

特性

电容数字转换器

- 采用单芯片解决方案的新标准
- 可与单一或差分接地式传感器接口
- 分辨率: 最低20 aF (即最高19.5-bit ENOB)
- 精度: 10 fF
- 线性度: 0.01%
- 共模(不可变)电容最大可达17 pF
- 满量程(可变)电容范围: ± 8 pF
- 更新速率: 5 Hz至45 Hz
- 8.1 Hz更新速率时, 50 Hz、60 Hz同时抑制
- 有源屏蔽保护传感器连接

片内温度传感器

- 分辨率: 0.1°C, 精度: $\pm 2^\circ\text{C}$

电压输入通道

内部时钟振荡器

双线式串行接口(I²C®兼容)

电源

- 2.7 V至5.25 V单电源供电

- 功耗: 0.7 mA

工作温度: -40°C至+125°C

16引脚TSSOP封装

应用

汽车电子、工业和医疗系统, 用于:

- 压力测量
- 位置检测
- 近程传感
- 液位检测
- 流量计
- 杂质检测

概述

AD7747是一款高分辨率、 Σ - Δ 型电容数字转换器(CDC)。要测量的电容可直接连接到器件输入端。该架构还具有高分辨率(24-bit无失码、最高19.5-bit有效分辨率)、高线性度($\pm 0.01\%$)和高精度(± 10 fF工厂校准)等固有特性。AD7747的电容输入范围是 ± 8 pF(可变), 而且可接受最大17 pF共模电容(不可变), 后者可以通过一个可编程片内数字电容转换器(CAPDAC)来平衡。

AD7747针对一块极板接地的单端或差分输入电容传感器设计。对于浮动式(不接地)电容传感器, 推荐使用AD7745或AD7746。

该器件内置一个片内温度传感器, 其分辨率为0.1°C, 精度为 $\pm 2^\circ\text{C}$; 还集成片内基准电压源和片内时钟发生器, 因此在电容传感器应用中无需任何额外外部元件。此款器件配有一个标准电压输入, 当与差分基准电压输入结合使用时, 可方便地与一个外部温度传感器(如RTD、热敏电阻或二极管等)接口。

AD7747具有一个双线式I²C兼容串行接口, 可采用2.7 V至5.25 V单电源供电, 额定温度范围为汽车电子温度范围-40°C至+125°C, 采用16引脚TSSOP封装。

功能框图

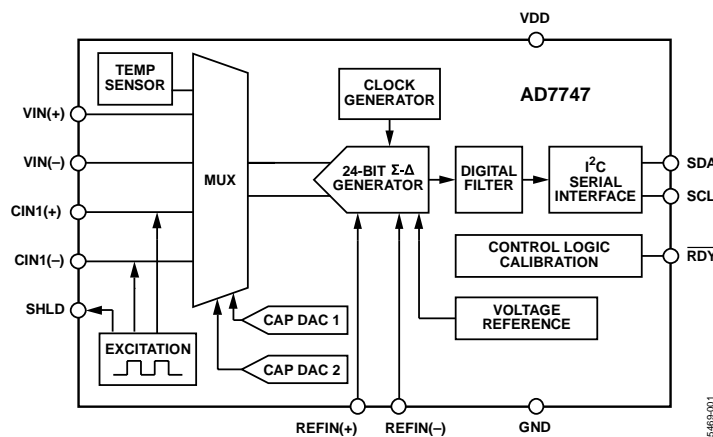


图1

Rev. 0

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 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©2007 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目录

特性.....	1	Cap DAC A寄存器.....	19
应用.....	1	Cap DAC B寄存器.....	19
概述.....	1	Cap失调校准寄存器.....	20
功能框图.....	1	Cap增益校准寄存器.....	20
修订历史.....	2	Volt增益校准寄存器.....	20
规格.....	3	电路描述.....	21
时序规格.....	5	概览.....	21
绝对最大额定值.....	6	电容数字转换器.....	21
ESD警告.....	6	有源交流屏蔽概念.....	21
引脚配置和功能描述.....	7	CAPDAC.....	21
典型性能参数.....	8	单端容性配置.....	22
输出噪声与分辨率规格.....	11	差分容性配置.....	22
串行接口.....	12	寄生电容.....	23
读操作.....	12	寄生电阻.....	23
写操作.....	12	寄生串联电阻.....	23
AD7747复位.....	13	容性增益校准.....	23
广播.....	13	容性系统失调校准.....	24
寄存器描述.....	14	内部温度传感器.....	24
状态寄存器.....	15	外部温度传感器.....	24
Cap数据寄存器.....	15	电压输入.....	25
VT数据寄存器.....	15	V _{DD} 监控.....	25
Cap设置寄存器.....	16	典型应用原理图.....	26
VT设置寄存器.....	16	外形尺寸.....	27
EXC设置寄存器.....	17	订购指南.....	27
配置寄存器.....	18		

修订历史

2007年1月—修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V 或 4.75 V 至 5.25 V ; $GND = 0\text{ V}$; $EXC = \pm V_{DD} \times 3/8$; -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 。

表1.

参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
容性输入					
转换输入范围		± 8.192		pF ¹	出厂校准
积分非线性(INL) ²			± 0.01	% of FSR ¹	
无失码 ²	24			Bit	转换时间 $\geq 124\text{ ms}$
峰峰值分辨率		16.5		Bit	转换时间为 124 ms , 见表5
有效分辨率		19.1		Bit	转换时间为 124 ms , 见表5
输出噪声均方根值				aF/ $\sqrt{\text{Hz}}$	转换时间为 124 ms , 见表5
绝对误差 ³			± 10	ff ¹	25°C , $V_{DD} = 5\text{ V}$, 失调校准后
失调误差 ^{4,5}			32	aF ¹	系统失调校准后, 不包括噪声影响 ⁴
系统失调校准范围 ⁵			± 1	pF	
整个温度范围内的失调偏差 ²		0.4		ff	见图6
增益误差 ⁶		0.02	0.11	% of FS ¹	25°C , $V_{DD} = 5\text{ V}$
增益漂移与温度 ²	-23	-26	-29	ppm of FS/ $^\circ\text{C}$	
电源抑制 ²		0.5	4	ff/V	
串模干扰抑制 ⁵		72		dB	$50\text{ Hz} \pm 1\%$, 转换时间为 124 ms
		60		dB	$60\text{ Hz} \pm 1\%$, 转换时间为 124 ms
CAPDAC					
整个范围	17	21		pF	6-bit CAPDAC
微分非线性(DNL)		0.3		LSB	见图16
漂移与温度 ²		26		ppm of FS/ $^\circ\text{C}$	
激励					
频率		16		kHz	
电容上的交流电压		$\pm V_{DD} \times 3/8$		V	通过数字接口配置
电容上的平均直流电压		$V_{DD}/2$		V	
温度传感器 ⁷					V_{REF} 内部
分辨率		0.1		$^\circ\text{C}$	
误差 ²		± 0.5	± 2	$^\circ\text{C}$	内部温度传感器
		± 2		$^\circ\text{C}$	外部检测二极管 ⁸
电压输入 ⁷					V_{REF} 内部或 $V_{REF} = 2.5\text{ V}$
差分VIN电压范围		$\pm V_{REF}$		V	
绝对VIN电压 ²	$GND - 0.03$		$V_{DD} + 0.03$	V	
积分非线性(INL)		± 3	± 15	ppm of FS	
无失码 ²	24			Bit	转换时间 = 122.1 ms
峰峰值分辨率		16		Bits	转换时间 = 62 ms , 见表6和表7
输出噪声		3		$\mu\text{V rms}$	转换时间 = 62 ms , 见表6和表7
失调误差		± 3		μV	
失调漂移与温度		15		nV/ $^\circ\text{C}$	
满量程误差 ^{2,9}		0.025	0.1	% of FS	
满量程漂移与温度		5		ppm of FS/ $^\circ\text{C}$	内部基准电压源
		0.5		ppm of FS/ $^\circ\text{C}$	外部基准电压源
平均VIN输入电流		300		nA/V	
模拟VIN输入电流漂移		± 50		pA/V/ $^\circ\text{C}$	
电源抑制		80		dB	内部基准电压源, $V_{IN} = V_{REF}/2$
		90		dB	外部基准电压源, $V_{IN} = V_{REF}/2$

AD7747

参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
串模干扰抑制 ⁵		75		dB	50 Hz ± 1%, 转换时间为122.1 ms
共模抑制 ²		50		dB	60 Hz ± 1%, 转换时间为122.1 ms
内部基准电压源		95		dB	$V_{IN} = 1\text{ V}$
电压	1.169	1.17	1.171	V	$T_A = 25^\circ\text{C}$
漂移与温度		5		ppm/°C	
外部基准电压输入					
差分REFIN电压 ²	0.1	2.5	V_{DD}	V	
绝对REFIN电压 ²	GND - 0.03		$V_{DD} + 0.03$	V	
平均REFIN输入电流		400		nA/V	
平均REFIN输入电流漂移		±50		pA/V/°C	
共模抑制		80		dB	
串行接口逻辑输入(SCL, SDA)					
输入高电压 V_{IH}	2.1			V	
输入低电压 V_{IL}		0.8	V		
迟滞		150		mV	
输入漏电流(SCL)		±0.1	±1	μA	
开漏输出(SDA)					
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{SINK} = -6.0\text{ mA}$
高输出漏电流 I_{OH}		0.1	1	μA	$V_{OUT} = V_{DD}$
逻辑输出(RDY)					
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{SINK} = 1.6\text{ mA}, V_{DD} = 5\text{ V}$
输出高电压 V_{OH}	4.0			V	$I_{SOURCE} = 200\text{ μA}, V_{DD} = 5\text{ V}$
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{SINK} = 100\text{ μA}, V_{DD} = 3\text{ V}$
输出高电压 V_{OH}	$V_{DD} - 0.6$			V	$I_{SOURCE} = 100\text{ μA}, V_{DD} = 3\text{ V}$
电源要求					
V_{DD} 至GND电压	4.75		5.25	V	$V_{DD} = 5\text{ V}$, 标称值
	2.7		3.6	V	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$, 标称值
I_{DD} 电流			850	μA	数字输入等于 V_{DD} 或GND
		750		μA	$V_{DD} = 5\text{ V}$
		700		μA	$V_{DD} = 3.3\text{ V}$
I_{DD} 电流(掉电模式)		0.5	2	μA	数字输入等于 V_{DD} 或GND

1 电容单位: 1 pF = 10^{-12} F ; 1 fF = 10^{-15} F ; 1 aF = 10^{-18} F 。满量程(FS) = 8.192 pF; 满量程范围(FSR) = $\pm 8.192\text{ pF}$ 。

