. El dispositivo está especificado para un rango de temperatura de funcionamiento de –40 °C a 125 °C y dispone de hasta 16 direcciones programables en la interfaz I<sup>2</sup>C/Interfaz compatible con C.

### Información del paquete

NÚMERO DE PIEZA	PAQUETE <sup>(1)</sup>	TAMAÑO DEL PAQUETE <sup>(2)</sup>
INA226	VSSOP (10)	3,00 mm × 4,90 mm

(1) Para ver todos los paquetes disponibles, consulte el anexo de pedidos al final de la hoja de datos.

(2) El tamaño del paquete (largo × ancho) es un valor nominal e incluye pines, cuando corresponda.



Aplicación de detección en el lado alto o en el lado bajo



## Tabla de contenido

<b>1 Características.....</b>	<b>1</b>	<b>7 Registros.....</b>	<b>22</b>
<b>2 Aplicaciones.....</b>	<b>1</b>	7.1 Mapas de registro.....	22
<b>3 Descripción.....</b>	<b>1</b>	<b>8 Aplicación e implementación.....</b>	<b>28</b>
<b>Configuración y funciones de 4 pines.....</b>	<b>3</b>	8.1 Información de la aplicación.....	28
<b>5 Especificaciones.....</b>	<b>4</b>	8.2 Aplicaciones típicas.....	28
5.1 Calificaciones máximas absolutas.....	4	8.3 Recomendaciones sobre la fuente de alimentación.....	30
5.2 Clasificaciones ESD.....	4	8.4 Diseño.....	30
5.3 Condiciones de funcionamiento recomendadas.....	4	<b>9. Soporte para dispositivos y documentación.....</b>	<b>31</b>
5.4 Información térmica.....	4	9.1 Compatibilidad con dispositivos.....	31
5.5 Características eléctricas.....	5	9.2 Recepción de notificaciones de actualizaciones de la documentación.....	31
5.6 Características típicas.....	7	9.3 Recursos de apoyo.....	31
<b>6. Descripción detallada.....</b>	<b>10</b>	9.4 Marcas comerciales.....	31
6.1 Resumen.....	10	9.5 Precaución ante descargas electrostáticas.....	31
6.2 Diagrama de bloques funcionales.....	10	9.6 Glosario.....	31
6.3 Descripción de las características.....	10	<b>10 Historial de revisiones.....</b>	<b>31</b>
6.4 Modos de funcionamiento del dispositivo.....	13	<b>11 Mecánica, embalaje y pedidos</b>	
6.5 Programación.....	14	<b>Información.....</b>	<b>32</b>

## Configuración y funciones de 4 pines

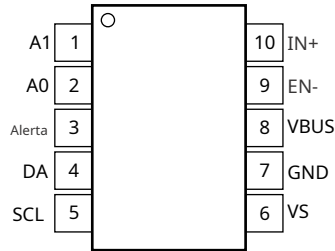


Figura 4-1. Vista superior del encapsulado VSSOP de 10 pines del paquete DGS.

Tabla 4-1. Funciones de los pines

ALFILIER		Tipo	DESCRIPCIÓN
NOMBRE	NO.		
A0	2	entrada digital	Pin de dirección. Conéctelo a GND, SCL, SDA o VS. <a href="#">Tabla 6-2</a> Muestra la configuración de los pines y las direcciones correspondientes.
A1	1	entrada digital	Pin de dirección. Conéctelo a GND, SCL, SDA o VS. <a href="#">Tabla 6-2</a> Muestra la configuración de los pines y las direcciones correspondientes.
Alerta	3	Salida digital	Alerta multifuncional, salida de drenaje abierto.
GND	7	Cosa analógica	Suelo.
IN+	10	entrada analógica	Conectar al lado de alimentación de la resistencia shunt.
EN-	9	entrada analógica	Conectar al lado de carga de la resistencia shunt.
SCL	5	entrada digital	Línea de reloj del bus serie, entrada de drenaje abierto.
SDA	4	E/S digitales	Línea de datos de bus serie, entrada/salida de drenaje abierto.
VBUS	8	entrada analógica	Entrada de tensión del bus.
VS	6	Cosa analógica	Fuente de alimentación, de 2,7 V a 5,5 V.

## 5 Especificaciones

### 5.1 Calificaciones máximas absolutas

por encima del rango de temperatura de aire libre de funcionamiento (a menos que se indique lo contrario)(1)

		MÍNIMO	MÁXIMO	UNIDAD
V <sub>VS</sub>	Tensión de alimentación		6	V
Entradas analógicas, IN+, EN-	Diferencial (V <sub>IN+</sub> – V <sub>EN-</sub> )(2)	– 40	40	V
	Modo común (V <sub>IN++</sub> V <sub>EN-</sub> ) / 2	– 0.3	40	
V <sub>VBUS</sub>		– 0.3	40	V
V <sub>SDA</sub>		GND – 0,3	6	V
V <sub>SCL</sub>		GND – 0,3	V <sub>VS</sub> + 0,3	V
I <sub>EN</sub>	Corriente de entrada en cualquier pin		5	mA
I <sub>AFUERA</sub>	corriente de salida digital de drenaje abierto		10	mA
T <sub>J</sub>	Temperatura de unión		150	°C
T <sub>stg</sub>	Rango de temperatura de almacenamiento	– 65	150	°C

(1) Operación fuera de las *Calificaciones máximas absolutas* puede causar daños permanentes al dispositivo. *Calificaciones máximas absolutas* no implican el funcionamiento del dispositivo en estas ni en ninguna otra condición que no sean las enumeradas en *Condiciones de funcionamiento recomendadas*. Si se utiliza fuera de *Condiciones de funcionamiento recomendadas* pero dentro de *Calificaciones máximas absolutas*, es posible que el dispositivo no funcione correctamente, lo que puede afectar su fiabilidad, funcionalidad y rendimiento, además de acortar su vida útil.

(2) IN+ e IN– pueden tener una tensión diferencial entre –40 V y 40 V. Sin embargo, la tensión en estos pines no debe exceder el rango – 0,3 V a 40 V.

### 5.2 Calificaciones ESD

			VALOR	UNIDAD
V <sub>(ESD)</sub>	descarga electrostática	Modelo de cuerpo humano (HBM), según ANSI/ESDA/ JEDEC JS-001, todos los pines(1)	±2500	V
		Modelo de dispositivo cargado (CDM), según ANSI/ESDA/ JEDEC JS-002, todos los pines(2)	±1000	

(1) El documento JEDEC JEP155 establece que la HBM de 500 V permite una fabricación segura con un proceso de control ESD estándar.

(2) El documento JEDEC JEP157 establece que el CDM de 250 V permite una fabricación segura con un proceso de control ESD estándar.

### 5.3 Condiciones de funcionamiento recomendadas

por encima del rango de temperatura de aire libre de funcionamiento (a menos que se indique lo contrario)

		MÍNIMO	NOM	MÁXIMO	UNIDAD
V <sub>COMUN</sub>	Tensión de entrada de modo común		12		V
V <sub>VS</sub>	tensión de alimentación de funcionamiento		3.3		V
T <sub>A</sub>	temperatura de funcionamiento al aire libre	– 40		125	°C

### 5.4 Información térmica

TÉRMICA MÉTRICA(1)		INA226	UNIDAD
		DGS (VSSOP)	
		10 PINS	
R <sub>θJA</sub>	resistencia térmica de unión a ambiente	144,6	°C/W
R <sub>θJC</sub> (arriba)	Resistencia térmica de unión a carcasa (superior)	53.3	°C/W
R <sub>θJB</sub>	Resistencia térmica de unión a placa	80.4	°C/W
Ψ <sub>JT</sub>	parámetro de caracterización de unión a parte superior	3.5	°C/W
Υ <sub>JB</sub>	parámetro de caracterización de unión a placa	78,9	°C/W
R <sub>θJC</sub> (bot)	Resistencia térmica de unión a carcasa (parte inferior)	N / A	°C/W

(1) Para obtener más información sobre las métricas térmicas tradicionales y nuevas, consulte el [Métricas térmicas de semiconductores y encapsulados de circuitos integrados](#) Nota de aplicación.

## 5.5 Características eléctricas

TA= 25 °C, VVS= 3,3 V, VIN+= 12 V, VSENTIDO= (VIN+– VEN–) = 0 mV y VVBUS= 12 V, salvo que se indique lo contrario

PARÁMETRO		CONDICIONES DE PRUEBA	MÍNIMO	TIPO	MÁXIMO	UNIDAD
APORTE						
	Rango de entrada de tensión de derivación		– 81.9175		81.92	mV
	Rango de entrada de tensión del bus(1)		0		36	V
CMRR	rechazo en modo común	0 V ≤ VIN+≤ 36 V	126	140		dB
Voffset operativo	Tensión de compensación de derivación, RTI(2)			±2,5	±10	μV
	Tensión de compensación de derivación, RTI(2)vs temperatura	– 40 °C ≤ TA≤ 125 °C		0,02	0.1	μV/°C
PSRR	Tensión de compensación de derivación, RTI(2)vs Fuente de alimentación	2,7 V ≤ VS ≤ 5,5 V		±2,5		μV/V
Voffset operativo	Tensión de compensación del bus, RTI(2)			±1,25	±7,5	mV
	Tensión de compensación del bus, RTI(2)vs temperatura	– 40 °C ≤ TA≤ 125 °C		10	40	μV/°C
PSRR	Tensión de compensación del bus, RTI(2)vs fuente de alimentación			±0,5		mV/V
IB	Corriente de polarización de entrada (IIN+, IIN-patas)			0.1		n / A
	impedancia de entrada VBUS			830		kΩ
	Fuga de entrada(3)	(EN+ pin) + (IN– pin), Modo de apagado		0.1	0.5	μA
PRECISIÓN DE CC						
	Resolución nativa del ADC			16		Bits
	Tamaño de paso de 1 LSB	Tensión de derivación		2.5		μV
		Tensión del bus		1.25		mV
	error de ganancia de tensión en derivación			0,02%	0,1%	
	Error de ganancia de tensión en derivación frente a la temperatura	– 40 °C ≤ TA≤ 125 °C		10	50	ppm/°C
	error de ganancia de tensión del bus			0,02%	0,1%	
	Error de ganancia de tensión del bus en función de la temperatura	– 40 °C ≤ TA≤ 125 °C		10	50	ppm/°C
	No linealidad diferencial			±0,1		LSB
tconversion	tiempo de conversión del ADC	Bit CT = 000		140	154	μs
		Bit CT = 001		204	224	
		Bit CT = 010		332	365	
		Bit CT = 011		588	646	
		Bit CT = 100		1.1	1.21	EM
		Bit CT = 101		2.116	2.328	
		Bit CT = 110		4.156	4.572	
		Bit CT = 111		8.244	9.068	
SMBus						
	Tiempo de espera agotado del SMBus(4)			28	35	EM
ENTRADA/SALIDA DIGITAL						
	Capacitancia de entrada			3		pF
	Corriente de entrada de fuga	0 V ≤ VSCL≤ VVs, 0 V ≤ VSDA≤ VVs, 0 V ≤ VAlerta≤ VVs, 0 V ≤ VA0≤ VVs, 0 V ≤ VA1≤ VVs		0.1	1	μA
VIH	voltaje de entrada de alto nivel		0,7×VVs		6	V
VILmax	Voltaje de entrada de bajo nivel		– 0.5		0,3×VVs	V
VOL	Tensión de salida de bajo nivel, SDA, Alerta	IOL= 3 mA	0		0.4	V
	Histéresis			500		mV
FUENTE DE ALIMENTACIÓN						
	Rango de suministro operativo		2.7		5.5	V
IQ	corriente en reposo			330	420	μA
	Corriente en reposo, modo de apagado			0.5	2	μA

$T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{VS} = 3,3\text{ V}$ ,  $V_{IN+} = 12\text{ V}$ ,  $V_{SENTIDO} = (V_{IN+} - V_{EN-}) = 0\text{ mV}$  y  $V_{BUS} = 12\text{ V}$ , salvo que se indique lo contrario

PARÁMETRO		CONDICIONES DE PRUEBA	MÍNIMO	TIPO	MÁXIMO	UNIDAD
VPOR	umbral de reinicio al encender			2		V

(1) Si bien el rango de entrada es de 36 V, el rango de escala completa del ADC es de 40,96 V. Véase el [Sección 6.3.1](#) No aplique más de 36 V.

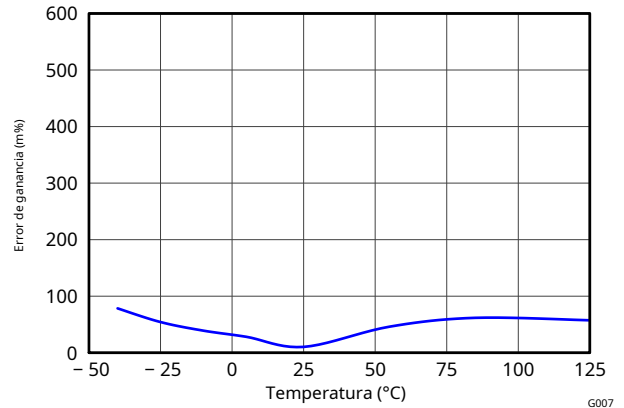
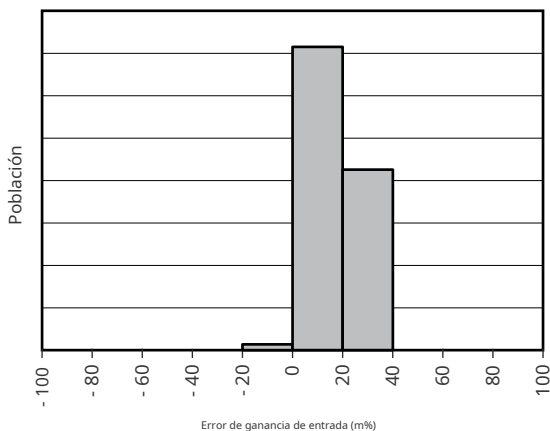
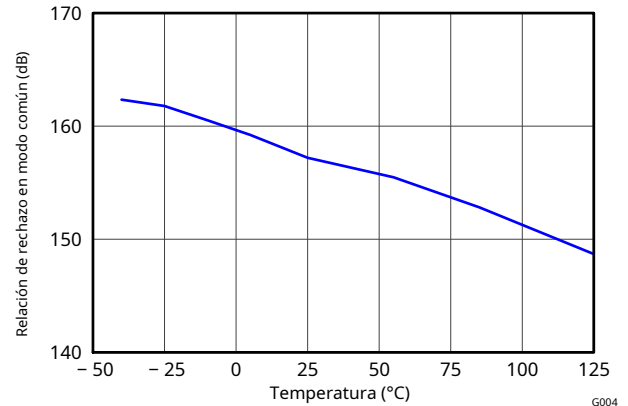
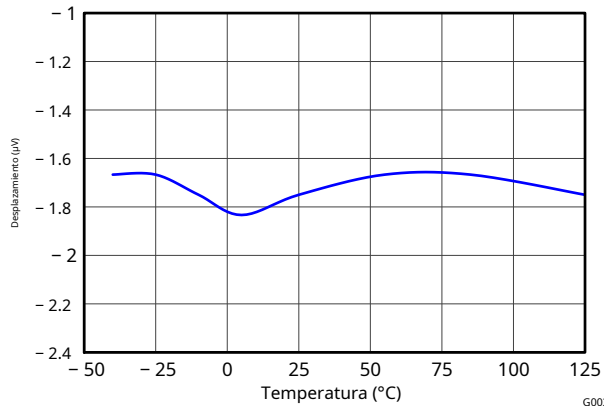
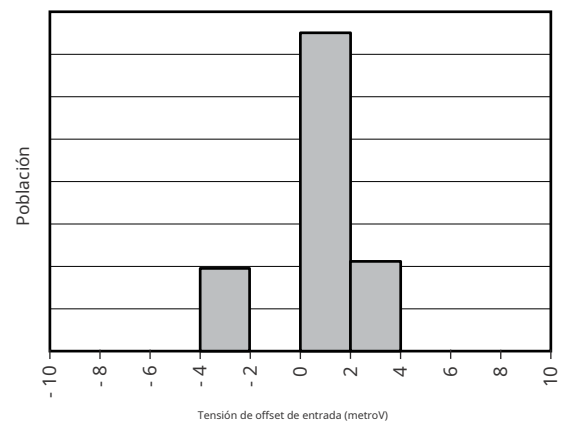
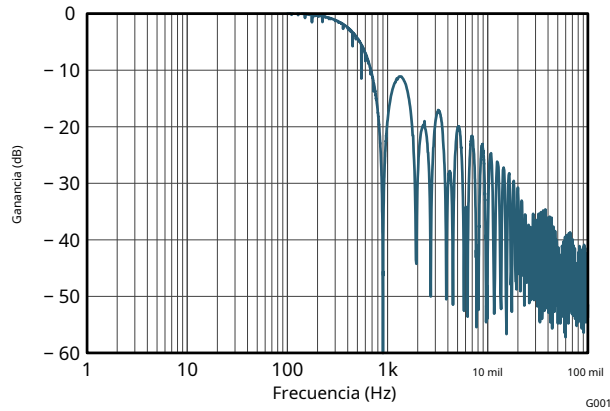
(2) RTI = Entrada referida.

