

产品特性

- 高阻抗单端输入电压范围: -0.1V~2V
- 低输入失调与温漂:
±2.5mV (最大值), ±10μV/°C (最大值)
- 固定初始增益: 1
- 低增益误差与温漂:
±0.3% (最大值), ±30ppm/°C (最大值)
- 低非线性度与温漂:
0.04%, ±1ppm/°C (典型值)
- 低压侧与高压侧均支持 3.3V 到 5V 供电
- 系统级报警功能
- 安全和法规认证:
 - 符合 DIN EN IEC 60747-17 (VDE 0884-17) 标准的 7071V_{PK} 隔离耐压
 - 符合 UL 1577 认证, 1 分钟 5kV_{RMS}
- 高共模瞬态抗扰度: 150kV/μs (典型值)

应用

- 工业电机控制和驱动
- 隔离式开关电源
- 不间断电源

概述

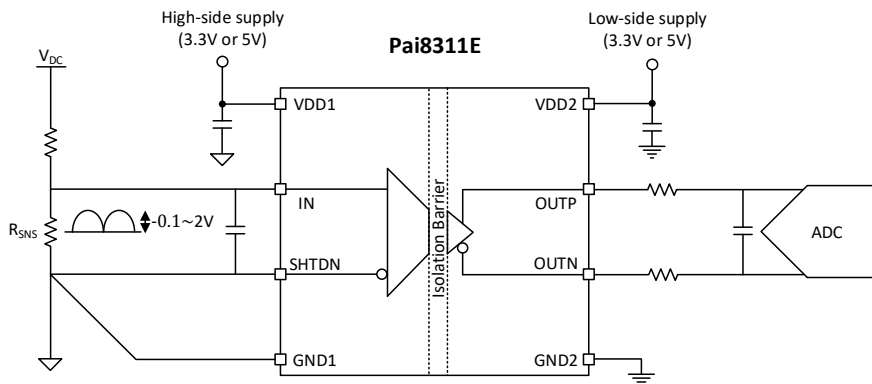
Pai8311E 是一款高精度的单端输入, 差分输出隔离放大器。高压侧低压侧之间隔离带支持符合 UL1577 认证, 高达 5kV_{RMS} 的电气隔离。与隔离电源协同工作, Pai8311E 可以在保证电气功能的同时, 分隔开高压侧与低压侧, 提高系统抗扰度, 并保护低压侧的设备与人身安全。

Pai8311E 内部集成高压侧电源丢失检测功能, 有助于故障诊断和保证系统安全。

Pai8311E 支持在温度范围(-40°C~125°C)正常工作。

器件型号	封装	尺寸(标称)
Pai8311E-W5R	WB-SOIC-8	5.85mm*7.5mm

简化应用框图



1 引脚配置与功能描述

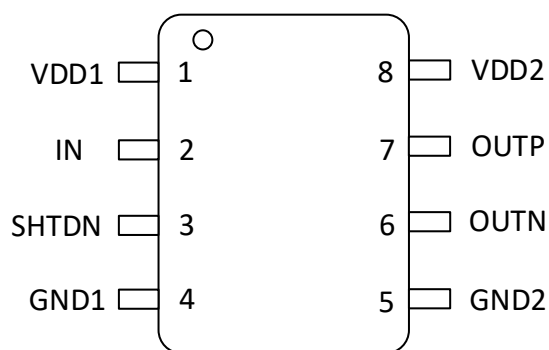


图 1. 顶层视角，引脚配置

表 1. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	引脚类型	功能描述
1	VDD1	高压侧电源	高边供电电源，3 V 到 5.5 V
2	IN	模拟输入	模拟输入
3	SHTDN	模拟输入	控制引脚，逻辑高对应芯片关断，内部下拉
4	GND1	高压侧地	高边地
5	GND2	低压侧地	低边地
6	OUTN	模拟输出	反相模拟输出
7	OUTP	模拟输出	同相模拟输出
8	VDD2	低压侧电源	低边供电电源，3 V 到 5.5 V

2 产品规格

2.1 绝对最大额定值⁽¹⁾

参数	描述	最小值	最大值	单位
电源电压	VDD1-GND1	-0.3	6.5	V
	VDD2-GND2	-0.3	6.5	V
输入电压	IN	GND1-6	VDD1+0.5	V
	SHTDN	GND1-0.5	VDD1+0.5	V
模拟输出电压	OUTP, OUTN	GND2-0.5	VDD2+0.5	V
输入电流	除电源外其余引脚	-10	10	mA
结温, T _j	T _j	-40	150	°C
存储温度, T _{stg}	T _{stg}	-65	150	°C

(1) 等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值，并不是指在这些条件或者任何超出推荐工作条件下，产品能够正常工作。长期暴露在最大额定值条件下会影响产品的可靠性。

2.2 ESD 额定值

描述	值	单位
V _(ESD) 静电放电	人体模型(HBM), 根据 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	±4000
	器件充电模型(CDM), 根据 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002	±2000

2.3 推荐工作条件

除非另外指明，以下适用自然环境。

参数	描述	最小值	最大值	单位
高压侧供电	VDD1-GND1	3.0	5.5	V
低压侧供电	VDD2-GND2	3.0	5.5	V
模拟输入电压范围(线性)	IN-GND1	-0.1	2	V
控制输入电压范围	SHTDN-GND1	0	VDD1	
T _A	环境温度	-40	125	°C