2 技术规格未经生产测试, 但受产品初始发布时的特性数据支持。

3 经过工厂校准。绝对误差包括工厂增益校准误差、积分非线性误差和系统失调校准后的失调误差, 所有这些误差均特定于 25°C 。不同温度条件下, 需要对随温度变化而出现的增益漂移进行补偿。

4 容性输入失调可通过系统失调校准来消除。系统失调校准的精度受限于失调校准寄存器LSB大小(32 aF)或系统性失调校准期间的转换器与系统峰峰值噪声(取较大值)。要将转换器与系统噪声影响降至最低, 应花费更长的转换时间来进行系统性失调校准。系统电容失调校准范围为 $\pm 1\text{ pF}$; 可利用CAPDAC来消除较大失调。

5 技术规格未经生产测试, 但通过设计保证。

6 增益误差在 25°C 下经过出厂校准。不同温度条件下, 需要对随温度变化而出现的增益漂移进行补偿。

7 要获得指定温度传感器和电压输入性能, VT设置寄存器中的VTCHOP bit必须设为1。

8 使用外部温度检测二极管2N3906, 其非理想系数 $n_T = 1.008$, 总串联电阻 $< 100\ \Omega$ 且连接方式如图37所示。

9 满量程误差适用于正负满量程。

时序规格

除非另有说明， $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ 至 3.6 V 或 4.75 V 至 5.25 V ； $GND = 0\text{ V}$ ；输入逻辑0 = 0 V ；输入逻辑1 = V_{DD} ； -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 。

表2.

参数	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
串行接口 ^{1,2}					见图2
SCL频率	0		400	kHz	
SCL高电平脉冲宽度 t_{HIGH}	0.6			μs	
SCL低电平脉冲宽度 t_{LOW}	1.3			μs	
SCL、SDA上升时间 t_{R}			0.3	μs	
SCL、SDA下降时间 t_{F}			0.3	μs	
保持时间(起始条件) $t_{\text{HD;STA}}$	0.6			μs	此周期结束后，产生首次时钟与重复起始条件相关
建立时间(起始条件) $t_{\text{SU;STA}}$	0.6			μs	
数据建立时间 $t_{\text{SU;DAT}}$	0.1			μs	
建立时间(停止条件) $t_{\text{SU;STO}}$	0.6			μs	
数据保持时间 $t_{\text{HD;DAT}}$ (主)	0			μs	
总线空闲时间(停止条件与起始条件之间， t_{BUF})	1.3			μs	

¹ 样片在初次发布期间均经过测试，以确保符合标准要求。

² 所有输入信号均指定输入上升时间/下降时间 = 3 ns ，在10%与90%点范围内测得。输入和输出的时序基准点处于50%处。输出负载 = 10 pF 。

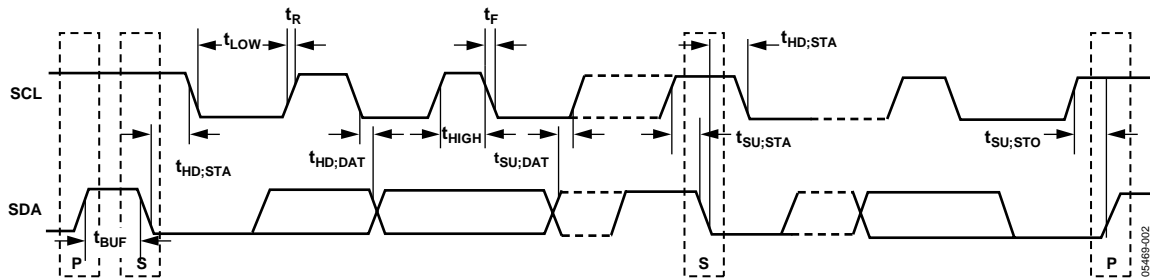


图2. 串行接口时序图

绝对最大额定值

除非另有说明， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

表3.

参数	额定值
正电源电压 V_{DD} 至GND	-0.3 V 至 +6.5 V
任意输入或输出引脚至GND上的电压	-0.3 V 至 $V_{DD} + 0.3$ V
ESD额定值(ESD协会人体模型, S5.1)	2000 V
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
TSSOP封装 θ_{JA} (空气热阻)	128°C/W
TSSOP封装 θ_{JC} (外壳热阻)	14°C/W
回流焊峰值温度	
无铅(20秒至40秒)	260°C

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值，并不能以这些条件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，推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

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

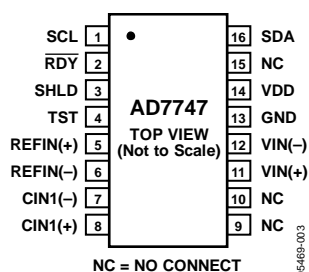


图3. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	SCL	串行接口时钟输入。连接到主时钟线路。需要上拉电阻(若系统中尚未提供的话)。
2	RDY	逻辑输出。此输出上的下降沿表示所使能通道上的转换已经完成且有新数据可用。或者，可以通过双线式串行接口和解码用于查询已完成转换的相关bit来读取状态寄存器。不用时，此引脚应保持开路。
3	SHLD	容性输入有源交流屏蔽。要消除对地CIN寄生电容，可使用SHLD信号来屏蔽传感器和CIN之间的连接。不用时，此引脚应保持开路。
4	TSTT	此引脚必须保持开路，器件才能正常工作。
5, 6	REFIN(+), REFIN(-)	电压通道(ADC)的差分基准电压输入。或者，可将片内基准电压源用于电压通道。这些基准电压输入引脚不能用于容性通道(CDC)上的转换。不用时，这些引脚可保持开路或连接到GND。
7	CIN1(-)	CDC负容性输入。所测电容连接在CIN1(-)引脚和GND之间。不用时，此引脚应保持开路。
8	CIN1(+)	CDC正容性输入。所测电容连接在CIN1(+)引脚和GND之间。不用时，此引脚应保持开路。
9, 10	NC	无需连接。这些引脚应保持开路。
11, 12	VIN(+), VIN(-)	电压通道(ADC)的差分电压输入。这些引脚还可用于连接外部温度检测二极管。不用时，这些引脚可保持开路或连接到GND。
13	GND	接地引脚。
14	VDD	电源电压。此引脚应通过低阻抗电容(如10 μ F钽电容和0.1 μ F多层陶瓷电容相结合)去耦至GND。
15	NC	无需连接。此引脚应保持开路。
16	SDA	串行接口双向数据。连接到主数据线路。需要上拉电阻(若系统中他处并未提供的话)。

典型性能参数

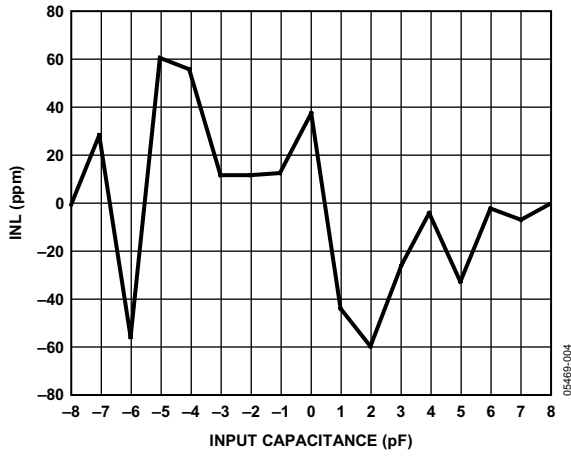


图4. 电容输入积分非线性
($V_{DD} = 5\text{ V}$, $CAPDAC = 0 \times 3\text{ F}$)

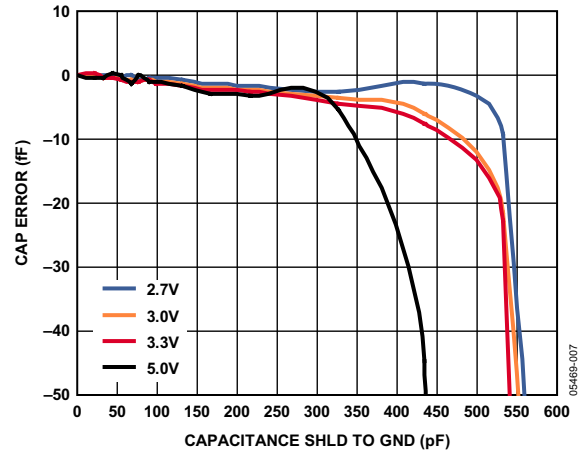


图7. 电容输入误差与 SHLD 和 GND 之间电容的关系
($CIN(+)$ 至 GND = 8 pF, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$, 3 V, 3.3 V 和 5 V)

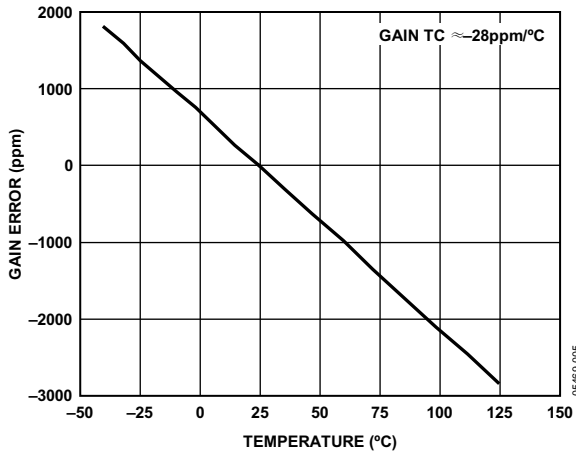


图5. 电容输入增益漂移与温度的关系
($V_{DD} = 5\text{ V}$, $CIN(+)$ 至 GND = 8 pF)

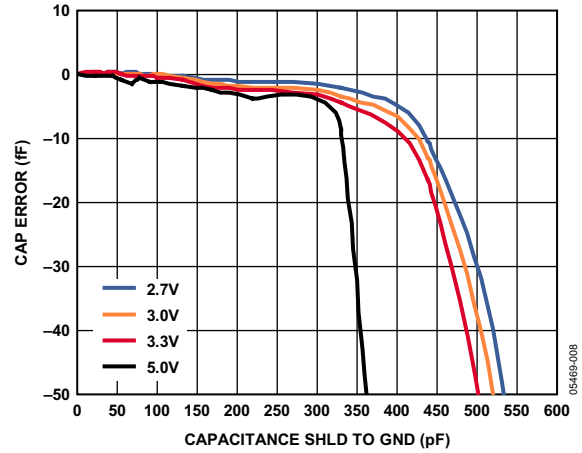


图8. 电容输入误差与 SHLD 和 GND 之间电容的关系
($CIN(+)$ 至 GND = 25 pF, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$, 3 V, 3.3 V 和 5 V)