(3) La fuga de entrada es positiva (corriente que fluye hacia el pin) para las condiciones que se muestran en la parte superior de esta tabla. Pueden producirse corrientes de fuga negativas en otras condiciones de entrada.

(4) El tiempo de espera de SMBus en el dispositivo reinicia la interfaz cada vez que SCL está en nivel bajo durante más de 28 ms.

## 5.6 Características típicas

En  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{VS} = 3.3\text{ V}$ ,  $V_{IN+} = 12\text{ V}$ ,  $V_{SENTIDO} = (V_{IN+} - V_{EN-}) = 0\text{ mV}$  y  $V_{VBUS} = 12\text{ V}$ , a menos que se indique lo contrario.



## 5.6 Características típicas (continuación)

En  $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{VS} = 3.3\text{ V}$ ,  $V_{IN+} = 12\text{ V}$ ,  $V_{SENTIDO} = (V_{IN+} - V_{EN-}) = 0\text{ mV}$  y  $V_{VBUS} = 12\text{ V}$ , a menos que se indique lo contrario.

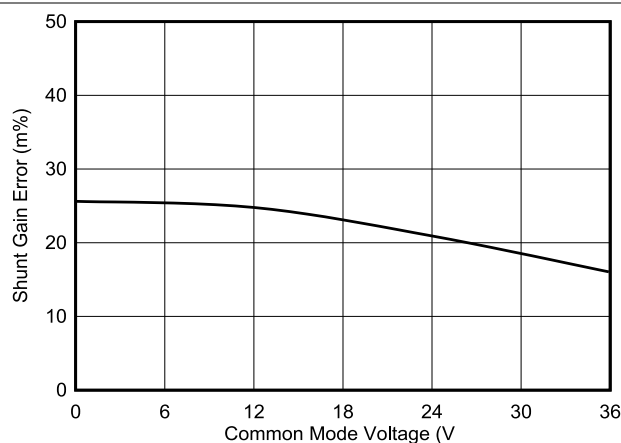


Figura 5-7. Error de ganancia de entrada en derivación frente a la tensión de modo común

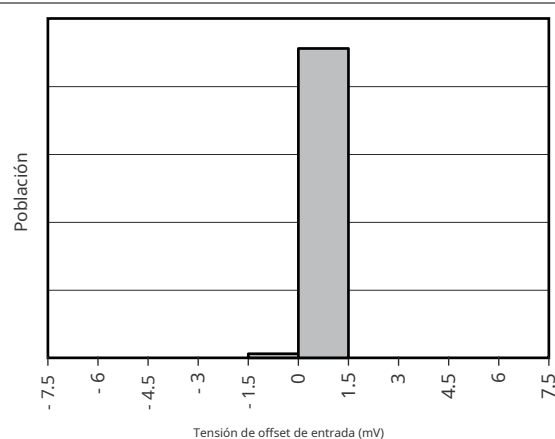


Figura 5-8. Distribución de la tensión de compensación de entrada del bus

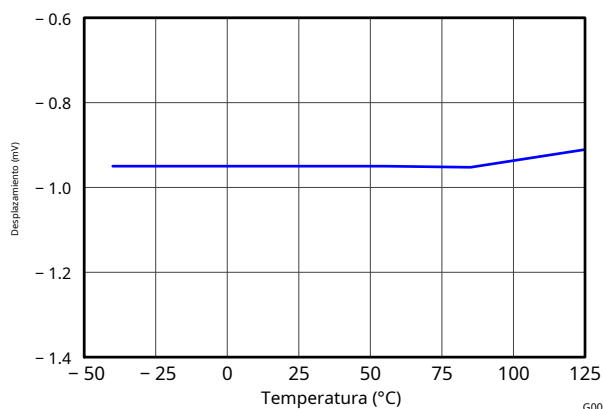


Figura 5-9. Tensión de offset de entrada del bus frente a la temperatura

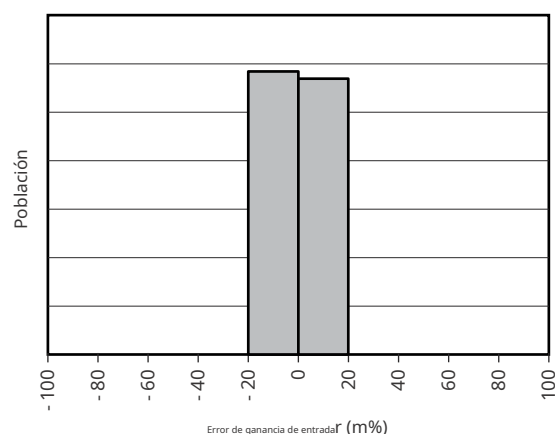


Figura 5-10. Error de ganancia de entrada del bus Distribución de la producción

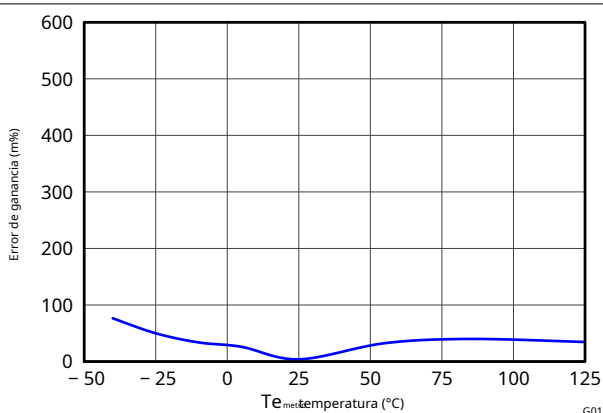


Figura 5-11. Autobús en pag Gain E error contra temperatura

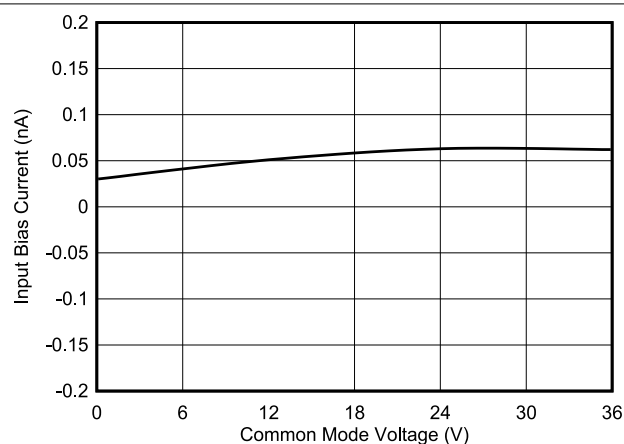


Figura 5-12. Corriente de polarización de entrada vs Tensión de modo común



## 5.6 Características típicas (continuación)

En  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DS} = 3.3\text{ V}$ ,  $V_{IN+} = 12\text{ V}$ ,  $V_{SENTIDO} = (V_{IN+} - V_{EN-}) = 0\text{ mV}$  y  $V_{VBUS} = 12\text{ V}$ , a menos que se indique lo contrario.

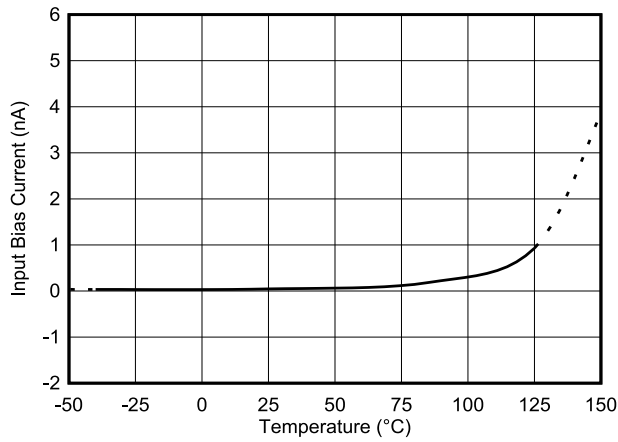


Figura 5-13. Corriente de polarización de entrada frente a temperatura

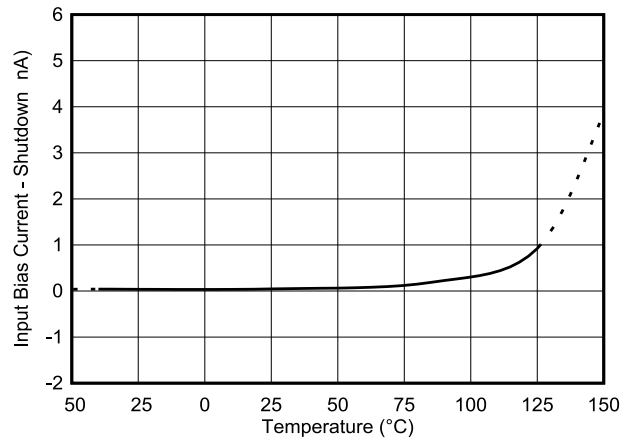


Figura 5-14. Corriente de polarización de entrada frente a temperatura, apagado

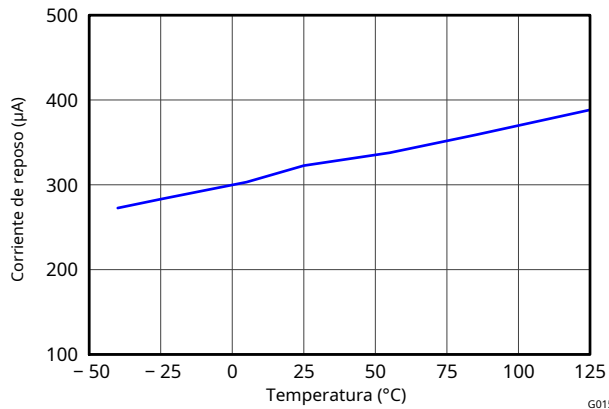


Figura 5-15. Activa  $I_q$  vs Temperatura

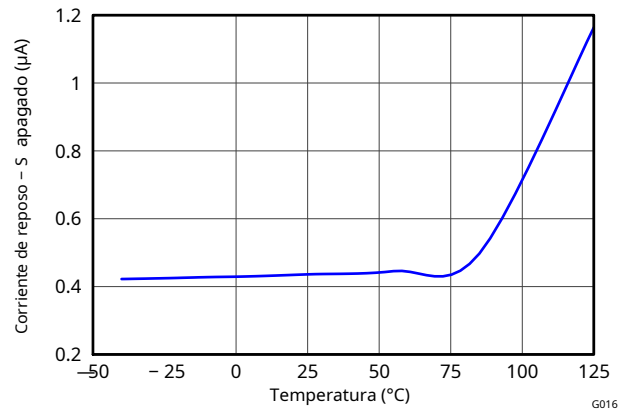


Figura 5-16. Cerrado  $I_q$  vs Temperatura

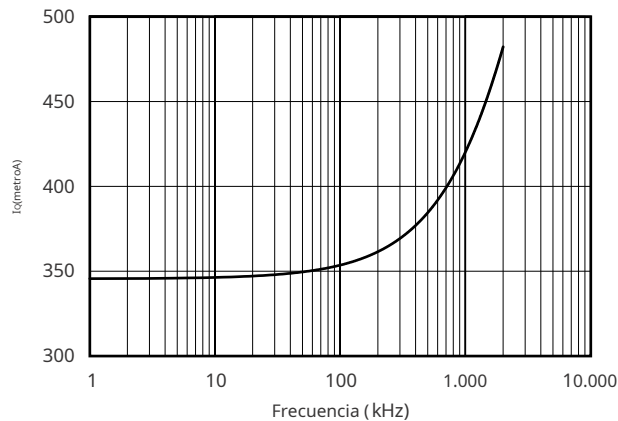


Figura 5-17. Activa  $I_q$  vs Frecuencia de bloqueo

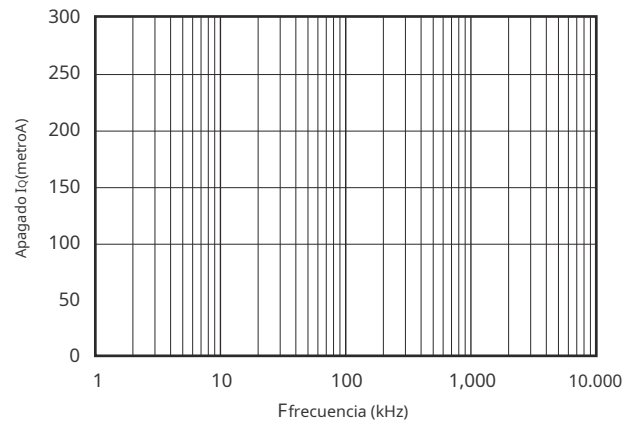


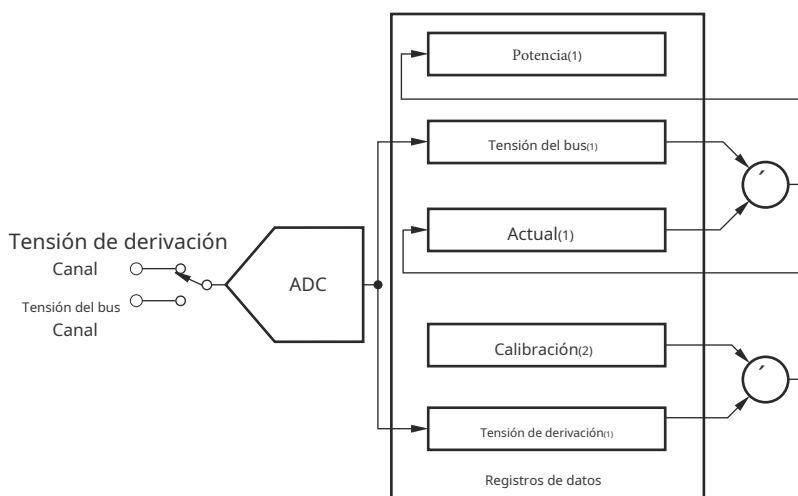
Figura 5-18. Apagado  $I_q$  vs Frecuencia

## 6. Descripción detallada

### 6.1 Descripción general

El INA226 es un amplificador digital de detección de corriente con una entrada e Interfaz compatible con I2C y SMBus. El dispositivo proporciona lecturas digitales de corriente, tensión y potencia, necesarias para la toma de decisiones precisas en sistemas de control de alta precisión. Los registros programables permiten una configuración flexible para la resolución de las mediciones, así como para el funcionamiento continuo o por disparo. La información detallada sobre los registros se encuentra al final de esta hoja de datos. Consulte la [Diagrama de bloques funcional](#) Sección para un diagrama de bloques del dispositivo INA226.

### 6.2 Diagrama de bloques funcional



(1) Solo lectura

(2) Leer/escribir

### 6.3 Descripción de la función

#### 6.3.1 Funciones básicas del ADC

El dispositivo INA226 realiza dos mediciones en el bus de alimentación. La tensión generada por la corriente de carga que circula a través de una resistencia shunt crea una tensión diferencial que se mide en los pines IN+ e IN-. El dispositivo también puede medir la tensión del bus de alimentación conectándola al pin VBUS. La tensión diferencial se mide con respecto al pin IN-, mientras que la tensión del bus se mide con respecto a tierra.

El dispositivo se alimenta normalmente con una fuente de alimentación independiente que puede variar de 2,7 V a 5,5 V. El bus monitorizado puede tener una tensión de entre 0 V y 36 V. Considerando el bit menos significativo (LSB) fijo de 1,25 mV del registro de tensión del bus, un registro a escala completa arroja un valor de 40,96 V.

#### Nota

**No aplique más de 36 V de voltaje real a los pines de entrada.**

No hay voltaje de fuente de alimentación especial voltaje apagado y recíproco. Las consideraciones sobre la potencia son independientes de cada una. La secuencia de suministro r se debe al rango de entrada de modo común y h; por lo tanto, la tensión del bus puede estar presente con el suministro

El dispositivo toma dos mediciones, shu mediciones a c actual, basado en el C el [Programación h t Registro de calibración](#) Registro. El dispositivo convierte el voltaje de la antena y el voltaje del bus. Luego, convierte estos valores del registro de calibración y calcula la potencia. Consulte la sección para obtener información adicional sobre la programación de la calibración.