2.4 热阻信息

参数	描述	值	单位
R _{θJA}	结到环境热阻	85	°C/W
R _{θJC (top)}	结到表层壳体热阻	26	°C/W
R _{θJB}	结到电路板热阻	43	°C/W

2.5 隔离特性

参数	描述	测试条件	值	单位
CLR	外部电气间隙	测量输入端至输出端，沿空气最短距离	≥ 8	mm
CPG	外部爬电距离	测量输入端至输出端，沿壳体最短距离	≥ 8	mm
CTI	相对漏电指数	DIN EN 60112 (VDE 0303-11); IEC 60112	≥ 600	V
材料等级		根据 IEC 60664-1	I	
过压等级		额定母线电压 $\leq 600 V_{RMS}$	I-IV	
		额定母线电压 $\leq 1000 V_{RMS}$	I-III	

DIN V VDE V 0884-17 (VDE V 0884-17): 2021-10⁽²⁾

参数	描述	测试条件	值	单位
V_{IORM}	最大重复峰值隔离电压	交流电压	2121	V_{PK}
V_{IOWM}	最大工作隔离电压	交流电压	1500	V_{RMS}
		直流电压	2121	V_{DC}
V_{IOTM}	最大瞬态隔离电压	$V_{TEST} = V_{IOTM}$, $t = 60s$ (认证测试) $V_{TEST} = 1.2 \times V_{IOTM}$, $t = 1s$ (100% 量产测试)	7071	V_{PK}
V_{IOSM}	最大浪涌隔离电压 ⁽³⁾	1.2/50 μs 波形参考 IEC 62368-1 $V_{TEST} = 1.6 \times V_{IOSM}$ (认证测试)	6250	V_{PK}
$V_{pd(m)}$ ⁽⁴⁾	方法 a, 输入/输出安全测试子类 2/3 后	$V_{ini} = V_{IOTM}$, $t_{ini} = 60s$ $V_{pd(m)} = 1.2 \times V_{IORM}$, $t_m = 10s$ 视在电荷 $\leq 5 pC$	2545	V_{PK}
	方法 a, 输入/输出安全测试子类 1 后	$V_{ini} = V_{IOTM}$, $t_{ini} = 60s$ $V_{pd(m)} = 1.6 \times V_{IORM}$, $t_m = 10s$ 视在电荷 $\leq 5 pC$	3394	V_{PK}
	方法 b1, 常规测试 (100% 量产测试) 与预处理 (抽样测试)	方法 b1: $V_{ini} = 1.2 \times V_{IOTM}$, $t_{ini} = 1s$ $V_{pd(m)} = 1.875 \times V_{IORM}$, $t_m = 1s$ 视在电荷 $\leq 5pC$	3977	V_{PK}
C_{IO}	栅电容, 输入到输出 ⁽⁵⁾	$V_{IO} = 0.4 * \sin(2\pi ft)$, $f = 1MHz$	~ 1.2	pF
R_{IO}	绝缘电阻, 输入到输出 ⁽⁵⁾	$V_{IO} = 500V$ at $T_A = 25^\circ C$	$> 10^{12}$	Ω
		$V_{IO} = 500V$ at $100^\circ C \leq T_A \leq 125^\circ C$	$> 10^{11}$	Ω
		$V_{IO} = 500V$ at $T_S = 150^\circ C$	$> 10^9$	Ω
污染等级			2	
气候类别			40/125/21	

UL 1577

参数	描述	测试条件	值	单位
V_{ISO}	最大耐受隔离电压	$V_{TEST} = V_{ISO} = 5000V_{RMS}$, $t = 60s$ (认证测试), $V_{TEST} = 1.2 \times V_{ISO} = 6000V_{RMS}$, $t = 1s$ (100% 量产测试)	5000	V_{RMS}

(1) 爬电距离和间隙应满足应用的特定设备隔离标准中的要求。请注意保持电路板设计的爬电距离和间隙，从而确保印刷电路板上隔离器的安装焊盘不会导致此距离缩短。在特定的情况下，印刷电路板上的爬电距离和间隙变得相等。

(2) 此耦合器仅适用于安全等级范围内的安全电气绝缘。应借助合适的保护电路来确保符合安全等级。

(3) 在空气或油中进行测试，以确定封装的固有浪涌抗扰度。

(4) 视在电荷是局部放电 (pd) 引起的电气放电。

(5) 将隔离栅每一侧的所有引脚都连在一起，构成一个双端子器件。

2.6 安全相关认证

CQC	认证参考 GB 4943.1-2022	基本绝缘, 1118V _{RMS} (1580V _{PK}) 加强绝缘, 557V _{RMS} (788V _{PK})	证书号: CQC23001405186
UL	认证参考 UL 1577 组件认证计划	单一保护, 5kV _{RMS}	证书号: E494497
VDE	认证参考 DIN V VDE V 0884-17:2021-10, 和 DIN EN 60950-1 (VDE 0805 Teil 1): 2014-08	加强绝缘 最大瞬态隔离电压, 7071V _{PK} ; 最大重复峰值隔离电压, 2121V _{PK} ; 最大浪涌隔离电压, 10kV _{PK}	证书号: 40056491

2.7 安全限值

安全限制旨在最大限度地减小在发生输入或输出电路故障时对隔离栅的潜在损害。

参数	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _S	安全输入输出供电电流	R _{θJA} =85°C/W, T _J =150°C, T _A =25°C, VDD1=VDD2=5.5V	-	-	294	mA
		R _{θJA} =85°C/W, T _J =150°C, T _A =25°C, VDD1=VDD2=3.3V	-	-	445	mA
P _S	安全输入输出供电功率	R _{θJA} =85°C/W, T _J =150°C, T _A =25°C			1470	mW
T _S	最高安全温度				150	°C

