

閃亮亮的未必都是金子！

請仔細閱讀相關手冊資料 正確選擇元件

■作者：Tejaswini Anand/ADI 產品應用工程師

應用工程師經常會重複回答不同客戶提出的相同問題，尤其是客戶針對應用進行元件選型相關諮詢時。我們注意到，當客戶進行元件選型時有一個誤區，他們往往過於依賴資料手冊中的所謂「資料表」——我是說令人心動的規格。「哇！那個 ADC 的訊噪比好高！」這就是客戶面對高訊噪比 (SNR) ADC 時的反應，他只注意到這個比較突出的特性，卻忘記考慮其他重要的資料規格。接下來，我們還會談到其他常見的問題，以及如何為您的應用選擇合適的元件。

我最近遇到一個客戶案例，他需要一個適合地震和振動相關應用的 ADC。他知道自己需要一個具有高訊噪比和良好總諧波失真 (THD) 的 ADC，並且認為訊噪比高於 110 dB 就可行。由於振動感測器會輸出不斷變化的交流電壓訊號並疊加於直流電壓訊號上，因此我們需要一個高性能、高解析度 ADC，它必須具有高訊噪比才能正確獲取數位訊號，而不會受到振動相關應用中噪音的太大影響。客戶在選擇元件時，通常是在協力廠商網站根據

需求進行參數搜索來篩選出一些元件，然後只查看每個產品的主頁及其產品說明，隨之就會被資料手冊中描述產品亮點的第一頁所吸引。通常，資料手

圖 1: ADI 的一款精密 ADC (AD7768/AD7768-4) 資料手冊的首頁。

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

圖 2: AD7768/AD778-4 的技術規格表

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_{CHOP} = $f_{\text{MOD}}/32$, 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
–3 dB Bandwidth (BW)	Low power mode	1		32	kSPS
	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 No Missing Codes ²		24	Twos complement, MSB first		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

冊的內容要複雜得多，除了首頁亮點之外，還需要進行深入的研究。這位元客戶也看了 ADI 的一款精密 ADC AD7768 的首頁，發現它的訊噪比只有 108 dB(動態範圍和訊噪比都反映了有效值雜訊，由於它們成正比，幾乎可以同等對待)。

這位元客戶的反應是，「哦！這款 ADC 絕對不適合我的應用。它的訊噪比只有 108 dB！」繼續往下滾動，他發現另一個表格，如圖 2 所示，其中顯示了兩個不同濾波器的訊噪比。

他總結道：「好吧... 我可以使用 sinc5 濾波器來得到 111 dB 訊噪比。但我最近從另一家公司看到了另一款產品，它的訊噪比高於 115 dB，我應該選擇後者。」

等一下！這樣的比較是錯誤的。在確定 ADC 運行速度的輸出資料速率 (ODR) 和確定解析度以及輸出雜訊的訊噪比之間存在取捨關係。1 ODR 越高，訊噪比越小，反之亦然。因此，每個 ODR 對應於一個訊噪比值。首先一定要確定所需的輸出速率，然後根據相應的訊噪比值比較 ADC。這位元客戶將一個在 256 kSPS 下訊噪比為 108 dB 的元件和 ODR 僅為 1 kSPS 時訊噪比超過 115 dB 的另一個元件進行比較。因此，雖然基於首頁資料，看起來一種產品比另一種產品的訊噪比要低，後者更適合特定應用。但是，這樣比較資料並不準確。

從圖 3 中可以看到，隨著 ODR 增加，有效值雜訊也增加，並影響數位訊號值，從而降低其訊噪比。圖 4 顯示 AD7768 資料手冊中的一個螢幕截圖，可以看到，寬頻和 sinc5 濾波器配置在 1 kSPS ODR 下的訊噪比分別是