El dispositivo tiene dos modos de funcionamiento, continuo y activado, que determinan cómo opera el ADC tras estas conversiones. Cuando el dispositivo está en el modo de funcionamiento normal (es decir, los bits MODE del registro de configuración (00h) están configurados en '111'), el dispositivo convierte continuamente una lectura de tensión de derivación seguida de una lectura de tensión de bus. Tras la lectura de tensión de derivación, se calcula el valor de corriente (en función de [Ecuación 3](#)). Este valor actual se utiliza luego para calcular el resultado de la potencia (usando [Ecuación 4](#)). Estos valores se almacenan posteriormente en un acumulador y la secuencia de medición/cálculo se repite hasta alcanzar el número de promedios establecido en el Registro de Configuración (00h). Tras cada secuencia, el conjunto actual de valores medidos y calculados se añade a los valores recopilados previamente. Una vez completado el cálculo de promedios, los valores finales de tensión en derivación, tensión en bus, corriente y potencia se actualizan en los registros correspondientes, que pueden leerse posteriormente. Estos valores permanecen en los registros de salida de datos hasta que se reemplazan por los resultados de la siguiente conversión completada. La lectura de los registros de salida de datos no afecta a una conversión en curso.

El control de modo en el Registro de Conversión (00h) también permite seleccionar modos para convertir solo el voltaje de derivación o el voltaje del bus para permitir aún más al usuario configurar la función de monitoreo para que se ajuste a los requisitos específicos de la aplicación.

Todos los cálculos de corriente y potencia se realizan en segundo plano y no contribuyen al tiempo de conversión.

En el modo activado, al escribir cualquiera de los modos de conversión activados en el Registro de Configuración (00h) (es decir, al establecer los bits MODE del Registro de Configuración (00h) en '001', '010' o '011') se activa una conversión de un solo disparo. Esta acción genera un único conjunto de mediciones; por lo tanto, para activar otra conversión de un solo disparo, es necesario escribir en el Registro de Configuración (00h) una segunda vez, incluso si el modo no cambia.

Además de los dos modos de funcionamiento (continuo y activado), el dispositivo cuenta con un modo de bajo consumo que reduce la corriente de reposo y desactiva la alimentación de sus entradas, minimizando así el consumo de energía cuando no está en uso. La recuperación completa desde el modo de bajo consumo requiere 40  $\mu$ s. Los registros del dispositivo se pueden escribir y leer mientras se encuentra en modo de bajo consumo. El dispositivo permanece en este modo hasta que se escribe una de las configuraciones de los modos activos en el Registro de Configuración (00h).

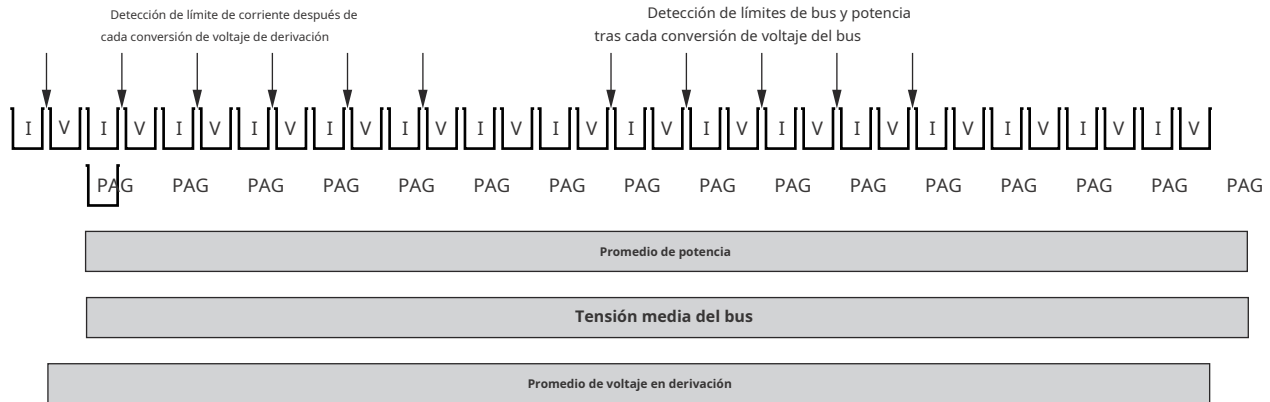
Aunque el dispositivo puede leerse en cualquier momento y los datos de la última conversión permanecen disponibles, el bit de indicador de conversión lista (registro de máscara/habilitación, bit CVRF) se proporciona para ayudar a coordinar las conversiones puntuales o automatizadas. El bit de indicador de conversión lista (CVRF) se activa una vez completadas todas las conversiones, los cálculos de promedios y las operaciones de multiplicación.

El bit de indicador de conversión lista (CVRF) se borra bajo las siguientes condiciones:

- Escribir en el registro de configuración (00h), excepto al configurar los bits MODE para el modo de bajo consumo; o
- Lectura del registro de máscara/habilitación (06h)

#### 6.3.1.1 Cálculo de potencia

La corriente y la potencia se calculan a partir de las mediciones de tensión en derivación y tensión en barra, como se muestra en [Figura 6-1](#). La corriente se calcula a partir de una medición de tensión en derivación, basándose en el valor establecido en el Registro de Calibración. Si no hay ningún valor cargado en el Registro de Calibración, el valor de corriente almacenado es cero. La potencia se calcula a partir de la medición de tensión en el bus, basándose en el cálculo de corriente y la medición de tensión en el bus previos. Si no hay ningún valor cargado en el Registro de Calibración, el valor de potencia almacenado también es cero. Estos cálculos se realizan en segundo plano y no incrementan el tiempo total de conversión. Estos valores de corriente y potencia se consideran resultados intermedios (a menos que el promedio esté configurado en 1) y se almacenan en un registro de acumulación interno, no en los registros de salida correspondientes. Tras cada muestra medida, los valores recién calculados de corriente y potencia se añaden a este registro de acumulación hasta que se hayan medido y promediado todas las muestras, según el número de promedios establecido en el Registro de Configuración (00h).



**Figura 6-1. Esquema de cálculo de potencia**

Además de la corriente y la potencia acumuladas tras cada muestreo, también se registran las tensiones en derivación y bus. Una vez medidas todas las muestras y realizados los cálculos de corriente y potencia correspondientes, el promedio acumulado de cada parámetro se carga en los registros de salida correspondientes, donde se puede consultar.

#### 6.3.1.2 Pin de alerta

El INA226 cuenta con un único registro de límite de alerta (07h), que permite programar el pin de alerta para que responda a un evento definido por el usuario o a una notificación de "Conversión lista", si se desea. El registro de máscara/habilitación permite al usuario seleccionar una de las cinco funciones disponibles para monitorizar o activar el bit de "Conversión lista" y controlar así la respuesta del pin de alerta. En función de la función monitorizada, el usuario introduce un valor en el registro de límite de alerta para establecer el umbral correspondiente que activa el pin de alerta.

El pin de alerta permite monitorizar una de las diversas funciones de alerta disponibles para determinar si se ha superado un umbral definido por el usuario. Las cinco funciones de alerta que se pueden monitorizar son:

- Sobretensión de derivación (SOL)
- Tensión de derivación inferior al límite (SUL)
- Sobretensión del bus (BOL)
- Tensión de bus por debajo del límite (BUL)
- Sobrecarga de potencia (POL)

La patilla de alerta es una salida de drenaje abierto. Esta patilla se activa cuando la función de alerta seleccionada en el registro de máscara/habilitación supera el valor programado en el registro de límite de alerta. Solo se puede habilitar y monitorizar una de estas funciones de alerta a la vez. Si hay varias funciones de alerta habilitadas, la función seleccionada en la posición del bit más significativo tiene prioridad y responde al valor del registro de límite de alerta. Por ejemplo, si están seleccionadas las funciones de sobretensión de derivación y subtensión de derivación, la patilla de alerta se activa cuando la tensión de derivación supera el valor del registro de límite de alerta.

El estado de Conversión Listo del dispositivo también se puede monitorizar en el pin de Alerta para informar al usuario cuando el dispositivo ha completado la conversión anterior y está listo para comenzar una nueva. El estado de Conversión Listo se puede monitorizar en el pin de Alerta junto con una de las funciones de alerta. Si tanto una función de alerta como el estado de Conversión Listo están habilitados para su monitorización en el pin de Alerta, después de que se active el pin de Alerta, se debe leer el Registro de Máscara/Habilitación para determinar la fuente de la alerta. Al leer el indicador de Conversión Listo (CVRF, bit 3) y el indicador de Función de Alerta (AFF, bit 4) en el Registro de Máscara/Habilitación, se puede determinar la fuente de la alerta. Si no se desea la función de Conversión Listo y el bit CNVR no está activado, el pin de Alerta solo responde a un límite de alerta excedido según la función de alerta habilitada.

Si no se utiliza la función de alerta, el pin de alerta puede dejarse sin conectar sin afectar al funcionamiento del dispositivo.

Referirse a [Figura 6-1](#) para ver la sincronización relativa del momento en que se compara el valor del Registro de Límite de Alerta con el valor convertido correspondiente. Por ejemplo, si la función de alerta habilitada es Sobretensión de Límite (SOL), se compara el valor convertido con el valor del registro de límite de alerta.

Se mide la tensión de derivación para determinar si ha superado el límite programado. El bit 4 del registro de máscara/habilitación (AFF) se activa cuando la tensión medida supera el valor programado en el registro de límite de alerta. Además de la activación del AFF, la señal de alerta se activa según el bit de polaridad de alerta (APOL, bit 1 del registro de máscara/habilitación). Si el latch de alerta está habilitado, el AFF y la señal de alerta permanecen activas hasta que se escriba en el registro de configuración (00h) o se lea el registro de máscara/habilitación.

Las funciones de alerta de voltaje del bus comparan el voltaje del bus medido con el registro de límite de alerta después de cada conversión de voltaje del bus y activan el bit AFF y el pin de alerta si se excede el umbral del límite.

La función de alerta de sobrecarga de potencia también se compara con el valor de potencia calculado después de cada conversión de medición de voltaje del bus y activa el bit AFF y el pin de alerta si se excede el umbral límite.

## 6.4 Modos funcionales del dispositivo

### 6.4.1 Consideraciones sobre el promedio y el tiempo de conversión

El dispositivo INA226 ofrece tiempos de conversión programables ( $t_{\text{Conversion}}$ ). Para las mediciones de tensión en derivación y en bus, se pueden seleccionar tiempos de conversión desde  $140 \mu\text{s}$  hasta  $8,244 \text{ ms}$ . Estos ajustes, junto con el modo de promediado programable, permiten optimizar el dispositivo para cumplir con los requisitos de temporización de una aplicación específica. Por ejemplo, si un sistema requiere la lectura de datos cada  $5 \text{ ms}$ , el dispositivo se puede configurar con tiempos de conversión de  $588 \mu\text{s}$  para ambas mediciones y un modo de promediado de 4. Esta configuración resulta en una actualización de datos aproximadamente cada  $4,7 \text{ ms}$ . El dispositivo también se puede configurar con tiempos de conversión diferentes para las mediciones de tensión en derivación y en bus. Este enfoque es común en aplicaciones donde la tensión en bus tiende a ser relativamente estable, lo que permite reducir el tiempo dedicado a la medición de la tensión en bus en comparación con la medición de la tensión en derivación. El tiempo de conversión de voltaje de derivación se puede configurar en  $4,156 \text{ ms}$  con el tiempo de conversión de voltaje de bus configurado en  $588 \mu\text{s}$ , con el modo de promedio configurado en 1. Esta configuración también da como resultado una actualización de datos aproximadamente cada  $4,7 \text{ ms}$ .

Existen compromisos asociados a la configuración del tiempo de conversión y el modo de promediado utilizado. La función de promediado puede mejorar significativamente la precisión de la medición al filtrar eficazmente la señal. Este enfoque permite que el dispositivo reduzca el ruido en la medición causado por el acoplamiento de ruido a la señal. Un mayor número de promedios permite que el dispositivo sea más eficaz en la reducción del ruido en la medición.

Los tiempos de conversión seleccionados también pueden influir en la precisión de la medición. [Figura 6-2](#) Se muestran varios tiempos de conversión para ilustrar el impacto del ruido en la medición. Para lograr la mayor precisión posible, utilice una combinación de los tiempos de conversión más largos permitidos y el mayor número de promedios, según los requisitos de temporización del sistema.

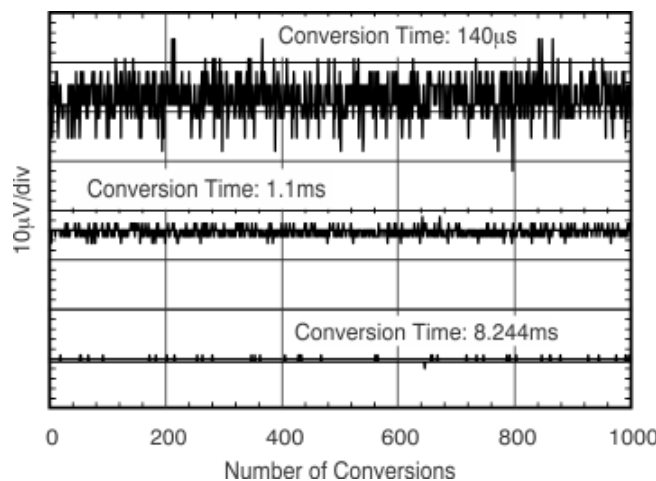


Figura 6-2. Ruido frente a tiempo de conversión

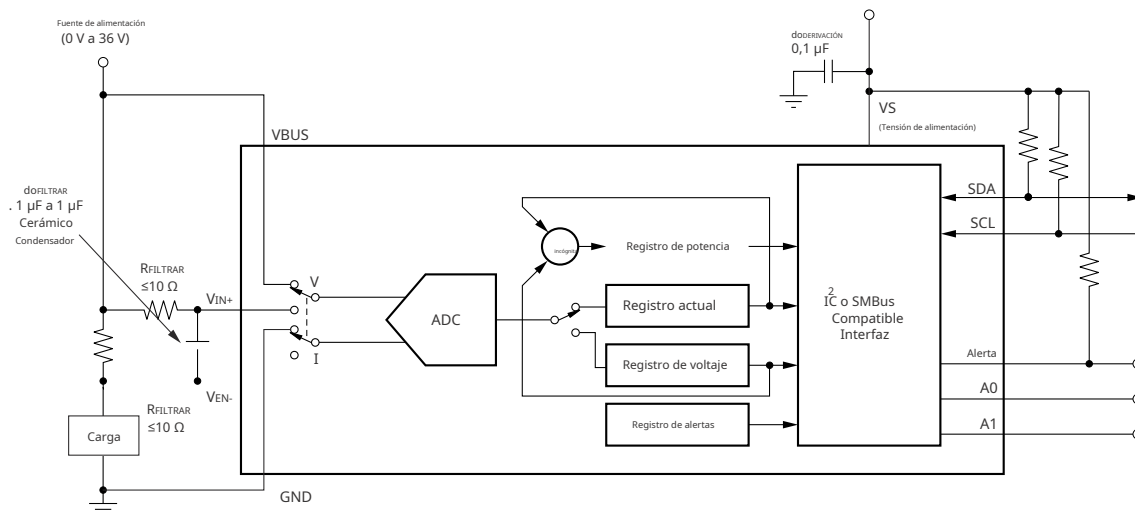
### 6.4.2 Consideraciones sobre filtrado y entrada

La medición de corriente suele generar ruido, difícil de definir. El dispositivo INA226 ofrece varias opciones de filtrado, permitiendo seleccionar de forma independiente los tiempos de conversión y el número de promedios en el Registro de Configuración (00h). Los tiempos de conversión pueden configurarse independientemente para las mediciones de tensión en derivación y tensión en bus, lo que proporciona mayor flexibilidad en la configuración de la monitorización del bus de alimentación.

El ADC interno se basa en una etapa de entrada delta-sigma ( $\Delta\Sigma$ ) con una frecuencia de muestreo típica de 500 kHz ( $\pm 30\%$ ). Esta arquitectura presenta una buena supresión de ruido inherente; sin embargo, los transitorios que se producen en los armónicos de la frecuencia de muestreo o muy cerca de ellos pueden causar problemas. Dado que estas señales se sitúan a 1 MHz o más, se pueden gestionar incorporando un filtro en la entrada del dispositivo. La alta frecuencia permite el uso de resistencias en serie de bajo valor en el filtro con efectos insignificantes en la precisión de la medición. En general, el filtrado de la entrada del dispositivo solo es necesario si existen transitorios en los armónicos exactos de la frecuencia de muestreo de 500 kHz ( $\pm 30\%$ ) (superiores a 1 MHz). El filtro debe utilizar la menor resistencia en serie posible (normalmente 10  $\Omega$  o menos) y un condensador cerámico. Los valores recomendados para este condensador se encuentran entre 0,1  $\mu\text{F}$  y 1  $\mu\text{F}$ . **Figura 6-3** Muestra el dispositivo con un filtro añadido en la entrada.