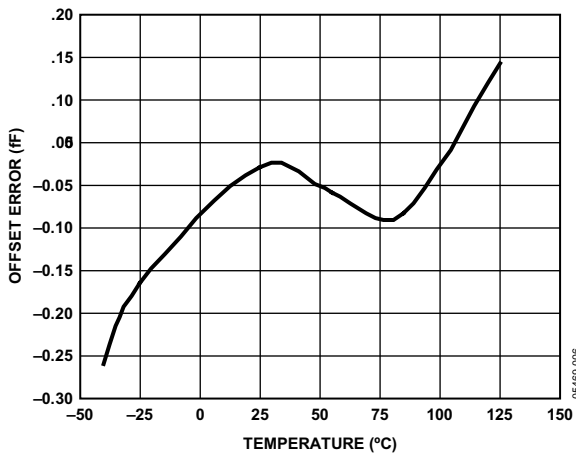


图6. 电容输入失调漂移与温度的关系
($V_{DD} = 5\text{ V}$, $CIN(+)$ 开路)

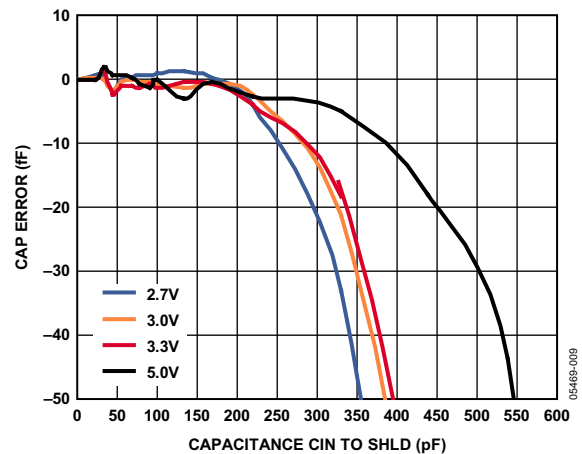


图9. 电容输入误差与 $CIN(+)$ 和 SHLD 之间电容的关系
($CIN(+)$ 至 GND = 8 pF, $V_{DD} = 2.7\text{ V}$, 3 V, 3.3 V 和 5 V)

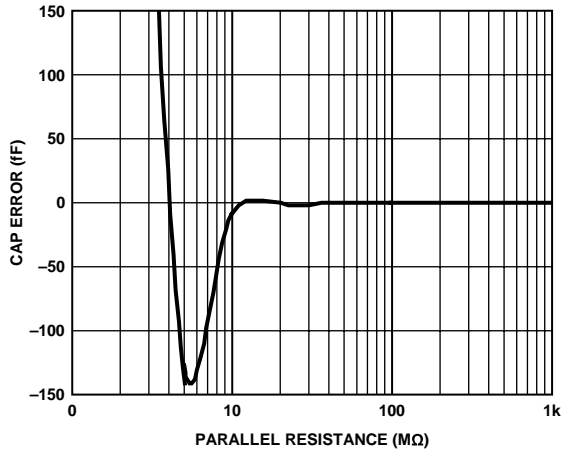


图10. 电容输入误差与并联电阻的关系
($C_{IN(+)}至GND = 8\text{ pF}$, $V_{DD} = 5\text{ V}$)

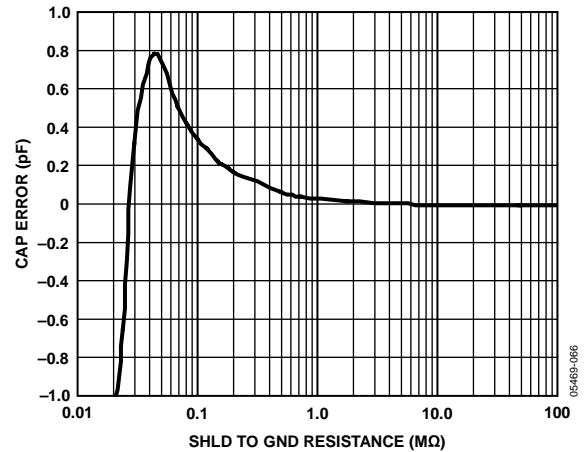


图13. 电容输入误差与SHLD和GND之间电阻的关系
($C_{IN(+)}至GND = 8\text{ pF}$, $V_{DD} = 5\text{ V}$)

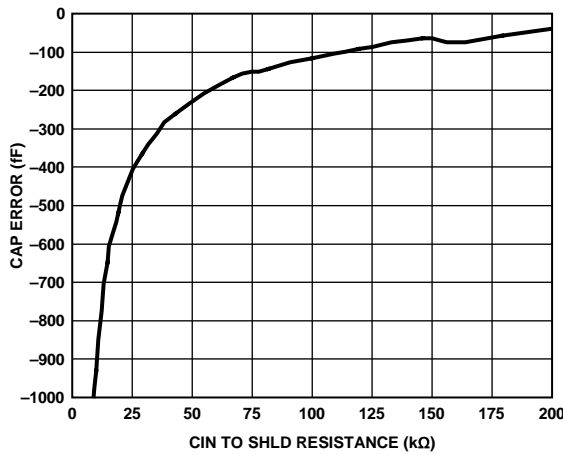


图11. 电容输入误差与 $C_{IN1(+)}$ 和SHLD之间电阻的关系
($C_{IN(+)}至GND = 8\text{ pF}$, $V_{DD} = 5\text{ V}$)

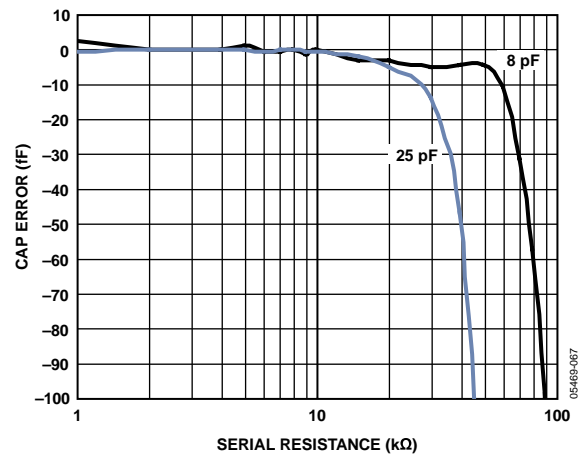


图14. 电容输入误差与串联电阻的关系
($C_{IN(+)}至GND = 8\text{ pF}$ 和 25 pF , $V_{DD} = 5\text{ V}$)

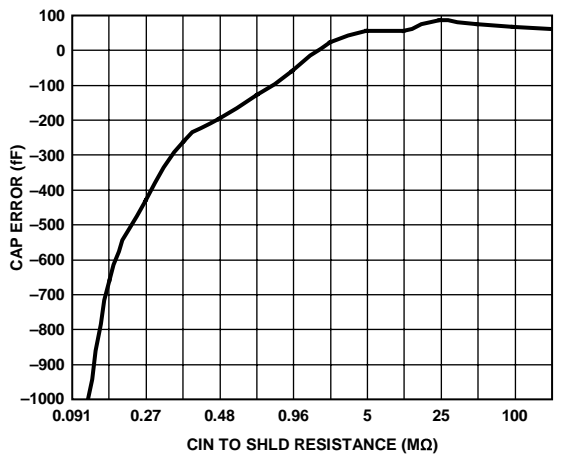


图12. 电容输入误差与 $C_{IN(+)}$ 和SHLD之间电阻的关系
($C_{IN(+)}至GND = 25\text{ pF}$, $V_{DD} = 5\text{ V}$)

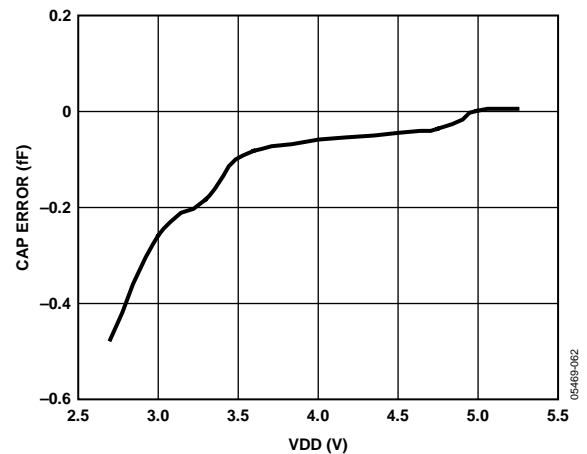


图15. 电容输入电源抑制(PSR)($C_{IN(+)}至GND = 8\text{ pF}$)

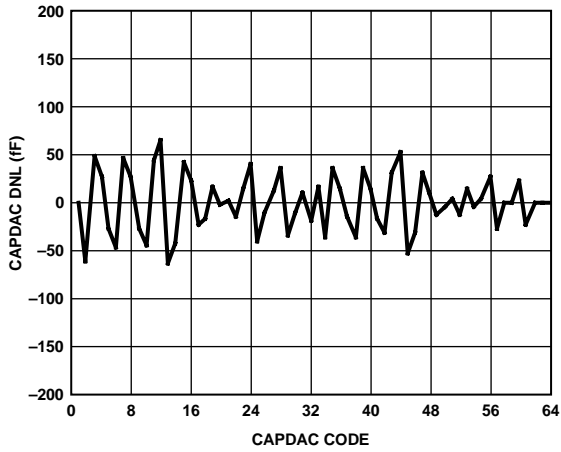


图16. CAPDAC微分非线性(DNL)

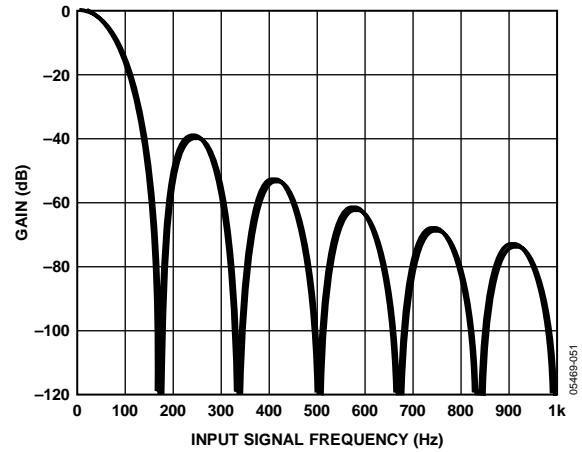


图19. 容性通道频率响应(转换时间 = 22 ms)

