

产品特性

主机时钟输入频率：5 MHz至21 MHz
 失调漂移与温度的关系： $\pm 0.6 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (最大值)
 SNR：86 dB (典型值)
 16位无失码
 满量程模拟输入电压范围： $\pm 320 \text{ mV}$
 ENOB：14位 (典型值)
 I_{DD1} ：10 mA (最大值)
 板载数字隔离器
 工作温度范围： -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$
 高共模瞬变抗扰度： $150 \text{ kV}/\mu\text{s}$ (最小值)， $V_{\text{DD2}} = 3.3 \text{ V}$
 宽体SOIC

16引脚SOIC_W

8引脚SOIC_IC封装，支持更高的爬电距离

安全和监管批准 (申请中)

UL认证

1分钟5700 V rms，符合UL 1577标准

CSA元件验收通知5A

符合VDE标准证书

DIN V VDE V 0884-10： $V_{\text{IORM}} = 1270 \text{ V}_{\text{PEAK}}$

DIN V VDE V 0884-11： $V_{\text{IORM}} = 1060 \text{ V}_{\text{PEAK}}$

应用

分路电流监控
 交流电机控制
 功率和太阳能逆变器
 风力涡轮机逆变器
 模数及光耦的替代方案

概述

ADuM7701是一款高性能二阶 Σ - Δ 调制器，片内的数字隔离采用ADI公司的*iCoupler*®技术，能将模拟输入信号转换为高速单位数据流。该器件采用4.5 V至5.5 V电源 (V_{DD1}) 供电，可输入 $\pm 250 \text{ mV}$ 的伪差分信号 (满量程 $\pm 320 \text{ mV}$)。该伪差分输入信号非常适合用于在要求电气隔离的高电压应用中监控分流电压。

模拟输入由高性能模拟调制器连续采样并转换为数据速率最高为21 MHz且密度为1的数字输出流。通过适当的sinc3数

功能框图

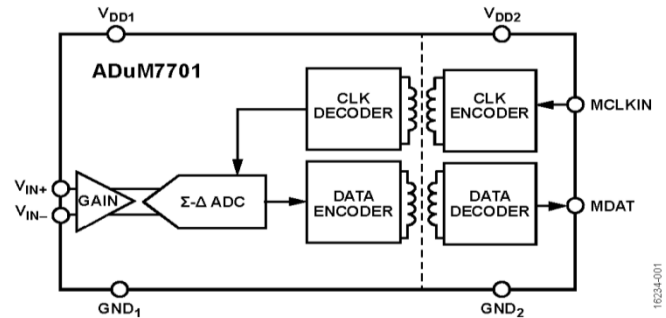


图1.

字滤波器可重构原始信息，以在78.1 kSPS下实现86 dB信噪比 (SNR)，采用256抽取率和20 MHz主机时钟。串行输入和输出采用5 V或3 V电源 (V_{DD2}) 供电。

串行接口采用数字式隔离。通过将高速互补金属氧化物半导体 (CMOS) 技术和单片变压器技术结合在一起，较之光耦合器等其它元件来说，片内隔离能提供更加优异的工作特性。ADuM7701器件采用16引脚和8引脚宽体SOIC封装，工作温度范围为 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 。

Rev. 0

[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

ADI 中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI 不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考 ADI 提供的最新英文版数据手册。

目录

产品特性	1	典型性能参数	11
应用	1	术语	14
功能框图	1	工作原理	16
概述	1	电路信息	16
修订历史	2	模拟输入	16
技术规格	3	应用信息	18
时序规格	4	电流检测应用	18
封装特性	5	电压检测应用	18
隔离和安全相关特性	5	输入滤波器	18
法规信息（申请中）	5	数字滤波器	19
DIN V VDE V 0884-10绝缘特性（申请中）	6	与ADSP-CM4xx的接口	20
DIN V VDE V 0884-11绝缘特性（申请中）	7	接地和布局	20
绝对最大额定值	8	隔离寿命	20
热阻	8	外形尺寸	21
ESD警告	8	订购指南	22
绝缘额定值	8		
引脚配置和功能描述	9		

修订历史

2019年3月—修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明， $V_{DD1} = 4.5\text{ V}$ 至 5.5 V ， $V_{DD2} = 3\text{ V}$ 至 5.5 V ， $V_{IN+} = -250\text{ mV}$ 至 $+250\text{ mV}$ ， $V_{IN-} = 0\text{ V}$ ， $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ ，MCLKIN频率 (f_{MCLKIN}) = 20 MHz ，采用sinc3滤波器滤波，提供256抽取率。

表1.

参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
静态性能					
分辨率	16			位	滤波器输出截断至16位
积分非线性 (INL) ¹		±2	±4	LSB	
差分非线性 (DNL) ¹			±0.99	LSB	保证16位无失码
失调误差 ¹		±0.05	±0.13	mV	开始时 $T_A = 25^\circ\text{C}$
		±0.1	±0.18	mV	
失调漂移与温度的关系 ¹		±0.1	±0.6	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
失调漂移与 V_{DD1} 的关系		±2.5		$\mu\text{V}/\text{V}$	
增益误差 ¹			±0.2	% FSR	开始时 $T_A = 25^\circ\text{C}$
增益误差漂移与温度的关系 ¹		±12.5	±28	ppm/ $^\circ\text{C}$	
		±8	±18	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
增益误差漂移与 V_{DD1} 的关系		±5		ppm/V	
模拟输入					
输入电压范围	-320		+320	mV	满量程范围
	-250		250 $^\circ\text{C}$	mV	额定工作
输入共模电压范围		-0.2至+0.8		V	
动态输入电流		±1	±2	μA	$V_{IN+} = \pm 250\text{ mV}$, $V_{IN-} = 0\text{ V}$
		0.05		μA	$V_{IN+} = 0\text{ V}$, $V_{IN-} = 0\text{ V}$
直流漏电流		±0.01		μA	
输入电容		25		pF	
动态特性					$V_{IN+} = 1\text{ kHz}$
信纳比 (SINAD) ¹	82	86		dB	
SNR ¹	83	86		dB	
总谐波失真 (THD) ¹	-84	-99		dB	
峰值谐波或无杂散动态范围噪声 (SFDR) ¹		-97		dB	
有效位数 (ENOB) ¹	13.3	14		位	
隔离共模瞬变抗扰度 (CMTI) ¹					共模电压 ($ V_{CM} $) = 2 kV
静态和动态	75	150		kV/ μs	$V_{DD2} = 5.5\text{ V}$
	150			kV/ μs	$V_{DD2} = 3.3\text{ V}$
逻辑输入					CMOS施密特触发器
输入高电压 (V_{IH})	$0.7 \times V_{DD2}$			V	
输入低电压 (V_{IL})			$0.3 \times V_{DD2}$	V	
输入电流 (I_{IN})			±0.6	μA	
输入电容 (C_{IN})		10		pF	
逻辑输出					
输出高电压 (V_{OH})	$V_{DD2} - 0.4$	$V_{DD2} - 0.2$		V	输出电流 (I_{OUT}) = -4 mA
输出低电压 (V_{OL})		0.2	0.4	V	$I_{OUT} = 4\text{ mA}$

参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
电源要求					$V_{IN+} > 320 \text{ mV}$
V_{DD1}	4.5		5.5	V	
V_{DD2}	3		5.5	V	
V_{DD1} 电流 (I_{DD1})		8.2	10	mA	
V_{DD2} 电流 (I_{DD2})		2	3	mA	
功耗		51	71.5	mW	$V_{DD2} = 4.5 \text{ V至} 5.5 \text{ V}$
		47.6	66	mW	$V_{DD2} = 3 \text{ V至} 3.6 \text{ V}$

¹ 参见“术语”部分。

时序规格

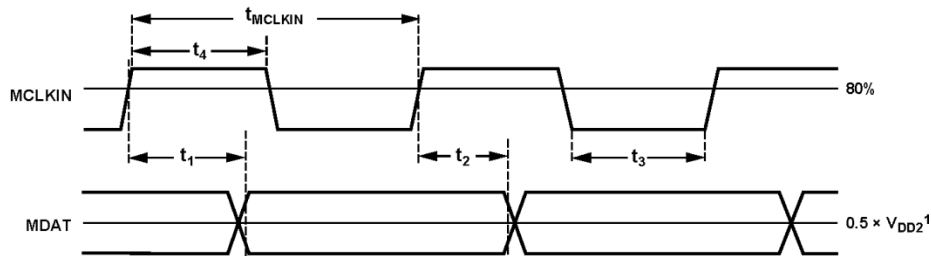
除非另有说明， $V_{DD1} = 4.5 \text{ V至} 5.5 \text{ V}$ ， $V_{DD2} = 3 \text{ V至} 5.5 \text{ V}$ ，且 $T_A = -40^\circ\text{C至} +125^\circ\text{C}$ 。样片在初次发布期间均经过测试，以确保符合标准要求。建议在MCLKIN上升沿读取MDAT。

表2.