Las condiciones de sobrecarga son otra consideración para las entradas del dispositivo. Estas entradas están especificadas para tolerar 40 V. Un escenario de gran diferencial puede ser un cortocircuito a tierra en el lado de la carga del shunt. Este tipo de evento puede resultar en la tensión total de la fuente de alimentación a través del shunt (siempre que la fuente de alimentación o los condensadores de almacenamiento de energía soporten dicha tensión). Eliminar un cortocircuito a tierra puede provocar retroalimentación inductiva que superen la tensión diferencial y de modo común de 40 V del dispositivo. Las tensiones de retroalimentación inductiva se controlan mejor mediante dispositivos absorbentes de transitorios tipo Zener (comúnmente llamados diodos Zener). *transzorbs*) combinado con una capacitancia de almacenamiento de energía suficiente. Véase el diseño de TI *Robustez transitoria para monitores de derivación de corriente* (**TIDU473**), que describe un monitor de derivación de corriente del lado alto utilizado para medir el voltaje desarrollado a través de una resistencia de detección de corriente cuando la corriente pasa a través de la resistencia.

En aplicaciones que no cuentan con condensadores electrolíticos de gran capacidad de almacenamiento de energía en uno o ambos lados de la derivación, una variación excesiva de la tensión aplicada a la entrada (dV/dt) puede provocar una sobrecarga. Un cortocircuito físico es la causa más probable de este evento, especialmente en aplicaciones sin condensadores electrolíticos de gran capacidad. Este problema se produce porque una dV/dt excesiva puede activar la protección ESD del dispositivo en sistemas con altas corrientes. Las pruebas demuestran que la adición de resistencias de 10  $\Omega$  en serie con cada entrada del dispositivo protege suficientemente las entradas contra esta falla por dV/dt hasta la tensión nominal de 40 V del dispositivo. La selección de estas resistencias dentro del rango indicado tiene un efecto mínimo en la precisión.



**Figura 6-3. Filtro de entrada ing**

## 6.5 Programa ming

Un impo\_ tant Un aspecto del INA226 es que el dispositivo no necesariamente mide la corriente o metro medidas bo la tensión diferencial aplicada entre los pines de entrada IN+ e IN- y el

potencia. El dispositivo voltaje aplicado a

El pin VBUS. Para que el dispositivo reporte los valores de corriente y potencia, el usuario debe programar la resolución del Registro de Corriente (04h) y el valor de la resistencia shunt presente en la aplicación para generar la tensión diferencial aplicada entre los pines de entrada. El Registro de Potencia (03h) se configura internamente a 25 veces el valor programado de Current\_LSB. Tanto Current\_LSB como el valor de la resistencia shunt se utilizan en el cálculo del valor del Registro de Calibración, que el dispositivo emplea para calcular los valores de corriente y potencia correspondientes a partir de las tensiones medidas en la resistencia shunt y en el bus.

El registro de calibración se calcula en función de [Ecuación 1](#). Esta ecuación incluye el término Current\_LSB, que es el valor programado para el bit menos significativo (LSB) del registro de corriente (04h). El usuario utiliza este valor para convertir el valor del registro de corriente (04h) a la corriente real en amperios. La máxima resolución para el registro de corriente (04h) se obtiene utilizando el valor mínimo permitido de Current\_LSB, basado en la corriente máxima esperada, como se muestra en la figura. [Ecuación 2](#) Si bien este valor proporciona la resolución más alta, es común seleccionar un valor para Current\_LSB que sea el número entero superior más próximo a este valor para simplificar la conversión del Registro de Corriente (04h) y el Registro de Potencia (03h) a amperios y vatios, respectivamente. El término  $R_{\text{DERIVACIÓN}}$  es el valor de la derivación externa utilizada para generar la tensión diferencial entre los pines de entrada.

$$\text{CAL} = \frac{0,00512}{\text{Current\_LSB} \times \text{RSHUNT}} \quad (1)$$

dónde

- 0.00512 es un valor fijo interno que se utiliza para verificar que la escala se mantiene correctamente.

$$\text{LSB actual} = \frac{\text{Corriente máxima prevista}}{215} \quad (2)$$

Tras programar el registro de calibración, los registros de corriente (04h) y de potencia (03h) se actualizan en función de las mediciones de tensión en derivación y en bus correspondientes. Hasta que se programe el registro de calibración, los registros de corriente (04h) y de potencia (03h) permanecen a cero.

### 6.5.1 Programación del registro de calibración

**Figura 8-1** Se muestra una carga nominal de 10 A que genera una tensión diferencial de 20 mV en una resistencia shunt de 2 mΩ. La tensión del bus del INA226 se mide en la entrada externa VBUS, que en este ejemplo está conectada a la entrada IN– para medir la tensión suministrada a la carga. En este caso, la tensión en la entrada VBUS es inferior a 12 V debido a que la tensión en la entrada IN– es de 11,98 V como consecuencia de la caída de tensión en la resistencia shunt.

Para este ejemplo, asumiendo una corriente máxima esperada de 15 A, la corriente LSB se calcula en 457,7 μA/bit usando [Ecuación 2](#). Utilizar un valor de 500 μA/bit o 1 mA/bit para el bit menos significativo de corriente (Current\_LSB) simplifica considerablemente la conversión del registro de corriente (04h) y el registro de potencia (03h) a amperios y vatios. En este ejemplo, se selecciona un valor de 1 mA/bit para Current\_LSB. El uso de este valor para Current\_LSB implica una ligera pérdida de resolución a cambio de un proceso de conversión más sencillo para el usuario. [Ecuación 1](#) En este ejemplo, con un valor Current\_LSB de 1 mA/bit y una resistencia de derivación de 2 mΩ, se obtiene un valor de registro de calibración de 2560, o A00h.

El registro de corriente (04h) se calcula multiplicando el valor decimal del contenido del registro de tensión de derivación (01h) por el valor decimal del registro de calibración y dividiendo el resultado entre 2048, como se muestra en la figura. [Ecuación 3](#) En este ejemplo, el registro de tensión de derivación contiene un valor de 8000 (que representa 20 mV), el cual se multiplica por el valor del registro de calibración (2560) y luego se divide entre 2048 para obtener un valor decimal de 10 000 (2710h) para el registro de corriente (04h). Al multiplicar este valor por 1 mA/bit, se obtiene el nivel original de 10 A indicado en el ejemplo.

$$\text{Actual} = \frac{\text{Tensión de derivación} \times \text{Registro de calibración}}{2048} \quad (3)$$

El bit menos significativo (LSB) del registro de voltaje del bus (02h) tiene un valor fijo de 1,25 mV/bit, lo que significa que los 11,98 V presentes en el pin VBUS dan como resultado un valor de registro de 2570h, o su equivalente decimal es 9584. Cabe destacar que el bit más significativo (MSB) del registro de voltaje del bus (02h) siempre es cero, ya que el pin VBUS solo puede medir voltajes positivos.

El registro de potencia (03h) se calcula multiplicando el valor decimal del registro de corriente, 10000, por el valor decimal del registro de tensión del bus (02h), 9584, y dividiendo el resultado entre 20000, tal como se define en [Ecuación 4](#). En este ejemplo, el resultado para el registro de potencia (03h) es 12B8h, o su equivalente decimal es 4792. Multiplicando este resultado por el bit menos significativo (LSB) de la potencia (25 veces el  $[1 \times 10]$ ), se obtiene 12B8h = 12B8h. El valor de Current\_LSB resulta en un cálculo de potencia de  $(4792 \times 25 \text{ mW/bit})$ , o 119,82 W. El LSB de potencia tiene una relación fija con Current\_LSB de 25. En este ejemplo, un Current\_LSB programado de 1 mA/bit resulta en un LSB de potencia de 25 mW/bit. Esta relación se programa internamente para verificar que la escala del cálculo de potencia se encuentre dentro de un rango aceptable. Un cálculo manual de la potencia suministrada a la carga utiliza una tensión de bus de 11,98 V (12 V). CENTÍMETRO– Caída de derivación de 20 mV) multiplicada por la corriente de carga de 10 A para dar un resultado de 119,8 W.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Corriente} \times \text{Tensión del bus}}{20000} \quad (4)$$

**Tabla 6-1** enumera los pasos para configurar, medir y calcular los valores de corriente y potencia para este dispositivo.

**Tabla 6-1. Cálculo de corriente y potencia**

PASO	NOMBRE DE REGISTRO	DIRECCIÓN	CONTENIDO	DIC	LSB	VALOR <sup>(1)</sup>
Paso 1	Registro de configuración	00h	4127 h	—	—	—
Paso 2	Registro de derivación	01h	1F40h	8000	2,5 µV	20 mV
Paso 3	Registro de voltaje del bus	02h	2570 h	9584	1,25 mV	11,98 V
Paso 4	Registro de calibración	05h	A00h	2560	—	—
Paso 5	Registro actual	04h	2710	10000	1 mA	10 A
Paso 6	Registro de potencia	03h	12B8h	4792	25 mW	119,82 W

(1) Condiciones: Carga = 10 A, V<sub>CENTÍMETRO</sub> = 12 V, R<sub>DERIVACIÓN</sub> = 2 mΩ y V<sub>VBUS</sub> = 12 V.

## 6.5.2 Programación del motor de medición de potencia

### 6.5.2.1 Registro de calibración y escalado

El registro de calibración permite al usuario ajustar el registro de corriente (04h) y el registro de potencia (03h) al valor más útil para una aplicación determinada. Por ejemplo, se puede configurar el registro de calibración para que genere el valor máximo posible en el registro de corriente (04h) o en el registro de potencia (03h) en el punto de escala completa esperado. Este método proporciona la máxima resolución utilizando el valor mínimo de Current\_LSB calculado previamente en la ecuación del registro de calibración. El registro de calibración también se puede configurar para proporcionar valores en el registro de corriente (04h) y en el registro de potencia (03h) que sean equivalentes decimales directos de los valores medidos o que generen un valor LSB redondeado para cada registro correspondiente. Tras realizar estas selecciones, el registro de calibración también ofrece la posibilidad de calibrar el sistema a nivel de usuario final. Después de determinar la corriente exacta mediante un amperímetro externo, el valor del registro de calibración se puede ajustar en función del resultado de la corriente medida por el INA226 para compensar el error total del sistema, como se muestra en la figura [Ecuación 5](#).

$$\text{Cal\_escala\_completa\_corregida} = \text{trunc} \left[ \text{Cal} \times \frac{\text{Corriente\_de\_derivación\_medida}}{\text{Dispositivo\_Actual}} \right] \quad (5)$$

### 6.5.3 Uso del monitor de derivación de corriente simple (sin necesidad de programación)

El dispositivo puede utilizarse sin programación si solo es necesario leer la caída de tensión en derivación y la tensión del bus con la configuración de reinicio al encender predeterminada y la conversión continua de las tensiones en derivación y del bus.

Sin programar el registro de calibración del dispositivo, este no puede proporcionar un valor válido de corriente ni de potencia, ya que ambas salidas se derivan utilizando los valores cargados en el registro de calibración.

### 6.5.4 Configuración predeterminada

Los estados de encendido predeterminados de los registros se muestran en el [Mapas de registro](#) sección de esta hoja de datos. Estos registros son volátiles y, si se programan con un valor distinto de los valores predeterminados que se muestran en [Tabla 7-1](#) Los registros deben reprogramarse cada vez que se enciende el dispositivo. En el manual se proporciona información detallada sobre la programación específica del registro de calibración. [Programación](#) sección y calculado en base a [Ecuación 1](#).



#### 6.5.5 Descripción general del autobús

El INA226 ofrece compatibilidad con ambos I<sup>2</sup>C y SMBus. Los protocolos I<sup>2</sup>C y SMBus son esencialmente compatibles entre sí.

En esta hoja de datos se utiliza la interfaz I<sup>2</sup>C como ejemplo principal, y el protocolo SMBus solo se especifica cuando se analiza alguna diferencia entre ambos sistemas. Dos líneas, SCL y SDA, conectan el dispositivo al bus. Ambas, SCL y SDA, son conexiones de drenaje abierto.

El dispositivo que inicia una transferencia de datos se llama *maestro* y los dispositivos controlados por el maestro son *esclavos*. El bus debe ser controlado por un dispositivo maestro que genera el reloj serial (SCL), controla el acceso al bus y genera condiciones de INICIO y PARADA.

Para direccionar un dispositivo específico, el maestro inicia una condición de inicio llevando la línea de señal de datos (SDA) de un nivel lógico alto a uno bajo mientras SCL está en alto. Todos los esclavos en el bus actualizan su byte de dirección en el flanco ascendente de SCL, y el último bit indica si se trata de una operación de lectura o escritura. Durante el noveno pulso de reloj, el esclavo direccionado responde al maestro generando un acuse de recibo y llevando SDA a nivel bajo.

A continuación se inicia la transferencia de datos y se envían ocho bits de datos, seguidos de un *Reconocer* bit. Durante la transferencia de datos, SDA debe permanecer estable mientras SCL está en nivel alto. Cualquier cambio en SDA mientras SCL está en nivel alto se interpreta como una condición de inicio o parada.

Una vez transferidos todos los datos, el maestro genera una condición de parada, indicada por un cambio en el nivel de SDA (de bajo a alto) mientras SCL permanece en alto. El dispositivo incluye un tiempo de espera de 28 ms en la interfaz para evitar el bloqueo del bus.

### 6.5.5.1 Dirección del bus serie

Para comunicarse con el INA226, el maestro debe primero direccionar los dispositivos esclavos mediante un byte de dirección de esclavo. Este byte consta de siete bits de dirección y un bit de dirección que indica si la acción será de lectura o escritura.

El dispositivo tiene dos pines de dirección, A0 y A1. [Tabla 6-2](#) Enumera los niveles lógicos de los pines para cada una de las 16 direcciones posibles. El dispositivo muestrea el estado de los pines A0 y A1 en cada comunicación del bus. Establece los estados de los pines antes de que se produzca cualquier actividad en la interfaz.

**Tabla 6-2. Pines de dirección y direcciones esclavas**

A1	A0	DIRECCIÓN DEL ESCLAVO
GND	GND	1000000
GND	VS	1000001
GND	SDA	1000010
GND	SCL	1000011
VS	GND	1000100
VS	VS	1000101
VS	SDA	1000110
VS	SCL	1000111
SDA	GND	1001000
SDA	VS	1001001
SDA	SDA	1001010
SDA	SCL	1001011
SCL	GND	1001100
SCL	VS	1001101
SCL	SDA	1001110
SCL	SCL	1001111

### 6.5.5.2 Interfaz serie

El INA226 funciona únicamente como dispositivo esclavo en ambos lados. El bus C y el SMBus se conectan mediante las líneas SDA y SCL de drenaje abierto. Los pines SDA y SCL incorporan filtros de supresión de picos y disparadores Schmitt para minimizar los efectos de los picos de entrada y el ruido del bus. Si bien el dispositivo integra la supresión de picos en las líneas de E/S digitales, una correcta disposición de los circuitos integrados ayuda a minimizar el acoplamiento en las líneas de comunicación. Este ruido puede introducirse por el acoplamiento capacitivo de los flancos de señal entre las dos líneas de comunicación o por otras fuentes de ruido de conmutación presentes en el sistema. El trazado de pistas en paralelo con tierra entre las capas de una placa de circuito impreso (PCB) suele reducir los efectos del acoplamiento entre las líneas de comunicación. El apantallamiento de las líneas de comunicación reduce la posibilidad de acoplamiento de ruido no deseado en las líneas de E/S digitales, que podría interpretarse erróneamente como comandos de inicio o parada.

El INA226 admite el protocolo de transmisión para el modo rápido (de 1 kHz a 400 kHz) y el modo de alta velocidad (de 1 kHz a 2,94 MHz). Todos los bytes de datos se transmiten comenzando por el byte más significativo.

### 6.5.5.3 Escribir y leer desde el INA226

El acceso a un registro específico en el INA226 se realiza escribiendo el valor apropiado en el puntero de registro. Consulte [Tabla 7-1](#) Para obtener una lista completa de los registros y sus direcciones correspondientes. El valor del puntero de registro (como se muestra en [Figura 6-7](#)) es el primer byte transferido después del byte de dirección del esclavo con el bit R/W en bajo. Cada operación de escritura en el dispositivo requiere un valor para el puntero de registro.

La escritura en un registro comienza con el primer byte transmitido por el maestro. Este byte es la dirección del esclavo, con el bit R/W en bajo. El dispositivo confirma la recepción de una dirección válida. El siguiente byte transmitido por el maestro es la dirección del registro en el que se escribirán los datos. Este valor de dirección de registro actualiza el puntero de registro al registro deseado. Los dos bytes siguientes se escriben en el registro direccionado por el puntero de registro. El dispositivo

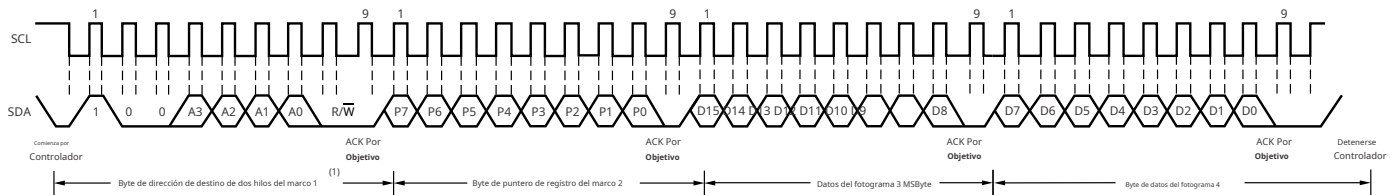
Confirma la recepción de cada byte de datos. El maestro puede finalizar la transferencia de datos generando una condición de inicio o de parada.