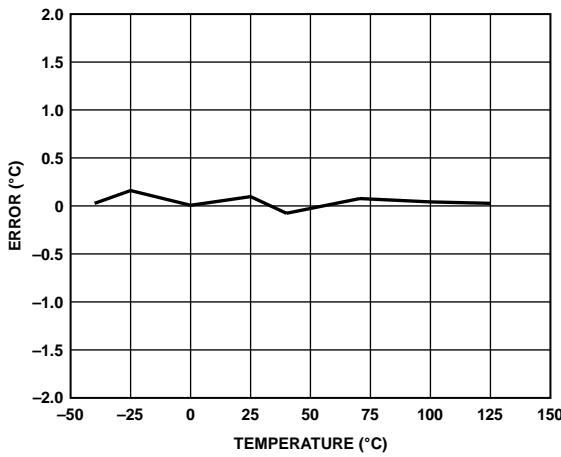


图17. 内部温度传感器误差与温度的关系

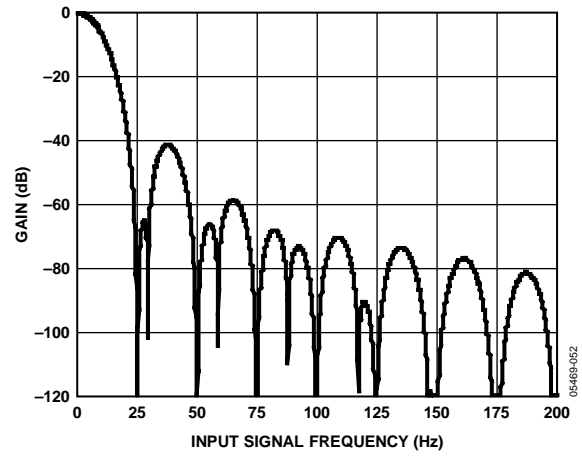


图20. 容性通道频率响应(转换时间 = 124 ms)

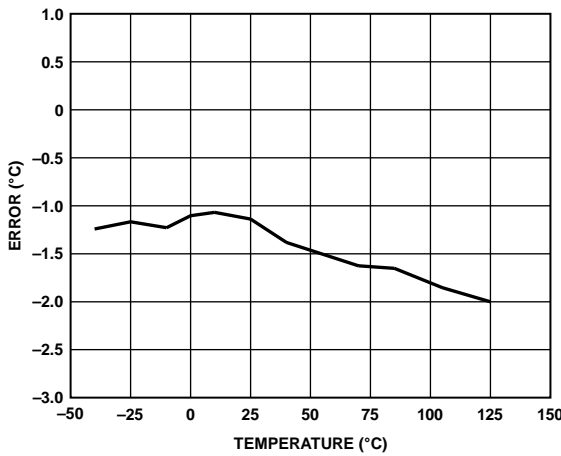


图18. 外部温度传感器误差与温度的关系

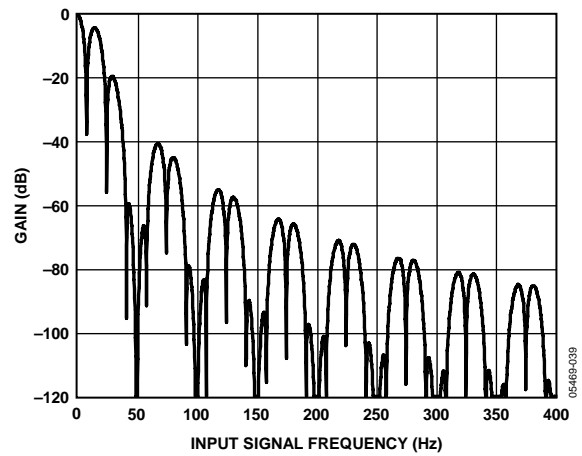


图21. 电压通道频率响应(转换时间 = 122.1 ms)

输出噪声与分辨率规格

AD7747分辨率受噪声限制。噪声性能随所选转换时间而变化。

表5显示了容性通道的典型噪声性能和分辨率。这些数值是在连续转换模式、激励为16 kHz、 $\pm V_{DD} \times 3/8$ 且所有CIN和SHLD引脚仅连接到评估板(无外部电容)的条件下从1000次数据采样而得出的。

表6和表7显示了电压通道的典型噪声性能和分辨率。这些数值是在连续转换模式且VIN引脚短接至地的条件下从1000次数据采样而得出的。

均方根噪声表示标准偏差，峰峰值噪声则表示数据中最小结果和最大结果之间的差值。有效分辨率利用均方根噪声计算得出，峰峰值分辨率则根据峰峰值噪声计算得出。

表5. 典型容性输入噪声和分辨率与转换时间的关系(粗体字行表示默认设置)

转换时间 (ms)	输出数据 速率(Hz)	-3 dB频率 (Hz)	均方根噪声 (aF/√Hz)	均方根噪声 (aF)	峰峰值噪声 (aF)	有效分辨率 (bits)	峰峰值分辨率 (bits)
22.0	45.5	43.6	28.8	190	821	16.4	14.3
23.9	41.9	39.5	23.2	146	725	16.8	14.5
40.0	25.0	21.8	11.1	52	411	18.3	15.3
76.0	13.2	10.9	11.2	37	262	18.7	15.9
124.0	8.1	6.9	11.0	29	174	19.1	16.5
154.0	6.5	5.3	10.4	24	173	19.3	16.5
184.0	5.4	4.4	10.0	21	141	19.6	16.8
219.3	4.6	4.0	9.0	18	126	19.9	17.0

表6. 典型电压输入噪声和分辨率与转换时间的关系(内部基准电压源)

转换时间 (ms)	输出数据 速率(Hz)	-3 dB频率 (Hz)	均方根噪声 (μV)	峰峰值噪声 (μV)	有效分辨率 (bits)	峰峰值分辨率 (bits)
20.1	49.8	26.4	11.4	62	17.6	15.2
32.1	31.2	15.9	7.1	42	18.3	15.7
62.1	16.1	8.0	4.0	28	19.1	16.3
122.1	8.2	4.0	3.0	20	19.5	16.8

表7. 典型电压输入噪声和分辨率与转换时间的关系(外部2.5 V基准电压源)

转换时间 (ms)	输出数据 速率(Hz)	-3 dB频率 (Hz)	均方根噪声 (μV)	峰峰值噪声 (μV)	有效分辨率 (bits)	峰峰值分辨率 (bits)
20.1	49.8	26.4	14.9	95	18.3	15.6
32.1	31.2	15.9	6.3	42	19.6	16.8
62.1	16.1	8.0	3.3	22	20.5	17.7
122.1	8.2	4.0	2.1	15	21.1	18.3

串行接口

AD7747支持I²C兼容性双线式串行接口。I²C总线上的两条线称为SCL(时钟)和SDA(数据)。这两条线负责通过总线将所有寻址、控制和数据信息传送到所有连接的外设，每次传送一位。SDA线承载数据，SCL线则负责在数据传输期间实现发送方和接收方之间同步。I²C器件归类为主机或从机。发起数据传输消息的器件称为主机，响应此消息的器件则称为从机。

要控制总线上的AD7747器件，必须遵守以下协议。首先，主机通过建立起始条件而启动数据传输；起始条件要求SDA发生高低转换，同时SCL保持高电平。这表示接着是起始字节。这个8-bit起始字节由一个7-bit地址和一个R/W指示位组成。

所有连接到总线的外设都对起始条件做出响应并在接下来的8个bits(7-bit地址 + R/W-bit)中移位。这些位以MSB优先方式传送。在第9个时钟脉冲期间，能够识别所发送地址的外设通过将数据线拉低来做出响应。这就是所谓应答位。此时，所有其它器件从总线退出，并保持空闲状态。广播地址是个例外，本文稍后会加以介绍。空闲条件是指器件监控SDA和SCL线有无起始条件和正确的地址字节。R/W-bit决定数据传输的方向。如果起始字节中LSB为逻辑0，则意味着主机将信息写入所寻址的外设。这种情况下，AD7747成为从机(接收方)。如果起始字节中LSB为逻辑1，则意味着主机将从所寻址的外设读取信息。这种情况下，AD7747变为从机(发送方)。所有情况下，AD7747均作为I²C总线上的标准从机。

AD7747的起始字节地址为0x90写入，0x91读取。

读操作

起始字节中选择读操作时，AD7747即会将地址指针当前所寻址的寄存器发送到SDA线上。然后，由主机逐个输出，而AD7747则等待主机应答。

从主机收到应答时，地址自动递增器即会自动递增地址指针寄存器并将之后寻址的寄存器内容输出到SDA线上，以便传输到主机。收到了不应答时，AD7747则会返回到空闲状态，地址指针不递增。

地址指针的自动递增器允许向起始地址及后续递增地址写入块数据或从其中读取块数据。

在连续转换模式下，应使用地址指针的自动递增器来读取转换结果。也就是说，应使用一个多字节读取处理来读取三个数据字节，而不是使用三个单独的单字节处理。单字节数据读取处理可能导致从两个混合的不同结果读取数据字节。如果容性和电压/温度通道均使能，则这种情况同样适用于6个数据字节。

用户还可以逐个访问任意唯一寄存器(地址)，而不必更新所有寄存器。地址指针寄存器的内容是无法读取的。

如果访问的地址指针位置不正确，或者用户运行自动递增器超出所需的寄存器地址，则适用以下情况：

- 在读取模式下，AD7747会继续输出各种内部寄存器内容，直到主机发送不应答、起始或停止条件。如果在读操作结束时收到停止条件，地址指针自动递增器的内容复位并指向地址0x00处的状态寄存器。因此，可以连续读取(轮询)状态寄存器，而不必不断地写入地址指针。
- 在写入模式下，AD7747寄存器中并不会载入无效地址的数据，但AD7747会发送应答。

写操作

选择写操作时，起始字节之后的字节始终是寄存器地址指针(子地址)字节，指向AD7747上的其中一个内部寄存器。地址指针字节会自动载入地址指针寄存器并由AD7747做出应答。在地址指针字节应答之后，可能接着是主机发送来的停止条件、重复起始条件或另一个数据字节。

停止条件是指SCL处于高电平时，SDA上发生的低电平至高电平跃迁。一旦遇到停止条件，AD7747即会返回到其空闲条件，而地址指针则会复位至地址0x00。

如果寄存器地址指针字节之后发送的是数据字节，AD7747会将此字节载入地址指针寄存器当前寻址的寄存器中并发送应答，同时地址指针自动递增器会自动将地址指针寄存器递增到下一内部寄存器地址。因此，随后发送的数据字节会被载入到按顺序递增的地址中。