参数	T_{MIN} 、 T_{MAX} 时的限值			单位	描述
	最小值	典型值	最大值		
f_{MCLKIN}	5	20	21	MHz	主机时钟输入频率
t_{MCLKIN}	48	50	200	ns	主机时钟输入周期
t_1^1			16	ns	MCLKIN上升沿后的数据访问时间
t_2^1	5			ns	MCLKIN上升沿后的数据保持时间
t_3	$0.4 \times t_{MCLKIN}$			ns	主机时钟信号保持低电平状态的时间
t_4	$0.4 \times t_{MCLKIN}$			ns	主机时钟信号保持高电平状态的时间

¹ 定义为从MCLKIN输入电平的80%到输出超过 $0.5 \times V_{DD2}$ 所需的时间，如图2所示。用 $\pm 20 \mu\text{A}$ 负载和 25 pF 负载电容进行测量。

时序图



¹SEE NOTE 1 OF TABLE 2 FOR FURTHER DETAILS.

图2. 数据时序图

封装特性

表3.

参数 ¹	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
电阻 (输入至输出)	R_{i-o}		10^{12}		Ω	
电容 (输入至输出)	C_{i-o}		1		pF	频率 = 1 MHz

¹ 假设器件为双端器件。对于16引脚SOIC_W, 引脚1与引脚8短路, 引脚9与引脚16短路。对于8引脚SOIC_IC, 引脚1与引脚4短路, 引脚5与引脚8短路。

隔离和安全相关特性

表4.

参数	符号	值	单位	测试条件/注释
输入至输出瞬时耐受电压	V_{iso}	5700 min	V rms	持续1分钟
最小外部间隙 (间隙) ^{1,2}				
16引脚SOIC_W	L(I01)	7.8 (最小值)	mm	测量输入端至输出端, 隔空最短距离
8引脚SOIC_IC	L(I01)	8.1 min	mm	测量输入端至输出端, 隔空最短距离
最小外部爬电距离 ¹				
16引脚SOIC_W	L(I02)	7.8 (最小值)	mm	测量输入端至输出端, 沿壳体最短距离
8引脚SOIC_IC	L(I02)	8.1 min	mm	测量输入端至输出端, 沿壳体最短距离
最小内部间隙		0.041 min	mm	隔离距离
漏电阻抗 (相对漏电指数)	CTI	>600	V	DIN IEC 112/VDE 0303第1部分
隔离组		I		材料组别 (DIN VDE 0110, 1/89, 表I)

¹ 根据IEC 60950-1指南, 应在2级污染度以及纬度小于等于2000 m海拔情况下测量爬电距离和电气间隙。

² 焊盘布局时应仔细, 确保达到最低电气间隙要求。

法规信息 (申请中)

表5.

UL (申请中)	CSA (申请中)	VDE (申请中)
1577 器件认可程序认可 ¹	CSA元件验收通知5A批准	进行DIN V VDE V 0884-10 ² 加强绝缘认证, $V_{IORM} = 1270 V_{PEAK}$, $V_{IOSM} = 8000 V_{PEAK}$
5700 V rms隔离电压单一保护	基本绝缘符合CSA 60950-1-07和IEC 60950-1标准, ADuM7701: 780 V rms (1102 V_{PEAK}), ADuM7701-8: 810 V rms (1145 V_{PEAK}) 最大工作电压 ³ 加强绝缘符合CSA 60950-1-07和IEC 60950-1标准。ADuM7701: 390 V rms (551 V_{PEAK}), ADuM7701-8: 405 V rms (572 V_{PEAK}) 最大工作电压 ³ 加强绝缘符合IEC 60601-1标准, 250 V rms (353 V_{PEAK}) 最大工作电压	进行DIN V VDE V 0884-11加强绝缘认证, $V_{IORM} = 1060 V_{PEAK}$, $V_{IOSM} = 8000 V_{PEAK}$

¹ 依据UL 1577, 每个ADuM7701器件都经过1秒钟绝缘测试电压 ≥ 6840 V rms的验证测试 (漏电流检测限值为15 μ A)。

² 依据DIN V VDE V 0884-10, 每个ADuM7701都经过1秒钟绝缘测试电压 $\geq 2344 V_{PEAK}$ 的验证测试 (局部放电检测限值为5 pC)。

³ 额定值计算条件为污染等级2和材料组别III。ADuM7701封装材料的额定值依据CSA且CTI >600 V, 因此为材料组别I。

DIN V VDE V 0884-10绝缘特性（申请中）

此隔离器适合安全限制数据范围内的增强电隔离。通过保护电路保持安全数据。

表6.

描述	符号	特性	单位
DIN VDE 0110安装分类 额定市电电压 ≤ 300 V rms 额定市电电压 ≤ 450 V rms 额定市电电压 ≤ 600 V rms		I至IV I至IV I至IV	
气候分类		40/125/21	
污染度 (DIN VDE 0110, 表1)		2	
最大工作绝缘电压	V_{IORM}	1270	V_{PEAK}
输入至输出测试电压, 方法B1 $V_{IORM} \times 1.875 = V_{PR}$, 100%生产测试, $t_m = 1$ 秒, 局部放电 < 5 pC	$V_{PD(M)}$	2344	V_{PEAK}
输入至输出测试电压, 方法A 跟随环境测试子类1 $V_{IORM} \times 1.6 = V_{PR}$, $t_m = 60$ 秒, 局部放电 < 5 pC 跟随输入和/或安全测试子类2/安全测试子类3 $V_{IORM} \times 1.2 = V_{PR}$, $t_m = 60$ 秒, 局部放电 < 5 pC	$V_{PR(M)}$	2032 1524	V_{PEAK} V_{PEAK}
可支持的最高过压（瞬变过压, $t_{TR} = 10$ 秒）	V_{IOTM}	8000	V_{PEAK}
浪涌隔离电压 1.2 μ s上升时间, 50 μ s, 50%下降时间	V_{IOSM}	8000	V_{PEAK}
安全限定值（出现故障时允许的最大值） ¹ 壳温 第1侧 (P_{VDD1}) 和第2侧 (P_{VDD2}) 功耗 16引脚SOIC_W 8引脚SOIC_IC	T_S P_{SO}	150 1.43 1.19	$^{\circ}C$ W W
T_S 时的绝缘电阻, 电压输入至输出 (V_{IO}) = 500 V	R_{IO}	$>10^9$	Ω

¹ 参见图3。

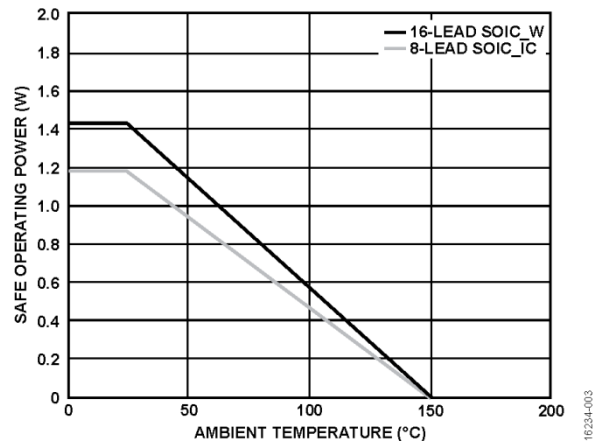


图3. 热减额曲线，依据DIN V VDE V 0884-10获得的安全限值与外壳温度的关系

DIN V VDE V 0884-11绝缘特性 (申请中)

此隔离器适合安全限制数据范围内的增强电隔离。通过保护电路保持安全数据。

表7.