最高安全温度 T_S 具有与为器件指定的最大结温 T_J 相同的值。I_S 和 P_S 参数分别表示安全电流和安全功率。请勿超出 I_S 和 P_S 的最大限值。这些限值随环境温度 T_A 的变化而变化。表中的结到空气热阻 R_{θJA} 所属器件安装在引线式表面贴装封装对应的高 K 测试板上。可使用以下公式计算各参数值：T_J (max) = T_S = T_A + R_{θJA} × P_S。P_S = I_S × VDD_{max}, VDD_{max} 指高压侧与低压侧最大供电电压。

2.8 电气规格

所有最大最小值在以下条件获得： $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD1} = 3\text{V} \sim 5.5\text{V}$, $V_{DD2} = 3\text{V} \sim 5.5\text{V}$, $I_N = 0\text{V} \sim 2\text{V}$, $\text{SHTDN} = \text{GND1} = 0\text{V}$, (除非另有说明)。所有典型值基于 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD1} = 5\text{V}$, $V_{DD2} = 3.3\text{V}$ (除非另有说明)。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OS}	输入失调电压	初始值, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{IN} = \text{GND1}$	-2.5	± 0.5	2.5	mV
TCV_{OS}	输入失调电压温漂		-10	± 3	10	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
C_{IN}	输入电容	$f_{IN} = 275\text{kHz}$		25		pF
R_{IN}	输入电阻			1		$\text{G}\Omega$
I_{IB}	输入电流	$I_N = \text{GND1}$	-15		15	nA
GAIN	增益			1		V/V
E_G	增益误差	初始值, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-0.3%	$\pm 0.05\%$	0.3%	
TCE_G	增益误差温漂		-30	± 5	30	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
NL	非线性度		-0.04%	$\pm 0.01\%$	0.04%	
TC_{NL}	非线性度温漂			± 1		ppm/ $^{\circ}\text{C}$
THD	总谐波失真	$V_{IN} = 2\text{V}$, $f_{IN} = 10\text{kHz}$, $\text{BW} = 100\text{kHz}$		-83		dB
NOISE_{OUT}	输出噪声	$V_{IN} = \text{GND1}$, $\text{BW} = 100\text{kHz}$		250		μV_{RMS}
SNR	信噪比	$V_{IN} = 2\text{V}$, $f_{IN} = 1\text{kHz}$, $\text{BW} = 10\text{kHz}$		81		dB
		$V_{IN} = 2\text{V}$, $f_{IN} = 10\text{kHz}$, $\text{BW} = 100\text{kHz}$		71		dB
PSRR	电源抑制比	PSRR vs V_{DD1} , 直流		-95		dB
		PSRR vs V_{DD1} , $f_{IN} = 10\text{kHz}$, 交流		-85		
		PSRR vs V_{DD2} , 直流		-95		
		PSRR vs V_{DD2} , $f_{IN} = 10\text{kHz}$, 交流		-85		
V_{CMout}	共模输出电压		1.40	1.44	1.49	V
$V_{Clipping}$	输出电压钳位时输入电压	I_N to GND1		2.516		V
$V_{CLIPout}$	输出差分钳位电压	$V_{OUT} = (V_{OUTP} - V_{OUTN})$ $V_{IN} > V_{Clipping}$		2.5		V
$V_{FAILSAFE}$	故障差分输出电压			-2.6	-2.5	V
BW	输出带宽		250	310		kHz
R_{OUT}	输出电阻	OUTP 或 OUTN		0.2		Ω
I_{SC}	输出短路电流	短路到 V_{DD2} 或 GND2		± 13		mA
CMTI	共模瞬态抗扰度		100	150		kV/us
I_{IN}	SHTDN 引脚漏电流	$\text{GND1} \leq \text{SHTDN} \leq V_{DD1}$	-70		1	μA
V_{IH}	SHTDN 逻辑高		$0.76 \times V_{DD1}$			V
V_{IL}	SHTDN 逻辑低				$0.28 \times V_{DD1}$	V
$V_{DD1UVLO}$	V_{DD1} 欠压阈值	V_{DD1} 上升	2.3	2.5	2.7	V

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
	VDD1 欠压阈值迟滞		0.15		V
VDD2 _{UVLO}	VDD2 欠压阈值	2.2	2.4	2.6	V
	VDD2 欠压阈值迟滞		0.35		V
IDD1	高压侧供电电流	$3.0V \leq VDD1 \leq 5.5V$	4	6	mA
IDD2	低压侧供电电流	$3.0V \leq VDD2 \leq 5.5V$	3	5	mA

2.9 时序规格

所有最大最小值在以下条件获得： $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$, $VDD1 = 3V \sim 5.5V$, $VDD2 = 3V \sim 5.5V$, $IN = 0V \sim 2V$, $SHTDN = GND1 = 0V$, (除非另有说明)。所有典型值基于 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $VDD1 = 5V$, $VDD2 = 3.3V$ (除非另有说明)。