Al leer del dispositivo, el último valor almacenado en el puntero de registro por una operación de escritura determina qué registro se lee durante una operación de lectura. Para cambiar el puntero de registro para una operación de lectura, se debe escribir un nuevo valor en el puntero de registro. Esta escritura se realiza enviando un byte de dirección del esclavo con el bit R/W en bajo, seguido del byte del puntero de registro. No se requieren datos adicionales. El maestro genera entonces una condición de inicio y envía el byte de dirección del esclavo con el bit R/W en alto para iniciar el comando de lectura. El siguiente byte es transmitido por el esclavo y es el byte más significativo del registro indicado por el puntero de registro. Este byte va seguido de un *Reconocer*El maestro envía un byte de datos al esclavo, quien luego transmite el byte menos significativo. El maestro confirma la recepción del byte de datos. El maestro puede finalizar la transferencia de datos generando un mensaje de error. *No reconocer*Tras recibir cualquier byte de datos o generar una condición de inicio o parada, si se desean lecturas repetidas del mismo registro, no es necesario enviar continuamente los bytes del puntero de registro; el dispositivo conserva el valor del puntero hasta que la siguiente operación de escritura lo modifica.

Figura 6-4 muestra el diagrama de tiempos de la operación de escritura. Figura 6-5 muestra el diagrama de tiempos de la operación de lectura.

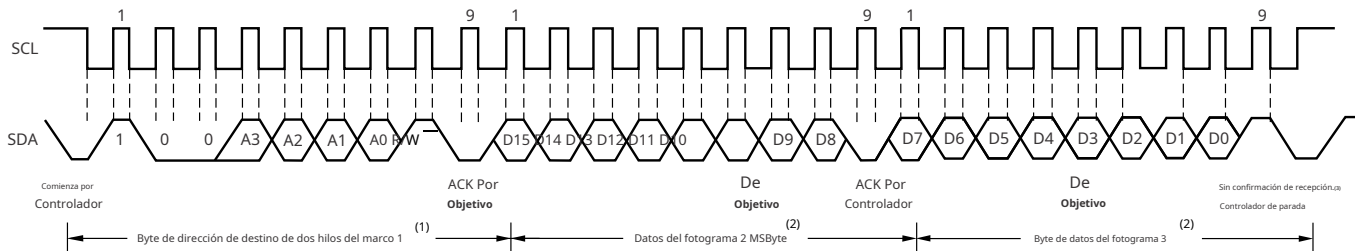
### Nota

Los bytes de registro se envían primero el byte más significativo, seguido del byte menos significativo.



1. El valor del byte de dirección del esclavo está determinado por la configuración de los pines A0 y A1. Consulte la documentación. [Tabla 6-2](#).

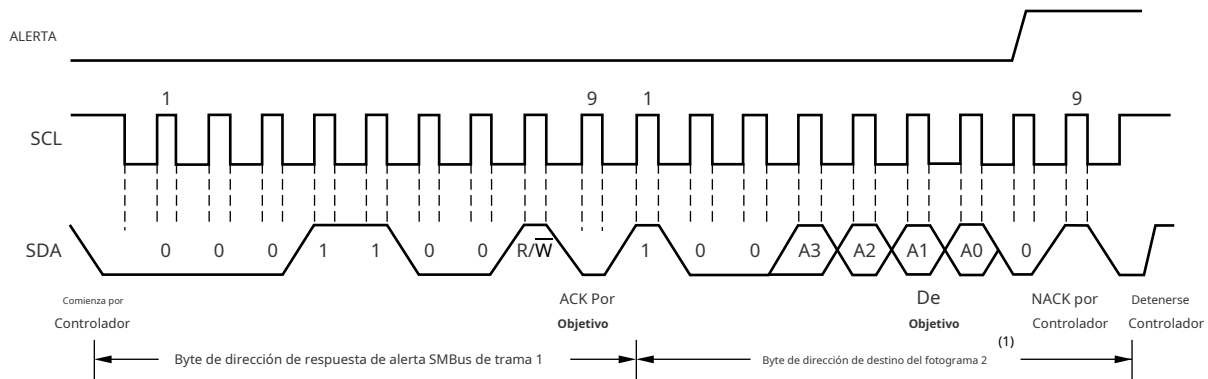
**Figura 6-4. Diagrama de tiempos para el formato de escritura de Word**



1. El valor del byte de dirección del esclavo está determinado por la configuración de los pines A0 y A1. Consulte la documentación. [Tabla 6-2](#).
2. Los datos leídos provienen de la última posición del puntero de registro. Si se desea leer un registro nuevo, es necesario actualizar el puntero de registro. Véase [Figura 6-7](#).
3. También se puede enviar un ACK del Maestro.

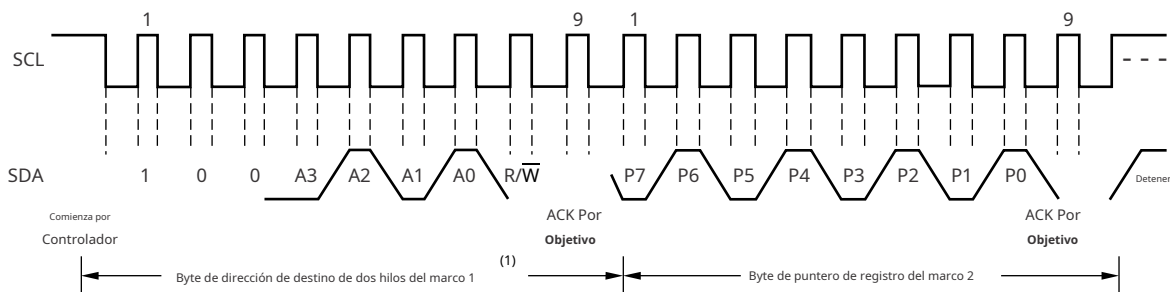
**Figura 6-5. Diagrama de tiempos para el formato de lectura de palabras**

Figura 6-6 muestra el diagrama de tiempos para la operación de respuesta de alerta SMBus. Figura 6-7 ilustra una configuración típica de puntero de registro.



1. El valor del byte de dirección del esclavo está determinado por la configuración de los pines A0 y A1. Consulte la documentación. [Tabla 6-2](#).

**Figura 6-6. Diagrama de tiempos para SMBus ALERT**



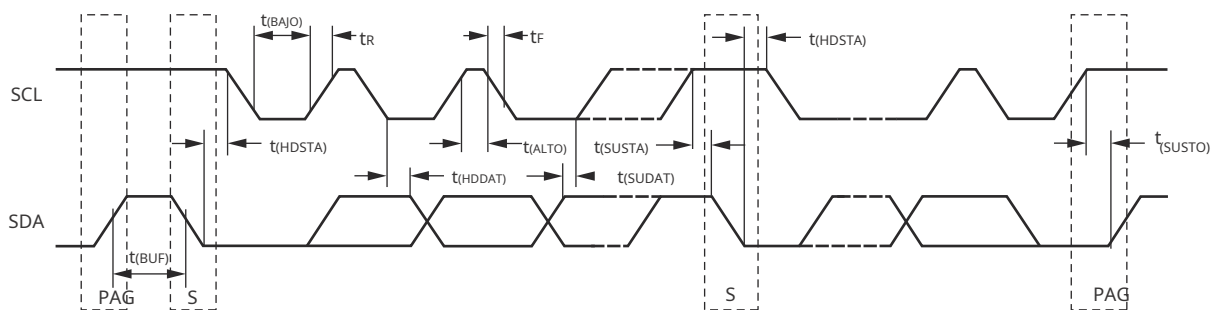
1. El valor del byte de dirección del esclavo está determinado por la configuración de los pines A0 y A1. Consulte la documentación. [Tabla 6-2](#).

**Figura 6-7. Conjunto típico de punteros de registro**

#### 6.5.5.3.1 Alta velocidad I2C Modo C

Cuando el bus está inactivo, las líneas SDA y SCL se mantienen en nivel alto mediante las resistencias pull-up. El maestro genera una condición de inicio seguida de un byte serial válido que contiene el código maestro de alta velocidad (HS). 00001XXX Esta transmisión se realiza en modo rápido (400 kHz) o estándar (100 kHz) (F/S) a una frecuencia máxima de 400 kHz. El dispositivo no acusa recibo del código maestro HS, pero sí reconoce el código y conmuta los filtros internos para admitir el funcionamiento a 2,94 MHz.

El maestro genera entonces una condición de inicio repetida (con la misma temporización que la condición de inicio). Tras esta condición de inicio repetida, el protocolo es idéntico al modo F/S, salvo que se permiten velocidades de transmisión de hasta 2,94 MHz. En lugar de utilizar una condición de parada, se utilizan condiciones de inicio repetidas para asegurar el bus en modo HS. Una condición de parada finaliza el modo HS y conmuta todos los filtros internos del dispositivo para admitir el modo F/S.



**Figure 6-8. Ba nosotros Tsoy engrame Diagrama RAM**

**Tabla 6-3. Definiciones del diagrama de temporización de buses<sup>(1)</sup>**

PARÁMETRO		MODO RÁPIDO		MODO DE ALTA VELOCIDAD		UNIDAD
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	
Frecuencia de funcionamiento del SCL	F(SCL)	0,001	0.4	0,001	2.94	megahercio
Condiciones de tiempo libre del autobús entre parada y arranque	t(BUF)	600		160		ns
Tiempo de espera tras repetidas condiciones de INICIO. Transcurrido este periodo, se genera el primer reloj.	t(HDSTA)	100		100		ns
Tiempo de configuración de la condición de inicio repetida	t(SUSTA)	100		100		ns
Tiempo de configuración de la condición de PARADA	t(SUSTO)	100		100		ns
Tiempo de retención de datos	t(HDDAT)	10	900	10	100	ns
Tiempo de configuración de datos	t(SUDAT)	100		20		ns
período bajo del reloj SCL	t(BAJO)	1300		200		ns
período alto del reloj SCL	t(ALTO)	600		60		ns
Tiempo de caída de datos	tF		300		80	ns
Hora de caída del reloj	tF		300		40	ns
tiempo de subida del reloj	tR		300		40	ns
Tiempo de subida de reloj/datos para SCLK ≤ 100 kHz	tR		1000			ns

(1) Valores basados en un análisis estadístico de una muestra única de dispositivos. No se garantizan los valores mínimos ni máximos, ni se han probado en producción.

#### 6.5.5.4 Respuesta a alertas SMBus

El INA226 está diseñado para responder a la dirección de respuesta de alerta SMBus. Esta respuesta permite la identificación rápida de fallos en dispositivos esclavos simples. Cuando se produce una alerta, el maestro puede difundir la dirección esclava de respuesta de alerta (0001 100) con el bit de lectura/escritura activado. Tras esta respuesta de alerta, cualquier dispositivo esclavo que genere una alerta se identifica confirmando la respuesta y enviando la dirección por el bus.

La respuesta de alerta puede activar varios dispositivos esclavos diferentes simultáneamente, de forma similar al I2Llamada general C. Si más de un esclavo intenta responder, se aplican las reglas de arbitraje del bus. El dispositivo que pierde la conexión no genera un acuse de recibo y mantiene la línea de alerta en nivel bajo hasta que se resuelve la interrupción.

## 7 Registros

### 7.1 Mapas de registro

El INA226 utiliza un banco de registros para almacenar la configuración, los resultados de las mediciones, los límites mínimos/máximos y la información de estado. [Tabla 7-1](#) resume los registros del dispositivo; consulte el [Diagrama de bloques funcional](#) sección para una ilustración de los registros.

Todos los registros de dispositivos de 16 bits constan de dos bytes de 8 bits a través de la interfaz I<sup>2</sup>C/Interfaz C.

Tabla 7-1. Resumen del conjunto de registros

PUNTERO DIRECCIÓN	NOMBRE DE REGISTRO	FUNCIÓN	REINICIO AL ENCENDIDO		TIPO <sup>(1)</sup>
			BINARIO	MALEFICIO	
00h	Registro de configuración	Restablecimiento de todos los registros, tiempos de conversión ADC de tensión de derivación y tensión de bus, y promediado, modo de funcionamiento.	01000001 00100111	4127	R/ $\overline{W}$
01h	Registro de voltaje de derivación	Datos de medición de tensión en derivación.	00000000 00000000	0000	R
02h	Registro de voltaje del bus	Datos de medición de tensión del bus.	00000000 00000000	0000	R
03h	Registro de potencia <sup>(2)</sup>	Contiene el valor de la potencia calculada que se entrega a la carga.	00000000 00000000	0000	R
04h	Registro actual <sup>(2)</sup>	Contiene el valor de la corriente calculada que fluye a través de la resistencia shunt.	00000000 00000000	0000	R
05h	Registro de calibración	Establece el rango de escala completa y el LSB de las mediciones de corriente y potencia. Calibración general del sistema.	00000000 00000000	0000	R/ $\overline{W}$
06h	Máscara/Habilitar registro	Configuración de alertas y bandera de Conversión Lista.	00000000 00000000	0000	R/ $\overline{W}$
07h	Registro de límite de alerta	Contiene el valor límite para comparar con la función de alerta seleccionada.	00000000 00000000	0000	R/ $\overline{W}$
FEh	Registro de identificación del fabricante	Contiene un número de identificación único del fabricante.	0101010001001001	5449	R
FFh	Registro de identificación de troquel	Contiene un número de identificación de troquel único.	0010001001100000	2260	R

(1) Tipo: **R**=Solo lectura, **R/ $\overline{W}$** =Leer/Escribir.

(2) El registro de corriente (04h) y el registro de potencia (03h) tienen como valor predeterminado '0' porque el registro de calibración tiene como valor predeterminado '0', lo que produce valores de corriente y potencia cero hasta que se programa el registro de calibración.

#### 7.1.1 Registro de configuración (00h) (Lectura/Escritura)

Tabla 7-2. Registro de configuración (00h) (Lectura/Escritura) Descripciones

BIT NO.	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	RST	—	—	—	AVG2	AVG1	AVG0	VBUSCT2	VBUSCT1	VBUSCT0	VSHCT2	VSHCT1	VSHCT0	MODO 3	MODO 2	MODO 1
POR VALOR	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1

Los ajustes del registro de configuración controlan los modos de funcionamiento del dispositivo. Este registro controla los ajustes del tiempo de conversión para las mediciones de tensión en derivación y bus, así como el modo de promediado utilizado. El modo de funcionamiento, que controla qué señales se seleccionan para su medición, también se programa en el registro de configuración.

Se puede leer el registro de configuración en cualquier momento sin afectar la configuración del dispositivo ni las conversiones en curso. Al escribir en el registro de configuración, se detiene cualquier conversión en curso hasta que finalice la secuencia de escritura, lo que da lugar a una nueva conversión basada en el nuevo contenido del registro de configuración (00h). Esta detención evita cualquier incertidumbre en las condiciones utilizadas para la siguiente conversión.

**RST:** Bit de reinicio

**Bit 15**

Al establecer este bit en '1', se genera un reinicio del sistema equivalente al reinicio por encendido. Restablece todos los registros a sus valores predeterminados; este bit se borra automáticamente.

**Promedio:**

**Modo de promedio**

Fragmentos 9–11

Determina el número de muestras que se recogen y se promedian. [Tabla 7-3](#) Muestra todas las configuraciones de bits AVG y el número de promedios relacionados para cada configuración de bits.

**Tabla 7-3. Combinaciones de configuración de bits AVG[11:9]**

AVG2 D11	AVG1 D10	AVG0 D9	NÚMERO DE PROMEDIOS <sup>(1)</sup>
0	0	0	1
0	0	1	4
0	1	0	16
0	1	1	64
1	0	0	128
1	0	1	256
1	1	0	512
1	1	1	1024

(1) Los valores sombreados son los predeterminados.

**VBUSCT:**

**Tiempo de conversión de voltaje del bus**

Bits 6–8

Establece el tiempo de conversión para la medición de la tensión del bus. [Tabla 7-4](#) Muestra las opciones de bits de VBUSCT y los tiempos de conversión relacionados para cada configuración de bits.