描述	符号	特性	单位
DIN VDE 0110安装分类 额定市电电压≤300 V rms 额定市电电压≤450 V rms 额定市电电压≤600 V rms		I至IV I至IV I至IV	
气候分类		40/125/21	
污染度 (DIN VDE 0110, 表1)		2	
最大工作绝缘电压	V_{IORM}	1060	V_{PEAK}
输入至输出测试电压, 方法B1 $V_{IORM} \times 1.875 = V_{PR}$, 100%生产测试, $t_m = 1$ 秒, 局部放电 < 5 pC	$V_{PD(M)}$	1987	V_{PEAK}
输入至输出测试电压, 方法A 跟随环境测试子类1 $V_{IORM} \times 1.6 = V_{PR}$, $t_m = 60$ 秒, 局部放电 < 5 pC 跟随输入和/或安全测试子类2/安全测试子类3 $V_{IORM} \times 1.2 = V_{PR}$, $t_m = 60$ 秒, 局部放电 < 5 pC	$V_{PR(M)}$	1696 1272	V_{PEAK} V_{PEAK}
可支持的最高过压 (瞬变过压, $t_{TR} = 10$ 秒)	V_{IOTM}	8000	V_{PEAK}
浪涌隔离电压 1.2 μ s上升时间, 50 μ s, 50%下降时间	V_{IOSM}	8000	V_{PEAK}
安全限定值 (出现故障时允许的最大值) ¹ 壳温 第1侧 (P_{VDD1}) 和第2侧 (P_{VDD2}) 功耗 16引脚SOIC_W 8引脚SOIC_IC	T_S P_{SO}	150 1.43 1.19	$^{\circ}C$ W W
T_S 时的绝缘电阻, $V_{IO} = 500$ V	R_{IO}	>10 ⁹	Ω

¹ 参见图4。

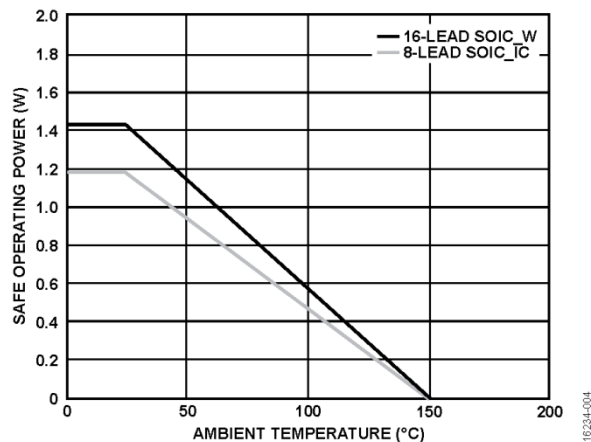


图4. 热减额曲线, 依据DIN V VDE V 0884-11获得的安全限值与外壳温度的关系

绝对最大额定值

除非另有说明， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。所有电压均参照其各自的GND_x。

表8.

参数	额定值
V_{DD1} 至GND ₁	-0.3 V至+6 V
V_{DD2} 至GND ₂	-0.3 V至+6 V
模拟输入电压至GND ₁	-1 V至4.3 V
数字输入电压至GND ₂	-0.3 V至 $V_{DD2} + 0.5\text{ V}$
数字输出电压至GND ₂	-0.5 V至 $V_{DD2} + 0.5\text{ V}$
输入电流至除电源引脚外的任何引脚 ¹	±10 mA
从除电源引脚外的任何引脚的输出电流	±10 mA
工作温度范围	-40°C至+125°C
存储温度范围	-65°C至+150°C
结温	150°C
无铅回流焊	
温度	260°C
静电放电 (ESD)	
场感应元件充电模式 (FICDM) ²	±1250 V
人体模型 (HBM) ³	±4000 V

¹ 100 mA以下的瞬态电流不会造成硅控整流器 (SCR) 闩锁。

² JESD22-C101、电阻、电容 (RC) 网络、1 Ω、封装电容和IV类。

³ ESDA/JEDEC JS-001-2011, RC网络: 1.5 kΩ、100 pF和3A类。

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。

绝缘额定值

最大连续工作电压指隔离栅上的连续电压幅度。详情见“隔离寿命”部分。

表10. 最大连续工作电压

参数	绝缘额定值 ¹	寿命
基本绝缘 交流电压 双极性波形	1129 V _{PEAK}	20年里，在1129 V _{PEAK} (798 V rms, 50 Hz/60 Hz正弦波) 下的1000 ppm故障
加强绝缘 交流电压 双极性波形	1060 V _{PEAK}	20年里，在1060 V _{PEAK} (750 V rms, 50 Hz/60 Hz正弦波) 下的1 ppm故障

¹ 不考虑爬电限制时的绝缘能力。考虑焊接到PCB (假设材料组别I达到1270 V rms) 或封装上的元件的rms电压时，工作电压可能受到PCB爬电距离的限制：考虑材料组别的rms电压时，RI-8-1封装的爬电距离为8.1 mm，RW-16封装的爬电距离为7.8 mm。

热阻

热性能与印刷电路板 (PCB) 设计和工作环境直接相关。必须慎重对待PCB散热设计。

表9. 热阻

封装类型 ¹	θ_{JA} ²	Ψ_{JC} ³	单位
RI-8-1	105	9.25	°C/W
RW-16	87.25	10.4	°C/W

¹ 热阻仿真值基于JEDEC 2S2P热测试板。参见JEDEC JESD-51。

² θ_{JA} 使用总功率和最大结温结算得出。

³ Ψ_{JC} 使用封装中心的外壳温度计算得出。

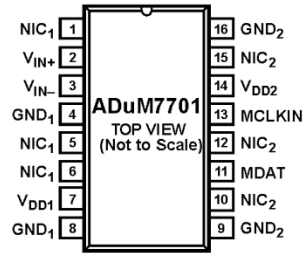
ESD警告



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。

引脚配置和功能描述



NOTES

1. NIC₁ = NOT INTERNALLY CONNECTED. THESE PINS ARE NOT INTERNALLY CONNECTED. CONNECT TO VDD₁, GND₁, OR LEAVE FLOATING.
2. NIC₂ = NOT INTERNALLY CONNECTED. THESE PINS ARE NOT INTERNALLY CONNECTED. CONNECT TO VDD₂, GND₂, OR LEAVE FLOATING.

16234-010

图5. 16引脚SOIC_W引脚配置

表11. 16引脚SOIC_W引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1, 5, 6	NIC ₁	内部不连接。这些引脚不在内部连接。将这些引脚连接至V _{DD1} 、GND ₁ ，或保持浮空。
2	V _{IN+}	正向模拟输入。
3	V _{IN-}	负向模拟输入。
4, 8	GND ₁	地1。这些引脚是隔离端的所有电路的接地基准。
7	V _{DD1}	电源电压（4.5 V至5.5 V）。这是ADuM7701隔离端的电源电压，参照GND ₁ 。操作器件时，将电源电压连接至引脚7。通过10 μF电容与尽可能靠近引脚的100 nF电容的并联将供电引脚去耦至GND ₁ 。
9, 16	GND ₂	地2。这些引脚是非隔离端的所有电路的接地基准。
10, 12, 15	NIC ₂	内部不连接。这些引脚不在内部连接。将这些引脚连接至V _{DD2} 、GND ₂ ，或保持浮空。
11	MDAT	串行数据输出。单个位调制器输出以串行数据流的形式输入该引脚。各个位在MCLKIN输入的上升沿逐位移出，并在下一个MCLKIN上升沿有效。
13	MCLKIN	主机时钟逻辑输入。工作频率范围：5 MHz至21 MHz。调制器输出的位流在MCLKIN的上升沿传播。
14	V _{DD2}	电源电压：3 V至5.5 V。该引脚用来为非隔离端提供电源电压，参照GND ₂ 。通过10 μF电容与尽可能靠近引脚的100 nF电容的并联将此电源去耦至GND ₂ 。

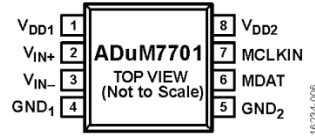


图6. 8 引脚SOIC_IC引脚配置

表12. 8 引脚SOIC_IC引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	V _{DD1}	电源电压 (4.5 V至5.5 V)。这是ADuM7701隔离端的电源电压，参照GND ₁ 。操作器件时，将电源电压连接至引脚1。通过10 μF电容与尽可能靠近引脚的100 nF电容的并联将供电引脚去耦至GND ₁ 。
2	V _{IN+}	正向模拟输入。
3	V _{IN-}	负向模拟输入。
4	GND ₁	地1。此引脚是隔离端的所有电路的接地基准点。
5	GND ₂	地2。此引脚是非隔离端的所有电路的接地基准点。
6	MDAT	串行数据输出。单个位调制器输出以串行数据流的形式输入该引脚。各个位在MCLKIN输入的上升沿逐位移出，并在下一个MCLKIN上升沿有效。
7	MCLKIN	主机时钟逻辑输入。工作频率范围：5 MHz至21 MHz。调制器输出的位流在MCLKIN的上升沿传播。
8	V _{DD2}	电源电压：3 V至5.5 V。该引脚用来为非隔离端提供电源电压，参照GND ₂ 。通过10 μF电容与尽可能靠近引脚的100 nF电容的并联将此电源去耦至GND ₂ 。