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
t_r	OUTP, OUTN 上升时间	参考图 2	1.0		us
t_f	OUTP, OUTN 下降时间	参考图 2	1.0		us
t_{PD}	INP, INN 到 OUTP, OUTN 信号延时 (50% – 50%)	非滤波输出, 参考图 2	1.2	1.5	us
	INP, INN 到 OUTP, OUTN 信号延时 (50% – 10%)		0.7	1	us
	INP, INN 到 OUTP, OUTN 信号延时 (50% – 90%)		1.7	2	us
t_{AS}	输出建立时间	$VDD2 \geq 3V$, $VDD1$ 升压 3V 到输出有效, 误差 $<1\%$	350		us
t_{EN}	器件使能延时	SHTDN 高到低	350		us
t_{SHTDN}	器件关断延时	SHTDN 低到高	3	10	us

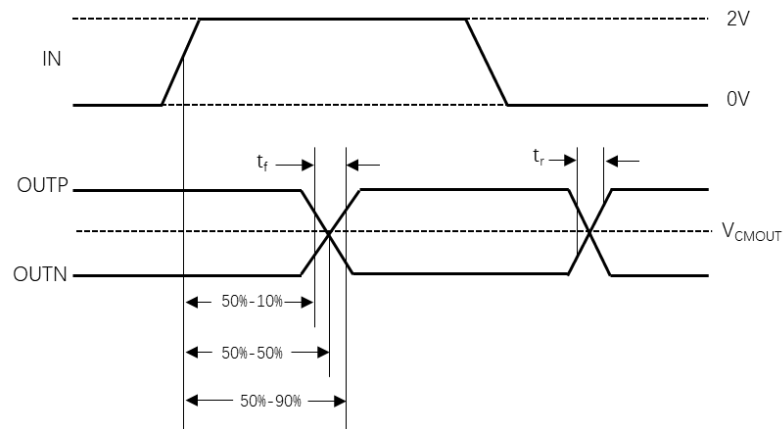


图 2. 上升, 下降, 延时时序图

2.10 典型参数图

