

闪光的未必都是金子！ 仔细阅读相关数据手册数据， 正确选择部件

产品应用工程师 Tejaswini Anand

应用工程师经常会重复回答不同客户提出的相同问题，尤其是客户针对应用进行器件选型相关咨询时。我们注意到客户进行器件选型时有一个误区，他们往往过于依赖数据手册中的所谓“数据表”。我是说令人心动的规格。“哇！那个ADC的信噪比好高！”这就是客户面对高信噪比ADC时的反应，他只注意到这个比较突出的特性，却忘记考虑其他重要的数据规格。接下来我们还会谈到其他常见的问题，以及如何为您的应用选择合适的器件。

我最近遇到一个客户案例，他需要一个适合地震和振动相关应用的ADC。他知道自己需要一个具有高信噪比(SNR)和良好总谐波失真(THD)的ADC，并且认为信噪比高于110 dB就可以。由于振动传感器会输出不断变化的交流电压信号并叠加于直流电压信号上，因此我们需要一个高性能、高分辨率ADC，它必须具有高信噪比才能正确获取数字信号，而不会受到振动相关应用中噪音的太大影响。客户在选择器件时，通常是在第三方网站根据需求进行参数搜索来筛选出一些器件，然后只查看每个产品的主页及其产品说明，随之就会被数据手册中描述产品亮点的第一页所吸引。通常，数据手册的内容要复杂得多，除了首页亮点之外，还需要进行深入研究。这位客户也看了ADI的一款精密ADC AD7768的首页，发现它的信噪比只有108 dB（动态范围和信噪比都反映了有效值噪声，由于它们成正比，几乎可以同等对待）。

FEATURES	
Precision ac and dc performance	
8-/4-channel simultaneous sampling	
256 kSPS maximum ADC ODR per channel	
108 dB dynamic range	
110.8 kHz maximum input bandwidth (~3 dB BW)	
-120 dB THD, typical	
±2 ppm of full-scale range (FSR) integral nonlinearity (INL), ±50 µV offset error, ±30 ppm gain error	

图1. ADI的一款精密ADC (AD7768/AD7768-4)数据手册的首页。

这位客户的反应是，“哦！这款ADC绝对不适合我的应用。它的信噪比只有108 dB！”继续往下滚动，他发现另一个表格，如图2所示，其中显示了两个不同滤波器的信噪比。

AVDD1A = AVDD1B = 4.5 V to 5.5 V, AVDD2A = AVDD2B = 2.0 V to 5.5 V, IOVDD = 2.25 V to 3.6 V, AVSS = DGND = 0 V, REFx+ = 4.096 V and REFx- = 0 V, MCLK = 32.768 MHz, analog input precharge buffers on, reference precharge buffers off, wideband filter, f_{CODE} = f_{CODE}/32, T_A = -40°C to +105°C, unless otherwise noted. See Table 2 for specifications at 1.8 V IOVDD.

Table 1.

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
ADC SPEED AND PERFORMANCE					
Output Data Rate (ODR), per Channel ¹	Fast mode	8		256	kSPS
	Median mode	4		128	kSPS
	Low power mode	1		32	kSPS
-3 dB Bandwidth (BW)	Fast mode, wideband filter			110.8	kHz
	Median mode, wideband filter			55.4	kHz
	Low power mode, wideband filter			13.8	kHz
Data Output Coding	Twos complement, MSB first				
No Missing Codes ²		24			Bits
DYNAMIC PERFORMANCE					
Fast Mode	Decimation by 32, 256 kSPS ODR				
Dynamic Range	Shorted input, wideband filter	106.2	108		dB
Signal-to-Noise Ratio (SNR)	1 kHz, -0.5 dBFS, sine wave input				
	Sinc5 filter	109	111		dB
	Wideband filter	106	107.8		dB
Signal-to-Noise-and-Distortion Ratio (SINAD)	1 kHz, -0.5 dBFS, sine wave input	104.7	107.5		dB
Total Harmonic Distortion (THD)	1 kHz, -0.5 dBFS, sine wave input		-120	-107	dB
Spurious-Free Dynamic Range (SFDR)			128		dBc

图2. AD7768/AD7768-4的技术规格表。

他总结道：“好吧...我可以使用sinc5滤波器来得到111 dB信噪比。但我最近从另一家公司看到了另一款产品，它的信噪比高于115 dB，我应该选择后者。”