如果在地址指针字节之后遇到重复起始条件，则所有连接到总线的外设均会按照上文所述针对起始条件那样做出同样的响应，即重复起始条件与起始条件具有相同的处理方

式。当主机发送停止条件时，其即放弃总线控制权，从而让其它主机可以控制总线。因此，等待取得总线控制权的主机会发送连续起始条件，也称为重复起始条件。

AD7747复位

要不通过复位整个I²C总线来复位AD7747，可提供一个明确的复位命令。即利用特定地址指针字作为命令字来复位器件并上传所有默认设置。AD7747在默认值上传期间不对I²C总线命令做出响应(不应答)，时间约为150 μs(最长200 μs)。

复位命令地址字是0xBF。

广播

主机发出包括7个0且第8位(R/W位)设置为0的从机地址时，这被称为广播地址。广播地址用于对连接至I²C总线的每个器件进行寻址。AD7747对此地址做出应答并读取后面的数据字节。

如果第2个字节是0x06，AD7747复位，完全上传所有默认值。AD7747在默认值上传期间不对I²C总线命令做出响应(不应答)，时间约为150 μs(最长200 μs)。

AD7747不应答任何其他广播命令。

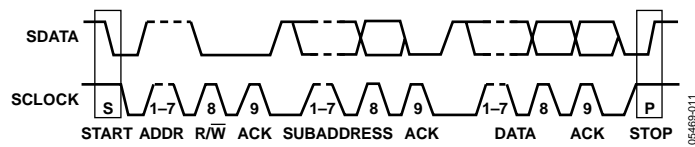


图22. 总线数据传输

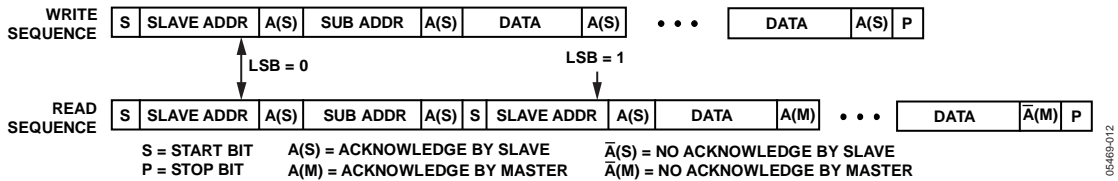


图23. 写入和读取序列

寄存器描述

主机可以从AD7747的所有寄存器读取数据或向其中写入数据，不过地址指针寄存器除外，该寄存器是一个只写寄存器。地址指针寄存器决定下一读或写操作要访问的寄存器。通过总线与器件进行的所有通信均从访问地址指针寄

存器开始。通过总线访问器件并选择读/写操作后，地址指针寄存器即已设置。地址指针寄存器决定发生操作的起始或结束寄存器。读/写操作从目标地址开始执行，然后递增到下一地址，直到总线上执行停止命令。

表8. 寄存器小结

寄存器	地址指针		Dir	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
	(十进制)	(十六进制)		默认值							
状态	0	0x00	R	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	RDY 1	RDYVT 1	RDYCAP 1
Cap数据H	1	0x01	R	容性通道数据—高字节, 0x00							
Cap数据M	2	0x02	R	容性通道数据—中间字节, 0x00							
Cap数据L	3	0x03	R	容性通道数据—低字节, 0x00							
VT数据H	4	0x04	R	电压/温度通道数据—高字节, 0x00							
VT数据M	5	0x05	R	电压/温度通道数据—中间字节, 0x00							
VT数据L	6	0x06	R	电压/温度通道数据—低字节, 0x00							
Cap设置	7	0x07	R/W	CAPEN 0	- 0	CAPDIFF 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0
VT设置	8	0x08	R/W	VTEN 0	VTMD1 0	VTMD0 0	EXTREF 0	- 0	- 0	VTSHORT 0	VTCHOP 0
EXC设置	9	0x09	R/W	- 0	- 0	- 0	- 0	EXCDAC 0	EXCEN 0	EXCLVL1 1	EXCLVL0 1
配置	10	0x0A	R/W	VTFS1 1	VTFS0 0	CAPFS2 1	CAPFS1 0	CAPFS0 0	MD2 0	MD1 0	MD0 0
Cap DAC A	11	0x0B	R/W	DACAENA 0	- 0	DACA—6-bit值 0x00					
Cap DAC B	12	0x0C	R/W	DACBENB 0	- 0	DACB—6-bit值 0x00					
Cap失调H	13	0x0D	R/W	容性失调校准—高字节, 0x80							
Cap失调L	14	0x0E	R/W	容性失调校准—低字节, 0x00							
Cap增益H	15	0x0F	R/W	容性增益校准—高字节, 出厂校准							
Cap增益L	16	0x10	R/W	容性增益校准—低字节, 出厂校准							
Volt增益H	17	0x11	R/W	电压增益校准—高字节, 出厂校准							
Volt增益L	18	0x12	R/W	电压增益校准—低字节, 出厂校准							

状态寄存器

地址指针0x00，只读，默认值0x07

此寄存器指示转换器的状态。可通过双线式串行接口读取状态寄存器来查询已完成的转换。

RDY引脚反映RDY bit的状态。因此，RDY上的高低转换可用作转换完成的替代指示。

表9. 状态寄存器Bit映射

Bit	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
引脚名称	-	-	-	-	-	RDY	RDYVT	RDYCAP
默认值	0	0	0	0	0	1	1	1

表10.

Bit	引脚名称	描述
7 to 3	-	未使用，始终读取0。
2	RDY	RDY = 0表示所使能通道上的转换已经完成且有未被读取的新数据可用。如果容性和电压/温度通道均使能，则两个通道上的转换都完成后，RDY bit更改为0。读取数据时或完成下一转换之前，RDY bit返回到1。例如，如果仅使能了容性通道，那么RDY bit反映RDYCAP bit。
1	RDYVT	RDYVT = 0表示电压/温度通道上的转换已经完成且有未被读取的新数据可用。
0	RDYCAP	RDYCAP = 0表示容性通道上的转换已经完成且有未被读取的新数据可用。

Cap数据寄存器

24-bit，地址指针0x01、0x02、0x03，只读，默认值0x000000

此寄存器包含容性通道输出数据。该寄存器在容性通道上的转换完成后进行更新，不过有一个例外：正在从Cap数据寄存器执行串行接口读操作时，该数据寄存器不会更新，而新电容转换结果会丢失。

串行接口上的停止条件被视为读操作的结束。因此，为防止破坏数据，应使用串行接口的寄存器地址指针自动递增功能来连续读取该数据寄存器的所有三个字节。

为防止部分结果丢失，应该在容性通道上的下一转换完成之前读取Cap数据寄存器。

0x000000代码表示负满量程(-8.192 pF)，0x800000代码表示零电平(0 pF)，0xFFFFF代码则表示正满量程(+8.192 pF)。

VT数据寄存器

24-bit，地址指针0x04、0x05、0x06，只读，默认值0x000000

此寄存器包含电压/温度通道输出数据。该寄存器在电压通道或温度通道上的转换完成后进行更新，不过有一个例外：正在从VT数据寄存器执行串行接口读操作时，该数据寄存器不会更新，而新的电压/温度转换结果会丢失。

串行接口上的停止条件被视为读操作的结束。因此，为防止破坏数据，应使用串行接口的寄存器地址指针自动递增功能来连续读取该数据寄存器的所有三个字节。

对于电压输入，代码0表示负满量程(-V_{REF})，0x800000代码表示零电平(0 V)，0xFFFFF代码则表示正满量程(+V_{REF})。

为防止部分结果丢失，应该在电压/温度通道上的下一转换完成之前读取VT数据寄存器。

对于温度传感器，可利用以下公式来根据代码计算出温度：

$$Temperature (^{\circ}C) = (Code/2048) - 4096$$

AD7747

Cap设置寄存器

地址指针0x07，默认值0x00

容性通道设置。

表11. Cap设置寄存器Bit映射

Bit	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
引脚名称	CAPEN	-	CAPDIFF	-	-	-	-	-
默认值	0	0	0	0	0	0	0	0

表12.

Bit	引脚名称	描述
7	CAPEN	CAPEN = 1使能容性通道来执行单次转换、连续转换或校准。
6	-	此bit必须设为0，器件才能正常工作。
5	CAPDIFF	此bit必须设为1，器件才能正常工作。
4至0	-	这些bit必须设为0，器件才能正常工作。

VT设置寄存器

地址指针0x08，默认值0x00

电压/温度通道设置。

表13. VT设置寄存器Bit映射

Bit	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
引脚名称	VTEN	VTMD1	VTMD0	EXTREF	-	-	VTSHORT	VTCHOP
默认值	0	0	0	0	0	0	0	0

表14.

Bit	引脚名称	描述															
7	VTEN	VTEN = 1使能电压/温度通道来执行单次转换、连续转换或校准。															
6	VTMD1	电压/温度通道输入配置。 <table border="1"><thead><tr><th>VTMD1</th><th>VTMD0</th><th>通道输入</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>内部温度传感器</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>外部温度传感器二极管</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>V_{DD}监控</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>外部电压输入(VIN)</td></tr></tbody></table>	VTMD1	VTMD0	通道输入	0	0	内部温度传感器	0	1	外部温度传感器二极管	1	0	V _{DD} 监控	1	1	外部电压输入(VIN)
VTMD1	VTMD0		通道输入														
0	0		内部温度传感器														
0	1		外部温度传感器二极管														
1	0	V _{DD} 监控															
1	1	外部电压输入(VIN)															
5	VTMD0																
4	EXTREF	EXTREF = 1选择连接到REFIN(+)、REFIN(-)的外部基准电压来用于电压输入或V _{DD} 监控。EXTREF = 0选择片内基准电压源。内部基准电压源必须与内部温度传感器搭配使用，器件才能正常工作。															
3 to 2	-	这些bit必须设为0，器件才能正常工作。															
1	VTSHORT	VTSHORT = 1在内部短接电压/温度通道输入，用于测试目的。															
0	VTCHOP = 1	VTCHOP = 1设置电压/温度通道上的内部斩波。 要获得额定电压/温度通道性能，VTCHOP bit必须设为1。															

EXC设置寄存器

地址指针0x09，默认值0x03

容性通道激励设置。

表15. EXC设置Bit映射

Bit	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
引脚名称	-	-	-	-	EXCDAC	EXCEN	EXCLVL1	EXCLVLO
默认值	0	0	0	0	0	0	1	1

表16.