VDD1 = 5V, VDD2 = 3.3V, $V_{IN} = 2V$, SHTDN = 0V, $f_{IN} = 10kHz$ (除非另有说明)。

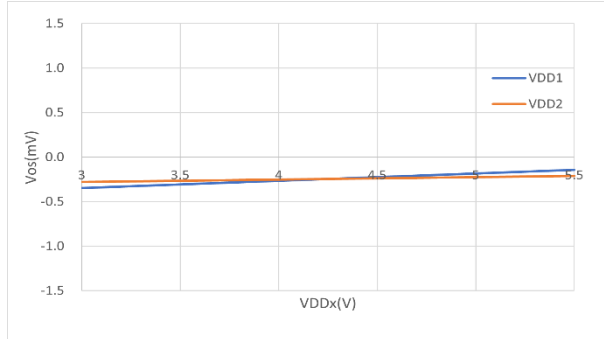


图 3. 输入失调电压 vs 供电电压

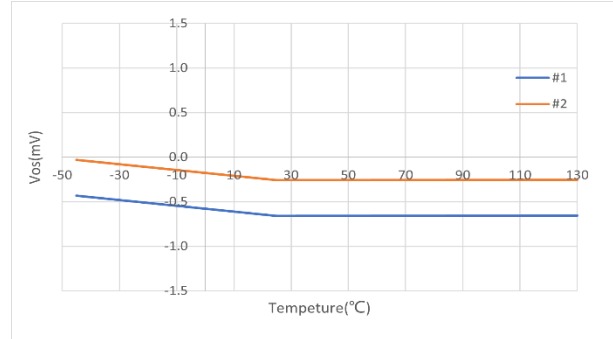


图 4. 输入失调电压 vs 温度

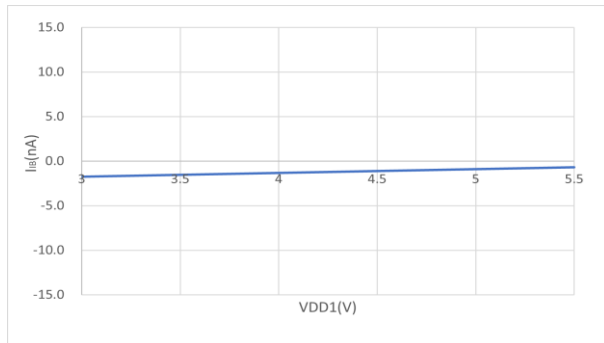


图 5. 输入失调电流 vs 高压侧供电电压

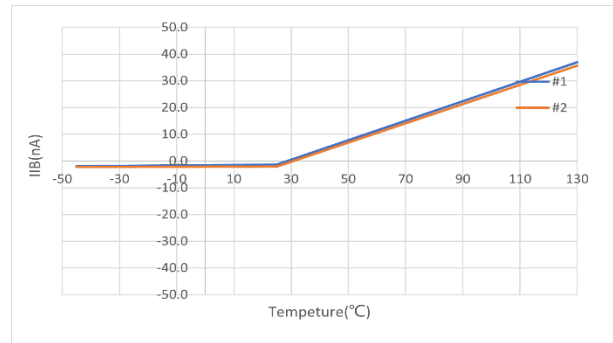


图 6. 输入失调电流 vs 温度

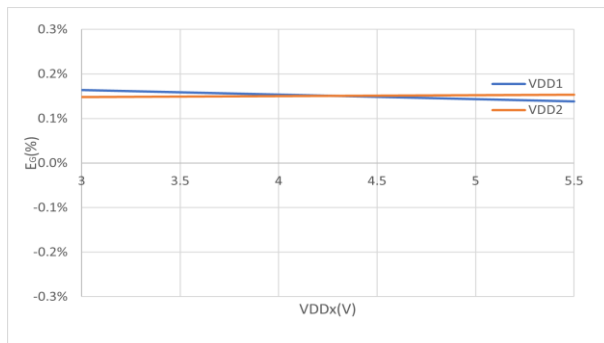


图 7. 增益误差 vs 供电电压

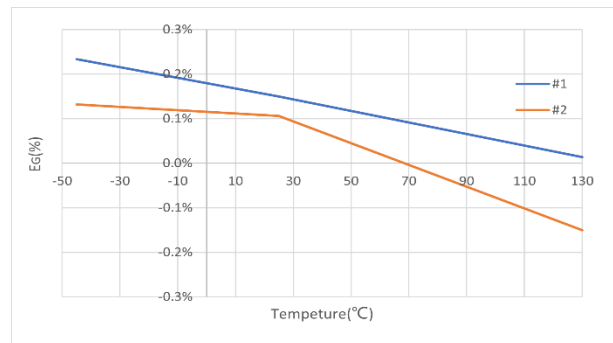


图 8. 增益误差 vs 温度

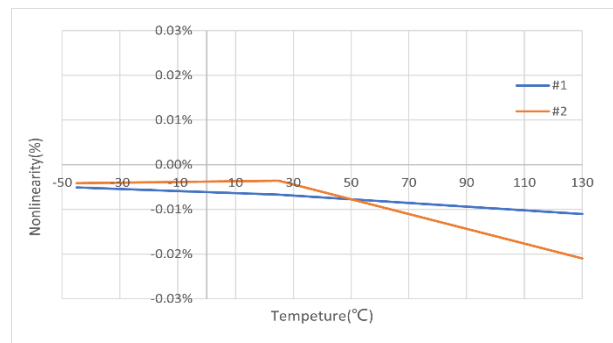
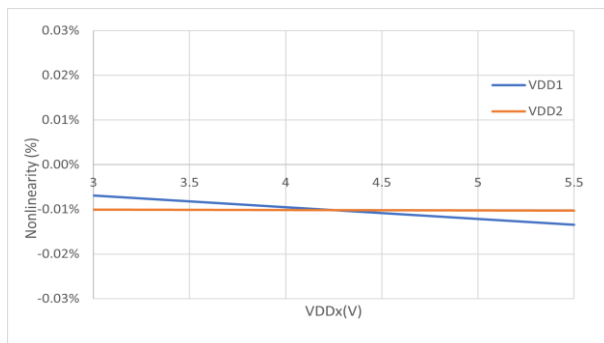