典型性能参数

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD1} = 5\text{ V}$, $V_{DD2} = 5\text{ V}$, $V_{IN+} = -250\text{ mV}$ 至 $+250\text{ mV}$, $V_{IN-} = 0\text{ V}$, $f_{MCLKIN} = 20\text{ MHz}$, 使用256过采样率 (OSR) 的sinc3滤波器。

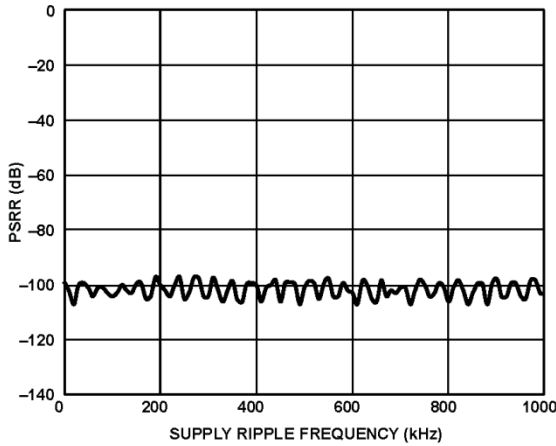


图7. 电源电压抑制比 (PSRR) 与电源纹波频率的关系

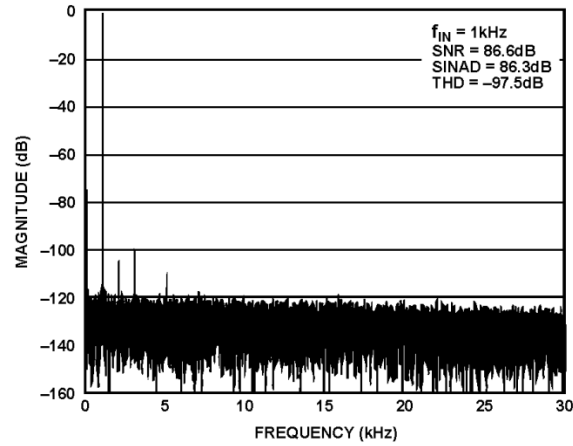


图10. 典型的快速傅立叶变换 (FFT)