**Tabla 7-4. Combinaciones de configuración de bits de VBUSCT [8:6]**

VBUSCT2 D8	VBUSCT1 D7	VBUSCT0 D6	CONVERSIÓN TIEMPO <sup>(1)</sup>
0	0	0	140 µs
0	0	1	204 µs
0	1	0	332 µs
0	1	1	588 µs
1	0	0	1,1 ms
1	0	1	2,116 ms
1	1	0	4,156 ms
1	1	1	8,244 ms

(1) Los valores sombreados son los predeterminados.

**VSHCT:**

**Tiempo de conversión de tensión en derivación**

Bits 3–5

Establece el tiempo de conversión para la medición de la tensión de derivación. [Tabla 7-5](#) muestra las opciones de bits VSHCT y los tiempos de conversión relacionados para cada configuración de bits.

**Tabla 7-5. Combinaciones de configuración de bits VSHCT [5:3]**

VSHCT2 D8	VSHCT1 D7	VSHCT0 D6	CONVERSIÓN TIEMPO <sup>(1)</sup>
0	0	0	140 µs
0	0	1	204 µs
0	1	0	332 µs
0	1	1	588 µs
1	0	0	1,1 ms
1	0	1	2,116 ms
1	1	0	4,156 ms
1	1	1	8,244 ms

(1) Los valores sombreados son los predeterminados.

**MODO:**

**Modo de funcionamiento**

Bits 0-2

Selecciona el modo de funcionamiento continuo, activado o de apagado. Estos bits están configurados por defecto en el modo de medición continua de derivación y bus. La configuración del modo se muestra en [Tabla 7-6](#).

**Tabla 7-6. Combinaciones de configuración de modo [2:0]**

MODO 3 D2	MODO 2 D1	MODO 1 D0	MODO <sup>(1)</sup>
0	0	0	Apagado (o desconexión)
0	0	1	Tensión de derivación, activada
0	1	0	Tensión del bus, activada
0	1	1	Derivación y bus, activado
1	0	0	Apagado (o desconexión)
1	0	1	Tensión de derivación, continua
1	1	0	Tensión de bus, continua
1	1	1	Derivación y barra, continuo

(1) Los valores sombreados son los predeterminados.

**7.1.2 Registro de tensión de derivación (01h) (Solo lectura)**

El registro de tensión de derivación almacena la lectura actual de la tensión de derivación, V.DERIVACIÓN. Los números negativos se representan en formato de complemento a dos. Para generar el complemento a dos de un número negativo, se complementa su valor absoluto en binario y se le suma 1. Un bit más significativo (MSB) igual a '1' indica un número negativo.

**Ejemplo:** Para un valor de V.DERIVACIÓN = -80 mV:

1. Tomar el valor absoluto: 80 mV
2. Convierte este número a un número decimal entero ( $80 \text{ mV} \div 2,5 \mu\text{V} = 32000$ )
3. Convierte este número a binario = 0111 1101 0000 0000
4. Complementa el resultado binario = 1000 0010 1111 1111
5. Suma '1' al complemento para obtener el resultado en complemento a dos = 1000 0011 0000 0000 = 8300h

Si el cálculo de promedios está habilitado, este registro muestra el valor promedio.

Rango de escala completa = 81,92 mV (decimal = 7FFF); LSB: 2,5  $\mu\text{V}$ .

**Tabla 7-7. Registro de tensión de derivación (01h) (Solo lectura) Descripción**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	FIRMAR	SD14	SD13	SD12	SD11	SD10	SD9	SD8	SD7	SD6	SD5	SD4	SD3	SD2	SD1	SD0
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**7.1.3 Registro de voltaje del bus (02h) (Solo lectura)<sup>(1)</sup>**

El registro de voltaje del bus almacena la lectura de voltaje del bus más reciente, VBUS.

Si el cálculo de promedios está habilitado, este registro muestra el valor promedio.

Rango de escala completa = 40,96 V (decimal = 7FFF); LSB = 1,25 mV.

**Tabla 7-8. Registro de tensión del bus (02h) (Solo lectura) Descripción**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	—	BD14	BD13	BD12	BD11	BD10	BD9	BD8	BD7	BD6	BD5	BD4	BD3	BD2	BD1	BD0
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) D15 siempre es cero porque el voltaje del bus solo puede ser positivo.



#### 7.1.4 Registro de potencia (03h) (Solo lectura)

Si el cálculo de promedios está habilitado, este registro muestra el valor promedio.

El bit menos significativo (LSB) del registro de potencia está programado internamente para ser igual a 25 veces el valor programado del bit menos significativo actual (Current\_LSB).

El registro de potencia registra la potencia en vatios multiplicando los valores decimales del registro de corriente por el valor decimal del registro de tensión del bus según [Ecuación 4](#).

**Tabla 7-9. Registro de potencia (03h) (Solo lectura) Descripción**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	PD15	PD14	PD13	PD12	PD11	PD10	PD9	PD8	PD7	PD6	PD5	PD4	PD3	PD2	PD1	PD0
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### 7.1.5 Registro actual (04h) (Solo lectura)

Si el cálculo de promedios está habilitado, este registro muestra el valor promedio.

El valor del registro de corriente se calcula multiplicando el valor decimal del registro de tensión de derivación por el valor decimal del registro de calibración, según [Ecuación 3](#).

**Tabla 7-10. Registro actual (04h) (Solo lectura) Descripción del registro**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	FIRMA	CD14	CD13	CD12	CD11	CD10	CD9	CD8	CD7	CD6	CD5	CD4	CD3	CD2	CD1	CD0
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### 7.1.6 Registro de calibración (05h) (Lectura/Escritura)

Este registro proporciona al dispositivo el valor de la resistencia shunt presente para generar la tensión diferencial medida. El registro también establece la resolución del registro de corriente. La programación de este registro establece los bits menos significativos de corriente (Current\_LSB) y de potencia (Power\_LSB). Este registro también se utiliza en la calibración general del sistema. Véase el [Programación del registro de calibración](#) Para obtener información adicional sobre la programación del Registro de Calibración.

**Tabla 7-11. Registro de calibración (05h) (Lectura/Escritura) Descripción**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	—	FS14	FS13	FS12	FS11	FS10	FS9	FS8	FS7	FS6	FS5	FS4	FS3	FS2	FS1	FS0
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

#### 7.1.7 Registro de máscara/habilitación (06h) (Lectura/Escritura)

El registro de máscara/habilitación selecciona la función habilitada para controlar el pin de alerta, así como su funcionamiento. Si hay varias funciones habilitadas, la función de alerta con el bit más significativo (D15-D11) tiene prioridad y responde al registro de límite de alerta.

**Tabla 7-12. Registro de máscara/habilitación (06h) (Lectura/Escritura)**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	SOL	SUL	BOL	BUL	POL	CNVR	—	—	—	—	—	AFF	CVRF	OVF	APOL	LEN
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

##### SOL:

##### Sobretensión de derivación

Bit 15

Al configurar este bit en alto, se configura el pin de alerta para que se active si la medición de voltaje de derivación después de una conversión excede el valor programado en el registro de límite de alerta.

##### SUL:

##### Subtensión de derivación

**Bit 14** Al configurar este bit en alto, se configura el pin de alerta para que se active si la medición de voltaje de derivación después de una conversión cae por debajo del valor programado en el registro de límite de alerta.

**BOL:                      Sobretensión de la barra colectora**

**Bit 13** Al configurar este bit en alto, se configura el pin de alerta para que se active si la medición de voltaje del bus después de una conversión excede el valor programado en el registro de límite de alerta.

**BUL:                      Subtensión de bus**

**Bit 12** Al configurar este bit en alto, se configura el pin de alerta para que se active si la medición de voltaje del bus después de una conversión cae por debajo del valor programado en el registro de límite de alerta.

**POL:                      Exceso de potencia**

**Bit 11** Al configurar este bit en alto, se configura el pin de alerta para que se active si el cálculo de potencia realizado después de una medición de voltaje del bus excede el valor programado en el registro de límite de alerta.

**CNVR:                    Preparado para la conversión**

**Bit 10** Al configurar este bit en alto, se configura el pin de alerta para que se active cuando se active el indicador de conversión lista, bit 3, lo que indica que el dispositivo está listo para la siguiente conversión.

**AFF:                      Indicador de función de alerta**

**Bit 4** Aunque solo se puede supervisar una función de alerta a la vez en el pin de alerta, también se puede habilitar la conversión para activar dicho pin. Al leer el indicador de la función de alerta tras una alerta, el usuario puede determinar si esta es la fuente de la misma.

Cuando el bit de habilitación de retención de alerta está configurado en modo de retención, el bit de indicador de función de alerta se borra solo cuando se lee el registro de máscara/habilitación. Cuando el bit de habilitación de retención de alerta está configurado en modo transparente, el bit de indicador de función de alerta se borra después de la siguiente conversión que no genere una condición de alerta.

**CVRF:                    Bandera de conversión lista**

**Bit 3** Aunque el dispositivo puede leerse en cualquier momento y los datos de la última conversión están disponibles, el bit de indicador de conversión lista se proporciona para ayudar a coordinar las conversiones puntuales o automatizadas. El bit de indicador de conversión lista se activa una vez completadas todas las conversiones, los promedios y las multiplicaciones. El bit de indicador de conversión lista se desactiva en las siguientes condiciones:

- 1.) Escritura en el Registro de Configuración (excepto para la selección de Apagado)
- 2.) Lectura del registro de máscara/habilitación

**OVF:                      Bandera de desbordamiento matemático**

**Bit 2** Este bit se activa (se pone a '1') si una operación aritmética produce un error de desbordamiento. El bit indica que los datos de corriente y potencia pueden ser inválidos.

**APOL:                    Bit de polaridad de alerta; establece la polaridad del pin de alerta.**

**Bit 1** 1 = Invertido (colector abierto activo-alto)  
0 = Normal (colector abierto activo en bajo) (predeterminado)

**LEN:                      Habilitación de enclavamiento de alerta; configura la función de enclavamiento del pin de alerta y los bits de bandera de alerta.**

**Bit 0** 1 = Cierre habilitado  
0 = Transparente (predeterminado)  
Cuando el bit de habilitación de retención de alerta está configurado en modo transparente, el pin de alerta y el bit de bandera se restablecen a los estados inactivos una vez que se ha solucionado el fallo. Cuando el bit de habilitación de retención de alerta está configurado en modo de retención, el pin de alerta y el bit de bandera de alerta permanecen activos tras un fallo hasta que se haya leído el registro de máscara/habilitación.

### 7.1.8 Registro de límite de alerta (07h) (Lectura/Escritura)

El registro de límite de alerta contiene el valor utilizado para comparar con el registro seleccionado en el registro de máscara/habilitación para determinar si se ha superado un límite.

**Tabla 7-13. Registro de límite de alerta (07h) (Lectura/Escritura) Descripción**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	AUL15	AUL14	AUL13	AUL12	AUL11	AUL10	AUL9	AUL8	AUL7	AUL6	AUL5	AUL4	AUL3	AUL2	AUL1	AUL0
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 7.1.9 Registro de identificación del fabricante (FEh) (Solo lectura)

El registro de identificación del fabricante almacena un número de identificación único para el fabricante.

**Tabla 7-14. Registro de identificación del fabricante (FEh) (Solo lectura) Descripción**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	ID15	ID14	ID13	ID12	ID11	ID10	ID9	ID8	ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0
POR VALOR	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1

IDENTIFICACIÓN:

Bits de identificación del fabricante

Bits 0-15

Almacena los bits de identificación del fabricante

### 7.1.10 Registro de identificación del chip (FFh) (Solo lectura)

El registro de identificación del troquel almacena un número de identificación único y el ID de revisión del troquel.

**Tabla 7-15. Descripción del registro de identificación del chip (FFh) (solo lectura).**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	DID11	DID10	DID9	DID8	DID7	DID6	DID5	DID4	DID3	DID2	DID1	DID0	RID3	RID2	RID1	RID0
POR VALOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

HIZO:

Bits de identificación del dispositivo

Bits 4-15

Almacena los bits de identificación del dispositivo

DESHACERSE:

Bits de identificación de revisión del troquel

Bit 0-3

Almacena los bits de identificación de revisión del dispositivo.

## 8 Aplicación e implementación

### Nota

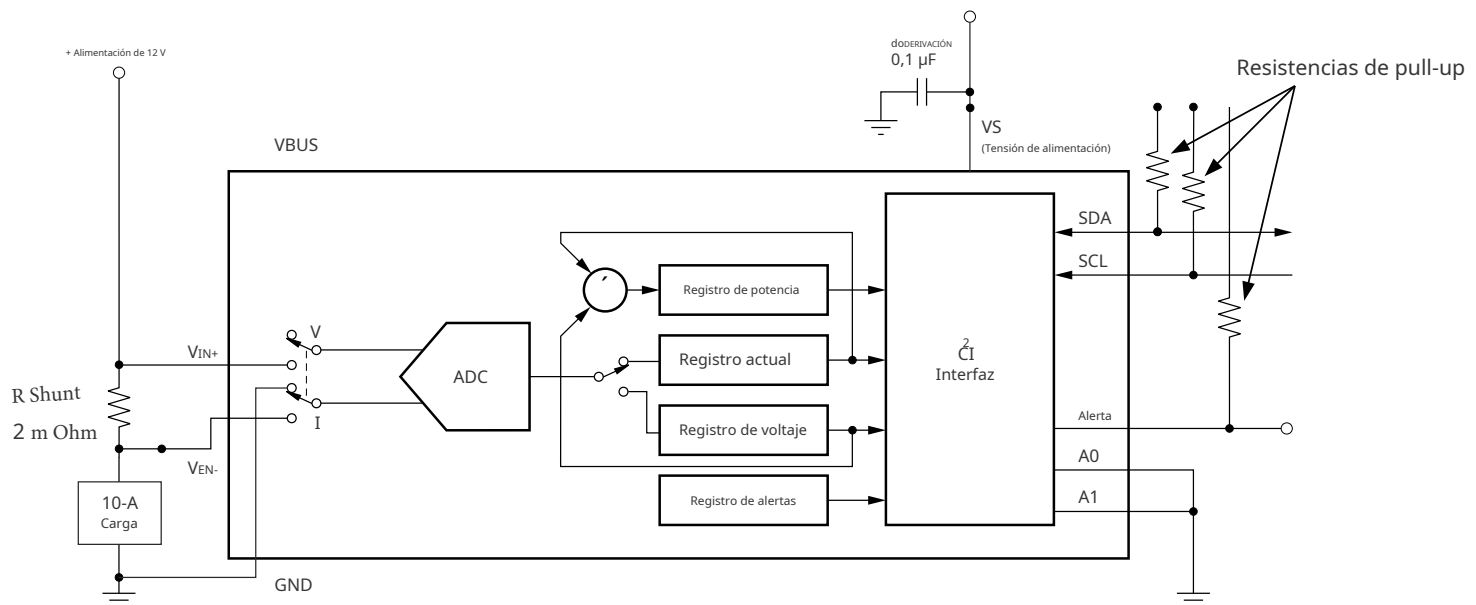
La información contenida en las siguientes secciones de aplicaciones no forma parte de las especificaciones de componentes de TI, y TI no garantiza su exactitud ni integridad. Los clientes de TI son responsables de determinar la idoneidad de los componentes para sus fines, así como de validar y probar la implementación de su diseño para confirmar la funcionalidad del sistema.

### 8.1 Información de la aplicación

El INA226 es un shunt de corriente y monitor de potencia con interfaz I2C.™ Interfaz compatible. El dispositivo monitoriza tanto la caída de tensión en derivación como la tensión de alimentación del bus. La calibración programable, los tiempos de conversión y el cálculo del promedio, junto con un multiplicador interno, permiten la lectura directa de la corriente en amperios y la potencia en vatios.