图 9. 非线性度 vs 供电电压

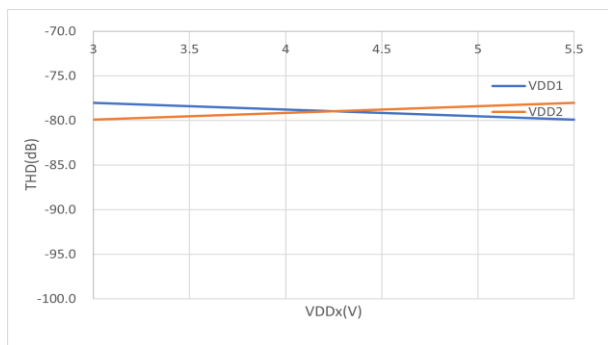


图 10. 非线性度 vs 温度

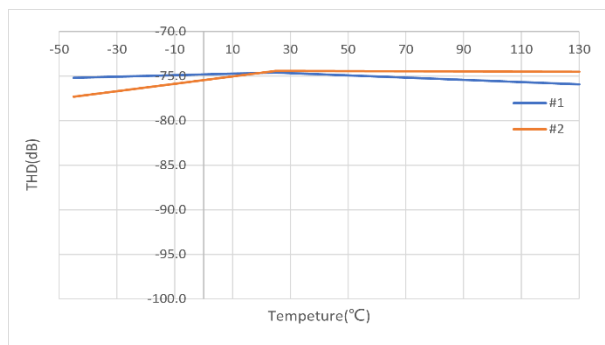


图 11. 总谐波失真 vs 供电电压

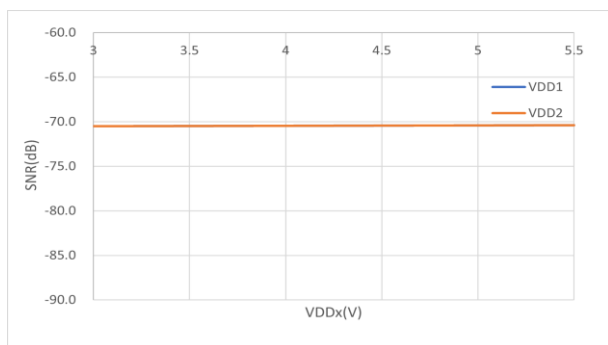


图 12. 总谐波失真 vs 温度

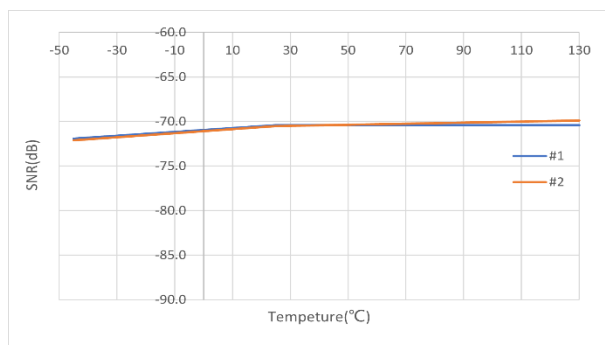


图 13. 信噪比 vs 供电电压

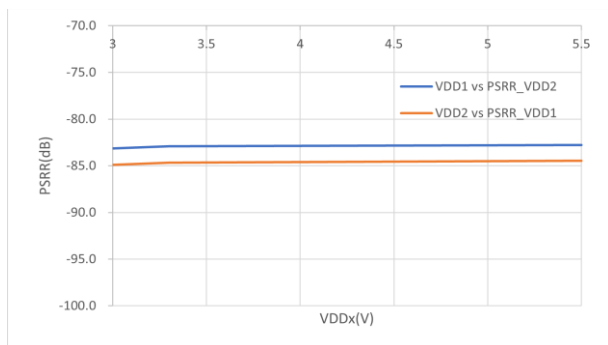


图 14. 信噪比 vs 温度

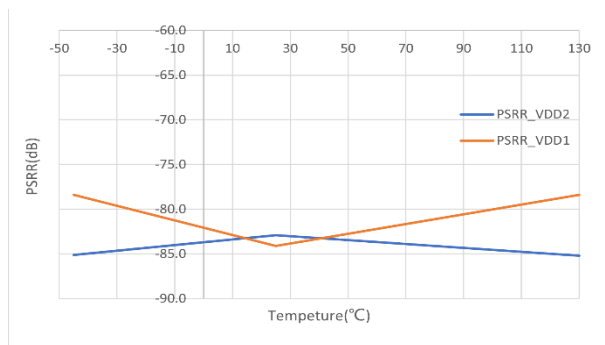


图 15. 电源抑制比 vs 供电电压

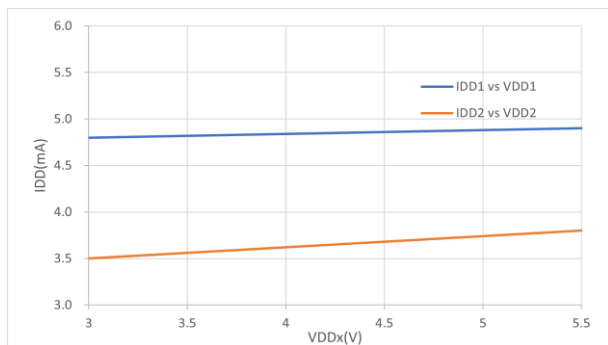


图 16. 电源抑制比 vs 温度

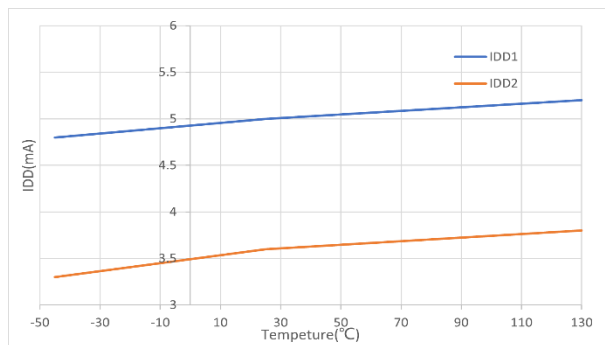


图 17. 供电电流 vs 供电电压

图 18. 供电电路 vs 温度

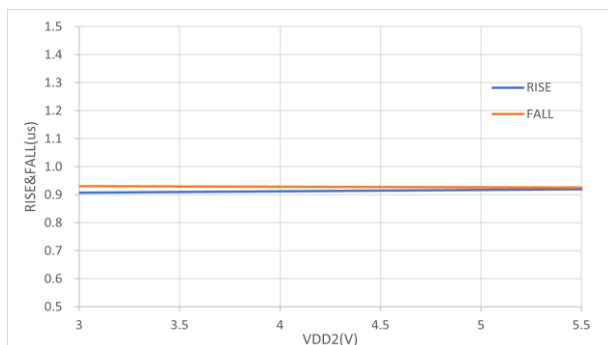


图 19. 输出上升下降时间 vs 低压侧供电电压

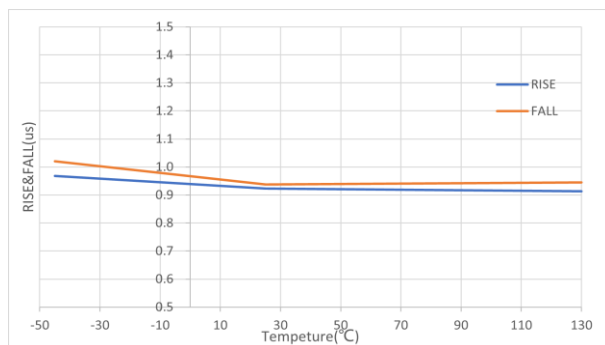


图 20. 输出上升下降时间 vs 温度

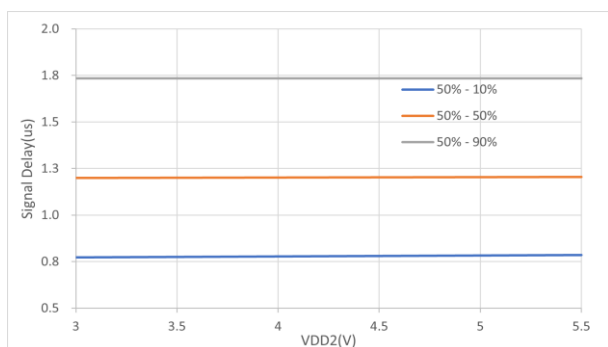


图 22. 传播延时 vs 高压侧供电电压

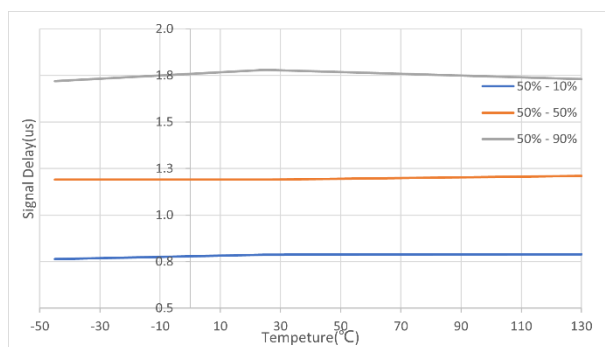