等一下！这样比较是错误的。在确定ADC运行速度的输出数据速率(ODR)和确定分辨率以及输出噪声的信噪比之间存在取舍关系。¹ ODR越高，信噪比越小，反之亦然。因此，每个ODR对应于一个信噪比值。首先一定要确定所需的输出速率，然后根据相应的信噪比值比较ADC。这位客户将一个在256 kSPS下信噪比为108 dB的器件和ODR仅为1 kSPS时信噪比超过115 dB的另一个器件进行比较。因此，虽然基于首页数据，看起来一种产品比另一种产品的信噪比要低，后者更适合特定应用。但是，这样比较数据并不准确。

从图3中可以看到，随着ODR增加，有效值噪声也增加，并影响数字信号值，从而降低其信噪比。图4显示AD7768数据手册中的一个屏幕截图，可以看到，宽带和sinc5滤波器配置在1 kSPS ODR下的信噪比分别是123.88 dB和126.89 dB，远远高于在该ODR下竞争器件的信噪比。

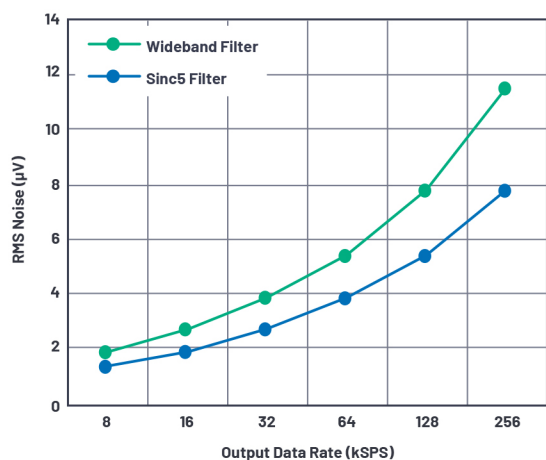


图3. 输出数据速率与有效值噪声。

Table 12. Wideband Filter Noise: Performance vs. Output Data Rate ($V_{REF} = 4.096\text{ V}$)			
Output Data Rate (kSPS)	-3 dB Bandwidth (kHz)	Shorted Input Dynamic Range (dB)	RMS Noise (µV)
Fast Mode			
256	110.8	107.96	11.58
128	55.4	111.43	7.77
64	27.7	114.55	5.42
32	13.9	117.58	3.82
16	6.9	120.56	2.72
8	3.5	123.5	1.94
Median Mode			
128	55.4	108.13	11.36
64	27.7	111.62	7.6
32	13.9	114.75	5.3
16	6.9	117.79	3.74
8	3.5	120.8	2.64
4	1.7	123.81	1.87
Low Power Mode			
32	13.9	108.19	11.28
16	6.9	111.69	7.54
8	3.5	114.83	5.25
4	1.7	117.26	3.71
2	0.87	120.88	2.62
1	0.43	123.88	1.85

Table 13. Sinc5 Filter Noise: Performance vs. Output Data Rate ($V_{REF} = 4.096\text{ V}$)			
Output Data Rate (kSPS)	-3 dB Bandwidth (kHz)	Shorted Input Dynamic Range (dB)	RMS Noise (µV)
Fast Mode			
256	52.224	111.36	7.83
128	26.112	114.55	5.43
64	13.056	117.61	3.82
32	6.528	120.61	2.71
16	3.264	123.52	1.93
8	1.632	126.39	1.39
Median Mode			
128	26.112	111.53	7.68
64	13.056	114.75	5.3
32	6.528	117.81	3.72
16	3.264	120.82	2.64
8	1.632	123.82	1.87
4	0.816	126.79	1.33
Low Power Mode			
32	6.528	111.57	7.65
16	3.264	114.82	5.26
8	1.632	117.88	3.7
4	0.816	120.9	2.61
2	0.408	123.91	1.85
1	0.204	126.89	1.31

图4. AD7768/AD7768-4的噪声性能和ODR。

选择器件之前必须谨记以下几点：

- ▶ 务必选择适用于工作条件的相关规格。在确定哪款器件适合之前，一定要比较 V_{REF} 、 V_{DD} 、功耗、工作模式、工作温度范围和一些其他规格。信噪比值本身取决于以上所有参数，必须根据应用要求来确定这些参数，不能仅凭数据手册的第一页来选择信噪比值。图5显示在不同的 V_{REF} 电压和不同温度下，AD7768的有效值噪声以及信噪比值有何不同（有效值噪声与信噪比成反比）。其他参数也有类似的不同。