Bit	引脚名称	描述																									
7 to 4	-	这些bit必须设为0，器件才能正常工作。																									
3	EXCDAC	CAPDAC激励。此bit必须设为1，容性通道才能正常工作。																									
2	EXCEN	CIN和AC SHLD激励。此bit必须设为1，容性通道才能正常工作。																									
1	EXCLVL1, EXCLVLO	激励电压电平。必须设为 $\pm V_{DD} \times 3/8$ ，才能实现额定工作性能。																									
0		<table border="1"> <thead> <tr> <th>EXCLVL1</th> <th>EXCLVLO</th> <th>Cap上的电压</th> <th>EXC低电平</th> <th>EXC高电平</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>$\pm V_{DD}/8$</td> <td>$V_{DD} \times 3/8$</td> <td>$V_{DD} \times 5/8$</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>$\pm V_{DD}/4$</td> <td>$V_{DD} \times 1/4$</td> <td>$V_{DD} \times 3/4$</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>$\pm V_{DD} \times 3/8$</td> <td>$V_{DD} \times 1/8$</td> <td>$V_{DD} \times 7/8$</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>$\pm V_{DD}/2$</td> <td>0</td> <td>V_{DD}</td> </tr> </tbody> </table>	EXCLVL1	EXCLVLO	Cap上的电压	EXC低电平	EXC高电平	0	0	$\pm V_{DD}/8$	$V_{DD} \times 3/8$	$V_{DD} \times 5/8$	0	1	$\pm V_{DD}/4$	$V_{DD} \times 1/4$	$V_{DD} \times 3/4$	1	0	$\pm V_{DD} \times 3/8$	$V_{DD} \times 1/8$	$V_{DD} \times 7/8$	1	1	$\pm V_{DD}/2$	0	V_{DD}
EXCLVL1		EXCLVLO	Cap上的电压	EXC低电平	EXC高电平																						
0		0	$\pm V_{DD}/8$	$V_{DD} \times 3/8$	$V_{DD} \times 5/8$																						
0		1	$\pm V_{DD}/4$	$V_{DD} \times 1/4$	$V_{DD} \times 3/4$																						
1	0	$\pm V_{DD} \times 3/8$	$V_{DD} \times 1/8$	$V_{DD} \times 7/8$																							
1	1	$\pm V_{DD}/2$	0	V_{DD}																							

AD7747

配置寄存器

地址指针0x0A，默认值0xA0

转换器更新速率和工作模式设置。

表17. 配置寄存器Bit映射

Bit	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
引脚名称	VTFS1	VTFS0	CAPFS2	CAPFS1	CAPFS0	MD2	MD1	MD0
默认值	0	0	0	0	0	0	0	0

表18.

Bit	引脚名称	描述
7 6	VTFS1 VTFS0	电压/温度通道数字滤波器设置—转换时间/更新速率设置。
		VTCHOP = 1
	VTFS1	VTFS0
		转换时间(ms)
		更新速率(Hz)
		-3 dB频率(Hz)
	0	0
	0	1
	1	0
	1	1
		20.1
		32.1
		62.1
		122.1
		49.8
		31.2
		16.1
		8.2
		26.4
		15.9
		8.0
		4.0
5 4 3	CAPFS2 CAPFS1 CAPFS0	容性通道数字滤波器设置—转换时间/更新速率设置。
	CAPFS2	CAPFS1
		CAPFS0
		转换时间(ms)
		更新速率
		-3 dB频率(Hz)
	0	0
	0	1
	0	0
	0	1
	1	0
	1	1
	1	0
	1	1
	1	1
		22.0
		23.9
		40.0
		76.0
		124.0
		154.0
		184.0
		219.3
		45.5
		41.9
		25.0
		13.2
		8.1
		6.5
		5.5
		4.6
2 1 0	MD2 MD1 MD0	转换器工作模式设置。
	MD2	MD1
		MD0
		模式
	0	0
	0	1
	0	0
	0	1
	1	0
	1	0
	1	1
	1	1
		空闲
		连续转换
		单次转换
		掉电
		-
		电容系统失调校准
		电容或电压系统增益校准
		-

Cap DAC A寄存器

地址指针0x0B，默认值0x00

容性DAC设置。

表19. Cap DAC A寄存器Bit映射

Bit	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
引脚名称	DACAENA	-	DACA—6-bit值					
默认值	0	0	0x00					

表20.

Bit	引脚名称	描述
7	DACAENA	DACAENA = 1时，容性DACA连接到正电容输入。
6	-	此bit必须设为0，器件才能正常工作。
5至1	DACA	DACA置，代码0x00 ≈ 0 pF，代码0x3F ≈ 满量程。

Cap DAC B寄存器

地址指针0x0C，默认值0x00

容性DAC设置。

表21. Cap DAC B寄存器Bit映射

Bit	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
引脚名称	DACBENB	-	DACB—6-bit值					
默认值	0	0	0x00					

表22.

Bit	引脚名称	描述
7	DACBENB	DACBENB = 1时，容性DACB连接到负电容输入。
6	-	此bit必须设为0，器件才能正常工作。
5至1	DACB	DACB置，代码0x00 ≈ 0 pF，代码0x3F ≈ 满量程。

AD7747

Cap失调校准寄存器

16-bit, 地址指针0x0D、0x0E, 默认值0x8000

容性失调校准寄存器保存容性通道零电平校准系数。该系数用于通过数字方式消除容性通道失调。该寄存器值会在执行电容失调校准后自动更新。容性失调校准分辨率(cap失调寄存器LSB)小于32 aF; 满量程为 ± 1 pF。

Cap增益校准寄存器

16-bit, 地址指针0x0F、0x10, 默认值0xFFFF

容性增益校准寄存器。该寄存器保存容性通道满量程出厂校准系数。

Volt增益校准寄存器

16-bit, 地址指针0x11、0x12, 默认值0xFFFF

电压增益校准寄存器。该寄存器保存电压通道满量程出厂校准系数。

电路描述

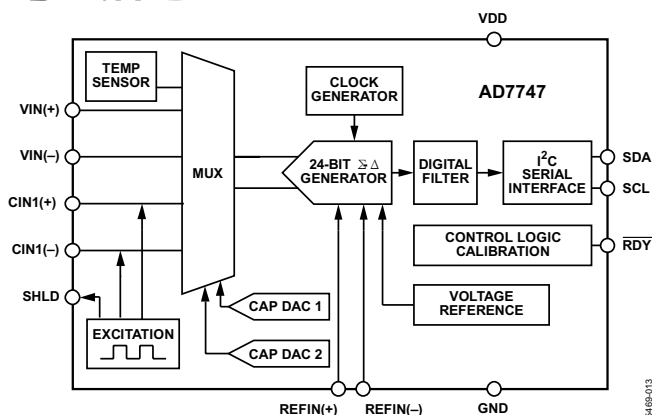


图24. AD7747框图

概述

AD7747的内核是一个高精度转换器，其由一个二阶(Σ-Δ或电荷平衡)调制器和一个三阶数字滤波器组成。它用作CDC来提供容性输入，用作传统ADC来提供电压输入或提供来自温度传感器的电压。

除该转换器以外，AD7747还集成多路复用器、用于容性输入的激励源和CAPDAC、用于电压和温度输入的温度传感器和基准电压源、完整的时钟发生器、控制和校准逻辑以及I²C兼容型串行接口。

电容数字转换器

图25所示为CDC简化功能框图。所测电容 C_x 连接在Σ-Δ调制器输入端和地之间。转换期间在 C_x 上施加方波激励信号，而调制器会对流过 C_x 的电荷进行连续采样。数字滤波器负责处理调制器输出，也就是以0和1密度形式表示信息的0和1数据流。数字滤波器输出的数据通过应用校准系数进行调整，然后即可通过串行接口读取最终结果。

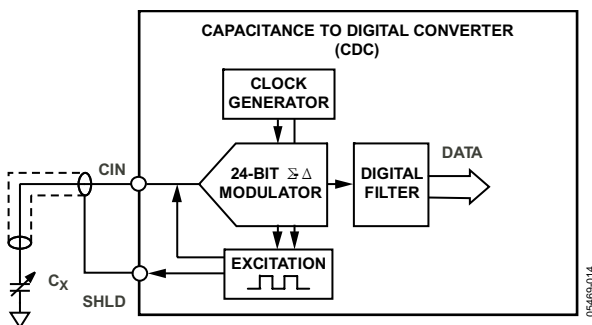


图25. CDC简化功能框图

有源交流屏蔽概念

AD7747可测量CIN和地之间的电容。也就是说，AD7747转换结果中包含AD7747 CIN引脚和传感器之间信号路径上的所有对地电容。

传感器连接的寄生电容极有可能与传感器自身的电容具有相同数量级，也可能具有更高的数量级。如果该寄生电容保持稳定，则可将其视为不变的容性失调。不过，传感器连接的寄生电容通常会随着机械运动、环境温度和环境湿度变化等而发生变化。这些变化会导致转换结果出现漂移，可能会显著影响系统精度。

要消除对地CIN寄生电容，可使用AD7747 SHLD信号来屏蔽传感器和CIN之间的连接，如图25所示。SHLD输出基本上与CIN引脚上的激励具有相同的信号波形；SHLD会被驱动至与CIN引脚相同的电位。因此，CIN和SHLD引脚之间不存在交流电流，因此这两个引脚之间的任何电容不会影响CIN电荷转移。理想情况下，CIN至SHLD电容不会对AD7747结果造成任何影响。

为了获得最佳结果，应使AD7747尽可能靠近容性传感器。传感器和AD7747 CIN引脚之间的连接以及传感器地和AD7747 GND引脚之间的返回路径应尽可能短。应将PCB走线与CIN引脚屏蔽开来，并将屏蔽体连接到AD7747 SHLD引脚。此外，如果使用屏蔽导线来连接传感器，则应将屏蔽体连接到AD7747 SHLD引脚。

CAPDAC

AD7747 CDC的满量程输入范围为±8.192 pF。不过，为了简化计算，下文和数据均采用±8 pF。该器件可在输入端接受较高电容，并且可利用片内可编程CAPDAC来平衡共模或失调(不变成分)电容。