图 23. 传播延时 vs 温度

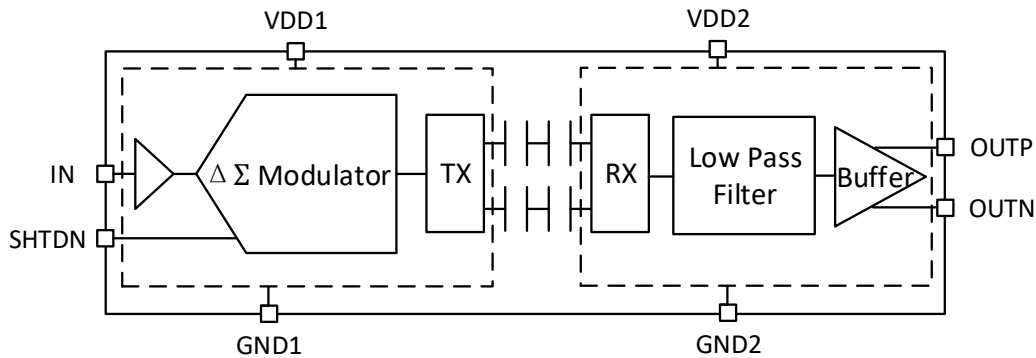
3 详细说明

3.1 系统概述

Pai8311E 是一款单端输入，差分输出，高精度的隔离放大器。芯片内部输入侧单端高阻抗输入级驱动 $\Delta\Sigma$ 调制器。调制器输出比特流，通过隔离带，到达输出侧，经过滤波器输出模拟差分信号。

Pai8311E 采用调制型单通道信息传输结构，与同类产品相比，节约时钟通道与芯片功耗。同时基于荣湃半导体发明的新一代智能分压隔离技术(iDivider®技术)，在提高抗扰度的同时，保证隔离信号的高效可靠传输。

3.2 功能框图



3.3 特点介绍

3.3.1 模拟输入

Pai8311E 输入侧驱动二阶前馈开关电容式 $\Delta\Sigma$ 调制器。 $\Delta\Sigma$ 调制器转换模拟信号成为比特流，继而通过隔离带到达低压侧。

对于模拟输入(IN)有两个限制条件。首先输入绝对电压不能超过 $GND1-6V$ 和 $VDD1+0.5V$ ，同时输入电流不能超过 $10mA$ ，否则会导致 ESD 器件导通。此外只有当输入信号在推荐工作范围内，隔离放大器的性能才能有保证。

3.3.2 故障报警输出

Pai8311E 提供系统级故障报警输出功能。故障报警在以下场景生效：高压侧电源掉电。当发生故障时，此时差分输出为 $-2.6V(V_{FAILSAFE})$ 。

4 应用信息

在典型逆变器应用中，高压侧 VDD1 直接来源于半桥上管的驱动电压，可以采用齐纳管将供电电压钳位到 3.3V 或者 5V，此外如果有低噪声需求，可以采用 LDO 来产生供电电压。供电滤波建议采用 0.1 μ F 解耦电容，可选额外 2.2 μ F 滤波电容。