123.88 dB 和 126.89 dB，遠遠高於在該 ODR 下競爭元件的訊噪比。

選擇元件之前必須謹記以下幾點：

圖 3: 輸出資料速率與有效值雜訊

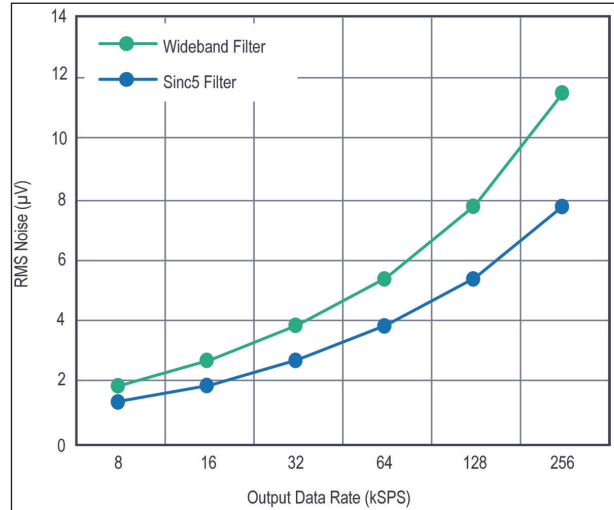


圖 4: AD7768/AD7768-4 的雜訊性能和 ODR。

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

圖 5: (a) 有效值雜訊與溫度, (b) 不同 VREF 值的每通道有效值雜訊。

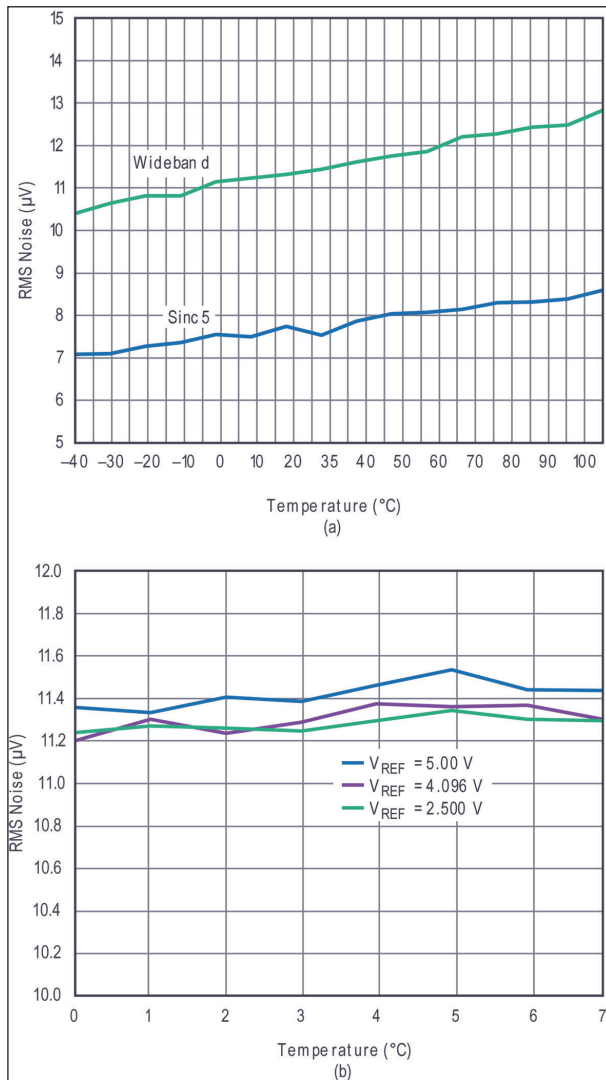


圖 6: (A) LTC6268 資料手冊的第一頁, (b) ADA4530-1 資料手冊的第一頁。

FEATURES

- Gain Bandwidth Product: 500MHz
- 3dB Bandwidth (A = 1): 350MHz
- Low Input Bias Current:
 - ±3fA Typ. Room Temperature
 - 4pA Max at 125°C
- Current Noise (100kHz): 5.5fA/√Hz
- Voltage Noise (1MHz): 4.3nV/√Hz
- Extremely Low C_{IN} 450fF
- Rail-to-Rail Output

(a)

FEATURES

Low input bias current

- ±20 fA maximum at T_A = 25°C (guaranteed at production test)
- ±20 fA maximum at -40°C < T_A < +85°C
- ±250 fA maximum at -40°C < T_A < +125°C (guaranteed at production test)

Low offset voltage: 50 μV maximum over specified CMRR range

- Offset voltage drift: ±0.13 μV/°C typical, ±0.5 μV/°C maximum
- Integrated guard buffer with 100 μV maximum offset

Low voltage noise density: 14 nV/√Hz at 10 kHz

Wide bandwidth: 2 MHz unity-gain crossover

Supply voltage: 4.5 V to 16 V (±2.25 V to ±8 V)

Operating temperature: -40°C to +125°C

Long-term offset voltage drift (10,000 hours): 0.5 μV typical

Temperature hysteresis: 1.5 μV typical

(b)

■務必選擇適用於工作條件的相關規格。在確定哪款元件適合之前，一定要比較 VREF、VDD、功耗、工作模式、工作溫度範圍和一些其他規格。訊噪比值本身取決於以上所有參數，必須根據應用要求來確定這些參數，不能僅憑資料手冊的第一頁來選擇訊噪比值。圖 5 顯示在不同的 VREF 電壓和不同溫度下，AD7768 的有效值雜訊以及訊噪比值有何不同（有效值雜訊與訊噪比成反比）。其他參數也有類似的不同。

■資料手冊中不會提供所有 VREF、ODR 等的相關值，這意味著，我們必須從給出的資訊中推斷出資料來獲得所需值。

■選擇元件時務必謹慎。典型值與最小值和最大值不同。雖然大多數情況下可以預期達到典型值，但如果應用對給定參數的最小值和最大值敏感，就必須考慮值的整個範圍。

再舉一個常見但可避免誤解的例子。圖 6 (a) 和圖 6 (b) 分別顯示 LTC6268 和 ADA4530-1 資料手冊的第一頁。

當客戶在添加高阻抗源後需要使用放大器作為下一級時，他們大多會考慮輸入偏置電流非常低的放大器。理想的情況下，沒有電流進入運算放大器的輸入端。但實際操作中，始終會有兩個電流 IB+ 和 IB- 流入運算放大器的輸入端。這些稱為輸入偏置電流。對於高阻抗源，應選擇輸入偏置電流較小