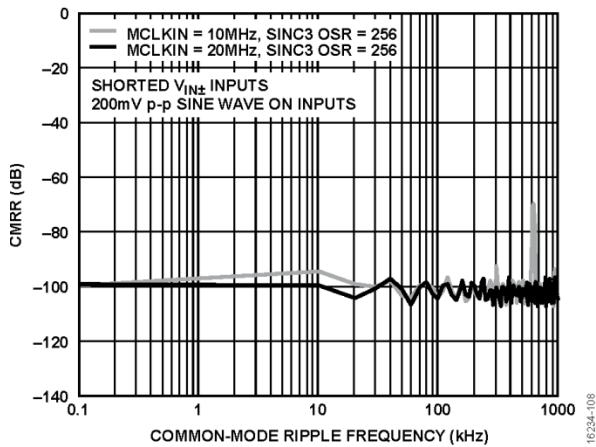


图8. 共模抑制比 (CMRR) 与共模纹波频率的关系

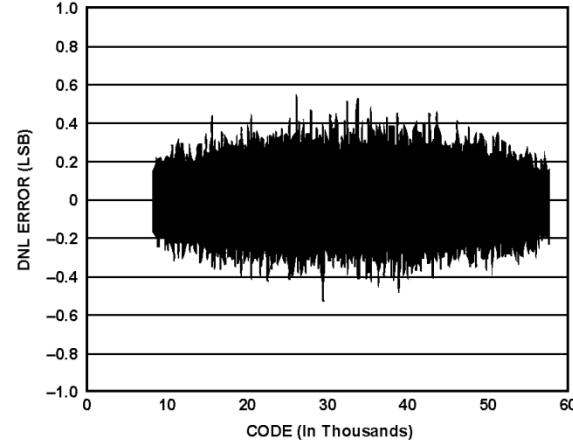


图11. 典型的DNL误差

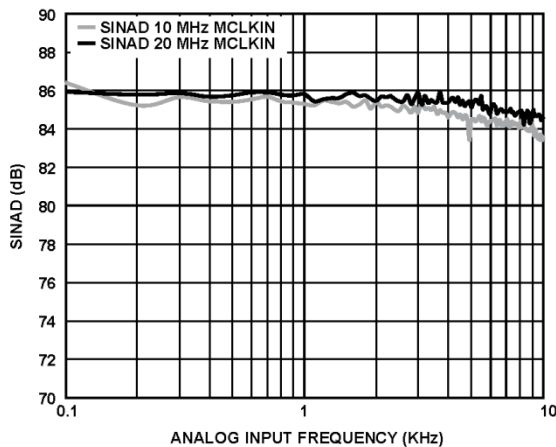


图9. SINAD与模拟输入频率的关系

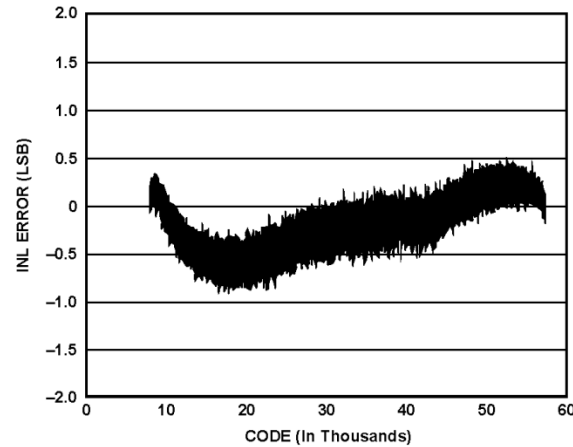


图12. 典型的INL误差

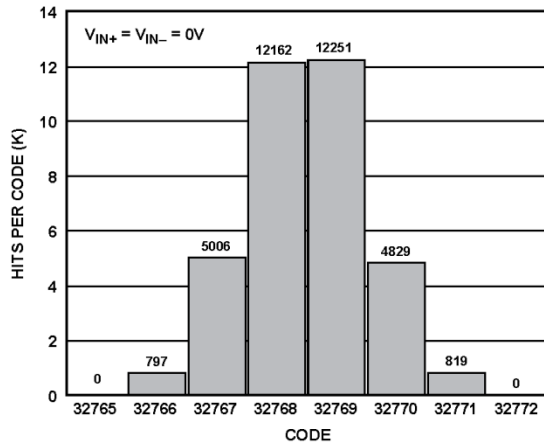


图13. 码中心处代码的直方图

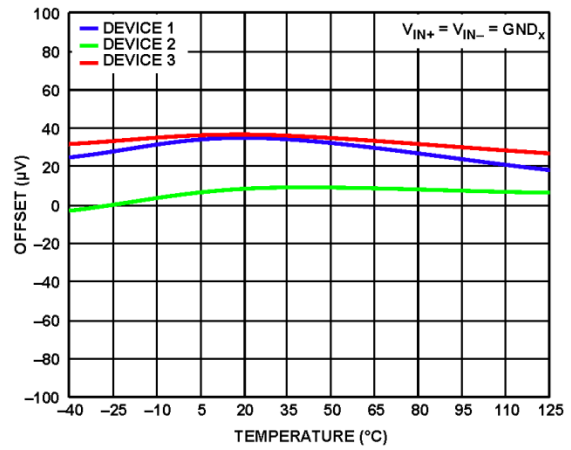


图16. 失调与温度的关系

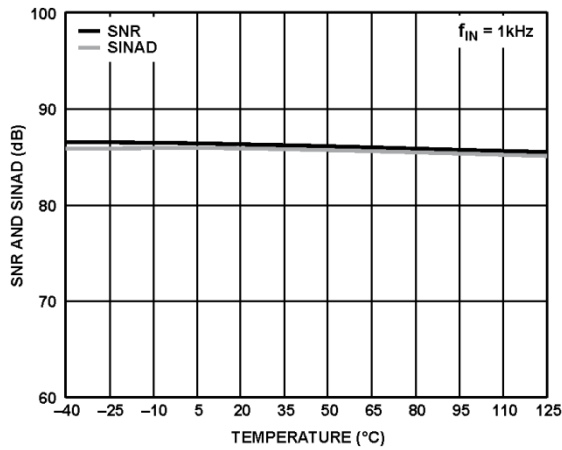


图14. SNR和SINAD与温度的关系

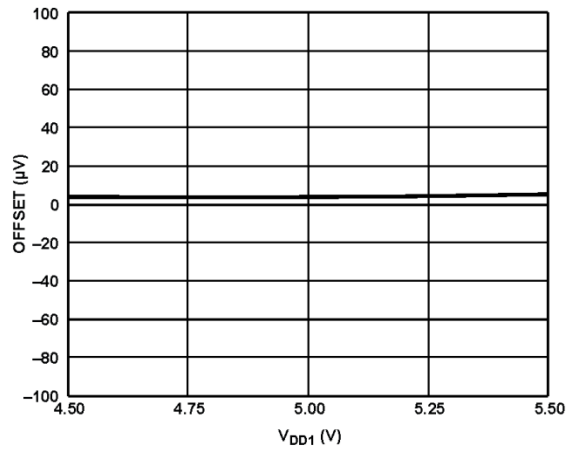


图17. 失调与V_{DD1}的关系

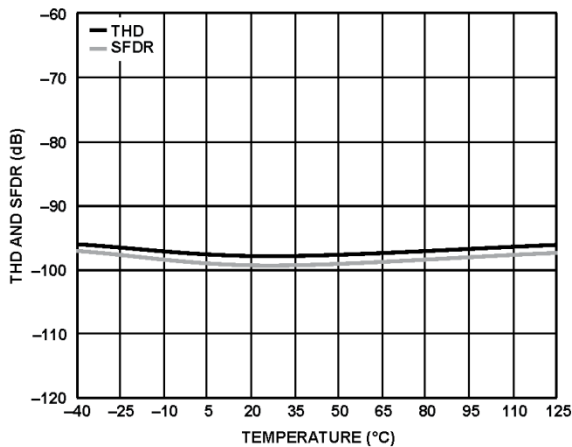


图15. THD和SFDR与温度的关系

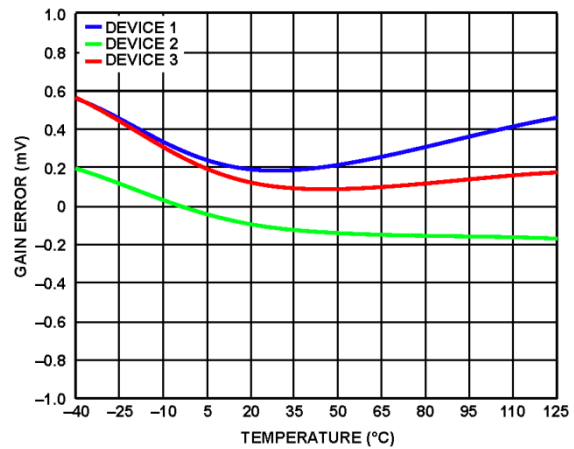


图18. 增益误差与温度的关系

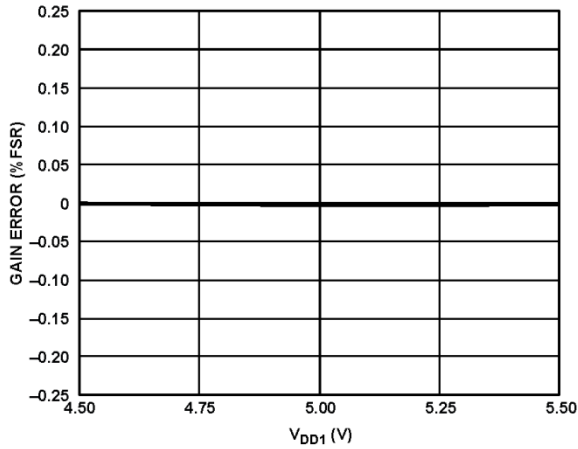


图19. 增益误差与 V_{DD1} 的关系

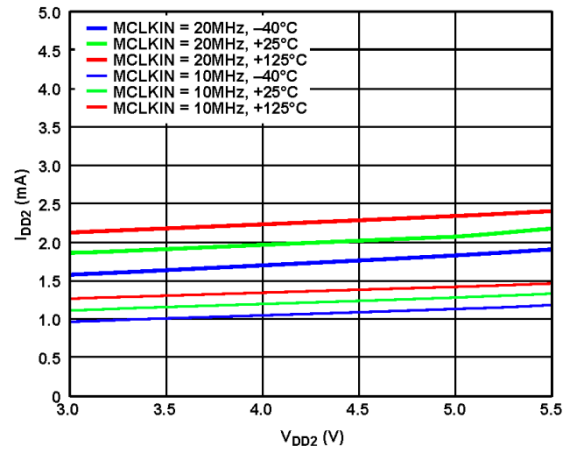


图22. 不同温度和时钟速率下, I_{DD2} 与 V_{DD2} 的关系

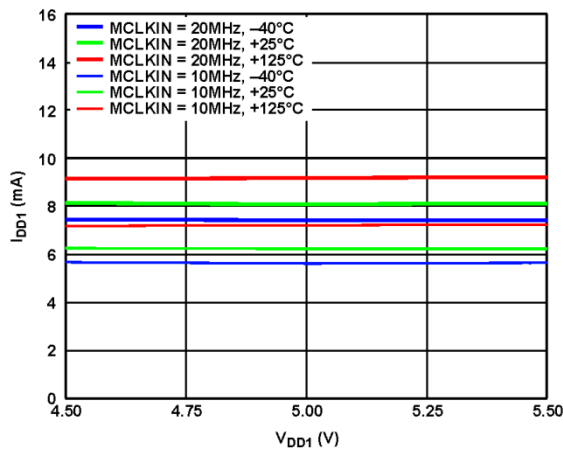


图20. 不同温度和时钟速率下, I_{DD1} 与 V_{DD1} 的关系

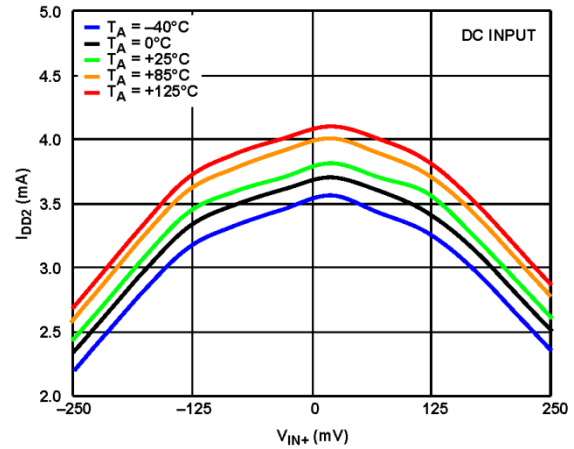


图23. 不同温度下, I_{DD2} 与 V_{IN+} 直流输入的关系

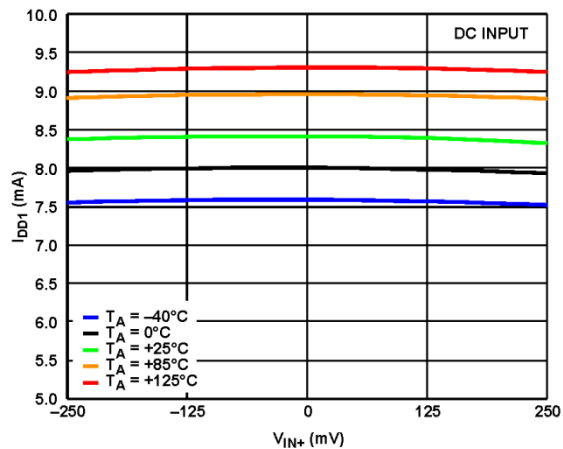


图21. 不同温度下, I_{DD1} 与 V_{IN+} 直流输入的关系

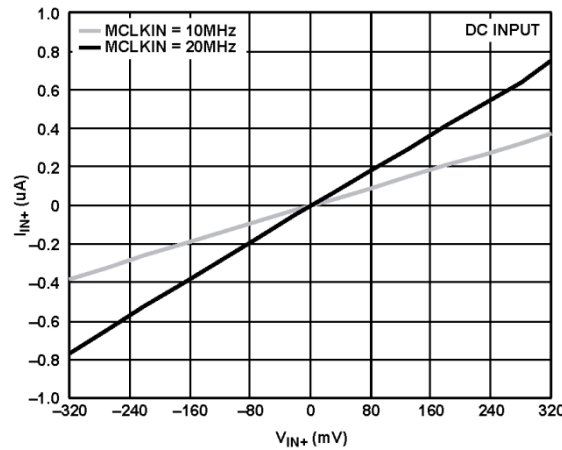


图24. V_{IN+} 电流 (I_{IN+}) 与 V_{IN+} 直流输入的关系

术语

差分非线性 (DNL)