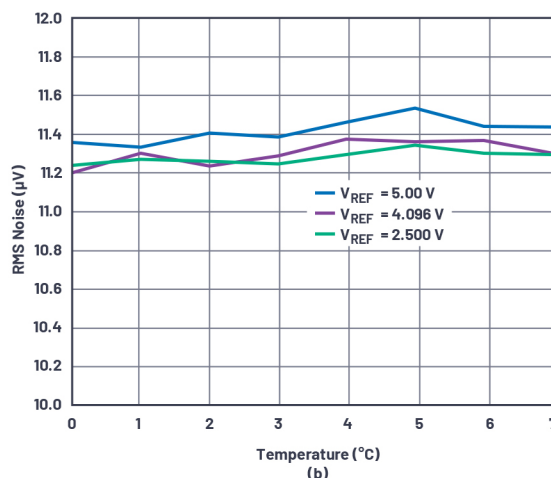
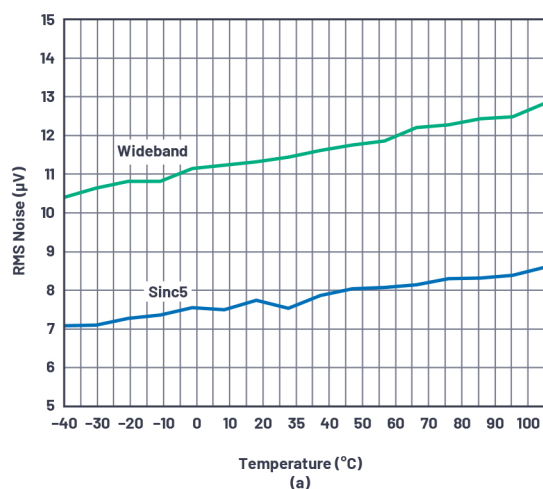


图5. (a) 有效值噪声与温度，(b) 不同 V_{REF} 值的每通道有效值噪声。

- ▶ 数据手册中不会提供所有 V_{REF} 、ODR等的相关值，这意味着，我们必须从给出的信息中推断出数据来获得所需值。
- ▶ 选择器件时务必谨慎。典型值与最小值和最大值不同。虽然大多数情况下可以预期达到典型值，但如果应用对给定参数的最小值和最大值敏感，就必须考虑值的整个范围。

再举一个常见但可避免误解的例子。图6 (a)和图6 (b)分别显示LTC6268和ADA4530-1数据手册的第一页。

FEATURES	
FEATURES - Gain Bandwidth Product: 500MHz -3dB Bandwidth ($A = 1$): 350MHz - Low Input Bias Current: $\pm 31\text{ fA Typ. Room Temperature}$ - Current Noise (100kHz): $5.5\text{ fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ - Voltage Noise (1MHz): $4.3\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ - Extremely Low C_{in} 450fF - Rail-to-Rail Output	FEATURES - Low input bias current $\pm 20\text{ fA maximum at } T_A = 25^\circ\text{C}$ (guaranteed at production test) $\pm 20\text{ fA maximum at } -40^\circ\text{C} < T_A < +85^\circ\text{C}$ $\pm 250\text{ fA maximum at } -40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$ (guaranteed at production test) - Low offset voltage: $50\text{ }\mu\text{V maximum over specified CMRR range}$ - Offset voltage drift: $\pm 0.13\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C typical, } \pm 0.5\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C maximum}$ - Integrated guard buffer with $100\text{ }\mu\text{V maximum offset}$ - Low voltage noise density: $14\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 10 kHz - Wide bandwidth: $2\text{ MHz unity-gain crossover}$ - Supply voltage: $4.5\text{ V to } 16\text{ V } (\pm 2.25\text{ V to } \pm 8\text{ V})$ - Operating temperature: $-40^\circ\text{C to } +125^\circ\text{C}$ - Long-term offset voltage drift (10,000 hours): $0.5\text{ }\mu\text{V typical}$ - Temperature hysteresis: $1.5\text{ }\mu\text{V typical}$
	(a)
	(b)