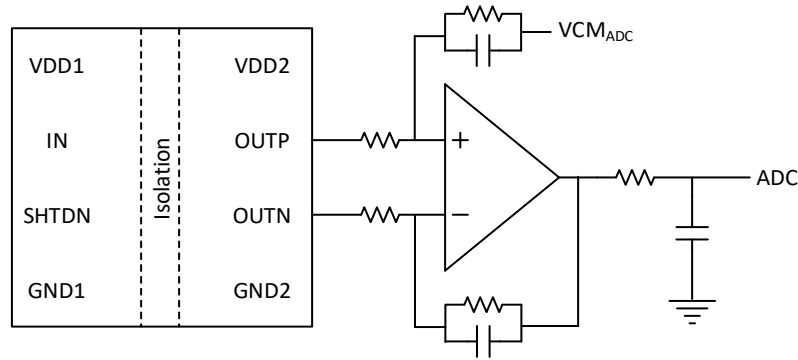


图 24. 输出增加差分转单端运放电路

如果后级 ADC 为单端 ADC，输出级可以参考图 24，实现差分转单端应用。

5 封装外形尺寸

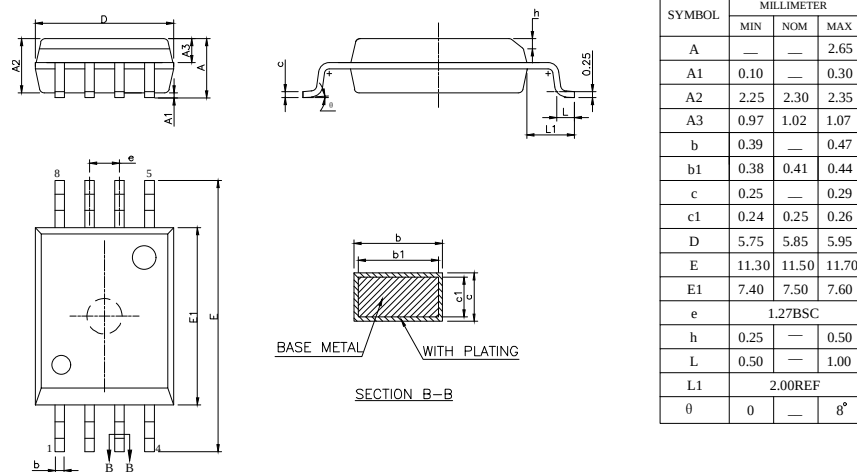


图 25. WB-SOIC-8 外形

6 推荐电路板封装

图 26 展示 Pai8311E 推荐电路板封装。

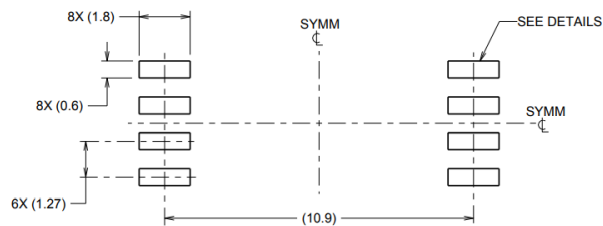


图 26. WB-SOIC-8 推荐电路板封装

7 丝印



图 27. 丝印结构

第一行	XXXXXXXX=产品名
第二行	YY = 年 WW = 周 ZZ = 封装编号
第三行	XXXXX, 无特殊含义

8 卷带信息

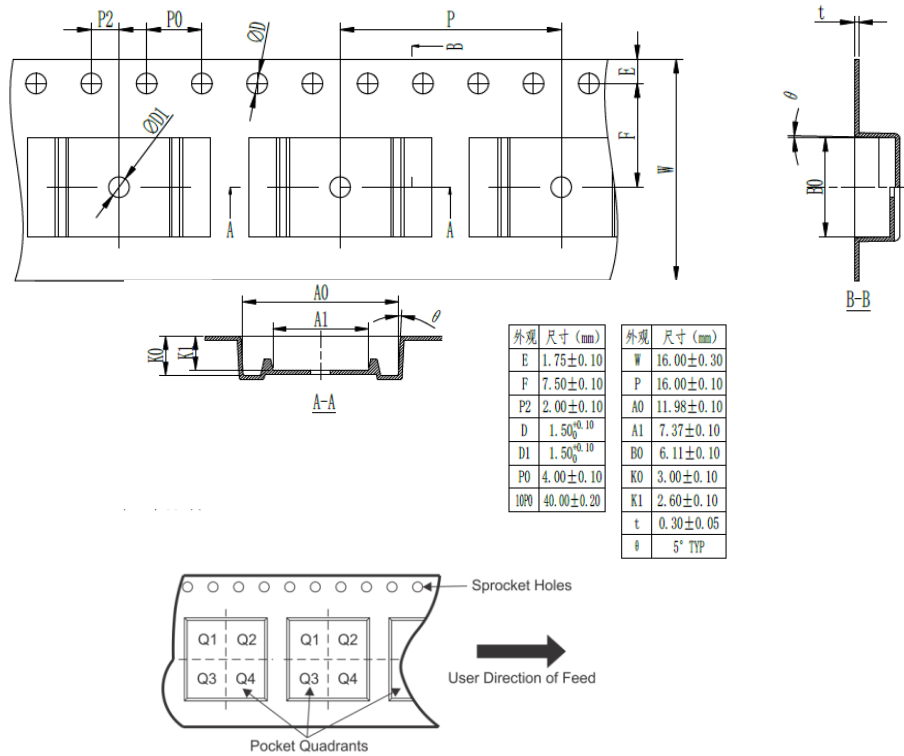


图 28. 卷带信息

备注: 引脚 1 在 Q1 象限。

9 订购信息

料号	温度范围	耐压(kV _{RMS})	封装	湿敏等级	卷带数
Pai8311E-W5R	-40~125°C	5.0	WB-SOIC-8	Level-3-260C-168 HR	1000

10 免责声明

荣湃半导体尽量为客户提供最新、准确和深入的文档。但是，荣湃半导体对使用它或因使用它可能导致的任何专利侵权或第三方其他权利不承担任何责任。特征数据，可用型号和提供的“典型”参数在不同的应用中可能并且确实有所不同。本文描述的应用示例仅用于说明目的。荣湃半导体保留进行更改的权利，恕不另行通知，并且不对此处的产品信息，规格和说明进行任何限制，并且对所包含信息的准确性或完整不做任何保证。荣湃半导体使用此处提供后果承担责商标和注册是其各自所有者的财产。本文档并不暗示或明授予设计制造任何 集成电路的版权许可。

201203，上海市浦东新区亮秀路 112 号 B 座 4 层 401/402，021-50850681。

荣湃半导体(上海)有限公司，版权所有。

<http://www.rpsemi.com/>

11 修订记录

版本号	日期	页码	修订记录
0.1	2022-09-09	所有	草稿。
0.2	2023-08-20	所有	初版。
1.0	2024-08-16	P5	更新法规证书号。