DNL指模数转换器 (ADC) 中任意两个相邻码之间所测得变化值与理想的1 LSB变化值之间的差异。

积分非线性 (INL)

INL指ADC转换函数与一条通过ADC转换函数端点的直线的最大偏差。对16位代码7168来说, 转换函数的端点是指定的负满量程-250 mV ($V_{IN+} - V_{IN-}$); 而对16位代码58,368来说, 端点是指定的正满量程+250 mV ($V_{IN+} - V_{IN-}$)。

失调误差

失调误差衡量中间位电平码 (16位精度对应值为32,768) 与理想值 $V_{IN+} - V_{IN-}$ (即0 V) 之间的差值。

失调漂移与温度

失调漂移利用黑盒法计算, 按如下公式表示:

$$\text{失调漂移} = ((\text{Voltage}_{MAX} - \text{Voltage}_{MIN})/T_{\Delta})$$

其中:

Voltage_{MAX} 是记录的最大失调误差点。

Voltage_{MIN} 是记录的最小失调误差点。

T_{Δ} 是最大工作范围和最小工作范围之间的温差。

增益误差

增益误差包括正满量程增益误差和负满量程增益误差。正满量程增益误差表示在修正失调误差之后, 指定的正满量程代码 (在16位数据中的对应值为58,368) 与理想值 $V_{IN+} - V_{IN-}$ (250 mV) 之间的差值。负满量程增益误差表示在修正失调误差之后, 指定的正满量程代码 (在16位数据中的对应值为7168) 与理想值 $V_{IN+} - V_{IN-}$ (-250 mV) 之间的差值。

增益误差漂移与温度的关系

增益误差漂移 (GED) 利用黑盒法计算, 按如下公式表示:

$$\text{GED (ppm)} = ((\text{Voltage}_{MAX} - \text{Voltage}_{MIN})/(\text{Voltage}_{FS} \times T_{\Delta})) \times 10^6$$

其中:

Voltage_{MAX} 是记录的最大增益误差点。

Voltage_{MIN} 是记录的最小增益误差点。

Voltage_{FS} 是模拟输入范围满量程。

T_{Δ} 是最大工作范围和最小工作范围之间的温差。

信纳比 (SINAD)

SINAD是指在ADC输出端测得的信号对噪声及失真比。信号为正弦波的均方根值, 噪声为一直到半采样频率 ($f_s/2$) 的所有非基波信号的均方根和, 包括谐波, 但直流信号除外。

信噪比 (SNR)

SNR是指在ADC输出端测得的信号对噪声比。这里的信号是基波幅值的均方根值。噪声为所有达到采样频率一半 ($f_s/2$, 直流信号除外) 的非基波信号之和。

在数字化过程中, 这个比值的大小取决于量化级数: 级数越多, 量化噪声就越小。对于一个正弦波输入的理想N位转换器, SNR理论值计算公式为:

$$\text{SNR} = (6.02N + 1.76) \text{ dB}$$

因此, 12位转换器的SNR理论值为74dB。

隔离共模瞬变抗扰度 (CMTI)

绝缘CMTI规定了应用在绝缘临界状态下的绝缘瞬变脉冲上升和下降的速率。如果超过绝缘临界值, 可能导致对数据或时钟的损坏。记录变化率和脉冲的绝对共模电压。ADuM7701在静态和动态CMTI条件下测试。静态测试检测来自器件的单个位错误。动态测试监测滤波后的数据输出, 以观察在CMTI脉冲随机应用中的噪声性能变化。

总谐波失真 (THD)

THD指所有谐波均方根和与基波的比值。定义为:

$$\text{THD (dB)} = 20 \log \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2 + V_6^2}}{V_1}$$

其中:

V_1 是基波幅度的均方根值。

V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_5 和 V_6 是二次到六次谐波幅度的均方根值。

峰值谐波或无杂散动态范围 (SFDR) 噪声

峰值谐波或SFDR噪声是指在ADC输出频谱 (最高达 $f_s/2$, 直流信号除外) 中, 下一个最大分量的均方根值与基波均方根值的比。通常情况下, 此参数值由频谱内的最大谐波决定, 但对于谐波淹没于本底噪声内的ADC, 它为噪声峰值。

有效位数 (ENOB)

ENOB的计算公式为:

$$ENOB = (SINAD - 1.76)/6.02 \text{位}$$

无噪声码分辨率

无噪声码分辨率表示无码闪烁情况下的分辨率, 单位为位。

N位转换器的无噪声码分辨率定义为:

$$\text{无噪声码分辨率 (位)} = \log_2 (2^N / \text{峰峰值噪声})$$

LSB峰峰值噪声在 $V_{IN+} = V_{IN-} = 0 \text{ V}$ 下测得。

共模抑制比 (CMRR)

共模抑制比是指 $\pm 200 \text{ mV}$ 频率 f 下ADC输出功率与频率 f_s 下施加于共模电压 V_{IN+} 和 V_{IN-} 的 $+200 \text{ mV}$ 峰峰值正弦波功率的比值:

$$CMRR \text{ (dB)} = 10 \log(P_f/P_{f_s})$$

其中:

P_f 是在频率 f 下ADC的输出功率。

P_{f_s} 为频率 f_s 下ADC的输出功率。

电源电压抑制比 (PSRR)

电源变化会影响转换器的满量程转换, 但不会影响其线性。电源抑制比指由于电源电压偏离标称值所引起的满量程($\pm 250 \text{ mV}$) 转换点的最大变化。

工作原理

电路信息

ADuM7701隔离 Σ - Δ 调制器可将模拟输入信号转换为高速（最高频率为21 MHz）、单个位数据流。调制器输出每个位数据的平均时间与输入信号直接成正比。图25显示使用ADuM7701在模拟输入、电流检测电阻或分流器和数字输出之间提供隔离的典型应用电路；数字滤波器将对数字输出进行处理，以提供N位字。

模拟输入

ADuM7701的伪差分模拟输入功能通过开关电容电路来实现。该电路实现一个二阶调制器级，能够将输入信号转换为1位输出流。采样时钟（MCLKIN）提供转换过程时钟信号以及输出数据帧时钟。这个时钟源从外部提供给ADuM7701。调制器连续对模拟输入信号进行采样，并将其与内部电压基准进行比较。精确表示模拟输入随时间变化的数据流出现在转换器的输出端（见图26）。

在理想状态下，0 V差分信号可以使MDAT输出引脚完成0-1转换。该输出处于高、低电平状态的时间相等。250 mV差分输入也可生成由0、1组成的数据流，信号处于高电平状态的时间占89.06%。-250 mV差分输入也可生成由0、1组成的数据流，信号处于高电平状态的时间占10.94%。

在理想状态下，320 mV差分输入可生成一个全1数据流。在理想状态下，-320 mV差分输入可生成一个全0数据流。ADuM7701绝对满量程范围为 ± 320 mV，而额定满量程性能范围为 ± 250 mV，如表13所示。