图6. (A) LTC6268数据手册的第一页，(b) ADA4530-1数据手册的第一页。

当客户在添加高阻抗源后需要使用放大器作为下一级时，他们大多会考虑输入偏置电流非常低的放大器。理想情况下，没有电流进入运算放大器的输入端。但实际操作中，始终会有两个电流 I_{B+} 和 I_{B-} 流入运算放大器的输入端。这些称为输入偏置电流。对于高阻抗源，应选择输入偏置电流较小的放大器以避免其输入级产生压降。LTC6268和ADA4530-1以“超低偏置电流FET输入运算放大器”和“飞安输入偏置电流放大器”的产品名在市场上销售。粗略地浏览一下它们数据手册的第一页，如图6所示，可以看到，在室温下，LTC6268有3 fA，而ADA4530-1有20 fA，这可能会使客户认为前者更适合低输入偏置电流需求。由于数据手册各不相同，LTC6268的第一页列出了典型偏置电流，而ADA4530-1数据手册的第一页并未列出典型偏置电流，而是列出了最大偏置电流。再次强调，典型值与最小值和最大值不同！如果应用对这些值很敏感，则应考虑最坏情况下的最小值和最大值，而不是典型值。

5.0V ELECTRICAL CHARACTERISTICS The $\bullet$ denotes specifications that apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5.0\text{V}$ ($V^+ = 5\text{V}$, $V^- = 0\text{V}$, $V_{CM} = \text{mid-supply}$), $R_L = 1\text{k}\Omega$, $C_L = 10\text{pF}$, V_{SDH} is unconnected.					
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
V_{OS}	Input Offset Voltage	$V_{CM} = 2.75\text{V}$	$\bullet$ -0.7 -2.5	0.2	0.7 2.5
		$V_{CM} = 4.0\text{V}$	$\bullet$ -1.0 -4.5	0.2	1.0 4.5
TC_{VOS}	Input Offset Voltage Drift	$V_{CM} = 2.75\text{V}$		4	
I_B	Input Bias Current (Notes 6, 8)	$V_{CM} = 2.75\text{V}$ LTC6268/LTC6269H	$\bullet$ -20 -900	± 3	20 900
		LTC6268H/LTC6269H	$\bullet$ -4		4
		$V_{CM} = 4.0\text{V}$ LTC6268/LTC6269H	$\bullet$ -20 -900	± 3	20 900
		LTC6268H/LTC6269H	$\bullet$ -4		4
					UNITS
					mV
					mV
					$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
					fA
					fA
					pA
					fA
					fA
					pA

(a)

ADA4530-1 Data Sheet					
SPECIFICATIONS					
5 V NOMINAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS					
Supply voltage (V_{IN}) = 4.5 V, common-mode voltage (V_{CM}) = $V_{IN}/2$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified. Typical specifications are equal to the average of the distribution from characterization, unless otherwise noted. Minimum and maximum specifications are tested in production, unless otherwise noted.					
Table 1.					
Parameter ¹	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max
INPUT CHARACTERISTICS					
Input Bias Current ^{2,3}	I_B	RH < 50% -40°C < T_A < +85°C, RH < 50% -40°C < T_A < +125°C, RH < 50%		<1	± 20
					± 20
					± 250
Input Offset Current ⁴	I_{OS}	RH < 50% -40°C < T_A < +125°C, RH < 50%		<1	± 20
					± 150
					fA

(b)

图7.(a) LTC6268的技术规格，(b) ADA4530-1的技术规格。

图7显示LTC6268和ADA4530-1的技术规格。可以看到，尽管两款器件的最大输入偏置电流额定值相同(± 20 fA)，但ADA4530-1的典型值小于1 fA，比LTC6268的3 fA偏置电流好得多。但这个数字并没有在ADA4530-1数据手册的第一页突出显示。因此，需要仔细阅读数据手册。尽管ADA4530-1的典型输入偏置电流特性更好，但这些器件的其他特性可能有所不同，仅凭这个特性并不足以确定哪款器件更优。

总之，我想强调这样一个事实，一定要先确定应用的工作条件，然后寻找适合其用途的规格。有时，数据手册的首页或标题可能突出显示某些其他规格和工作条件的特性，在这种情况下，我们必须仔细阅读数据手册，谨慎地选择适合我们需求的规格。在选择器件之前，我们还应确定我们产品的功率预算，因为肯定能找到具有出色特性和规格的器件，但可能相应的成本较高，功耗也高。

参考文献

¹ “第20章：模数转换。” ADI公司，2013年9月。

作者简介

Tejaswini Anand是ADI公司中央应用中心(CAC)团队的一名产品应用工程师。她对系统设计很感兴趣，并研究ADI的各种产品组合及其应用和特性。Tejaswini于2019年毕业于印度班加罗尔拉什特里亚·维德亚拉扬工程学院(R.V. College of Engineering)，成为一名电子通信工程师。她曾参加各种国家级机器人比赛和黑客马拉松，并在一些比赛中获奖。联系方式：tejaswini.anand@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