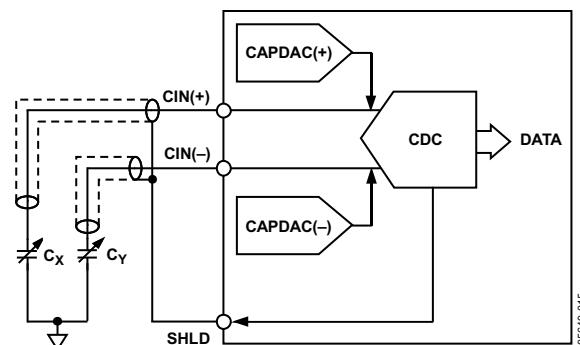


图26. 使用CAPDAC

AD7747

CAPDAC可以理解为在内部连接到CIN引脚的负电容。有两个独立的CAPDAC，一个连接到CIN(+), 另一个则连接到CIN(-)。电容输入和输出数据之间的关系表达式如下：

$$DATA \approx (C_X - CAPDAC(+)) - (C_Y - CAPDAC(-))$$

两个CAPDAC均具有6-bit分辨率、单调传递函数和定义的温度系数，并且彼此匹配良好。CAPDAC满量程(绝对值)未经出厂校准，具体因制造工艺而异，变化范围可达±20%。有关典型性能特性，请参阅“技术规格”部分和图16。

单端容性配置

AD7747可用于与单端容性传感器接口。在此配置中，传感器应该连接到其中一个AD7747 CIN引脚(如CIN(+))，而另一个引脚应保持开路。注意，Cap设置寄存器的CAPDIFF bit必须始终设为1，器件才能正常工作。

建议使用有源屏蔽体来保护未用的CIN输入端，以确保在噪声、失调和失调漂移方面获得最佳性能。

CDC(不使用CAPDAC时)测量0 pF至8 pF范围内的正(或负)输入电容(见图27)。

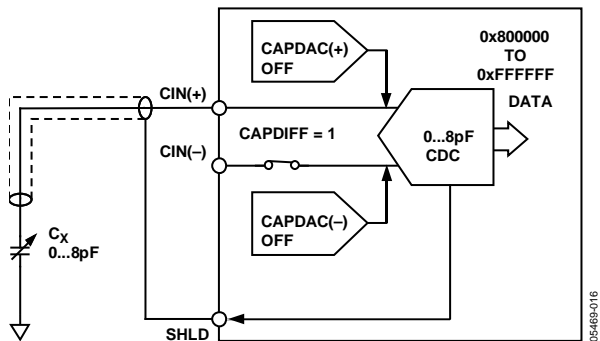


图27. CDC单端输入配置

CAPDAC可用于实现输入范围的可编程移位。图28中的例子显示如何使用完整的±8 pF CDC范围来测量0 pF至16 pF之间的电容。

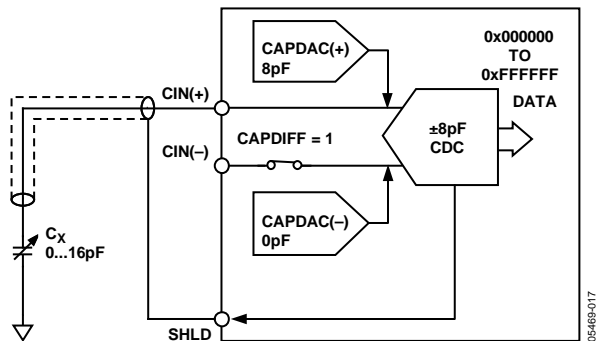


图28. 在单端配置中使用CAPDAC

图29显示如何进一步偏移输入范围，以测量CIN(+)上连接的、绝对值高达25 pF的电容。

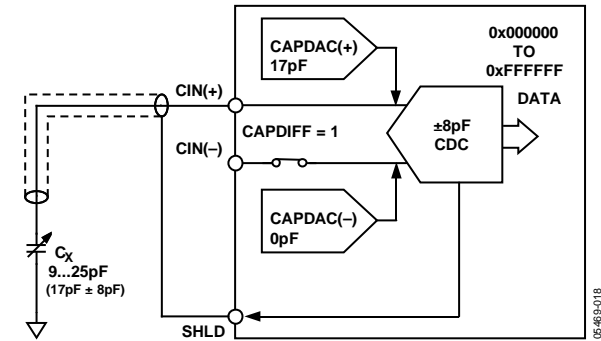


图29. 在单端配置中使用CAPDAC

差分容性配置

当AD7747用于与差分容性传感器接口时，两个输入电容 C_X 和 C_Y 都必须小于8 pF(不使用CAPDAC时)或者必须小于25 pF并通过CAPDAC进行平衡。通过CAPDAC进行平衡意味着 $C_X - CAPDAC(+)$ 和 $C_Y - CAPDAC(-)$ 小于8 pF。

如果连接到CIN引脚的不平衡电容大于8 pF，则CDC会引入增益误差、失调误差和非线性误差。

请参阅图30、图31和图32中的例子。

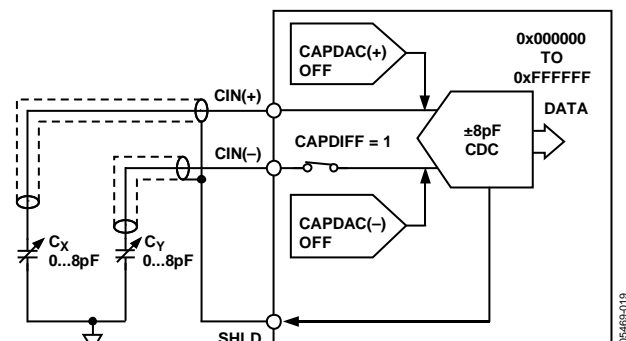


图30. CDC差分输入配置

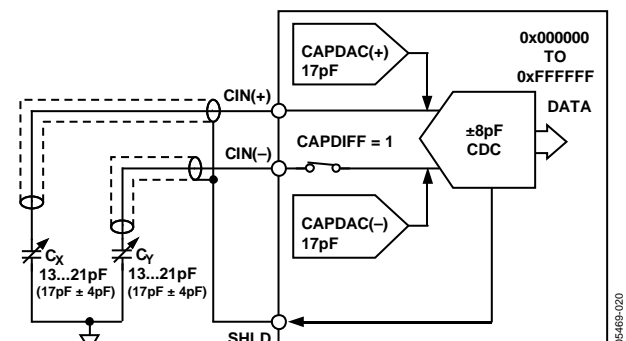


图31. 在差分配置中使用CAPDAC

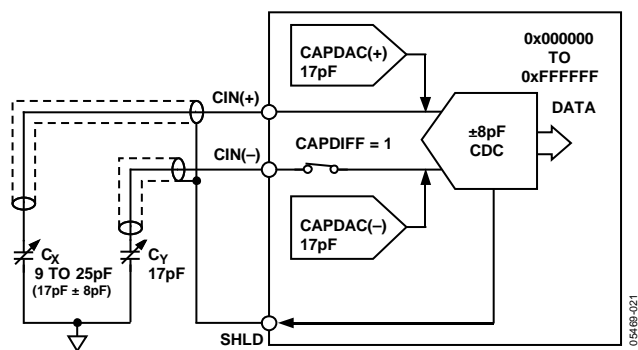


图32. 在差分配置中使用CAPDAC

寄生电容

AD7747中采用的CDC架构测量CIN引脚和地之间连接的电容 C_x 。多数应用采用有源屏蔽体，在CDC过程中避免外部影响。不过，任何寄生电容 C_p (如图33所示)都会影响CDC结果。

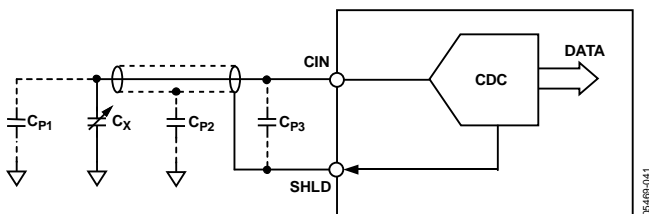


图33. 寄生电容

CIN和地之间耦合产生的寄生电容 C_{p1} 会直接添加到 C_x 的值，因此CDC结果为 $DATA \approx C_x + C_{p1}$ 。失调校准可能足以补偿小寄生电容($C_{p1} \leq 1\text{pF}$)。对于较大的寄生电容，可使用CAPDAC来补偿，并接着执行失调校准，以确保系统可实现整个 $\pm 8\text{pF}$ 范围。

有源屏蔽体和地之间的 C_{p2} 以及CIN引脚和SHLD之间的 C_{p3} 等其它寄生电容也可能影响转换结果。不过，如“典型性能参数”部分的图表所示， C_{p2}/C_{p3} 之类小于250 pF的寄生电容对CDC结果的影响不明显。图7和图8显示了 C_{p2} 导致的增益误差。图9显示了 C_{p3} 导致的增益误差。

寄生电阻

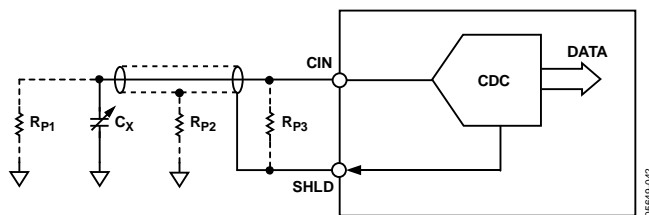


图34. CIN上的寄生电阻

如图34所示，寄生电阻可导致出现漏电流，漏电流会影响CDC结果。AD7747 CDC会测量CIN引脚和地之间的电荷转移。与所测电容 C_x 并联的任何电阻(如寄生电阻 R_{p1})也会转移电荷。因此，并联电阻在输出数据中表现为额外电容。 $R_{p1} \geq 10\text{M}\Omega$ 范围内的电阻会导致CDC结果出现失调误差。可使用失调校准来补偿小漏电流的影响。较高的对地漏电流(即 $R_{p1} \leq 10\text{M}\Omega$)会导致增益误差、失调误差和非线性误差。参见“典型性能参数”部分的图10。

如图34所示，SHLD和地之间的寄生电容 R_{p2} 以及CIN引脚和有源屏蔽体之间的寄生电容 R_{p3} 可导致出现漏电流，而后者会影响CDC结果并在数据中表现为失调。可使用失调校准来补偿电阻 R_{p2} 和 $R_{p3} \geq 200\text{k}\Omega$ 导致的小漏电流所造成的影响。请参见“典型性能参数”部分中的图11、图12和图13。

寄生串联电阻

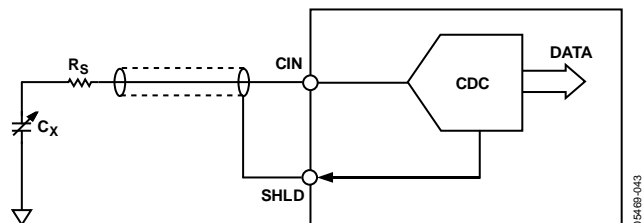


图35. 寄生串联电阻

AD7747 CDC结果会受与所测电容串联的电阻影响。为了保证达到额定性能，串联电阻应小于10 k Ω 。请参见“典型性能参数”部分的图14。

容性增益校准

AD7747增益在生产时针对每个器件分别进行了工厂校准，可保证 $\pm 8.192\text{pF}$ 的满量程。出厂增益系数存储在一次性可编程(OTP)存储器中，并在上电时或复位后被复制到容性增益寄存器。