表13. 模拟输入范围

模拟输入	电压输入 (mV)
正满量程 (+FS) 值	+320
正向标定性能	250
零	0
负向标定性能	-250
负满量程 (-FS) 值	-320

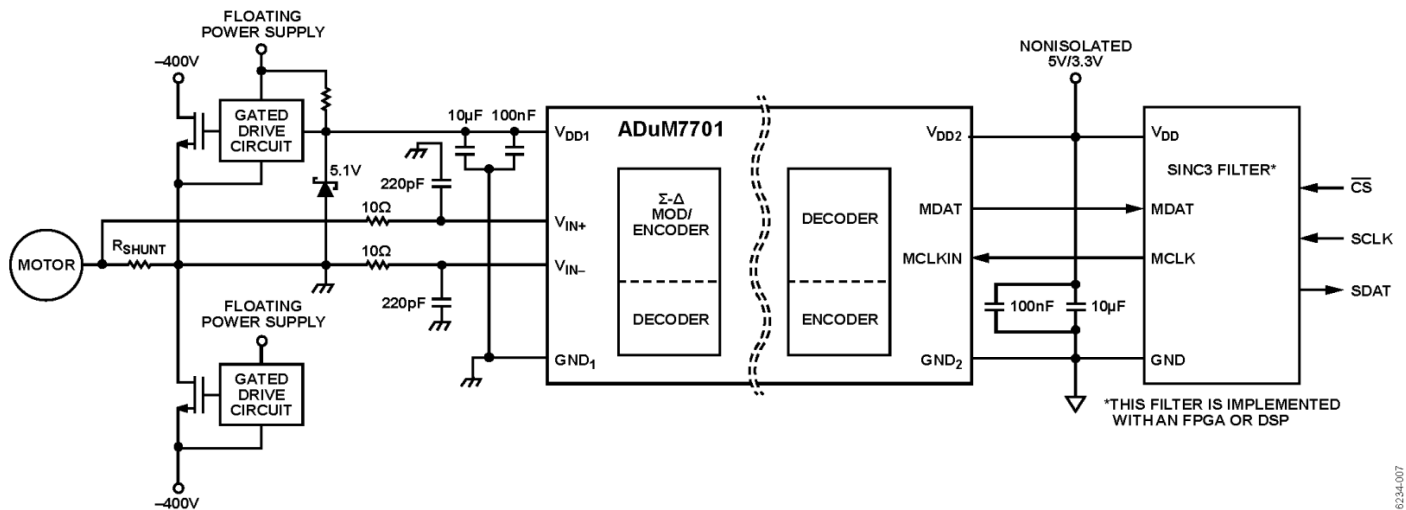


图25. 典型应用电路

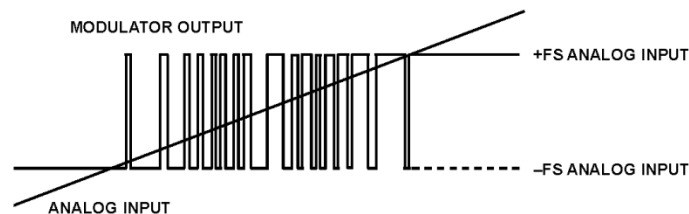


图26. 模拟输入与调制器输出的关系

为重构原始信息，这一输入必须经过数字滤波和抽取处理。推荐使用sinc3滤波器；该滤波器比ADuM7701调制器高一阶，后者是二阶调制器。采用频率为20 MHz的外部时钟频率时，如果抽取率为256，则生成的16位字速率为78.1 kSPS。有关sinc滤波器部署的更多信息，请参阅“数字滤波器”部分。16位输出模式下，ADuM7701的转换函数如图27所示。

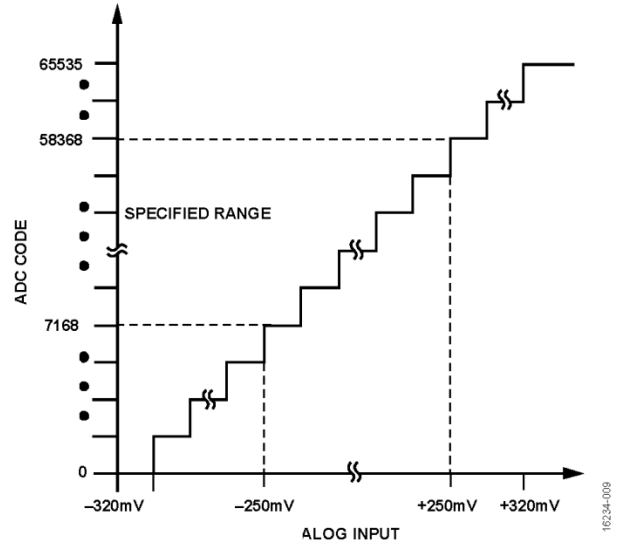


图27. 经滤波和抽取后的16位转换函数

应用信息

电流检测应用

ADuM7701是电流检测应用的理想器件，电流检测需要监控分流电阻 (R_{SHUNT}) 上的电压。流经外部分流电阻的负载电流在ADuM7701的输入端产生电压。ADuM7701可将流经电流检测电阻的模拟输入与数字输出隔离开。通过选择具有不同阻值的分流电阻，可以检测不同的电流。

选择 R_{SHUNT}

与ADuM7701结合使用的分流电阻 (R_{SHUNT}) 值，由特定应用要求的电压、电流和功率决定。小电阻可降低功耗，而低电感电阻可防止感应产生电压尖峰，高电平的容差器件则可减小电流波动。最终选择的电阻值是低功耗与精度这两个要求折中的结果。数值较高的电阻采用ADC的全性能输入范围，从而具有最大的SNR性能。低数值电阻功耗较低，但无法利用全性能输入范围。而哪怕ADuM7701在较低的输入信号水平下都能提供出色的性能，从而允许使用低数值分流电阻，并保持系统性能。

若要选择合适的分流电阻，首先应确定流过分流电阻的电流。计算三相感应电机的分流电阻电流：

$$I_{RMS} = PW / (1.73 \times V \times EF \times PF)$$

其中：

I_{RMS} 是电机相位电流 (A rms)。

PW 是电机功率 (W)。

V 是电机电源电压 (V ac)。

EF 是电机效率 (%)。

PF 是电源效率 (%)。

为了确定分流电阻峰值检测电流 (I_{SENSE})，应考虑电机相位电流以及系统中可能出现的全部过载。当检测电流已知时，将ADuM7701的电压范围 (± 250 mV) 除以峰值检测电流，以获得最大分流值。

如果分流电阻的功耗过大，可以减小分流电阻，此时所用的ADC输入范围较小。图28显示不同输入信号幅度下，ADuM7701的SINAD性能特性以及ENOB分辨率。在较低输入信号范围内，ADuM7701的性能允许使用较小的分流值，同时依旧保持高性能水平和整体系统效率。

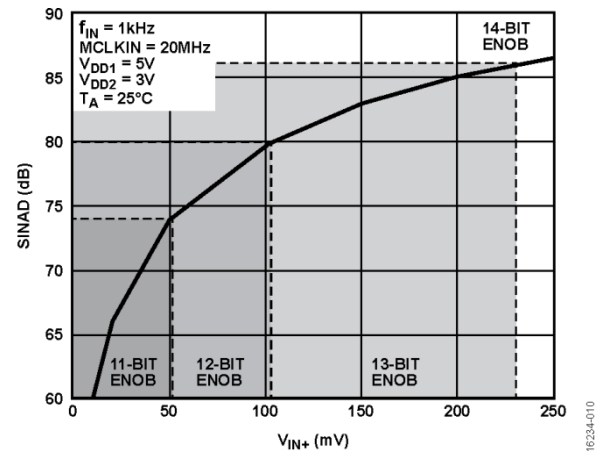


图28. SINAD与 V_{IN+} 交流输入信号幅度的关系

R_{SHUNT} 必须承受大小为电流² × 电阻 (I^2R) 的功耗。如果超过该电阻的功耗额定值，则其值可能会漂移，或者电阻受损而造成开路。该开路可能会导致ADuM7701引脚上的差分电压超过绝对最大额定值。如果 I_{SENSE} 的高能量谱分量较大，请选择电感较低的电阻。

电压检测应用

ADuM7701还可以用于监测隔离电压。例如，在电机控制应用中，该器件可以用来检测总线电压。在某些应用中，需要被检测的电压可能超出ADuM7701的额定模拟输入电压范围，这时，可以利用一个分压器网络将监控电压降至所需的范围内。

输入滤波器

在直接测量分流电阻电压的典型用例中，可在每个输入端使用一个简单的RC低通滤波器，并将ADuM7701直接连接在分流电阻的两端。

驱动差分输入以实现最佳性能的推荐电路配置如图29所示。两个模拟输入引脚各连接一个RC低通滤波器。推荐电阻值为10 Ω ，电容值为220 pF。如果可能，应保证各个模拟输入引脚的源阻抗相等，以降低失调误差。