### 8.2 Aplicaciones típicas

#### 8.2.1 Aplicación de circuitos de detección de lado alto



**Figura 8-1. Configuración de circuito típica, INA226**

#### 8.2.1.1 Requisitos de diseño

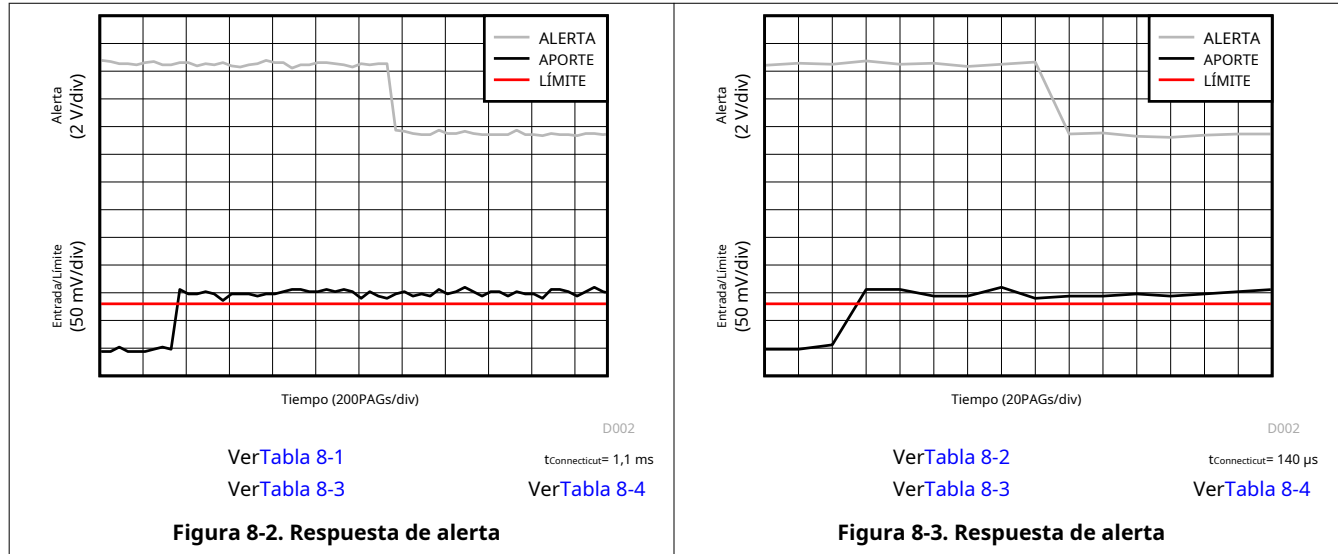
INA226 mide la tensión desarrollada a través de una resistencia de detección de corriente (R<sub>DERIVACIÓN</sub>) cuando la corriente pasa a través de la resistencia. El dispositivo también mide la tensión de alimentación del bus y, una vez calibrado, puede calcular la potencia. El dispositivo incluye una función de alerta cuyo pin se puede programar para responder a una señal definida por el usuario. evento o a una notificación de conversión lista. Este diseño ilustra la capacidad del pin de alerta para responder a un conjunto límite.

### 8.2.1.2 Procedimiento de diseño detallado

El pin de alerta se puede configurar para que responda a una de las cinco funciones de alerta descritas en el documento. [Pin de alerta](#) sección. El pasador de alerta debe elevarse hasta la V<sub>vs</sub>La tensión en los pines se controla mediante resistencias pull-up. El registro de configuración se ajusta según el tiempo de conversión y el promedio requeridos. El registro de máscara/habilitación se configura para identificar la función de alerta necesaria y el registro de límite de alerta se configura con el valor límite utilizado para la comparación.

### 8.2.1.3 Curvas de aplicación

[Figura 8-2](#) muestra la respuesta del pin de alerta a una tensión de derivación superior al límite de 80 mV durante un tiempo de conversión (t<sub>Connecticut</sub>) de 1,1 ms y con un promedio establecido en 1. [Figura 8-3](#) muestra la respuesta para el mismo límite pero con el tiempo de conversión reducido a 140 µs.



**Tabla 8-1. Registro de configuración (00h) Ajustes para [Figura 8-2](#) (Valor = 4025h)**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	RST	—	—	—	AVG2	AVG1	AVG0	VBUSCT 2	VBUSCT 1	VBUSCT 0	V <sub>CT</sub> 2	V <sub>SH</sub> CT1	V <sub>SH</sub> CT0	MODO 3	MODO 2	MODO 1
POR VALOR	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1

**Tabla 8-2. Registro de configuración (00h) Ajustes para [Figura 8-3](#) (Valor = 4005h)**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	RST	—	—	—	AVG2	AVG1	AVG0	VBUSCT 2	VBUSCT 1	VBUSCT 0	V <sub>CT</sub> 2	V <sub>SH</sub> CT1	V <sub>SH</sub> CT0	MODO 3	MODO 2	MODO 1
POR VALOR	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

**Tabla 8-3. Configuración de máscara/registro de habilitación (06h) para [Figura 8-2](#) y [Figura 8-3](#) (Valor = 8000h)**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	SOL	SUL	BOL	BUL	POL	CNVR	—	—	—	—	—	AFF	CVRF	OVF	APOL	LEN
POR VALOR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 8-4. Alert Li<sub>metr</sub> Configuración de registro (07h) para [Figura 8-2](#) y [Figura 8-3](#) (Valor = 7D00)**

POCO #	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
POCO NOMBRE	AUL15	AUL14	AUL13	AUL12	AUL11	AUL10	AUL9	AUL8	AUL7	AUL6	AUL5	AUL4	AUL3	AUL2	AUL1	AUL0
POR VALOR	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

### 8.3 Recomendaciones sobre la fuente de alimentación

El circuito de entrada del dispositivo puede medir con precisión señales en tensiones de modo común superiores a la tensión de alimentación,  $V_{vs}$ . Por ejemplo, el voltaje aplicado al  $V_{vs}$  La tensión en el terminal de alimentación puede ser de 5 V, mientras que la tensión de alimentación de la carga que se está monitorizando (la tensión de modo común) puede alcanzar los 36 V. Cabe destacar también que el dispositivo puede soportar el rango completo de 0 V a 36 V en los terminales de entrada, independientemente de si está alimentado o no.

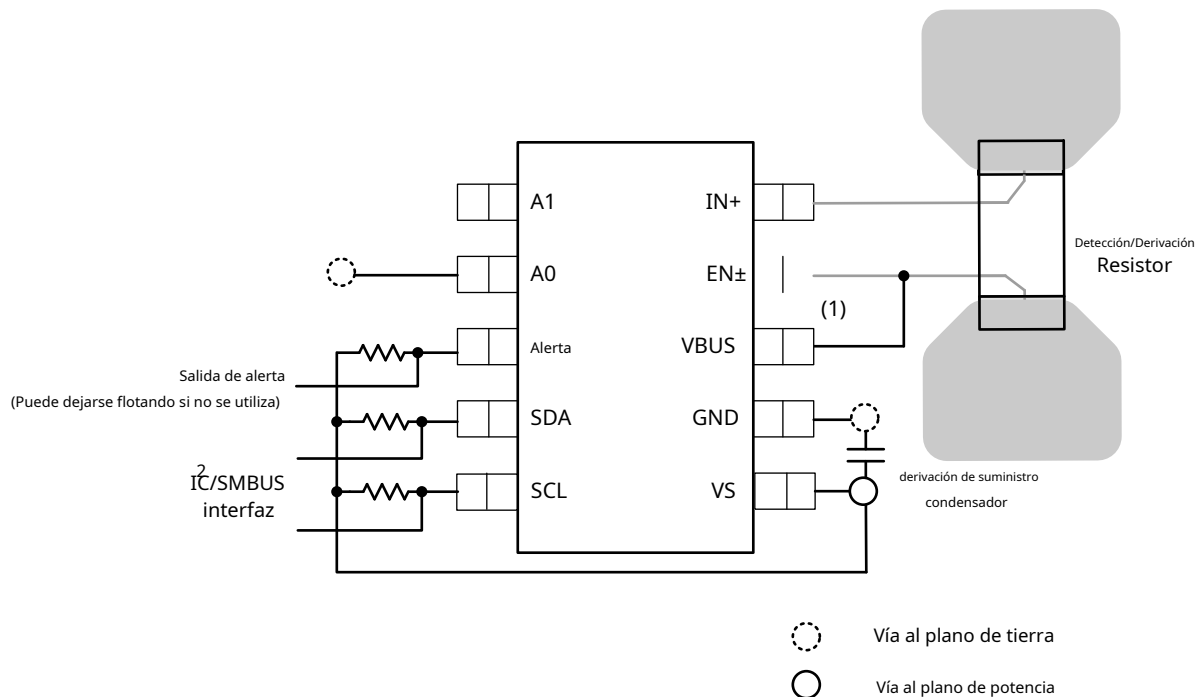
Coloque los condensadores de desacoplamiento de la fuente de alimentación lo más cerca posible de los terminales de alimentación y tierra del dispositivo para garantizar la estabilidad. Un valor típico para este condensador de desacoplamiento es de 0,1  $\mu\text{F}$ . Las aplicaciones con fuentes de alimentación ruidosas o de alta impedancia pueden requerir condensadores de desacoplamiento adicionales para rechazar el ruido de la fuente de alimentación.

## 8.4 Diseño

### 8.4.1 Directrices de diseño

Conecte los pines de entrada (IN+ e IN-) a la resistencia de detección mediante una conexión Kelvin o una conexión de 4 hilos. Estas técnicas de conexión garantizan que solo se detecte la impedancia de la resistencia de detección de corriente entre los pines de entrada. Un enrutamiento deficiente de la resistencia de detección de corriente suele generar una resistencia adicional entre los pines de entrada. Dado el valor óhmico tan bajo de la resistencia de detección de corriente, cualquier impedancia adicional que conduzca una corriente elevada provoca errores de medición significativos. Coloque el condensador de desacoplamiento de la fuente de alimentación lo más cerca posible de los pines de alimentación y tierra.

### 8.4.2 Ejemplo de diseño



(1) conectar el Pin VBUS a la derivación de suministro eléctrico.

**Figura 8-4. Ejemplo de diseño**

## 9. Soporte para dispositivos y documentación

### 9.1 Compatibilidad con dispositivos

#### 9.1.1 Soporte para el desarrollo

- Tutorial de software y placa de evaluación INA226EVM ([SBOU113](#))

### 9.2 Recepción de notificaciones de actualizaciones de la documentación

Para recibir notificaciones sobre actualizaciones de la documentación, diríjase a la carpeta del producto del dispositivo en [ti.com](#). Haz clic en *Notificaciones*. Regístrese para recibir un resumen semanal con la información de cualquier producto que haya cambiado. Para obtener detalles sobre los cambios, consulte el historial de revisiones incluido en cualquier documento actualizado.

## 9.3 Recursos de apoyo

**TI E2E™ foros de soporte** Somos la fuente de referencia para ingenieros que buscan respuestas rápidas y verificadas, además de ayuda con el diseño, directamente de expertos. Busca respuestas existentes o formula tu propia pregunta para obtener la ayuda que necesitas.

El contenido enlazado se proporciona «TAL CUAL» por sus respectivos colaboradores. No constituye una especificación de TI y no refleja necesariamente la opinión de TI; consulte la política de privacidad de TI. [Condiciones de uso.](#)

### 9.4 Marcas comerciales

I2C™ es una marca registrada de I2C Technologies, Ltd. TI

E2E™ es una marca registrada de Texas Instruments.

Todas las marcas registradas son propiedad de sus respectivos dueños.

### 9.5 Precaución por descarga electrostática



Este circuito integrado puede dañarse por descargas electrostáticas (ESD). Texas Instruments recomienda manipular todos los circuitos integrados con las debidas precauciones. No seguir los procedimientos adecuados de manipulación e instalación puede causar daños.

Los daños por ESD pueden variar desde una leve degradación del rendimiento hasta la falla total del dispositivo. Los circuitos integrados de precisión pueden ser más susceptibles a sufrir daños, ya que cambios paramétricos mínimos podrían provocar que el dispositivo no cumpla con sus especificaciones publicadas.

## 9.6 Glosario

### Glosario de TI

Este glosario enumera y explica términos, acrónimos y definiciones.

## 10 Historial de revisiones

NOTA: Los números de página de las revisiones anteriores pueden diferir de los números de página de la versión actual.

<b>Cambios de la Revisión A (agosto de 2015) a la Revisión B (septiembre de 2024)</b>	<b>Página</b>
• Se actualizó el formato de numeración para tablas, figuras y referencias cruzadas en todo el documento.....	1
• Se eliminó el modelo de máquina de las clasificaciones ESD.....	4
• Valores métricos térmicos actualizados para que coincidan con el modelo térmico.....	4
• Se añadió el símbolo $\pm$ delante de los valores típicos para las especificaciones de PSRR.....	5
• Valor típico de la corriente de polarización de entrada reducido.....	5
• Actualizado <i>Error de ganancia de entrada en derivación frente a la tensión de modo común</i> Gráfico y curvas de corriente de polarización de entrada.....	7

<b>Cambios de la Revisión * (junio de 2011) a la Revisión A (agosto de 2015)</b>	<b>Página</b>
• Se agregó la tabla de clasificación de manejo, la sección de descripción de funciones, los modos funcionales del dispositivo, la sección de aplicación e implementación, la sección de recomendaciones de fuente de alimentación, la sección de diseño, la sección de soporte de dispositivos y documentación, y la sección de información mecánica, de embalaje y de pedidos.	1

## 11. Información mecánica, de embalaje y de pedidos

Las siguientes páginas incluyen información mecánica, de embalaje y de pedidos. Esta información es la más reciente disponible para los dispositivos indicados. Estos datos están sujetos a cambios sin previo aviso y a la revisión de este documento. Para consultar la versión web de esta ficha técnica, utilice el menú de navegación de la izquierda.



INFORMACIÓN SOBRE EL EMBALAJE

Número de pieza solicitable	Estado (1)	tipo de material (2)	Paquete   Pines	Cantidad de paquetes   Transportista	RoHS (3)	Acabado de plomo/ Material de la pelota (4)	Clasificación MSL/ Reflujo máximo (5)	Temperatura de funcionamiento (°C)	Marcado de piezas (6)
<a href="#">INA226AIDGSR</a>	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	2500   GRANDE T&R	Sí	NIPDAU   SN   NIPDAUAG	Nivel-2-260C-1 AÑO	- 40 a 125	226
INA226AIDGSR.A	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	2500   GRANDE T&R	Sí	SN	Nivel-2-260C-1 AÑO	- 40 a 125	226
INA226AIDGSR.B	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	2500   GRANDE T&R	Sí	SN	Nivel-2-260C-1 AÑO	- 40 a 125	226
INA226AIDGSRG4	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	2500   GRANDE T&R	Sí	NIPDAU	Nivel 1 - 260C - ILIMITADO	- 40 a 125	226
INA226AIDGSRG4.A	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	2500   GRANDE T&R	Sí	NIPDAU	Nivel 1 - 260C - ILIMITADO	- 40 a 125	226
INA226AIDGSRG4.B	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	2500   GRANDE T&R	Sí	NIPDAU	Nivel 1 - 260C - ILIMITADO	- 40 a 125	226
INA226AIDGST	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	250   PEQUEÑO T&R	Sí	NIPDAU   SN   NIPDAUAG	Nivel-2-260C-1 AÑO	- 40 a 125	226
INA226AIDGST.A	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	250   PEQUEÑO T&R	Sí	SN	Nivel-2-260C-1 AÑO	- 40 a 125	226
INA226AIDGST.B	Activo	Producción	VSSOP (DGS)   10	250   PEQUEÑO T&R	Sí	SN	Nivel-2-260C-1 AÑO	- 40 a 125	226

(1)**Estado:**Para obtener más detalles sobre el estado, consulte nuestro[ciclo de vida del producto](#).

(2)**Tipo de material:**Cuando se designan como tales, las piezas de preproducción son prototipos/dispositivos experimentales y aún no han sido aprobadas ni autorizadas para la producción en serie. Las pruebas y el proceso final, incluyendo, entre otros, el control de calidad, las pruebas de fiabilidad y/o la cualificación del proceso, pueden no estar completos, y este artículo está sujeto a cambios o a su posible descatalogación. Si está disponible para su compra, esta estará sujeta a una exención de responsabilidad adicional al finalizar la compra y está destinada únicamente a fines de evaluación interna inicial. Estos artículos se venden sin garantía de ningún tipo.

(3)**Valores RoHS:**Sí, No, Exento de RoHS. Ver la[Declaración RoHS de TI](#)Para obtener información adicional y la definición de valores.

(4)**Acabado de plomo/Material de la bola:**Las piezas pueden tener varias opciones de acabado. Estas opciones están separadas por una línea vertical. Los valores del acabado del plomo/material de la bola pueden ocupar dos líneas si exceden el ancho máximo de la columna.

(5)**Clasificación MSL/Reflujo máximo:**Se indican los niveles de sensibilidad a la humedad y las temperaturas máximas de soldadura (reflujo). Si un componente tiene varios niveles de sensibilidad a la humedad, solo se muestra el más bajo según las normas JEDEC. Consulte la etiqueta de envío para conocer la temperatura de reflujo real que se utilizará para montar el componente en la placa de circuito impreso.

(6)**Marcado de piezas:**Puede haber una marca adicional, relacionada con el logotipo, la información del código de seguimiento del lote o la categoría ambiental de la pieza.

Las marcas de piezas múltiples se indicarán entre paréntesis. Solo aparecerá en cada pieza una marca contenida entre paréntesis y separada por una "~". Si una línea está sangrada, es la continuación de la línea anterior y ambas, combinadas, representan la marca completa de la pieza para ese dispositivo.

**Información importante y descargo de responsabilidad:** La información proporcionada en esta página representa el conocimiento y la opinión de TI a la fecha de su publicación. TI basa su conocimiento y opinión en información proporcionada por terceros y no ofrece ninguna garantía ni declaración sobre la exactitud de dicha información. Se están realizando esfuerzos para integrar mejor la información de terceros. TI ha tomado y continúa tomando medidas razonables para proporcionar información representativa y precisa, pero es posible que no haya realizado pruebas destructivas ni análisis químicos de los materiales y productos químicos recibidos. TI y sus proveedores consideran cierta información como confidencial, por lo que los números CAS y otra información limitada podrían no estar disponibles para su divulgación.

