

产品特性

6 A峰值驱动输出能力

内部关断NFET, 导通电阻: $<0.95\ \Omega$

内部导通PFET, 导通电阻: $<1.18\ \Omega$

分离射极过流检测

带栅极检测输入的米勒箝位输出

隔离故障输出

隔离式温度传感器回读

传播延迟

上升: 105 ns (典型值)

下降: 107 ns (典型值)

最小脉冲宽度: 70 ns

工作结温范围 (-40°C 至 $+150^{\circ}\text{C}$)

V_{DD1} 和 V_{DD2} UVLO

ASC输入

8.3 mm爬电距离

安全和法规认证

1分钟5 kV rms, 依据UL1577

CSA元件验收通知5A

DIN V VDE V 0884-10 (VDE V 0884-10):2006-12

$V_{IORM} = 849\ V_{PEAK}$ (加强/基本)

通过AEC-Q100汽车应用认证

应用

MOSFET/IGBT栅极驱动器

光伏(PV)逆变器

电机驱动器

电源

概述

ADuM4137¹是一款专门针对绝缘栅双极晶体管(IGBT)驱动进行优化的单通道栅极驱动器。ADI公司的*iCoupler*®技术在输入信号与输出栅极驱动器之间实现隔离。

ADI公司芯片级变压器还提供芯片高压侧与低压侧之间的控制信息隔离通信。芯片状态信息可通过专用故障输出获取。针对过流事件、远端温度过热事件、欠压闭锁(UVLO)和热关断(TSD), ADuM4137提供隔离式故障报告。

ADuM4137上集成过流检测特性, 可在发生过流事件时保护IGBT。在故障情况下, 分离射极过流检测到过流故障, 会促使高速双电平关断。

ADuM4137为外部金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)提供米勒箝位控制信号, 在单电源供电情况下, 当栅极电压降至2.0 V (典型值) 以下和 GND_2 以上时, 给IGBT提供可靠的关断。使用或不使用米勒箝位电路, 都可以采用单电源次级电源供电。

如果栅极电压在导通后的允许时间内(t_{DVL})未升至内部阈值(V_{VL})以上, 低栅极电压检测电路就会触发故障。该电路可检测IGBT器件故障, 例如出现栅极短路或其他导致驱动很弱的现象。

副边下降沿UVLO设置为IGBT通用的11.24 V阈值水平。

ADuM4137支持现场温度编程。两个温度传感器引脚可以对IGBT上的系统温度进行隔离式监控, 并通过器件原边的串行端口接口(SPI)总线来检测二极管增益和失调。值存储在位于副边的EEPROM中。此外, 特定电压失调、温度检测上报频率和重要的延迟也可以进行编程。

如果没有故障, ADuM4137副边的ASC引脚允许从副边启动驱动器。

¹ 受美国专利第5,952,849、6,873,065; 以及7,075,329号保护。其他专利正在申请中。

Rev. A

Document Feedback

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 ©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
Technical Support www.analog.com/cn

目录

产品特性	1	工作原理	15
应用	1	应用信息	16
概述	1	PCB布局布线	16
修订历史	2	SPI和EEPROM操作	16
功能框图	3	用户寄存器映射	17
技术规格	4	用户寄存器位	17
电气特性	4	配置寄存器位	17
SPI时序规格	8	控制寄存器位	18
封装特性	8	SPI安全	19
法规信息	9	传播延迟相关参数	19
隔离和安全相关特性	9	保护特性	20
DIN V VDE V 0884-10 (VDE V 0884-10)隔离特性	10	隔离寿命	26
建议工作条件	10	直流正确性和磁场抗扰度	26
绝对最大额定值	11	典型应用电路	27
热阻	11	外形尺寸	28
ESD警告	11	订购指南	28
引脚配置和功能描述	13	汽车应用产品	28
典型性能参数	14		

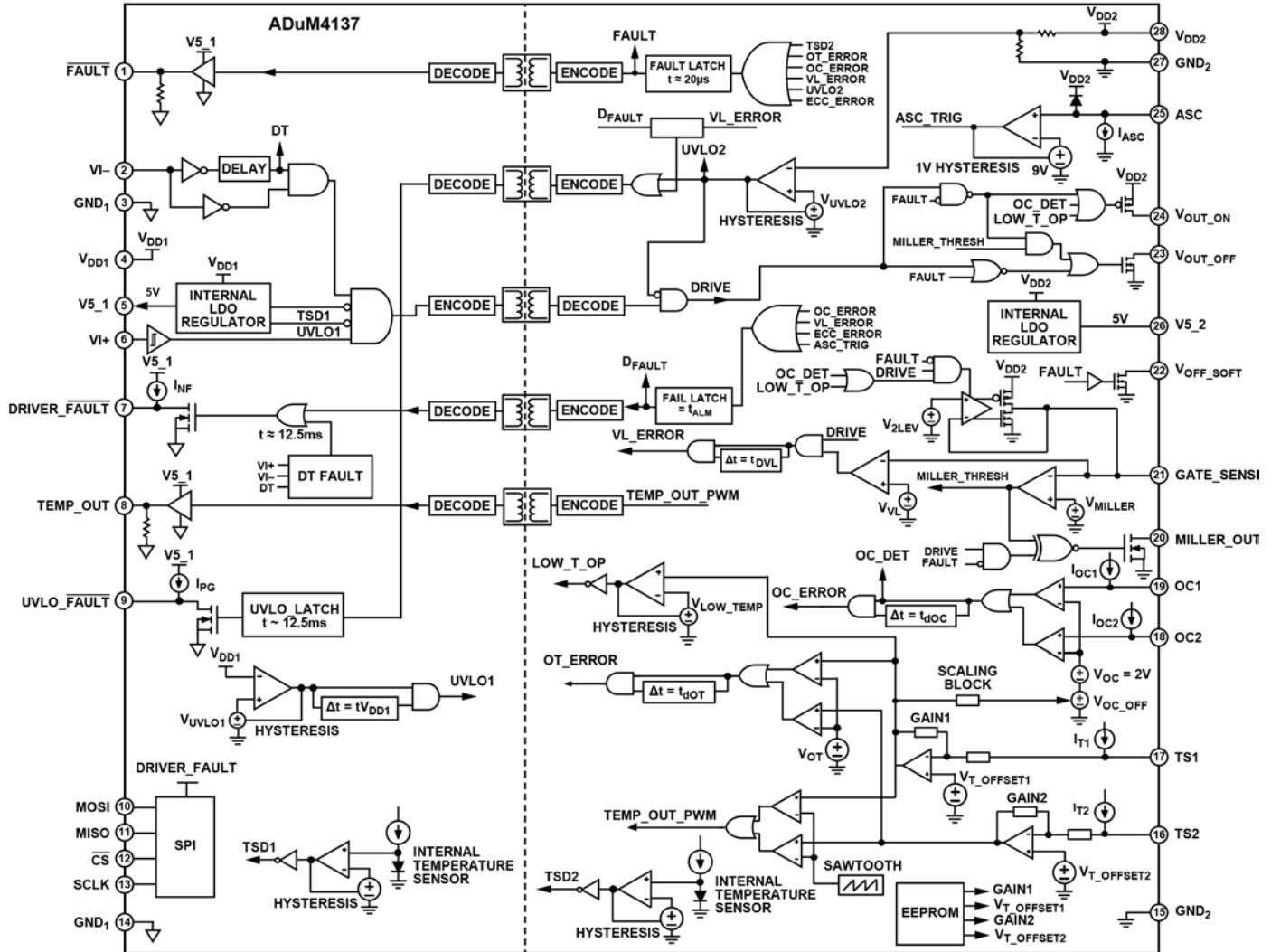
修订历史

2019年8月—修订版0至修订版A

更改“产品特性”部分	1
更改图1	3
更改表1	4
更改表7	10
更改“应用信息”部分	16
更改图18和图20	21
更改图25、图26、图27和“V _{DD2} UVLO故障”部分	24
更改图28	25
更改“订购指南”部分	28

2019年2月—修订版0：初始版

功能框图



NOTES

1. VL_ERROR IS THE VOLTAGE LOW ERROR INTERNAL CONNECTION.
2. TEMP_OUT_PWM IS THE TEMPERATURE SENSE INTERNAL CONNECTION.
3. OC_ERROR IS THE OVERCURRENT ERROR INTERNAL CONNECTION.
4. OC_DET IS THE OVERCURRENT DETECTION INTERNAL CONNECTION.
5. V_{VL} IS THE GATE LOW VOLTAGE REFERENCE VOLTAGE.
6. ASC_TRIG IS THE ASC SIGNAL INTERNAL CONNECTION.
7. MILLER_THRESH IS THE MILLER CLAMP ACTIVATION INTERNAL CONNECTION.
8. OT_ERROR IS THE OVERTEMPERATURE ERROR INTERNAL CONNECTION.
9. V_{T_OFFSET1} IS THE TEMPERATURE SENSE OFFSET VOLTAGE FOR THE TS1 PIN.
10. V_{T_OFFSET2} IS THE TEMPERATURE SENSE OFFSET VOLTAGE FOR TS2 PIN.
11. I_{T1} IS THE INTERNAL CURRENT REFERENCE FOR TS1 PIN.
12. I_{T2} IS THE INTERNAL CURRENT REFERENCE FOR TS2 PIN.
13. V_{OC_OFF} IS THE OVERCURRENT VOLTAGE OFFSET DUE TO TEMPERATURE RAMP.
14. V_{OC} IS THE OVERCURRENT REFERENCE VOLTAGE.
15. I_{OC1} IS THE OC1 INTERNAL PULL-UP CURRENT SOURCE.
16. I_{OC2} IS THE OC2 INTERNAL PULL-UP CURRENT SOURCE.
17. V_{UVLO1} IS THE VDD1 UVLO REFERENCE.
18. V_{UVLO2} IS THE VDD2 UVLO REFERENCE.
19. V_{LOW_TEMP} IS THE LOW TEMPERATURE OPERATION REFERENCE.

20. V_{2LEV} IS THE TARGET VOLTAGE REFERENCE FOR TWO LEVEL OPERATION.
21. LOW_T_OP IS THE LOW TEMPERATURE OPERATION TRIGGER.
22. DT IS THE DEADTIME INTERNAL CONNECTION.
23. DFAULT IS THE DRIVE FAULT INTERNAL CONNECTION.
24. UVLO_LATCH IS THE UNDERVOLTAGE LOCKOUT LATCH TIMER.
25. GAIN1 IS THE REMOTE TEMPERATURE SENSE USER TRIMMABLE GAIN FOR TS1.
26. GAIN2 IS THE REMOTE TEMPERATURE SENSE USER TRIMMABLE GAIN FOR TS2.
27. TSD1 IS THE PRIMARY SIDE THERMAL SHUTDOWN COMMAND.
28. TSD2 IS THE SECONDARY SIDE THERMAL SHUTDOWN COMMAND.
29. V_{MILLER} IS THE MILLER CLAMP REFERENCE VOLTAGE.
30. I_{INF} IS THE DRIVER_FAULT INTERNAL PULL-UP CURRENT SOURCE.
31. I_{PG} IS THE UVLO_FAULT INTERNAL PULL-UP CURRENT SOURCE.
32. V_{OT} IS THE TEMPERATURE SENSE OVERTEMPERATURE REFERENCE.
33. I_{ASC} IS THE ASC PIN INTERNAL PULL-UP CURRENT REFERENCE.
34. ECC_ERROR IS THE ERROR CORRECTING CODE INTERNAL CONNECTION.
35. t_{ALM} IS THE FAULT LATCH HOLD TIME.
36. UVLO1 IS THE PRIMARY SIDE UVLO INTERNAL CONNECTION.
37. UVLO2 IS THE SECONDARY SIDE UVLO INTERNAL CONNECTION.

图1.

技术规格

电气特性

除非另有说明，低端电压以GND₁为基准，高端电压以GND₂为基准，V_{DD1} = 12 V，V_{DD2} = 15 V，T_j = -40°C 至 +150°C。除非另有说明，所有最小值和最大值规格适用于整个推荐的工作温度范围。除非另有说明，所有典型规格在T_j = 25°C、V_{DD1} = 12 V和V_{DD2} = 15 V条件下测得。

表1.