既可以通过执行电容增益校准模式来更改增益，为此需要在电容输入端连接外部满量程电容，也可以通过向容性增益寄存器中写入用户值来更改增益。这一改变只是临时性的，上电或复位后将重新载入出厂增益系数。该器件仅在使用默认出厂校准系数情况下经过测试，并且仅在此条件下保证额定性能。

容性系统失调校准

容性失调主要由应用中的寄生失调决定，如传感器的初始电容、电路板上走线的寄生电容以及传感器和CDC之间任何其它连接的电容。因此，AD7747未针对容性失调进行出厂校准。用户必须对应用中的系统电容失调进行校准。

首先应使用片内CAPDAC来消除大于±1 pF的任何电容输入失调。然后，可利用电容失调校准寄存器来消除±1 pF范围内的小失调。

调整失调的方法之一是在输入端连接零电平电容并执行电容失调校准模式。校准会将±8.192 pF范围的中点(即输出代码0x800000)设为零电平输入。

另一种方法是计算并写入失调校准寄存器值；LSB值为31.25 aF (8.192 pF/2¹⁷)。

上电时或复位后会重新向失调校准寄存器中载入默认值。因此，如果不想每次系统上电后重复执行失调校准，则应通过主控制器存储校准系数值，并在AD7747设置过程中重新载入。

内部温度传感器

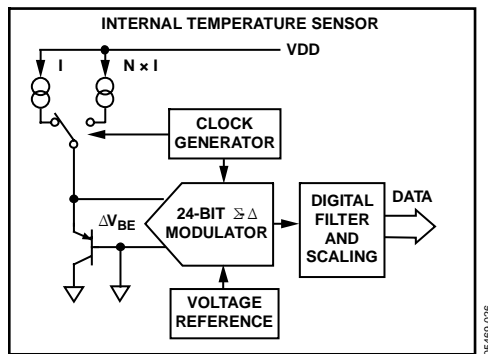


图36. 内部温度传感器

AD7747中使用的温度检测方法是测量晶体管在两种不同电流下工作时电压之差 ΔV_{BE} (见图36)。 ΔV_{BE} 随温度呈线性变化，表达式如下：

$$\Delta V_{BE} = (n_f) \frac{KT}{q} \times \ln(N)$$

其中：

K 表示玻尔兹曼常数(1.38×10^{-23})。

T 表示绝对温度(单位K)。

q 表示电子电荷量(1.6×10^{-19} C)。

N 表示两个电流的比值。

n_f 表示热二极管的理想因子。

AD7747采用片内晶体管来测量封装内硅片的温度。 Σ - Δ 型ADC将 ΔV_{BE} 转换为数字信号；接着，器件利用出厂校准系数来调整该数据。然后，按照比例关系将输出代码换算成温度。

$$\text{Temperature}(\text{°C}) = \frac{\text{Code}}{2048} - 4096$$

AD7747功耗很低，因此器件自热效应的影响很小($V_{DD} = 5$ V时不到0.5°C)。

如果视为容性传感器与AD7747芯片具有相同温度，那么可将内部温度传感器用作系统温度传感器。也就是说，可以根据AD7747内部温度传感器来完成系统温漂补偿，而无需任何其它外部元件。请参见“典型性能参数”部分的图17。

外部温度传感器

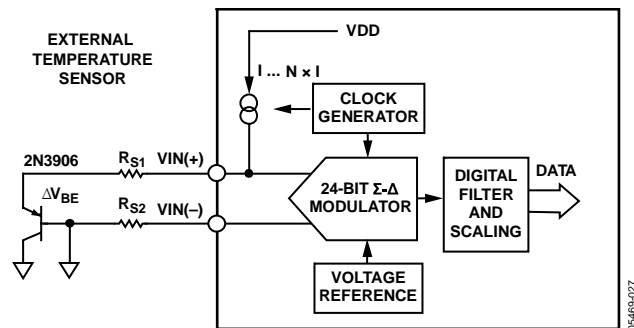


图37. 晶体管用作外部温度传感器

AD7747允许使用外部晶体管作为系统的温度传感器。此处使用 ΔV_{BE} 方法，类似于内部温度传感器方法。不过，在此基础上做了一些修改，以补偿该传感器连接的串联电阻影响。可补偿高达100 Ω的总串联电阻(图37中的 $R_{S1} + R_{S2}$)。VIN(-)引脚必须接地，外部温度传感器才能正常工作。

AD7747经过工厂校准，条件是采用理想因子 $n_f = 1.008$ 的晶体管2N3906。

请参见“典型性能参数”部分的图18。

电压输入

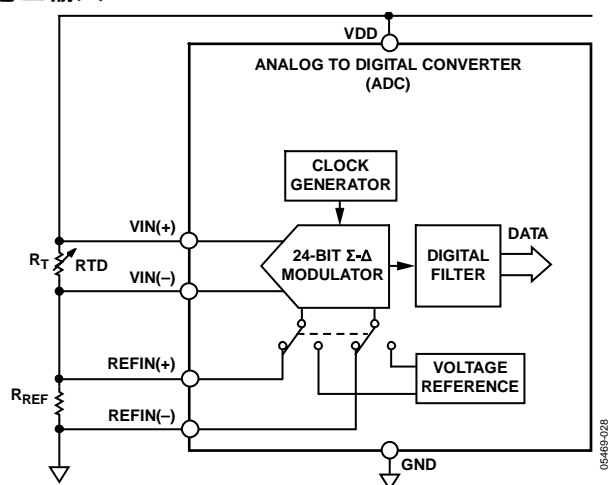


图38. 电阻式温度传感器连接到电压输入端

AD7747的 Σ - Δ 内核可用作具有全差分电压输入的高分辨率(高达21 ENOB)传统ADC。该ADC既可以采用片内高精度、低漂移、1.17 V基准电压源,也可以采用连接到全差分基准输入引脚的外部基准电压源。

转换期间,电压和基准输入由 Σ - Δ 调制器进行连续采样。因此,输入源阻抗应尽可能低。请参见图38所示应用示例。

 V_{DD} 监控

除转换外部电压之外,AD7747的 Σ - Δ 型ADC还可用于监控 V_{DD} 电压。来自VDD引脚的电压会在内部衰减6倍。

AD7747

典型应用图

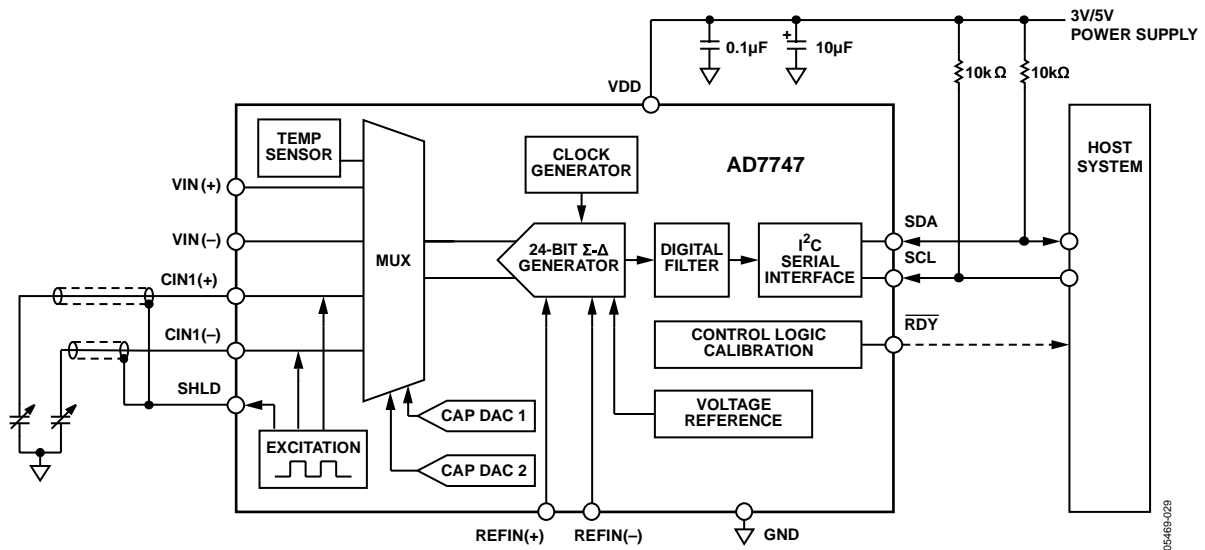
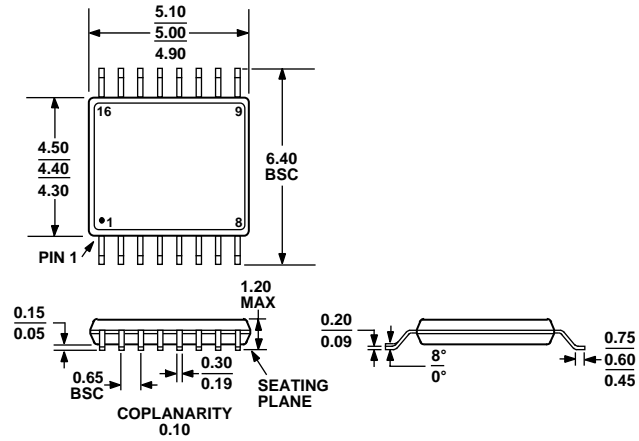


图39. 不同容性传感器的基本应用图

外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-153-AB

图40. 16引脚超薄紧缩小型封装[TSSOP]
(RU-16)

图示尺寸单位: mm

订购指南

型号	温度范围	封装描述	封装选项
AD7747ARUZ ¹	-40°C 至 +125°C	16引脚 TSSOP	RU-16
AD7747ARUZ-REEL ¹	-40°C 至 +125°C	16引脚 TSSOP	RU-16
AD7747ARUZ-REEL7 ¹	-40°C 至 +125°C	16引脚 TSSOP	RU-16
EVAL-AD7747EBZ ¹		评估板	

¹Z = 无铅器件。

注释

如果系统符合Philips公司定义的I²C标准规范，则用户在购买ADI公司或其下属机构拥有Philips公司许可的I²C器件时，可以获得Philips公司I²C专利权之下的许可，以便在I²C系统中使用这些器件。