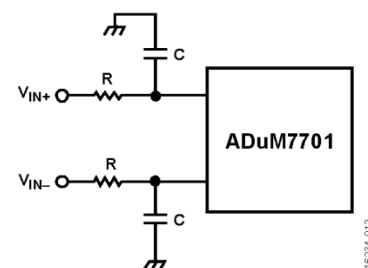


图29. RC低通滤波器输入网络

ADuM7701的输入滤波器配置不限于图29中的低通结构。图30中的差分RC滤波器配置同样可提供出色的性能。推荐电阻值为22 Ω，电容值为47 pF。

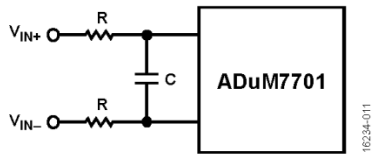


图30. 差分RC滤波器网络

数字滤波器

ADuM7701的输出为连续数字位流。为重构原始输入信号信息，这一输出位流需要经过数字滤波和抽取处理。建议使用sinc滤波器，因为其结构简单。推荐使用sinc3滤波器，因为该滤波器比ADuM7701调制器高一阶，后者是二阶调制器。滤波器选择、抽取速率以及所用的调制器时钟确定总系统分辨率和吞吐速率。如图31所示，抽取率越高，系统的精度越高。但精度与吞吐率之间存在一定程度的折衷，因此，较高的抽取率会产生吞吐率较低的解决方案。注意：针对特定的带宽要求，MCLKIN频率越高，允许使用的抽取率越高，从而使SNR性能提高。

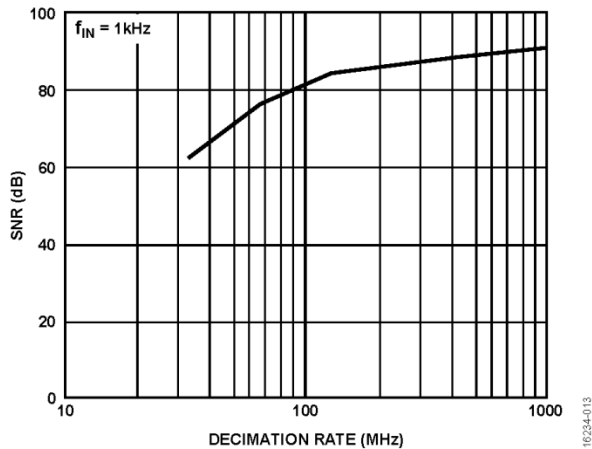


图31. Sinc3滤波器阶的SNR与抽取率关系

建议ADuM7701使用sinc3滤波器。该滤波器可在现场可编程门阵列 (FPGA) 或数字信号处理器 (DSP) 上实现。等式1描述sinc滤波器的转换函数。

$$H(Z) = \left(\frac{1 - Z^{-DR}}{DR(1 - Z^{-1})} \right)^N \tag{1}$$

其中：

Z为样本。

DR为抽取率。

N为sinc滤波器阶数。

sinc滤波器的吞吐率由所选调制器时钟和抽取率决定。

$$\text{吞吐率} = MCLK/DR \tag{2}$$

其中，MCLK是调制器时钟频率

随着抽取率上升，sinc滤波器的数据输出大小也会增加。等式3表示输出数据大小。16个最高有效位用来返回16位结果。

$$\text{数据大小} = N \times \log_2 DR \tag{3}$$

对于sinc³滤波器而言，可由滤波器转换函数（等式1）得到-3 dB滤波器响应点，该值为吞吐率的0.262倍。三阶sinc滤波器的特性总结见表14。

表14. Sinc3滤波器特性 (20 MHz MCLKIN)

抽取率 (DR)	吞吐率 (kHz)	输出数据大小 (位)	滤波器响应 (kHz)
32	625	15	163.7
64	312.5	18	81.8
128	156.2	21	40.9
256	78.1	24	20.4
512	39.1	27	10.2

与ADSP-CM4xx的接口

ADSP-CM4xx系列混合信号控制处理器包含片内sinc滤波器与时钟产生模块，可直接连接ADuM7701 MCLKIN和MDAT引脚。ADSP-CM4xx可处理来自四个ADuM7701器件的位流，为每个位流使用一对可配置sinc滤波器。每对初级sinc滤波器可产生用于该对的滤波和抽取输出。输出的抽取率可以是比输入速率低8至256倍的任意整数速率。四个次级sinc滤波器均属于低延迟滤波器，具有可编程正和负超量程检测比较器，可用于检测系统故障条件。

图32显示ADuM7701与ADSP-CM4xx之间的典型接口。更多有关ADSP-CM4xx中sinc滤波器模块配置的信息，可参阅AN-1265应用笔记。

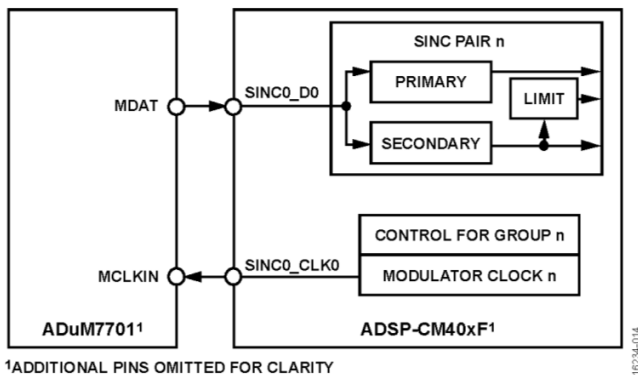


图32. ADuM7701与ADSP-CM4xx的接口

接地和布局

建议 V_{DD1} 电源通过10 μF 电容与100 nF电容的并联去耦至 GND_1 。建议 V_{DD2} 电源通过10 μF 电容与100 nF电容的并联去耦至 GND_2 。在具有高共模瞬变的应用中，应确保隔离栅两端的电路板耦合最小。此外，如此设计电路板布局，任何耦合都不会出现并影响器件侧所有的引脚。如果不满足等量去耦要求，将会使引脚间的电压差异超过器件的绝对最大额定值，造成器件闩锁或者永久损坏。所有去耦电容都应尽量靠近电源引脚。

应尽量降低模拟输入端的串连电阻，以避免产生信号失真（尤其在高温条件下）。如果可能，应保证各个模拟输入引脚的源阻抗相等，以降低失调误差。检查失配和热电偶对模拟输入PCB走线的影响，以降低失调漂移。

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ADuM7701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37.5年（加强）工作寿命的峰值电压以及VDE认可的最大工作电压。

在这些测试中，ADuM7701将承受连续的交叉绝缘电压。为了加速错误的发生，测试电压都超过正常电压值。这些单元的故障时间值被记录下来并用于计算加速系数。加速系数接着用于计算正常工作条件下的故障时间。表10中列出的是以下两个值中的较低者：

- 确保器件至少可（加强）使用37.5年的数值。
- VDE最大认证工作电压。

ADuM7701的寿命通过图33中所示的双极性交流波形得到确保。

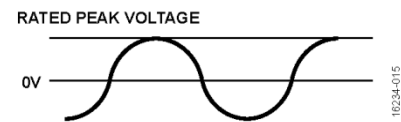


图33. 双极性交流波形，50 Hz或60 Hz

订购指南

型号 ^{1,2}	温度范围	封装描述	封装选项
ADuM7701BRWZ	-40°C至+125°C	16引脚标准小型封装 [SOIC_W]	RW-16
ADuM7701BRWZ-RL	-40°C至+125°C	16引脚标准小型封装 [SOIC_W]	RW-16
ADuM7701BRWZ-RL7	-40°C至+125°C	16引脚标准小型封装 [SOIC_W]	RW-16
ADuM7701-8BRIZ	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装, 增加爬电距离 [SOIC_IC]	RI-8-1
ADuM7701-8BRIZ-RL	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装, 增加爬电距离 [SOIC_IC]	RI-8-1
ADuM7701-8BRIZ-RL7	-40°C至+125°C	8引脚标准小型封装, 增加爬电距离 [SOIC_IC]	RI-8-1
EV-ADuM7701-8FMCZ		评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的兼容器件。

² EV-ADuM7701-8FMCZ与EVAL-SDP-CH1Z高速控制器板兼容。