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
直流规格						
高端电源						
输入电压，副边	V _{DD2}	12		25	V	
V _{DD2} 输入电流，静态	I _{DD2(Q)}	9.8	11.5	16.0	mA	TS1 = TS2 = 开路，VI+ = 0 V，VI- = 5 V，V _{DD2} = 25 V
		12.8	15.2	20.0	mA	TS1 = TS2 = 2 V，VI+ = 5 V，VI- = 0 V，V _{DD2} = 25 V
V5_2调节输出电压	V _{V5_2}	4.9	5.0	5.1	V	无负载
逻辑电源						
输入电压，原边	V _{DD1}	4.5		25	V	
V _{DD1} 输入电流	I _{DD1}	2.8	3.8	4.7	mA	TS1 = TS2 = 开路，VI+ = 0 V，VI- = 5 V，TEMP_OUT浮空，V _{DD1} = 4.5 V，V _{DD2} = 15 V
		3.3	6.3	8.5	mA	TS1 = TS2 = 2 V，VI+ = 5 V，VI- = 0 V，TEMP_OUT浮空，V _{DD1} = 25 V，V _{DD2} = 15 V
V5_1调节输出电压	V _{V5_1}	4.9	5.0	5.1	V	无负载
逻辑输入，VI+，VI-， $\overline{CS}$ ，MOSI，SCLK						
输入电流（仅限VI+、VI-、 $\overline{CS}$ 、MOSI、SCLK）	I _I	-0.1	+0.01	+0.1	μA	
输入电压						
逻辑高电平	V _{IH}	2.5			V	V _{DD1} ≥ 6 V
		2.2			V	4.5 V ≤ V _{DD1} ≤ 6 V
逻辑低电平输入电压	V _{IL}			0.9	V	V _{DD1} ≥ 6 V
				0.85	V	4.5 V ≤ V _{DD1} ≤ 6 V
逻辑输入迟滞	V _{HYST}		1.11		V	V _{DD1} ≥ 6 V
			1.02		V	4.5 V ≤ V _{DD1} ≤ 6 V
UVLO_FAULT						
逻辑高电平输入电压	V _{IH_F}	2.82			V	V _{DD1} ≥ 6 V
		2.56			V	4.5 V ≤ V _{DD1} ≤ 6 V
逻辑低电平输入电压	V _{IL_F}			1.62	V	V _{DD1} ≥ 6 V
				1.46	V	4.5 V ≤ V _{DD1} ≤ 6 V
逻辑输入迟滞	V _{HYS_F}		0.93		V	V _{DD1} ≥ 6 V
			0.84		V	4.5 V ≤ V _{DD1} ≤ 6 V
MISO逻辑输出						
MISO N沟道场效应	R _{DSON_MISO_N}		9	20	Ω	MISO电流(I _{MISO}) = 5 mA，V _{DD1} = 4.5 V
晶体管(NFET)漏源						
导通电阻(R _{DSON})						
MISO P沟道场效应	R _{DSON_MISO_P}		13	30	Ω	I _{MISO} = 5 mA，V _{DD1} = 4.5 V
晶体管(PFET) R _{DSON}						
MISO NFET高阻漏电流	I _{MISO_LK_N}	-0.1	+0.01	+0.1	μA	MISO = 0 V
MISO PFET高阻漏电流	I _{MISO_LK_P}	-0.1	+0.01	+0.1	μA	MISO = 5 V

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
UVLO						
趋正阈值						
V_{DD1}	$V_{VDD1UV+}$		4.25	4.50	V	
V_{DD2}	$V_{VDD2UV+}$		11.57	11.72	V	
趋负阈值						
V_{DD1}	$V_{VDD1UV-}$	4.0	4.17		V	
V_{DD2}	$V_{VDD2UV-}$	11.0	11.24		V	
迟滞						
V_{DD1}	$V_{VDD1UVH}$		0.1		V	
V_{DD2}	$V_{VDD2UVH}$		0.33		V	
保护特性						
DRIVER_FAULT						
DRIVER_FAULT上拉电流源	I_{PU_DF}	71	78	84	μA	测试条件: 0 V
DRIVER_FAULT R_{DSON}	R_{ON_DF}		17	40	Ω	测试条件: 20 mA, $V_{DD1} = 4.5 V$
UVLO_FAULT						
UVLO_FAULT上拉电流源	I_{PU_UF}	71	78	85	μA	测试条件: 0 V
UVLO_FAULT R_{DSON}	R_{ON_UF}		14	34	Ω	测试条件: 20 mA, $V_{DD1} = 4.5 V$
FAULT						
FAULT P型金属氧化物半导体(PMOS)	R_{FLT_PMOS}		4.18	8.35	Ω	测试条件: 20 mA, $V_{DD1} = 4.5 V$
FAULT N型金属氧化物半导体(NMOS)	R_{FLT_NMOS}		5.11	10.15	Ω	测试条件: 20 mA, $V_{DD1} = 4.5 V$
下拉	R_{FLT_PD}	0.84	1.11	1.38	M Ω	
低栅极电压						
基准电压	V_{VL}	9.68	9.92	10.11	V	$V_{DD2} = 15 V$
故障延迟时间	t_{DVL}	11.18	12.73	14.67	μs	$V_{DD2} = 15 V$
故障延迟时间						
至FAULT	t_{DVL_FLT}	570	723	890	ns	至FAULT
至DRIVER_FAULT	t_{DVL_DFLT}	560	721	920	ns	至DRIVER_FAULT
至UVLO_FAULT	t_{UDEL1}	4740	6767	9700	ns	至UVLO_FAULT
过流						
电压						
禁用温度斜坡	V_{OCD_TH}	1.9	2	2.1	V	$T_RAMP_OP = 1$
使能温度斜坡	$V_{OCD_TH_EN}$	2.59	2.7	2.8	V	$T_RAMP_OP = 0$, $TS1 = 1.55 V$
		1.85	1.96	2.1	V	$T_RAMP_OP = 0$, $TS1 = 2.25 V$
		1.65	1.75	1.82	V	$T_RAMP_OP = 0$, $TS1 = 2.45 V$
迟滞						
禁用温度斜坡	V_{OCD_HYST}		0.17		V	$T_RAMP_OP = 1$
使能温度斜坡	$V_{OCD_HYST_EN}$		0.17		V	$T_RAMP_OP = 0$, $TS1 = 1.55 V$
			0.17		V	$T_RAMP_OP = 0$, $TS1 = 2.25 V$
			0.17		V	$T_RAMP_OP = 0$, $TS1 = 2.45 V$
OC1上拉电流源	I_{OC1_PU}	3.8	5	6.2	μA	
OC2上拉电流源	I_{OC2_PU}	3.8	5	6.2	μA	
检测延迟时间	t_{dOC}	650	787	936	ns	$OC_2LEV_OP = 0$, $OC_TIME_OP = 0$
向FAULT引脚报告过流故障的时间	t_{REPORT}	570	725	900	ns	$OC_2LEV_OP = 1$, 至FAULT
		420	724	1020	ns	$OC_2LEV_OP = 1$, 至DRIVER_FAULT
检测消隐	t_{BLANK}	300	360	445	ns	$t_{BLANK位} = 0001$

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
ASC						
ASC检测比较器电压	V_{ASC}	8.43	8.93	9.34	V	
迟滞	V_{ASC_HYS}		0.85		V	
内部电流源	I_{ASC}	130	153	178	μA	ASC = 2 V
ASC滤波器	t_{ASC_F}		53	104	ns	
报告ASC的时间	t_{ASC}	360	537	820	ns	
TSD						
原边TSD						
正边沿	t_{TSD_POS1}		154		$^{\circ}C$	
负边沿	t_{TSD_NEG1}		135		$^{\circ}C$	
副边TSD						
正边沿	t_{TSD_POS2}		150		$^{\circ}C$	
负边沿	t_{TSD_NEG2}		130		$^{\circ}C$	
隔离式温度传感器						
温度检测						
偏置电流源	I_{T1}	0.90	1.0	1.11	mA	TS1 = 2.2 V
	I_{T2}	0.92	1.0	1.12	mA	TS2 = 2.2 V
匹配	I_{T_MATCH}		0.011	0.074	mA	TSx = 2.2 V
脉宽调制(PWM)输出频率	f_{PWM}	9.3	10.0	10.7	kHz	PWM_OSC = 0, TSx = 2.25 V
		46.4	50.0	53.0	kHz	PWM_OSC = 1, TSx = 2.25 V
PWM占空比						
		8.1	10.2	11.4	%	PWM_OSC = 0, TSx = 2.45 V
		26.5	28.4	29.8	%	PWM_OSC = 0, TSx = 2.25 V
		90.6	92.1	93.5	%	PWM_OSC = 0, TSx = 1.55 V
		8.0	10.3	12.4	%	PWM_OSC = 1, TSx = 2.45 V
		26.1	28.5	30.9	%	PWM_OSC = 1, TSx = 2.25 V
		89.7	92.0	94.2	%	PWM_OSC = 1, TSx = 1.55 V
占空比						
最小值		0.67	1.3	2.05	%	TS1 = 3.0 V
最大值		98.5	99	99.2	%	TS1 = 0 V
过温						
检测延迟时间	t_{DOT}	0.9	1.00	1.14	ms	
故障延迟时间	t_{DOT_FLT}	530	715	920	ns	
检测电压						
上升	$V_{OT_0_R}$	1.62	1.69	1.75	V	OT_FAULT_SEL = 0
	$V_{OT_1_R}$	1.67	1.73	1.79	V	OT_FAULT_SEL = 1
下降	$V_{OT_0_F}$	1.59	1.64	1.70	V	OT_FAULT_SEL = 0
	$V_{OT_1_F}$	1.63	1.68	1.74	V	OT_FAULT_SEL = 1
迟滞	$V_{OT_HYST_0_R}$		50		mV	OT_FAULT_SEL = 0
	$V_{OT_HYST_1_R}$		50		mV	OT_FAULT_SEL = 1
低温度阈值						
上升	$V_{LOW_T_R}$	2.33	2.40	2.46	V	TS1引脚电压
下降	$V_{LOW_T_F}$	2.32	2.36	2.40	V	TS1引脚电压
迟滞	$V_{LOW_HYST_T_F}$		40		mV	
TEMP_OUT电阻						
NMOS $R_{DS(on)}$	R_{TEMP_N}		12	25	Ω	TEMP_OUT电流(I_{TEMP_OUT}) = 20 mA, V_{DD1} = 4.5 V
PMOS $R_{DS(on)}$	R_{TEMP_P}		14	26	Ω	I_{TEMP_OUT} = 20 mA, V_{DD1} = 4.5 V
下拉	R_{TEMP_PD}	0.9	1	1.3	M Ω	
米勒箝位电压阈值	V_{MILLER}	1.88	2.0	2.14	V	以GND ₂ 为基准

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
故障报告						
锁存置位时间A	t_{LA_A}	10	13	16	ms	
锁存置位时间B	t_{LA_B}	18	20	23	ms	
锁存置位时间C	t_{LA_C}	23	26	30	ms	
驱动规格						
内部NFET						
导通电阻	R_{DSON_N}		0.51	0.95	Ω	V_{OUT_OFF} 电流(I_{VOUT_OFF}) = 0.5 A, $V_{DD1} = 6\text{ V}$, $V_{DD2} = 12\text{ V}$
导通电阻2电平	$R_{DSON_N_2LEV}$		1.78	3.45	Ω	$I_{VOUT_OFF} = 0.1\text{ A}$, $V_{DD1} = 6\text{ V}$, $V_{DD2} = 12\text{ V}$
内部PFET						
导通电阻	R_{DSON_P}		0.64	1.18	Ω	V_{OUT_ON} 电流(I_{VOUT_ON}) = 0.5 A, $V_{DD1} = 6\text{ V}$, $V_{DD2} = 12\text{ V}$
导通电阻2电平	$R_{DSON_P_2LEV}$		2.04	3.90	Ω	$I_{VOUT_ON} = 0.1\text{ A}$, $V_{DD1} = 6\text{ V}$, $V_{DD2} = 12\text{ V}$
米勒下拉NFET	R_{DSON_MILLER}		4	10	Ω	米勒电流(I_{MILLER}) = 10 mA
V_{OFF_SOFT} R_{DSON}	$R_{DSON_SOFT_OFF}$		15	33	Ω	V_{OFF_SOFT} 电流(I_{OFF_SOFT}) = 10 mA
峰值电流	I_{PEAKIP}		6		A	$V_{DD2} = 15\text{ V}$, 2 Ω 外部电阻
双电平高原电压	V_{2LEV}	11.67	11.89	12.05	V	
开关规格						
脉冲宽度 ¹	PW	70			ns	$V_{DD2} = 15\text{ V}$, $V_{OUT_ON} = V_{OUT_OFF}$, 无负载
传播延迟						
上升 ²	t_{DLH}	78	105	131	ns	$V_{DD2} = 15\text{ V}$, $V_{OUT_ON} = V_{OUT_OFF}$, 无负载
下降 ²	t_{DHL}	83	107	137	ns	$V_{DD2} = 15\text{ V}$, $V_{OUT_ON} = V_{OUT_OFF}$, 无负载
死区时间	t_{DEXT}	0.91	1.00	1.11	μs	

¹ 最小脉冲宽度指保证额定时序参数的最短脉冲宽度。

² t_{DLH} 传播延迟是指从输入上升逻辑高电平阈值 V_{IH} 到输出上升 V_{OUT_ON} 或 V_{OUT_OFF} 信号0%水平的时间。 t_{DHL} 传播延迟是指从输入下降逻辑低电平阈值 V_{IL} 到输出下降 V_{OUT_ON} 或 V_{OUT_OFF} 信号90%阈值的时间。有关传播延迟参数的波形, 参见图13。

SPI时序规格

SPI时序规格由设计保证。所有器件均采用200 kHz SPI通信进行生产测试。

表2.

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
t_S	到第一个时钟沿的时间	8			μs
t_{DS}	建立周期	1			μs
t_{DH}	保持周期	1			μs
t_{CLK}	时钟周期	5			μs
t_H	释放时间	8			μs
t_{HIGH}	高电平时钟时间	100			ns
t_{LOW}	低电平时钟时间	100			ns
t_{OV}	输出有效时间			240	ns

SPI时序图

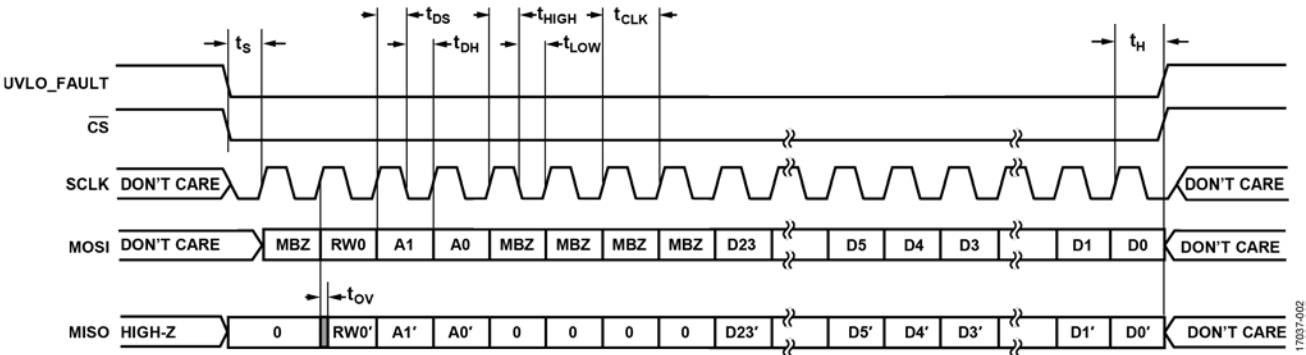


图2. SPI时序图

封装特性

表3.

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
电阻（输入侧到高端输出） ¹	R_{I-O}		10^{12}		Ω	
电容（输入侧到高端输出） ¹	C_{I-O}		2.0		pF	
输入电容	C_I		4.0		pF	

¹ 假设器件为双端器件：引脚1至引脚14短接在一起，引脚15至引脚28短接在一起。

法规信息

表4.

UL (申请中)	CSA (申请中)	VDE (申请中)	CQC (申请中)
UL 1577器件 认可程序 单一保护, 5000 V rms 隔离电压	CSA元件验收通知5A批准 CSA 60950-1-07+A1+A2和IEC 60950-1, 第二版, +A1+A2: 基本绝缘, 830 V rms (1174 V _{PEAK}) 加强绝缘, 415 V rms (587 V _{PEAK}) IEC 60601-1第3.1版: 基本绝缘 (降低患者受到电击风险的方法 (MOPP)), 519 V rms (734 V _{PEAK}) 加强绝缘(2 MOPP), 261 V rms (369 V _{PEAK}) CSA 61010-1-12和IEC 61010-1第三版 基本绝缘, 300 V rms市电, 830 V次级 (1174 V _{PEAK}) 加强绝缘, 300 V rms市电, 415 V次级 (587 V _{PEAK})	DIN V VDE V 0884-10 (VDE V 0884-10):2006-12 加强绝缘, 849 V _{PEAK} , V _{IOTM} = 8 kV _{PEAK}	CQC11-471543-2012认证 GB4943.1-2011 基本绝缘, 830 V rms (1174 V _{PEAK}) 加强绝缘, 415 V rms (587 V _{PEAK})
文件E214100	文件205078	文件2471900-4880-0001	文件 (申请中)

隔离和安全相关特性

表5.

参数	符号	值	单位	测试条件/注释
额定电介质隔离电压		5000	V rms	持续1分钟
最小外部气隙 (间隙)	L (I01)	8.3	mm, 最小值	测量输入端至输出端, 隔空最短距离
最小外部爬电距离	L (I02)	8.3	mm, 最小值	测量输入端至输出端, 沿壳体最短距离
印刷电路板平面的最小间隙 (PCB间隙)	L (PCB)	8.7	mm, 最小值	测量输入端至输出端, PCB安装平面的隔空最短距离, 视线
最小内部间隙		0.017	mm, 最小值	隔离距离
漏电阻抗 (相对漏电指数)	CTI	>400	V	DIN IEC 112/VDE 0303第1部分
材料组别		II		材料组 (DIN VDE 0110, 1/89, 表1)

DIN V VDE V 0884-10 (VDE V 0884-10)隔离特性

这些隔离器仅适合安全限制数据范围内的加强隔离。通过保护电路保持安全数据。封装上的星号(*)标志表示通过560 V_{PEAK}工作电压的DIN V VDE V 0884-10认证。

表6. VDE特性

描述	测试条件/注释	符号	特性	单位
IEC 60664-1装置分类			I 至 IV	
额定市电电压≤150 V rms			I 至 IV	
额定市电电压≤300 V rms			I 至 IV	
额定市电电压≤600 V rms			40/125/21	
环境分类			2	
污染度 (DIN VDE 0110, 表1)				
最大工作绝缘电压		V _{IORM}	849	V _{PEAK}
输入至输出测试电压, 方法B1	V _{IORM} × 1.875 = V _{pd(m)} , 100%生产测试, t _{ini} = t _m = 1秒, 局部放电 < 5 pC	V _{pd(m)}	1592	V _{PEAK}
输入至输出测试电压, 方法A	V _{IORM} × 1.5 = V _{pd(m)} , t _{ini} = 60 秒, t _m = 10 秒, 局部放电 < 5 pC	V _{pd(m)}	1274	V _{PEAK}
跟随环境测试, 子类1			1019	V _{PEAK}
跟随输入和/或安全测试	V _{IORM} × 1.2 = V _{pd(m)} , t _{ini} = 60 秒, t _m = 10 秒, 局部放电 < 5 pC			
子类2和子类3				
最高允许过压		V _{IOTM}	8000	V _{PEAK}
脉冲	1.2 μs上升时间, 50 μs, 50%下降时间, 空气中, 按照首选序列	V _{IMPULSE}	8000	V _{PEAK}
浪涌隔离电压 (基本)	V _{PEAK} = 12.8 kV, 1.2 μs上升时间, 50 μs, 50%下降时间	V _{IOSM}	9800	V _{PEAK}
浪涌隔离电压 (加强)	V _{PEAK} = 12.8 kV, 1.2 μs上升时间, 50 μs, 50%下降时间	V _{IOSM}	8000	V _{PEAK}
安全限值	出现故障时允许的最大值 (见图3)			
最高结温		T _S	150	°C
T _A = 25°C时的总功耗		P _S	2.0	W
T _S 时的绝缘电阻	输入和输出之间的电压(V _{IO}) = 500 V	R _S	>10 ⁹	Ω

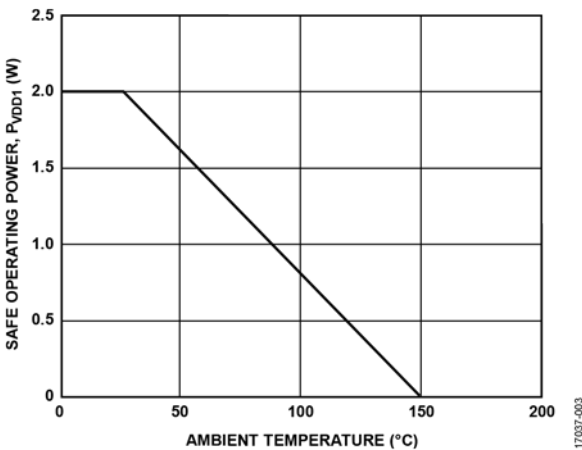


图3. 热减额曲线，依据DIN V VDE V 0884-10获得的安全限值与 ambient temperature 的关系

建议工作条件

表7.

参数	值
工作温度范围(T _A)	-40°C 至 +125°C
电源电压	
V _{DD1} ¹	4.5 V至25 V
V _{DD2} ²	12 V至25 V

¹ 以GND₁为基准。

² 以GND₂为基准。

绝对最大额定值

表8.

参数	额定值
存储温度范围(T _{ST})	−55°C至+150°C
工作结温范围(T _J)	−40°C至+150°C
电源电压	
V _{DD1} ¹	−0.2 V至+30 V
V _{DD2} ²	−0.2 V至+30 V
原边引脚 ¹	
VI+、VI−、MOSI、CS、SCLK	−0.2 V至+5.5 V
FAULT、TEMP_OUT、MISO、 DRIVER_FAULT、UVLO_FAULT	−0.2 V至V5_1 + 0.2 V
副边引脚 ²	
TS1、TS2	−0.2 V至V5_2 + 0.2 V
MILLER_OUT、V _{OFF_SOFT} 、V _{OUT_OFF}	−0.2 V至+30 V
GATE_SENSE、OC1、OC2	−0.2 V至V _{DD2} + 0.2 V
V _{OUT_ON} 、ASC	−0.2 V至V _{DD2} + 0.2 V
共模瞬变(CM)	−150 kV/μs至+150 kV/μs

¹ 以GND₁为基准。

² 以GND₂为基准。

注意，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。这只是额定最大值，不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

表10. 最大连续工作电压^{1, 2, 3}

参数	额定值	约束条件
交流电压		
双极性波形		
基本绝缘	849 V _{PEAK}	使用寿命受VDE-0884-11绝缘寿命限制
加强绝缘	707 V _{PEAK}	使用寿命受VDE-0884-11绝缘寿命限制
单极性波形		
基本绝缘	1697 V _{PEAK}	使用寿命受VDE-0884-11绝缘寿命限制
加强绝缘	892 V _{PEAK}	使用寿命受IEC 60664-1封装爬电距离限制
直流电压		
基本绝缘	1092 V _{PEAK}	使用寿命受IEC 60664-1封装爬电距离限制
加强绝缘	546 V _{PEAK}	使用寿命受IEC 60664-1封装爬电距离限制

¹ 详情参见“隔离寿命”部分。

² 若污染等级和材料组的要求不同，则限值也不同。

³ 某些系统级标准允许元器件采用印刷线路板(PWB)爬电距离值。对于这些标准来说，支持的直流电压可能更高。

热阻

热性能与PCB设计和工作环境直接相关。必须慎重对待PCB散热设计。

θ_{JA}为结至环境热阻，Ψ_{JT}为结至顶部特性参数。

表9. 热阻

封装类型 ¹	θ _{JA}	Ψ _{JT}	单位
RN-28-1	62.4	2.97	°C/W

¹ 4层PCB。

ESD警告



ESD（静电放电）敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量ESD时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

表11. 真值表（正逻辑）¹

VI+输入	VI-输入	ASC	FAULT	DRIVER_FAULT	UVLO_FAULT	V _{DD1} 状态	V _{DD2} 状态	V _{OFF_SOFT}	V _{OUT_ON}	V _{OUT_OFF}
低	高	<9 V	高	高	高	上电	上电	低	低	高
高	低	<9 V	高	高	高	上电	上电	低	高	低
高	高	<9 V	高	高	高	上电	上电	低	低	高
低	低	<9 V	高	高	高	上电	上电	低	低	高
X	X	>9 V	高	低	高	上电	上电	低	高	低
X	X	X	低	X	X	上电	上电	高	X	低 ³
X	X	X	X	低	X	上电	上电	高 ^{3,4}	X	X
X	X	X	X	X	低	上电	上电	高 ³	X	X
X	X	>9 V	X	X	X	无电	有电	低	高	低
X	X	<9 V	X	X	X	无电	有电	低	低	高
X	X	X	X	X	X	X	无电	高阻	高阻	低 ²

¹ X表示无关或未知。
² 在V_{DD2}没有电源的情况下，ADuM4137会试图将IGBT栅极电压保持在大约3 V至5 V的值。
³ 在软关断期间，V_{OUT_OFF}上的NMOS处于断开状态，直至GATE_SENSE引脚达到2 V，然后V_{OUT_OFF} NMOS与米勒箝位一起接通。
⁴ 当发生实际故障（例如过流、违反栅极低电平要求或纠错码(ECC)错误）时，驱动器仅进入软关断状态（故障映射参见表12）。

表12. FAULT引脚映射

故障条件	FAULT引脚	DRIVER_FAULT引脚	UVLO_FAULT引脚
TSD	低电平，锁存置位时间B = 20 ms（典型值）	无关或未知	无关或未知
TSx_OT_FAULT	低电平，锁存置位时间B = 20 ms（典型值）	无关或未知	无关或未知
栅极低电平	低电平，锁存置位时间C = 26 ms（典型值）	低电平，锁存置位时间C = 26 ms（典型值）	低电平，锁存置位时间C = 26 ms（典型值）
V _{DD2} UVLO	低电平，锁存置位时间B = 20 ms（典型值）	无关或未知	低电平，锁存置位时间A = 13 ms（典型值）
OCx过流	低电平，锁存置位时间B = 20 ms（典型值）	低电平，锁存置位时间C = 26 ms（典型值）	无关或未知
ECC错误	低电平，锁存置位时间B = 20 ms（典型值）	低电平，锁存置位时间C = 26 ms（典型值）	无关或未知
ASC	无关或未知	低电平，锁存置位时间C = 26 ms（典型值）	无关或未知
DT_FAULT	无关或未知	低电平，锁存置位时间A = 13 ms（典型值）	无关或未知

引脚配置和功能描述

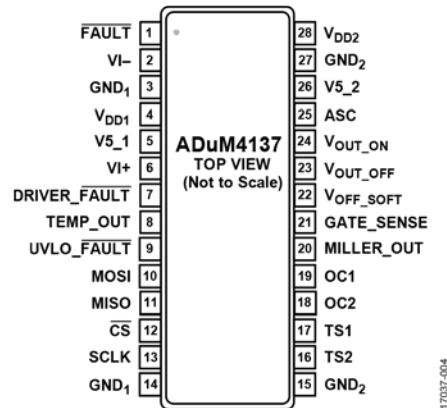


图4. 引脚配置

表13. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	FAULT	故障报告引脚。当FAULT为低电平时，禁用驱动器，禁用时间为FAULT引脚持续存在的时间或锁存时间（取较长者）。FAULT报告真值表参阅表11。
2	VI-	具有死区时间控制的反相输入。
3	GND ₁	原边的接地基准。
4	V _{DD1}	原边输入电源电压，4.5 V至25 V，以GND ₁ 为基准。
5	V5_1	5 V稳压输出。将该引脚连接到一个以GND ₁ 为基准的1 μF外部电容。该引脚控制输入引脚的逻辑电平。
6	VI+	同相输入。
7	DRIVER_FAULT	故障报告引脚。当发生OCx故障、栅极低电平故障、ECC故障、ASC事件或DT_FAULT时，原边的DRIVER_FAULT引脚被驱动为低电平。
8	TEMP_OUT	二极管温度传感器的10 kHz或50 kHz、1.3%至99%（典型值）PWM输出。
9	UVLO_FAULT	UVLO_FAULT故障报告引脚。FAULT报告真值表参阅表11。当UVLO_FAULT引脚被外部拉低时，SPI接口激活。
10	MOSI	SPI总线的MOSI连接。
11	MISO	SPI总线的MISO连接。
12	CS	SPI总线的片选信号。
13	SCLK	SPI总线时钟。
14	GND ₁	原边的接地基准。
15	GND ₂	副边的接地基准。
16	TS2	远端温度传感器2。如果不使用，应浮空或拉高至V5_2。
17	TS1	远端温度传感器1。如果不使用，请参见“应用信息”部分以了解更多信息。
18	OC2	分离射极过流检测2。如果不使用，应将此引脚连接到GND ₂ 。
19	OC1	分离射极过流检测1。如果不使用，应将此引脚连接到GND ₂ 。
20	MILLER_OUT	输出信号，用于控制米勒箝位的外部MOSFET。
21	GATE_SENSE	米勒箝位检测引脚。将此引脚直接连接到IGBT的栅极。
22	V _{OFF_SOFT}	软关断栅极连接。通过外部串联电阻将该引脚连接到栅极。在故障情况下，此引脚将栅极拉低。
23	V _{OUT_OFF}	关断电流路径连接。通过外部串联电阻将该引脚连接到栅极。在低电平输出命令期间，此引脚下拉栅极。
24	V _{OUT_ON}	导通电流路径连接。通过外部串联电阻将该引脚连接到栅极。在高电平输出命令期间，此引脚上拉栅极。
25	ASC	外部副边控制，用于使能驱动器。ASC引脚有一个比较器，其在8.93 V（典型值）时触发，具有0.85 V（典型值）的迟滞。当ASC信号大于8.93 V（典型值）时，如果没有故障发生，则该引脚会迫使驱动器开启。
26	V5_2	副边的5 V稳压输出。将该引脚连接到一个以GND ₂ 为基准的1 μF外部电容。
27	GND ₂	副边的接地基准。
28	V _{DD2}	副边输入电源电压，以GND ₂ 为基准。

典型性能参数

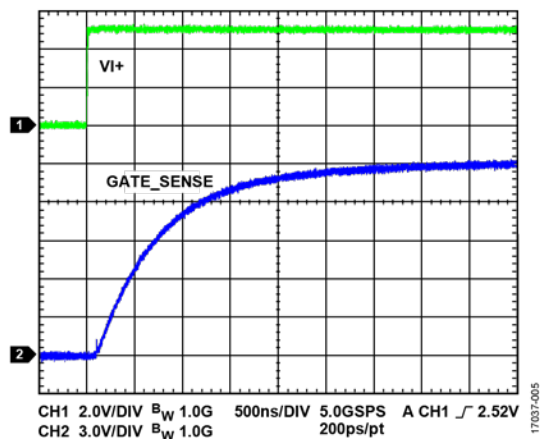


图5. 导通边沿示例, $V_{DD1} = 5\text{ V}$, $V_{DD2} = 15\text{ V}$, 3Ω 导通, 100 nF 负载

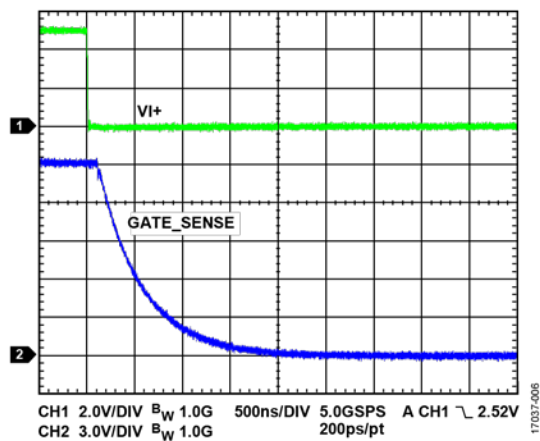


图6. 关断边沿示例, $V_{DD1} = 5\text{ V}$, $V_{DD2} = 15\text{ V}$, 2Ω 关断, 100 nF 负载

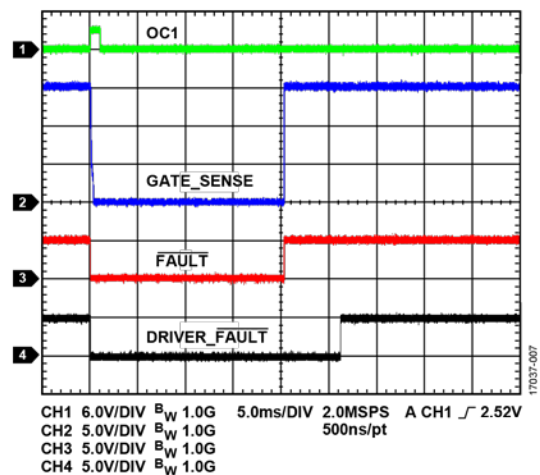


图7. 过流故障示例, $V_{DD1} = 5\text{ V}$, $V_{DD2} = 15\text{ V}$, $VI+ = 5\text{ V}$, 1 ms 过流仿真, 100 nF 负载

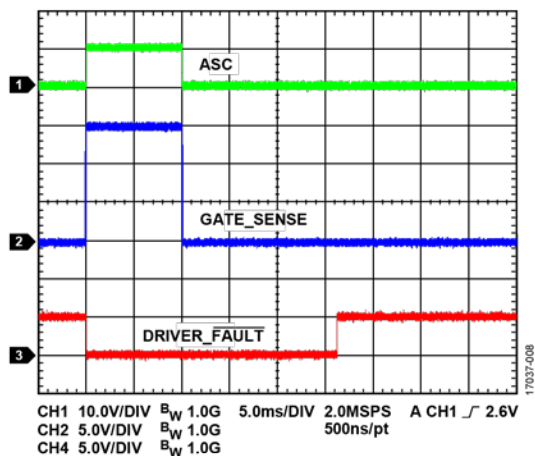


图8. ASC信号示例, $V_{DD1} = 5\text{ V}$, $V_{DD2} = 15\text{ V}$, $VI+ = 5\text{ V}$, 10 ms ASC, 100 nF 负载

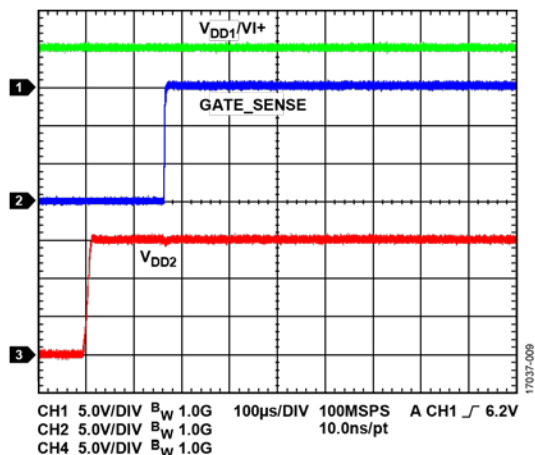


图9. VDD2启动时间典型值, $VI+ = V_{DD1}$

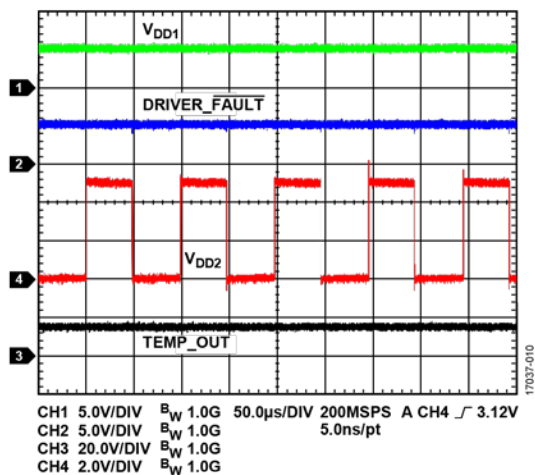


图10. TEMP_OUT读数示例, $V_{DD1} = 5\text{ V}$, $V_{DD2} = 15\text{ V}$, TS1 上有 $2\text{ k}\Omega$ 电阻

工作原理

在开关器件栅极需要快速上升时间的情况下，必须使用栅极驱动器。增强型功率器件的栅极信号以源极或发射极节点为基准。栅极驱动器必须跟随此源极或发射极节点。因此，在源极或发射极节点电压浮动的拓扑（如半桥）中，控制信号与栅极驱动器输出之间需要隔离。栅极开关时间与栅极驱动器的驱动强度有关。互补金属氧化物半导体(CMOS)输出之前的缓冲级可减少总延迟时间，并提高驱动器的最终驱动强度。

ADuM4137使用由聚酰亚胺隔离层分开的*iCoupler*芯片级变压器线圈，并利用高频载波把数据传输通过隔离栅，从而实现栅

极驱动器控制侧与输出侧之间的隔离。ADuM4137采用正逻辑开关关键控(OOK)编码，载波频率的存在将高电平信号传输到*iCoupler*芯片级变压器线圈的另一侧。当栅极驱动器的输入侧未加电时，正逻辑编码会确保输出为低电平信号。对于增强模式功率器件，低电平状态是最常见的安全状态，可以在有馈通状况的情况下进行驱动。ADuM4137的架构实现了高共模瞬变抗扰度，对电噪声和磁干扰也有很强的抑制能力。扩频OOK载波和差分线圈布局将辐射噪声降至最小。图11显示了ADuM4137使用的OOK编码。

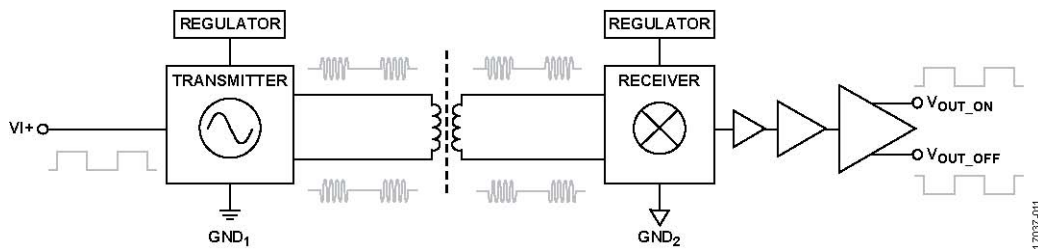


图11. OOK编码操作框图

应用信息

PCB布局布线

ADuM4137 IGBT栅极驱动器的逻辑接口不需要外部接口电路。 V_{DD1} 和 V_{DD2} 电源引脚需要电源旁路。在 V_{DD1} 使用一个大于10 μF 的陶瓷电容并将其接到 GND_1 。在输出电源引脚(V_{DD2})上增加至少30 μF 至60 μF 的电容, 以提供驱动输出端栅极电容所需的电荷。此电容可以由多个并联电容提供。避免在旁路电容器上使用过孔, 或者使用多个过孔来降低旁路电感, 因为电路板过孔可能引入寄生电感。较小的电容两端到输入或输出电源引脚的走线总长度不可超过约5 mm, 以获得最佳性能。对于5 V稳压器, 应将1 μF 电容尽可能靠近ADuM4137放置。

为了提高抑制大电流注入的鲁棒性, 输入引脚($\text{VI}+$ 、 $\text{VI}-$ 、 MOSI 、 $\overline{\text{CS}}$ 和 SCLK)可以放置串联100 Ω 电阻以限制电流。强烈建议在输入线路中串联100 Ω 电阻。

SPI和EEPROM操作

SPI编程

ADuM4137包含一条SPI总线, 用于设置远程温度增益和失调、PWM报告频率、高温故障和低温工作模式。

当 $\overline{\text{CS}}$ 为低电平且 $\overline{\text{UVLO_FAULT}}$ 被主动拉低时, SPI编程使能。SPI总线允许对副边EEPROM进行编程, 从而支持永久操作设置。SPI接口可以在菊花链模式下工作, 以便有效利用微控制器的输入和输出引脚。当以菊花链配置使用时, ADuM4137的每次片选需要24的整数倍的时钟周期。一个片选周期内的所有非24的整数倍的时钟周期会被忽略。如果ADuM4137与非ADuM4137器件建立菊花链链路, 应确保其他器件的寄存器空间加总起来是24的整数倍。在 $\overline{\text{UVLO_FAULT}}$ 引脚被拉低的同时将片选引脚($\overline{\text{CS}}$)拉低, 可对EEPROM进行编程。但是, 栅极驱动输出被禁用。当 $\overline{\text{CS}}$ 恢复高电平后, 栅极驱动输出便又可用。

编程使用标准SPI约定进行: 时钟极性 $\text{CPOL} = 0$, 时钟相位 $\text{CPHA} = 1$ 。图2中的时序图演示了典型的读取或写入操作。位A1和位A0是地址位, 必须为0; MBZ位必须设置为0。[D23:D0]位是数据位, MSB优先。RW0位设置操作是读(0)还是写(1)。

用户寄存器映射

图12显示了用户调整寄存器映射和二进制地址。

ADDRESS	NAME	BIT																								
		23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
00	USER	OFFSET_2[5:0]						GAIN_2[5:0]						OFFSET_1[5:0]						GAIN_1[5:0]						
01	CONFIG	RESERVED							OT_FAULT_OP	OT_FAULT_SEL	OC_TIME_OP	OC_2LEV_OP	LOW_T_OP	OC_BLANK_OP	t _{BLANK} [3:0]			ECC_OFF_OP	RESERVED				T_RAMP_OP	PWM_OSC		
10	CONTROL	RESERVED																			ECC2_DBL_ERR	ECC2_SNG_ERR	ECC1_DBL_ERR	ECC1_SNG_ERR	PROG_BUSY	SIM_TRIM

17037-012

17037-012

图12. 用户调整寄存器映射

用户寄存器位

表14列出了用户寄存器（地址00）的各位和位说明。

表14. 用户寄存器（地址00）位功能描述

位	位名称	描述
[23:18]	OFFSET_2[5:0]	TS2失调
[17:12]	GAIN_2[5:0]	TS2增益
[11:6]	OFFSET_1[5:0]	TS1失调
[5:0]	GAIN_1[5:0]	TS1增益

OFFSET_2[5:0]位

使用EEPROM的OFFSET_2位调整TS2引脚的内部失调。有关更多信息，参见“隔离式温度传感器”部分。

GAIN_2[5:0]位

使用EEPROM的GAIN_2位调整TS2引脚的内部相位。有关更多信息，参见“隔离式温度传感器”部分。

OFFSET_1[5:0]位

使用EEPROM的OFFSET_1位调整TS1引脚的内部失调。有关更多信息，参见“隔离式温度传感器”部分。

GAIN_1[5:0]位

使用EEPROM的GAIN_1位调整TS1引脚的内部增益。有关更多信息，参见“隔离式温度传感器”部分。

配置寄存器位

表15列出了配置(CONFIG)寄存器（地址01）的各位和位说明。

表15. 配置寄存器（地址01）位功能描述

位	位名称	描述
[23:17]	保留	保留
16	OT_FAULT_OP	过温故障禁用
15	OT_FAULT_SEL	过温故障选择
14	OC_TIME_OP	过流事件期间禁用双电平驱动和定时器
13	OC_2LEV_OP	过流双电平操作选择
12	LOW_T_OP	低温运行选择
11	OC_BLANK_OP	过流消隐操作选择
[10:7]	t _{BLANK}	过流消隐时间
6	ECC_OFF_OP	在ECC故障下使能软关断
[5:2]	Reserved	保留
1	T_RAMP_OP	过流温度斜坡使能
0	PWM_OSC	温度读数输出振荡器选择

OT_FAULT_OP位

OT_FAULT_OP位设置为1即禁用过温故障。如果该位设置为0，则当TS1或TS2引脚检测到过温事件时，ADuM4137便发出故障信号。

OT_FAULT_SEL位

OT_FAULT_SEL位选择两个过温故障电压阈值中的一个。此位设置为0时，下降阈值设置为1.64 V（典型值），上升阈值设置为1.69 V（典型值）。OT_FAULT_SEL位设置为1时，下降阈值设置为1.68 V（典型值），上升阈值设置为1.73 V（典型值）。

OC_TIME_OP位

OC_TIME_OP位设置为1时，过流事件期间禁用双电平驱动和定时器。在过流事件期间，输出立即进入软关断状态。如果使能，过流消隐仍然可用。

OC_2LEV_OP位

OC_2LEV_OP位设置为1时，在记录故障之前的过流事件期间禁用双电平驱动。过流检测时间结束后，记录故障，输出使用软关断功能关断。如果在过流事件期间但在tdOC之前将该位设置为0，则双电平驱动电平输出到栅极。

LOW_T_OP位

CONFIG寄存器的位12可以禁用特殊低温操作。当TS1引脚上升到2.40 V（典型值）以上时，如果LOW_T_OP位设置为0，则在导通命令期间，栅极电压将达到双电平高原电压。在退出低温工作模式之前，迟滞允许TS1上的工作电压低至2.36 V（典型值）。如果LOW_T_OP位设置为1，则对于导通信号，所有非故障栅极信号均处于V_{DD2}输出电压。

OC_BLANK_OP位

OC_BLANK_OP设置为1时，在电流消隐期间使能双电平驱动。当OC_BLANK_OP位设置为1时，如果在消隐时间t_{BLANK}中发生过流事件，器件将进入双电平驱动状态。

t_{BLANK}[3:0]位

在栅极最初导通过程中，可能存在开关动作引起的大量噪声。通过设置不同的t_{d_OC}值和t_{BLANK}值，可以屏蔽过流检测。屏蔽期间的过流事件将被忽略。

表16. t_{BLANK}消隐时间

t _{BLANK} [3:0]，位[10:7]	消隐时间(μs)典型值
0000	0
0001	0.36
0010	0.56
0011	0.77
0100	0.97
0101	1.17
0110	1.57
0111	1.97
1000	2.37
1001	2.78
1010	3.18
1011	3.58
1100	3.98
1101	4.39
1110	4.79
1111	5.19

ECC_OFF_OP位

当检测到ECC错误时，如果ECC_OFF_OP位设置为1，则ADuM4137进入软关断并记录故障。此故障记录会指出检测到的是单ECC故障还是双ECC故障。如果该位设置为0，则ECC故障在控制寄存器（地址10）中设置，但ADuM4137会继续工作而不关断。

T_RAMP_OP位

T_RAMP_OP位设置为0时，过流基准电压可随温度而变化。在1.55 V至2.45 V的TS1电压范围内，电流基准从2.7 V（典型值）变化至1.75 V（典型值），如图14所示。T_RAMP_OP位设置为1时，过流基准电压V_{OCD_TH}设置为2 V（典型值），与检测到的温度无关。

PWM_OSC

PWM_OSC位控制报告的TEMP_OUT引脚PWM频率是10 kHz还是50 kHz。当PWM_OSC位设置为0时，输出频率为10 kHz（典型值）。当PWM_OSC位设置为1时，PWM输出频率为50 kHz（典型值）。

控制寄存器位

表17列出了控制寄存器（地址10）的各位和位说明。

表17. 控制寄存器（地址10）位功能描述

位	位名称	描述
[23:6]	保留	保留。
5	ECC2_DBL_ERR	检测到ECC Bank 2双错误
4	ECC2_SNG_ERR	检测到ECC Bank 2单错误
3	ECC1_DBL_ERR	检测到ECC Bank 1双错误
2	ECC1_SNG_ERR	检测到ECC Bank 1单错误
1	PROG_BUSY	编程/繁忙位
0	SIM_TRIM	仿真调整

ECC2_DBL_ERR位

当在EEPROM存储的数据中检测到两个错误时，读取ECC2_DBL_ERR位后该位设置为1。可检测到两个错误。然而，使用ADuM4137采用的纠错码无法纠正这些错误。ECC2_DBL_ERR位置1表示在存储库中检测到两个错误，意味着在ADuM4137寄存器外部执行的调整受到用户和CONFIG地址的影响。当该位设置为0时，表示大于1的位未检测到错误。

ECC2_SNG_ERR位

当在EEPROM存储的数据中检测到单个错误时，读取ECC2_SNG_ERR位后该位设置为1。ADuM4137采用的纠错码可以检测并纠正单个错误。ECC2_SNG_ERR位置1表示在存储库中检测到单个错误，意味着在ADuM4137寄存器外部执行的调整受到用户和配置地址的影响。当该位设置为0时，表示未检测到单个位错误。

ECC1_DBL_ERR位

当在EEPROM存储的数据中检测到两个错误时，读取ECC1_DBL_ERR位后该位设置为1。可检测到两个错误。然而，使用ADuM4137采用的纠错码无法纠正这些错误。ECC2_DBL_ERR位置1表示在存储库中检测到两个错误，意味着在ADuM4137上执行的调整受到用户和配置地址的影响。值0表示大于1的位未检测到错误。

ECC1_SNG_ERR位

当在EEPROM存储的数据中检测到单个错误时，读取ECC1_SNG_ERR位后该位设置为1。ADuM4137采用的纠错码可以检测并纠正单个错误。ECC2_SNG_ERR位置1表示在存储库中检测到单个错误，意味着在ADuM4137上执行的调整受到用户和配置地址的影响。值0表示未检测到单个位错误。

PROG_BUSY位

PROG_BUSY位置1时，可对EEPROM存储器进行编程。当该位设置为1时，EEPROM开始写入存储器。硬件将此位恢复为0，指示编程已发生。写序列需要40 ms（最大值）来执行，但可以写得比40 ms（最大值）更快。如果需要更短的等待时间，可在写入期间多次回读PROG_BUSY位。在用户将该位设置为1后，如果回读值为0，则说明写操作完成。

SIM_TRIM位

如果SIM_TRIM位设置为0，则用户寄存器和配置寄存器对ADuM4137的操作没有影响。使用该位可模拟调整设置，但不写入寄存器。

如果将SIM_TRIM设置为1，则地址值可以改变栅极驱动器的操作，以模拟上电时将值编程到EEPROM的效果。当SIM_TRIM设置为0时，则加载EEPROM中先前的地址值，操作返回到上电状态。

SPI安全

为了减少单点故障节点，可将两个信号拉低以激活SPI通信。在SPI通信期间，正向路径通道停用。要激活SPI通信，应将UVLO_FAULT引脚和CS引脚同时拉低。使用外部开漏连接将UVLO_FAULT引脚拉低，以免破坏正常的UVLO_FAULT行为。当UVLO_FAULT引脚为高电平时，SPI无效。有关FAULT引脚映射，参见表12。对于正常操作，FAULT（TSD、TSx_OT_FAULT、OCx过流、栅极低电平、V_{DD2} UVLO和ECC错误）会迫使驱动器关闭。在SPI通信期间，可以屏蔽故障引脚上显示的故障。在SPI通信期间，不会发布DRIVER_FAULT或UVLO_FAULT上的任何故障信息。当CS被拉低以启动SPI通信时，DRIVER_FAULT和UVLO_FAULT均被强制拉高。

传播延迟相关参数

传播延迟衡量逻辑信号穿过器件所需的时间。到低电平输出的传播延迟可能不同于到高电平输出的传播延迟。ADuM4137指定上升传播延迟 t_{DLH} （参见图13）为输入高电平上升沿逻辑阈值；V_{IH}到输出上升10%阈值的时间。同样，下降传播延迟 t_{DHL} 定义为下降沿逻辑低电平阈值V_{IL}到输出下降沿90%阈值的时间。上升和下降时间取决于负载条件，并且不包含在传播延迟中，这是栅极驱动器的工业标准。

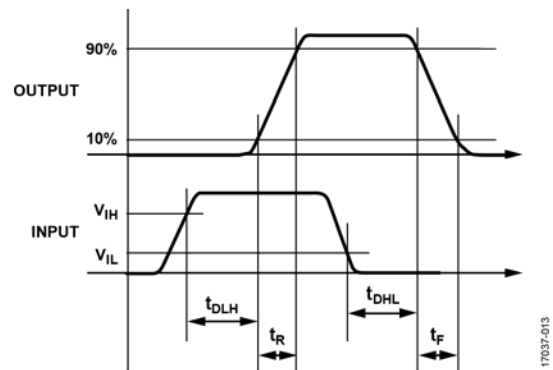


图13. 传播延迟参数

传播延迟偏斜指在相同温度、输入电压和负载条件下工作的多个ADuM4137器件的传播延迟之间的最大差异。

保护特性

原边UVLO

ADuM4137的原边和副边均有UVLO。如果原边电源电压 V_{DD1} 降至4.25 V（典型值）以下，则停止向副边传输，输出被有效拉低。

故障报告

对于IGBT工作期间可能发生的故障，ADuM4137可提供保护。主要故障状况是过流检测引脚OC1和OC2检测到的过流。如果检测到这种故障，ADuM4137将关断栅极驱动并将FAULT引脚置为低电平。故障通过 V_{OFF_SOFT} 引脚启动软关断。发生故障时，外部米勒箝位不会启动。次级欠压闭锁(UVLO2)、次级热关断(TSD2)、ECC错误、过流、栅极低压检测和远程过温都可能引发故障。

过流检测

ADuM4137与分离射极IGBT或分离源极MOSFET一起工作。使用分叉开关的较低电流部分精确测量通过IGBT或MOSFET的电流，从而对过流事件做出快速反应。当检测到过流事件时，将启动高速双电平关断。如果过流状况持续时间超出双电平检测延迟时间(t_{dOC})，则会向ADuM4137的原边报告故障。如果过流状况在关断时间之前消失， V_{OUT_ON} 引脚将回到高电平输出状态，故障定时器复位。

TS1引脚上的检测温度可以修改过流阈值。如果T_RAMP_OP位设置为1，则在所有工作条件下，过流阈值均设置为2 V（典型值）。当T_RAMP_OP位设置为0时，过流阈值 $V_{OCD_TH_EN}$ 线性变化，在 $TS1 = 1.55$ V时为2.7 V（典型值），在 $TS1 = 2.45$ V时为1.75 V（典型值），参见图14。

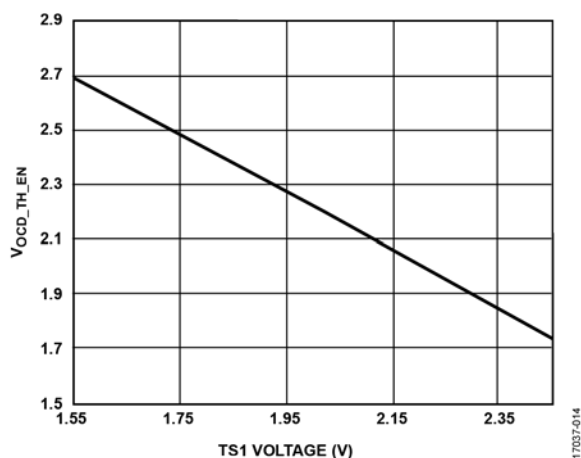


图14. 检测到的温度导致的过流阈值变化

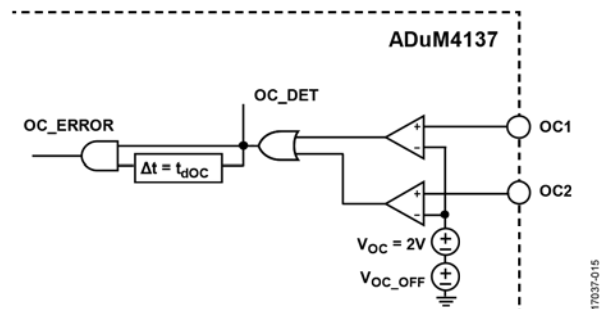


图15. 分离射极过流检测功能框图

高速双电平关断

如果OC1或OC2引脚检测到过流，双电平关断电路就会将栅极驱动到低电平。内部NMOS FET将器件栅极驱动为低电平，直至GATE_SENSE引脚达到11.89 V（典型值）高原电压。 t_{dOCR} 是输出从检测到过流到将过流驱动到高原电压所需的时间。检测时间(t_{dOC})之后，故障会被记录并报告给原边（参见图16）。如果在 t_{dOC} 期间不再违反过流阈值 V_{OCD_TH} ，则内部PMOS使栅极电压恢复为 V_{DD2} 电压，并且双电平定时器复位（参见图17）。

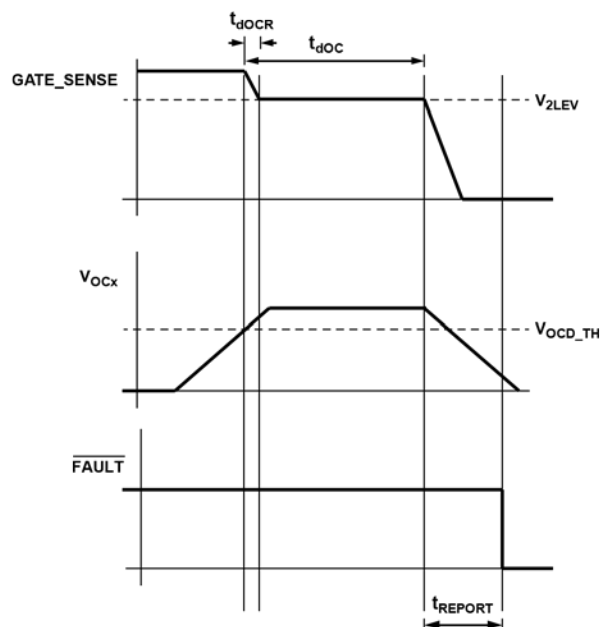


图16. 双电平关断故障示例（未按比例）

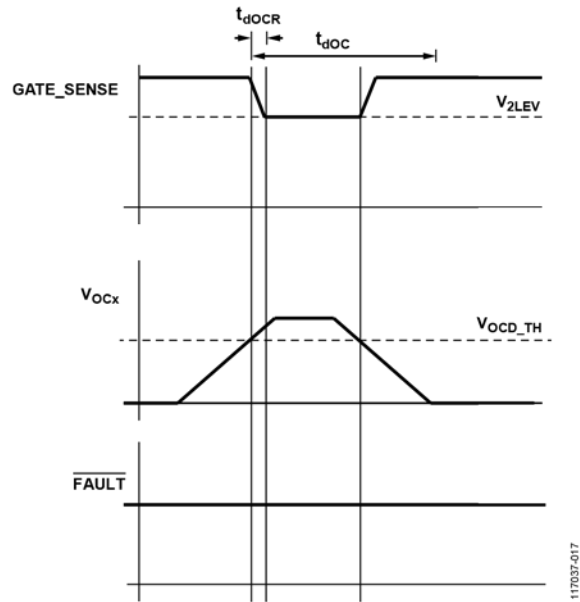


图17. 双电平定时器恢复示例

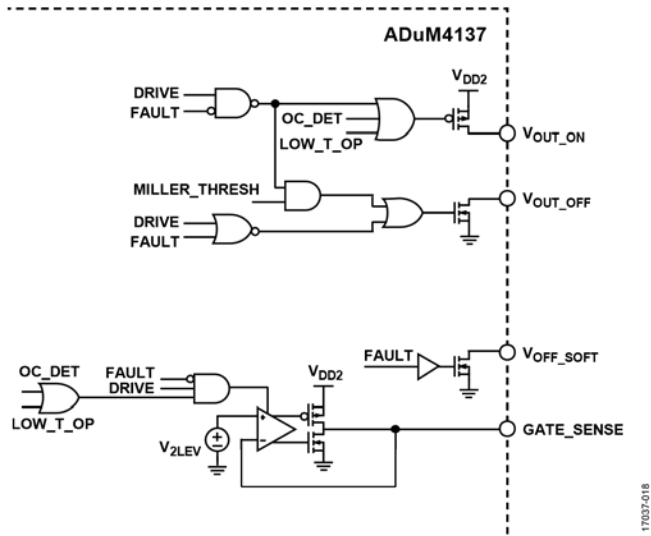


图18. 栅极电压输出功能框图

米勒箝位

ADuM4137集成了米勒箝位控制信号，在IGBT关断期间，它能降低米勒电容引起的IGBT栅极电压尖峰。当输入栅极信号要求IGBT关断时（驱动到低电平），外部米勒箝位MOSFET信号最初是关闭的。当GATE_SENSE引脚电压越过内部2 V（典型值）基准电压时（以GND₂为基准），在IGBT关断时间的剩余部分，米勒箝位闩锁开启，从而为栅极电流创建第二条低阻抗电流路径。米勒箝位开关继续开启，直至输入驱动信号从低电平变为高电平。时序的波形示例如图19所示。

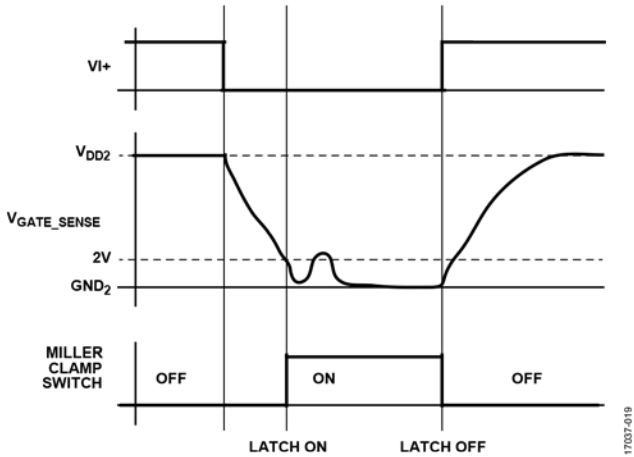


图19. 米勒箝位示例

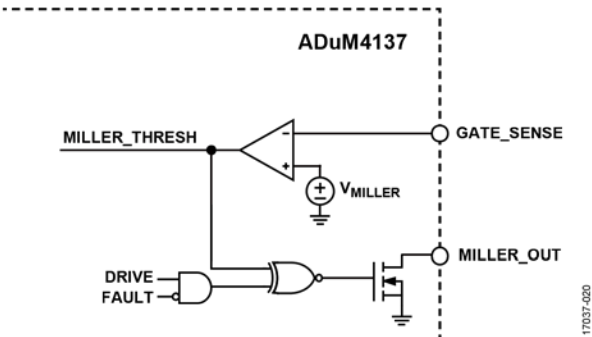


图20. 米勒箝位功能框图

热关断

ADuM4137包含两个TSD。如果ADuM4137副边的内部温度超过150°C（典型值），ADuM4137会进入TSD故障状态，栅极驱动通过软关断禁用。发生TSD时，ADuM4137只有在内部温度降至130°C（典型值）以下时才会退出TSD。达到该温度后，ADuM4137退出关断状态。在副边TSD事件期间，原边会通过FAULT引脚提供故障输出。

如果初级裸片温度超过154°C（典型值），则原边功能关断，副边也关断。当内部温度降至135°C（典型值）以下时，原边离开TSD。

过温的主要原因是给定环境温度下驱动负载过大。此类温度过载通常会影响副边芯片，因为负载驱动的主要功耗发生在副边。

ASC引脚功能

ASC引脚提供外部副边控制，用于使能驱动器。ASC引脚有一个比较器，其在8.93 V（典型值）时触发，具有0.85 V（典型值）的迟滞。当ASC信号大于8.93 V（典型值）时，如果没有故障发生，则该信号会迫使驱动器输出高电平。ASC引脚信号与正向路径驱动信号进行“或”运算。在ASC事件期间，仍可通过SPI接口对副边的EEPROM进行读写操作。与ASC引脚接口可以直接进行，或通过带上拉电阻的外部开漏NMOS MOSFET进行，电压值可大于8.93 V（典型值）。ASC引脚上有一个内部下拉电流源。

隔离式温度传感器

ADuM4137支持简单的隔离式温度检测。ADuM4137利用内部电流源偏置外部温度检测二极管，将二极管的正偏电压编码为PWM信号，然后该信号从副边跨过隔离栅传递到原边。PWM信号的工作频率为10 kHz或50 kHz（在EEPROM中编程）。最小值和最大值之间的电压近似线性且单调内插。ADuM4137支持两个远程温度检测二极管组件，这两个组件均可能在副边引起过热故障。此外，一个温度传感器回读值可通过隔离温度报告通道在原边进行读取。两个温度传感器引脚TS1和TS2的较低电压（较高温度）在TEMP_OUT引脚上报告。脉宽调制温度传感器的增益和失调可以在EEPROM中设置。占空比与较低温度检测引脚(TSx)电压的典型曲线如图21所示。

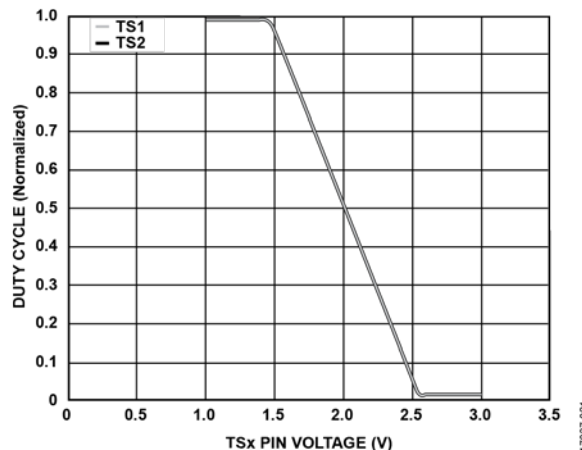


图21. TEMP_OUT占空比与较低TSx引脚电压的关系

PWM的电压映射遵循以下典型公式：

$$PWM_DUTY = -0.9065 \times TS_VOLTAGE + 2.3264$$

其中：

PWM_DUTY为TEMP_OUT引脚上的占空比，满量程为1。

PWM_DUTY等于占空比的百分比除以100。

TS_VOLTAGE为TS1或TS2引脚上的最低电压。

使用GAIN_1、GAIN_2、OFFSET_1和OFFSET_2位来调整电压以适应TSx引脚的PWM响应。增益和失调寄存器是6位二进制补码值。MSB是各增益和失调位域的第5位。

增益位会影响响应的斜率，以2.22 V（典型值）为中心。该中心点大约是温度检测二极管堆叠处于25°C时的值。增益位的值会影响响应的斜率，其1 LSB为-0.00558（典型值）。当增益寄存器改变时，除非失调位设置了非000000值，否则响应会有一个中心点，使得2.22 V（典型值）点返回0.194（典型值）的PWM。失调位根据PWM响应上下调整电压。失调位的LSB为0.001336（典型值）。

重写PWM_DUTY公式以考虑增益和失调设置，并在增益设置中考虑2.22 V典型中心点，得到下式：

$$PWM_DUTY = (-0.9065 + GAIN_x \times GAIN_LSB) \times (TS_VOLTAGE - 2.22) + (2.3264 + OFFSET_x \times OFFSET_LSB - 0.194)$$

其中：

GAIN_x为GAIN_1或GAIN_2二进制补码十进制等效值。

GAIN_LSB = -0.00558（典型值）。

TS_VOLTAGE为TS1或TS2承受的电压。

OFFSET_x为OFFSET_1或OFFSET_2二进制补码十进制等效值。

OFFSET_LSB = 0.001336（典型值）。

低温工作模式

如果在TS1引脚上检测到的电压大于2.4 V（典型值），最大栅极电压设置为11.89 V（典型值）的双电平高原电压，则可以使用低温工作模式。迟滞允许继续低温运行，直到TS1引脚电压降至2.36 V（典型值）以下。低温操作可以通过EEPROM设置的LOW_T_OP位（地址01位12）使能或禁用。基本操作如图22所示。在双电平驱动期间，导通和关断驱动器的RDSON电阻增加到正常导通和关断电阻的大约4倍。

FAULT引脚

FAULT引脚可以映射到TSD、TSx_OT_FAULT、栅极低电平、V_{DD2} UVLO、OCx过流和ECC错误故障。FAULT引脚是CMOS输出，连接在GND_I和V5_1引脚之间。当FAULT由于ADuM4137上的故障检测而被拉低时，输出驱动器正向路径被禁用，从而将输出拉低。

TSD、TSx_OT_FAULT、V_{DD2} UVLO、OCx过流和ECC错误故障的锁存时间典型值为20 ms（锁存置位时间B）。栅极低电平错误的锁存时间典型值为26 ms（锁存置位时间C）。FAULT引脚保持低电平的时间为保持时间(t_{PW})或错误持续的时间（取较长者）。

DRIVER_FAULT引脚

DRIVER_FAULT引脚是开漏输出，具有一个典型值为78μA的内部上拉电流源(I_{PU_DP})，连接到V5_1。DRIVER_FAULT引脚可映射到栅极低电平、OCx过流、ECC错误、ASC和DT_FAULT故障。如果发生任何映射到DRIVER_FAULT的故障，DRIVER_FAULT引脚将被驱动到低电平，其保持时间为最短锁存时间或故障持续的时间（取较长者）。栅极低电平、OCx过流、ECC错误和ASC的最短故障锁存时间为26 ms（典型值）。DT_FAULT的最短故障锁存时间为13 ms（典型值）（锁存置位时间A）。

UVLO_FAULT引脚

UVLO_FAULT引脚可以映射到栅极低电平和V_{DD2} UVLO。UVLO_FAULT引脚是开漏输出，具有一个典型值为78μA的内部I_{PU_DP}，连接到V5_1。

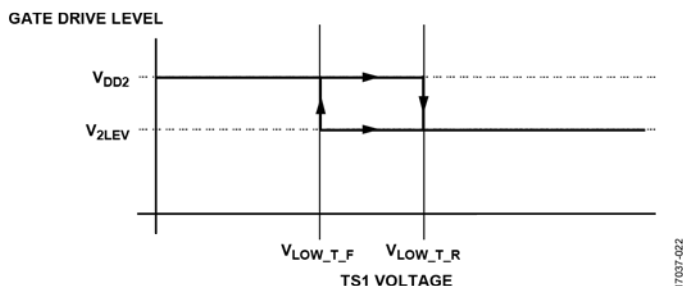


图22. 低温操作

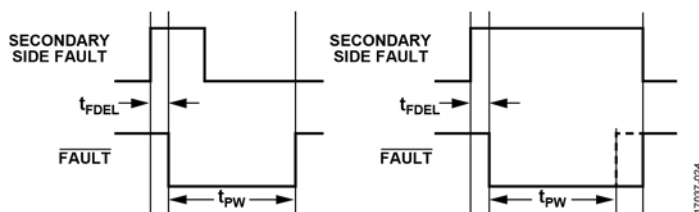
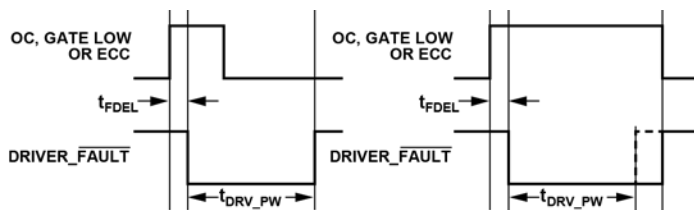


图23. FAULT引脚故障



NOTES

1. t_{FDEL} IS THE REPORTING DELAY OF THE FAULT.
2. OC IS THE INTERNAL OVERCURRENT FAULT CONNECTION.
3. t_{DRV_PW} IS THE DRIVE FAULT PULSE WIDTH LATCH TIME.

图24. DRIVER_FAULT故障

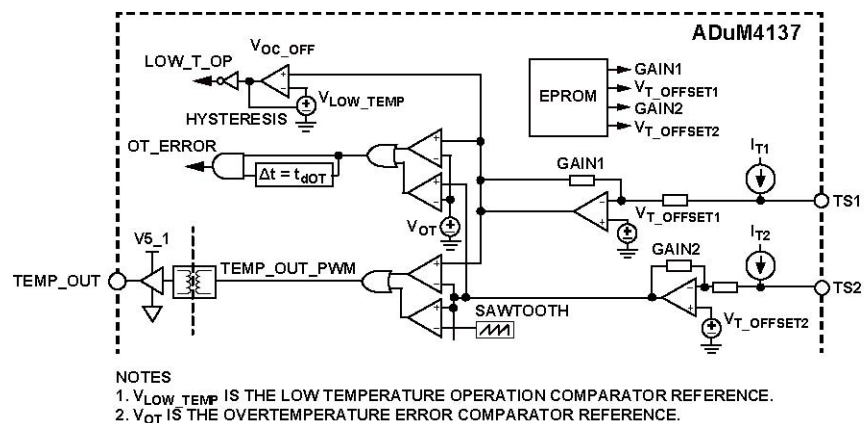


图25. 远程温度检测框图

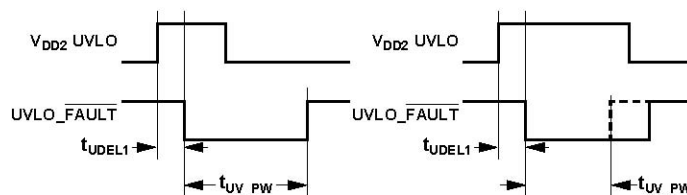


图26. VDD2 UVLO的UVLO_FAULT故障

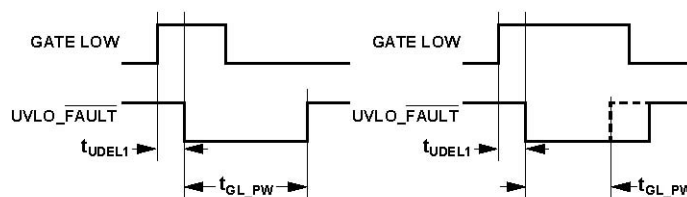


图27. UVLO_FAULT故障，栅极低电平

V_{DD2} UVLO故障

当发生 V_{DD2} UVLO故障时，故障会在故障传播延迟发布时间 t_{UDE1} （典型值 $6.7\mu s$ ）内将UVLO_FAULT引脚驱动为低电平；如果 V_{DD2} UVLO故障存在时间少于约13 ms，原边上故障报告时间将为13 ms（典型值）。当 V_{DD2} UVLO故障存在时间长于约13 ms时，则在副边释放 V_{DD2} UVLO之后，UVLO_FAULT释放。

UVLO_FAULT故障，栅极低电平

当发生栅极低电平故障时，故障会在 t_{UDELI} 内将 $\overline{\text{UVLO_FAULT}}$ 引脚驱动为低电平；如果 V_{DD2} UVLO故障存在时间少于约26 ms，原边上故障报告时间将为约26 ms。如果栅极低电平故障存在时间长于约26 ms时，则在副边释放 V_{DD2} UVLO之后， $\overline{\text{UVLO_FAULT}}$ 在 t_{UDELI} 时间内释放。另外，脉冲宽度可以区分栅极低电平和 V_{DD2} UVLO故障。但是，如果这些故障同时发生，则只能看到较长的脉冲。

死区时间控制

死区时间(t_{DEXT})在VI+和VI-之间设置。如果 t_{DEXT} 大于延迟时间,则死区时间由 t_{DEXT} 设置。否则,如果小于或等于延迟时间,则死区时间由延迟时间设置。延迟典型值为1 μs 。

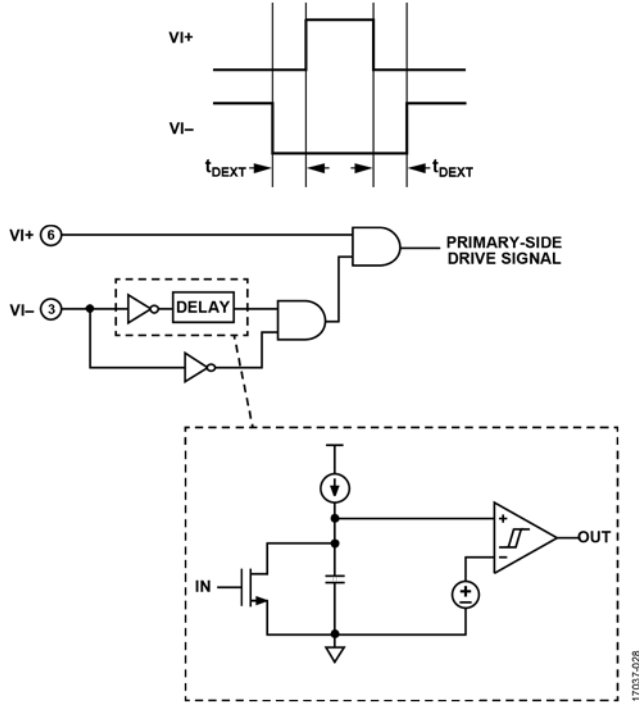


图28. 死区时间控制

DRIVER_FAULT故障，死区时间故障

在每个周期的开始会监视VI+信号和内部死区时间。如果VI+信号在1 μs 内部死区时间完成信号的上升沿之前变为高电平,则会发出死区时间故障。该故障在原边锁存约13 ms,不会关闭驱动器。如果VI-始终保持低电平,则启动期间VI+必须保持低电平。

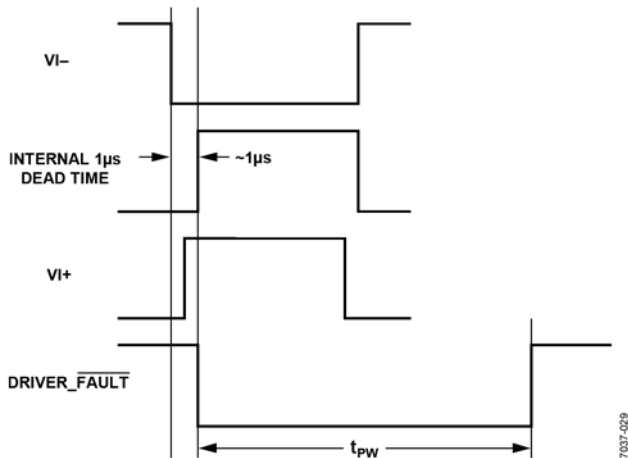


图29. 死区时间故障

功耗

当驱动IGBT栅极时,驱动器必定会产生功耗。如果不做如下考虑,此功耗可能导致TSD。IGBT的栅极可以大致模拟为容性负载。由于米勒电容及其他非线性因素影响,对所驱动负载的近似保守估计常常是将给定IGBT的标称输入电容(C_{ISS})乘以5倍。利用此值,通过下式可估算开关操作引起的系统总功耗(P_{DISS}):

$$P_{\text{DISS}} = C_{\text{EST}} \times (V_{\text{DD2}})^2 \times f_s$$

其中:

$C_{\text{EST}} = C_{\text{ISS}} \times 5$ (保守估计)。

V_{DD2} 为 V_{DD2} 引脚上的电压。

f_s 为IGBT的开关频率。

内部栅极驱动器开关的内部导通电阻和外部栅极电阻(R_{GON} 和 R_{GOFF})共同产生此功耗。利用内部栅极电阻与总串联电阻的比值,可以计算ADuM4137芯片内的损耗。

求出芯片内部因开关而产生的功耗,加上静态功耗,然后乘以 θ_{JA} 值,得出ADuM4137经历的高出环境温度的升幅。

$$P_{\text{DISS_ADuM4137}} = P_{\text{DISS}} \times 0.5(R_{\text{DS(on),P}} / (R_{\text{GON}} + R_{\text{DS(on),P}}) + (R_{\text{DS(on),N}} / (R_{\text{GOFF}} + R_{\text{DS(on),N}})) + P_{\text{QUIESCENT}}$$

其中:

$P_{\text{DISS_ADuM4137}}$ 为ADuM4137的功耗。

R_{GON} 为导通路径中的外部串联电阻。

R_{GOFF} 为关断路径中的外部串联电阻。

$P_{\text{QUIESCENT}}$ 为静态功耗。

$$T_{\text{ADuM4137}} = \theta_{\text{JA}} \times P_{\text{DISS_ADuM4137}} + T_{\text{AMB}}$$

其中:

T_{ADuM4137} 为ADuM4137的结温。

T_{AMB} 为环境温度。

为使ADuM4137不超出额定温度范围, T_{ADuM4137} 不得超过150°C (典型值)。如果 T_{ADuM4137} 超过150°C (典型值),ADuM4137便进入TSD状态。

隔离寿命

所有的隔离结构在长时间的电压作用下，最终会被破坏。隔离衰减率由施加在隔离层上的电压波形特性决定。除了监管机构所执行的测试外，ADI公司还进行一系列广泛的评估来确定ADuM4137内部隔离结构的寿命。

ADI公司使用超过额定连续工作电压的电压执行加速寿命测试。确定多种工作条件下的加速系数，利用这些系数可以计算实际工作电压下的失效时间。

表10中显示的值总结了双极性交流工作条件下20年工作寿命的峰值电压以及CSA和VDE认可的最大工作电压。许多情况下，认可工作电压高于20年工作寿命电压。某些情况下，在这些高工作电压下工作会导致隔离寿命缩短。

ADuM4137的隔离寿命由施加在隔离栅上的电压波形决定。*i*结构的隔离度以不同速率衰减，这由波形是否为双极性交流、单极性交流或直流决定。图30、图31和图32显示这些不同隔离电压的波形。

双极性交流电压环境对于iCoupler产品而言是最差的情况，在这种情况下，ADI公司推荐的最大工作电压对应的工作寿命为20年。在单极交流或直流电压的情况下，隔离压力明显降低，允许更高的工作电压，同时还实现了20年的使用寿命。任何与图31或图32不一致的横跨隔离的电压波形都应被认为是双极性交流波形，其峰值电压应限制在表10中列出的20年工作寿命电压以下。

图31所示的正弦电压波形仅作为示例提供，它代表任何在0 V与某一限值之间变化的电压波形。该限值可以为正值或负值，但电压不能穿过0 V。

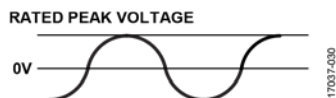


图30. 双极性交流波形

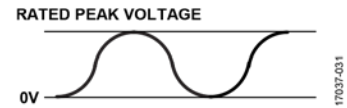


图31. 单极性交流波形

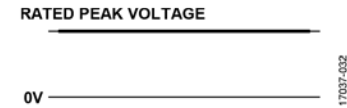


图32. 直流波形

直流正确性和磁场抗扰度

ADuM4137具有抗扰性能，不易受外部磁场影响。ADuM4137磁场抗扰度的限制是由变压器接收线圈中的感应电压的状态决定的，电压足够大就会错误地置位或复位解码器。下面的分析说明此情况发生的条件。

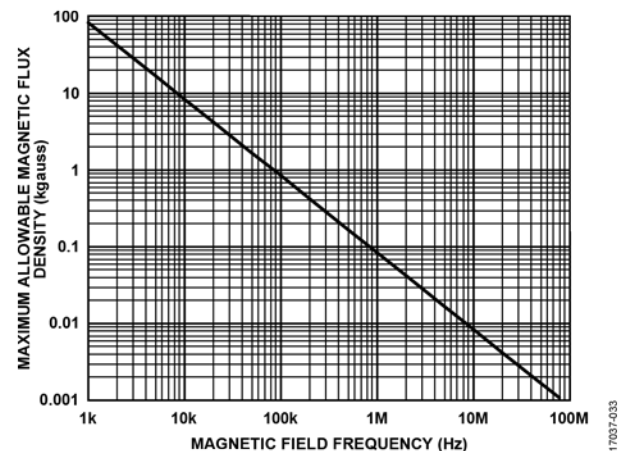


图33. 最大允许外部磁通密度

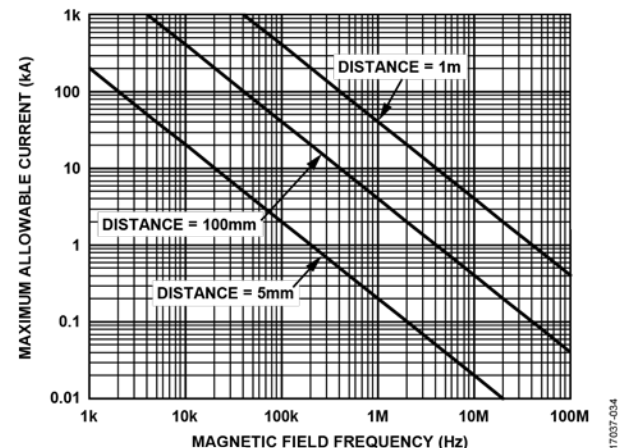


图34. 不同电流至ADuM4137距离下的最大允许电流

外形尺寸

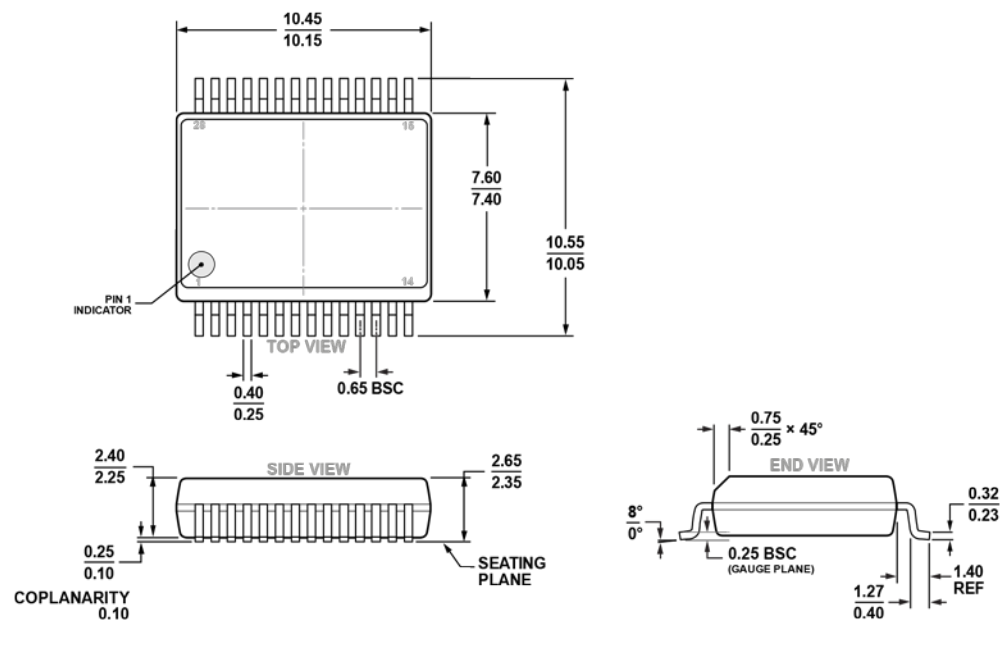


图36. 28引脚标准小型、宽体、更小间距[SOIC_W_FP] (RN-28-1)
尺寸单位: mm

订购指南

型号 ^{1,2}	温度范围	封装描述	封装选项
ADuM4137WBRNZ	-40°C 至 +125°C	28引脚标准小型、宽体、更小间距[SOIC_W_FP]	RN-28-1
ADuM4137WBRNZ-RL	-40°C 至 +125°C	28引脚标准小型、宽体、更小间距[SOIC_W_FP], 13"卷带和卷盘	RN-28-1
EVAL-ADuM4137EBZ		评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的器件。
² W = 通过汽车应用认证。

汽车应用产品

ADuM4137W型号的生产工艺受到严格控制, 以满足汽车应用的质量和可靠性要求。请注意, 车用型号的技术规格可能不同于商用型号; 因此, 设计人员应仔细阅读本数据手册的技术规格部分。只有显示为汽车应用级的产品才能用于汽车应用。欲了解特定产品的订购信息并获得这些型号的汽车可靠性报告, 请联系当地ADI公司的客户代表。