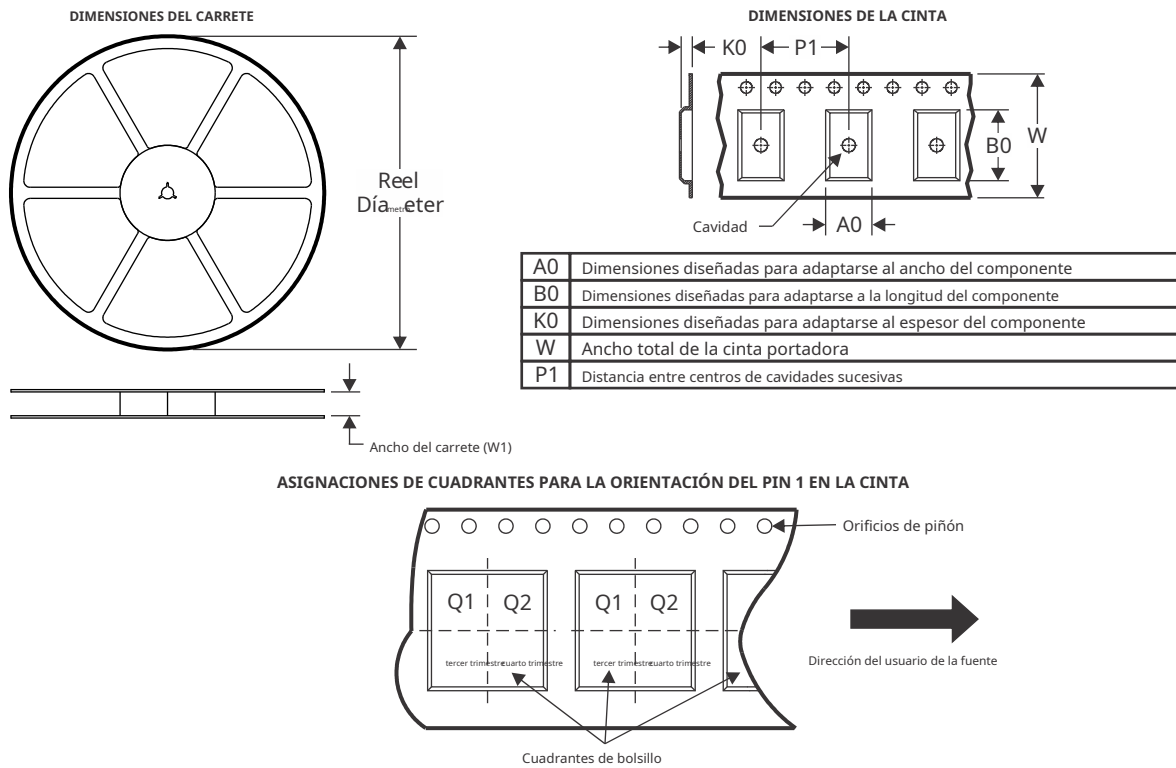
En ningún caso la responsabilidad de TI derivada de dicha información excederá el precio total de compra de las piezas de TI en cuestión en este documento, vendidas por TI al Cliente anualmente.

#### OTRAS VERSIONES CALIFICADAS DE INA226:

- Automoción: [INA226-Q1](#)

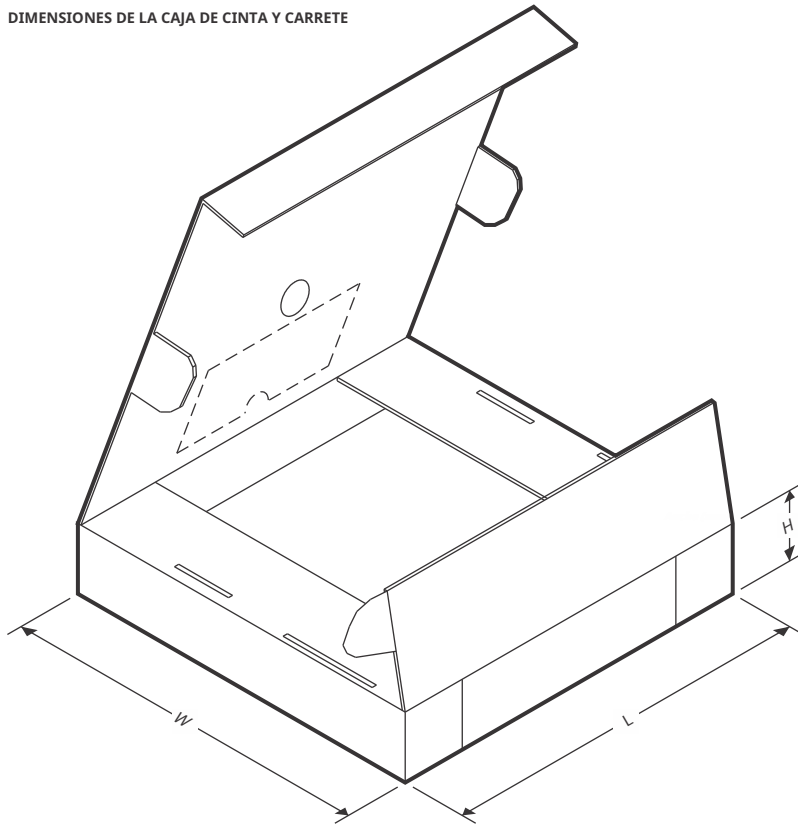
NOTA: Definiciones de versiones cualificadas:

- Automoción - Dispositivos Q100 cualificados para aplicaciones de automoción de alta fiabilidad con el objetivo de cero defectos.

**INFORMACIÓN SOBRE CINTAS Y CARRETES**


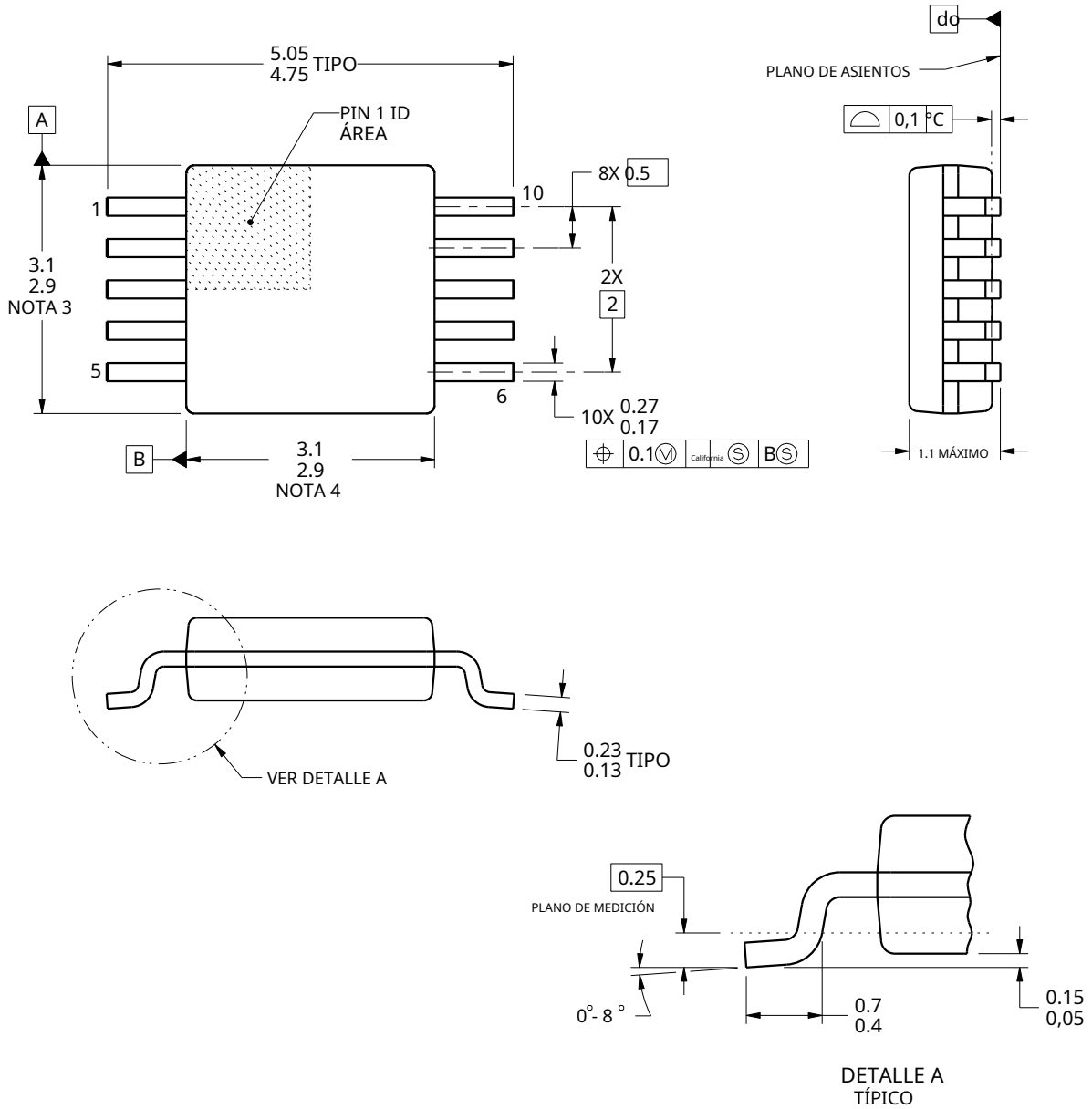
\* Todas las dimensiones son nominales

Dispositivo	Paquete Tipo	Paquete Dibujo	Patillas	SPQ	Carrete Diámetro (mm)	Carrete Ancho W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Cuadrante
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA226AIDGSRG4	VSSOP	DGS	10	2500	330.0	12.4	5.3	3.4	1.4	8.0	12.0	Q1
INA226AIDGST	VSSOP	DGS	10	250	330.0	12.4	5.25	3.35	1.25	8.0	12.0	Q1

**DIMENSIONES DE LA CAJA DE CINTA Y CARRETE**


\* Todas las dimensiones son nominales

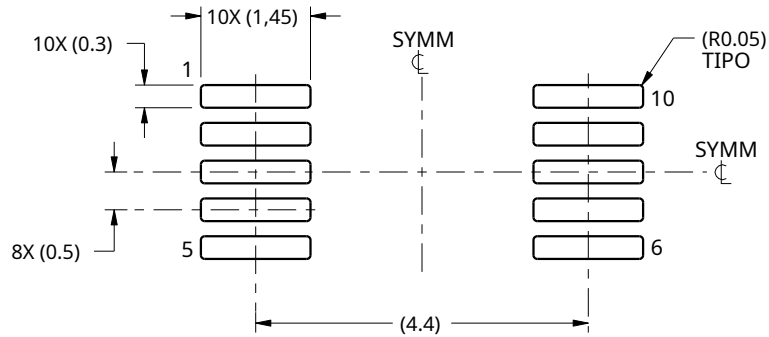
Dispositivo	Tipo de paquete	Dibujo del paquete	Patas	SPQ	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
INA226AIDGSR	VSSOP	DGS	10	2500	353.0	353.0	32.0
INA226AIDGSRG4	VSSOP	DGS	10	2500	353.0	353.0	32.0
INA226AIDGST	VSSOP	DGS	10	250	366.0	364.0	50.0



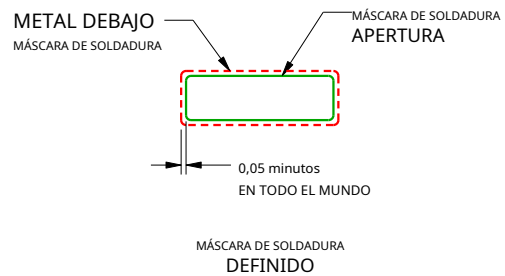
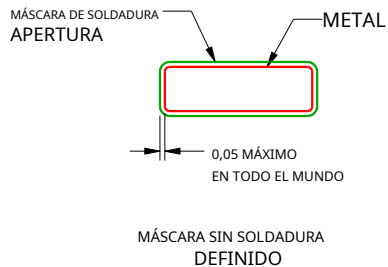
4221984/A 05/2015

## NOTAS:

1. Todas las dimensiones lineales están en milímetros. Las dimensiones entre paréntesis son solo de referencia. Dimensionamiento y tolerancias según ASME Y14.5M.
2. Este dibujo está sujeto a cambios sin previo aviso.
3. Esta dimensión no incluye rebabas, protuberancias ni rebabas de la entrada de moldeo. Las rebabas, protuberancias o rebabas de la entrada de moldeo no deben exceder los 0,15 mm por lado.
4. Esta dimensión no incluye el reborde entre conductores. El reborde entre conductores no deberá exceder los 0,25 mm por lado.
5. Referencia JEDEC registro MO-187, variante BA.



EJEMPLO DE PATRÓN DE TERRENO  
ESCALA: 10X



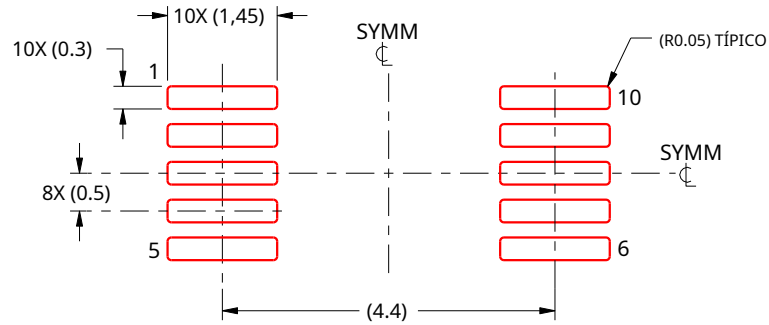
DETALLES DE LA MÁSCARA DE SOLDADURA  
NO A ESCALA

4221984/A 05/2015

## NOTAS: (continuación)

6. La publicación IPC-7351 puede tener diseños alternativos.

7. Las tolerancias de la máscara de soldadura entre y alrededor de las almohadillas de señal pueden variar según el lugar de fabricación de la placa.



## EJEMPLO DE PASTA DE SOLDAR

BASADO EN UNA PLANTILLA DE 0,125 mm DE ESPESOR  
ESCALA: 10X

4221984/A 05/2015

## NOTAS: (continuación)

8. Las aberturas cortadas con láser con paredes trapezoidales y esquinas redondeadas pueden ofrecer una mejor liberación de la pasta. La norma IPC-7525 puede contener recomendaciones de diseño alternativas.
9. El sitio de ensamblaje de placas puede tener recomendaciones diferentes para el diseño de plantillas.

## **AVISO IMPORTANTE Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD**

TI proporciona datos técnicos y de fiabilidad (incluidas las hojas de datos), recursos de diseño (incluidos los diseños de referencia), asesoramiento sobre aplicaciones u otro tipo de diseño, herramientas web, información de seguridad y otros recursos «tal cual» y con todos sus defectos, y renuncia a todas las garantías, expresas e implícitas, incluidas, entre otras, las garantías implícitas de comerciabilidad, idoneidad para un propósito particular o no infracción de los derechos de propiedad intelectual de terceros.

Estos recursos están dirigidos a desarrolladores expertos que diseñan con productos de TI. Usted es el único responsable de (1) seleccionar los productos de TI adecuados para su aplicación, (2) diseñar, validar y probar su aplicación, y (3) garantizar que su aplicación cumpla con las normas aplicables y cualquier otro requisito de seguridad, protección, reglamentario o de otra índole.

Estos recursos están sujetos a cambios sin previo aviso. TI le otorga permiso para usar estos recursos únicamente para el desarrollo de una aplicación que utilice los productos de TI descritos en el recurso. Se prohíbe cualquier otra reproducción o exhibición de estos recursos. No se concede ninguna licencia sobre ningún otro derecho de propiedad intelectual de TI ni sobre ningún derecho de propiedad intelectual de terceros. TI se exime de toda responsabilidad, y usted se compromete a indemnizar completamente a TI y a sus representantes frente a cualquier reclamación, daño, coste, pérdida o responsabilidad que surja del uso que usted haga de estos recursos.

Los productos de TI se proporcionan sujetos a [Condiciones de venta de TI](#) u otros términos aplicables disponibles en [enti.com](#) se proporcionan junto con dichos productos de TI. La provisión de estos recursos por parte de TI no amplía ni modifica de otro modo las garantías o las exenciones de responsabilidad de garantía aplicables de TI para los productos de TI.

TI se opone y rechaza cualquier término adicional o diferente que usted haya propuesto.

Dirección postal: Texas Instruments, Apartado de correos 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated