

考虑 SAR/Delta-sigma 拓扑特性 ADC 转换电路性能更优

真实世界的温度、压力或光线等环境现象通常需要专用的传感器，才能捕捉到环境状态或变化。虽然传感器能确实将这些物理现象转换为微小讯号电阻、电压或电流，但却无法将输出电子讯号转换为最终的数字形式，更遑论执行放大、滤波、偏移调整或其他电子调节功能。因此，设计人员须运用模拟数字转换器(ADC)等组件，将传感器信息转换成可处理的数字形式。

针对 ADC 应用，本文将探讨连续渐进缓存器(SAR)ADC 和三角积分调变(Delta-sigma)ADC 的拓扑，以及这些组件适用的系统及各种电路整体误差分析。同时也将较常用的传感器频率范围，同时解释 SAR 及 Delta-sigma ADC 的功能与处理温度、位准、压力、流量、置换及光学活动传感器的关系。

SAR/Delta-sigma 为 ADC 设计主流

传感器最常收集的环境物理数据是温度，范围从地球到外层空间的极热或极冷温度不等，许多传感器已能对绝对温度或细微的温度变化做出反应，这类传感器包括整合式硅芯片、温差电耦、电阻温度装置(Resistive Temperature Devices, RTD)、电热调节器、红外线及温差电堆(Thermopile)。

图 1 显示不同测试环境的实际温度变化速度较慢(低于 10Hz)，不过，设计人员对达到 20 位的准确度及精度范围感兴趣，因 20 位分辨率可使系统中的转换器产生无噪声且恒定的 220(1,048,576)数据位。

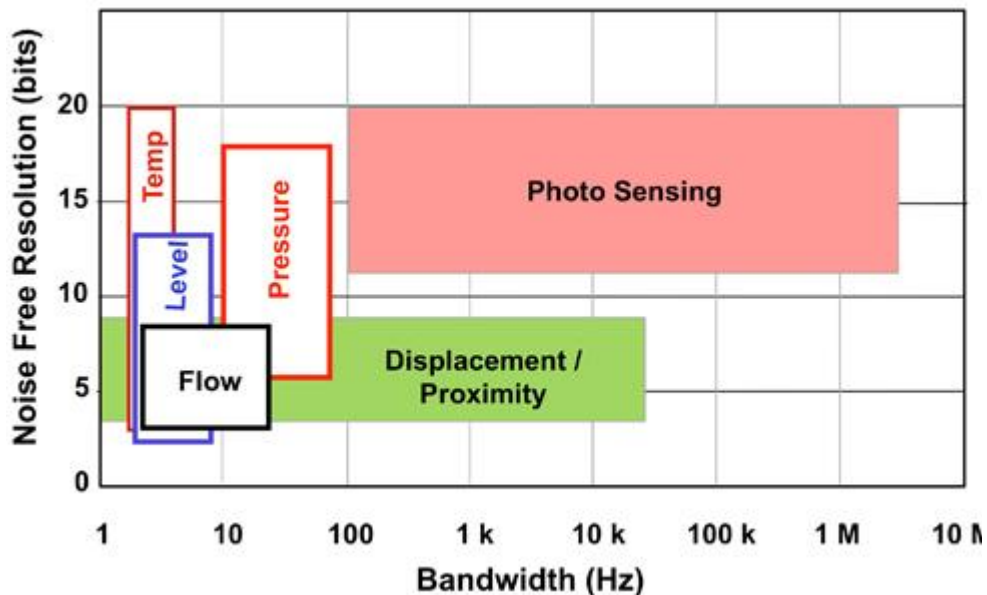


图 1 实际环境与无噪声分辨率及带宽两者的关系

压力传感器则以监测气体压力为主，可感测从数公吨到眼睫毛(或更小)等不同物体的

重量，其由四个组件组成菱形电阻网络，频率范围高于温度传感器，最高达到 100Hz。

无论是温度、压力或音频传感器(麦克风)均能有效感测流质、气体或液体流动，所产生的输出讯号可由不同的电阻、电压及电流产生。在大多数情况下，这些传感器将产生须后续讯号调节的小讯号，随着带宽提高，置换、接近及光感测电路的精度需求便降低。

光感测应用涵盖低频率、高无噪声位需求(医疗扫描)到高频数字感测，例如条形码扫描仪，测光器的讯号路径需较高频率的转换器，例如 SAR 或高速 Delta-sigma 转换器。如果系统设计人员需要这些物理现象最终的数字形式，可将 SAR ADC 或 Delta-sigma ADC 设置在讯号路径的末端。

符合前述传感器频率带宽的最常见 ADC 是 Delta-sigma 及 SAR 设计，图 2 显示 Delta-sigma 与 SAR 转换器架构在转换器分辨率和转换速率的关系。Delta-sigma 转换器在低频率范围运作，最低大约 10kHz，大多数工程人员都知道这些转换器的分辨率相当高。

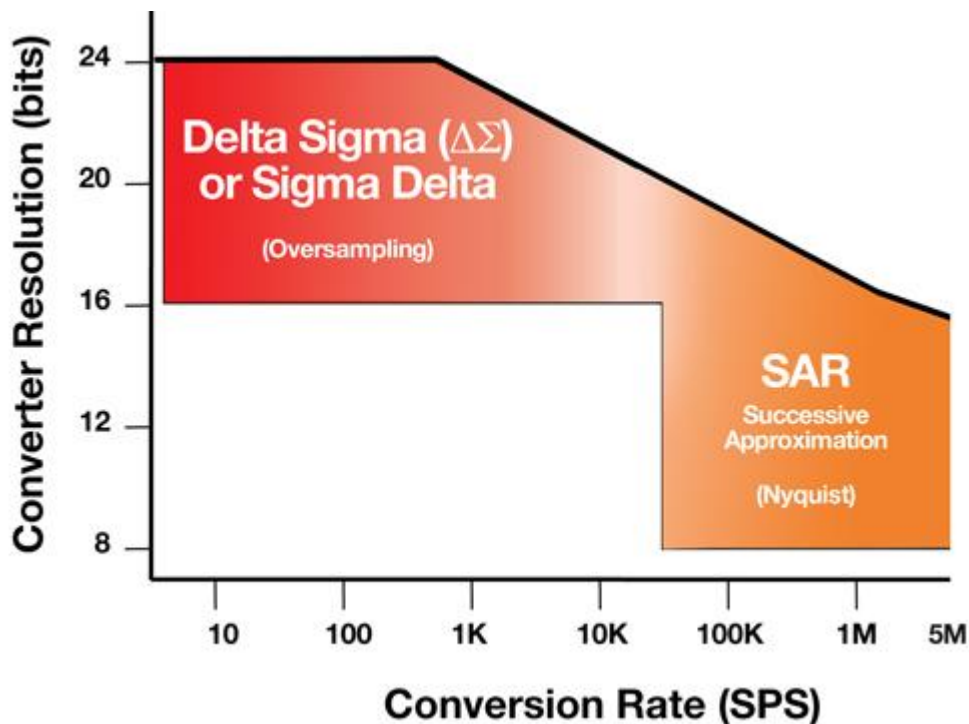


图 2 Delta-sigma 及 SAR ADC 的转换器分辨率与转换速率范围

SAR/Delta-sigma 转换器各擅胜场

Delta-sigma ADC 可进行模拟输入讯号的超取样，以决定数字输出字组。Delta-sigma 输入调变器级可进行模拟输入讯号的超取样，并将讯号转换为 1 位数字数据串流。接着，数字滤波器收集 1 位数据串流的数据进行取样，并转换为多位输出字组。

Delta-sigma 转换器则可产生 16~24 位输出范围，效能极为优异，此外，该方案的其他优点还包括低功耗、高分辨率及高稳定性，且成本较低。整体而言，Delta-sigma 转换器可使设计人

员减少 ADC 输入前的模拟讯号调节芯片数量，但缺点通常就是速度慢，某些方案甚至出现大于零的周期延迟。

相形之下，SAR ADC 需要模拟讯号的快照拍摄，进行取样后，SAR 转换器将使用内部反复的程序，最终决定相当的数字输出值，SAR ADC 的输出分辨率一般介于 8~18 位，用于中速转换应用，但可提供中高分辨率。对于须将模拟讯号转换为数字讯号的一般用途应用电路，SAR 转换器是重要的组件。

尽管 SAR 转换器的分辨率一般都低于 Delta-sigma 转换器，不过，SAR 转换器在高速运作时，可达到零周期延迟(或单一周期设定)的功能，适用于许多数据撷取应用，如控制回路、电源监测及中低频率分析等。

此外，SAR 转换器可达到高直流转交流(DC-AC)准确度。这些类型的转换器在不转换模拟讯号时自动断电，相当适合低功耗应用。目前，SAR 转换器最快的采样率约为 5MHz，不过，这类转换器能够填补 Delta-sigma 转换器和管线式转换器之类高速转换器之间的速度缺口。

设计工程师须为特定应用选择适合的 ADC 时，可根据表 1 的参考依据，进一步比较 SAR 和 Delta-sigma 两种进一步转换器的转换频率与转换分辨率。目前市面上的 SAR 转换器最大转换速率约为 5Msps，分辨率最高可达 18 位，不过，业界应用的大多数 SAR ADC 都是 8~12 位转换器，Delta-sigma 转换器的转换速率一般低于 625ksps，如此速度能使得转换器产生高达 24 位的数据。

ADC Topology	Conversion Frequency	Resolution	Comments
SAR	< 5Msps	Up to 18-bit	Simple operation, low cost, low power
Delta-sigma	< 625Ksps	Up to 24-bit	Slow, moderate cost
	< 10Msps	Up to 16-18 bit	

表 2 列出这两种架构在输出量、分辨率、延迟及耗电量等方面的比较。其中，SAR 转换器在速度(输出量)、低延迟、多任务及耗电量四方面见长，Delta-sigma 转换器优于 SAR 转换器之处则是分辨率规格。

表2 SAR及Delta-sigma ADC特性排名

Characteristic	SAR	Delta-sigma
Throughput(samples/sec)	1	2
Resolution(ENOB)	2	1
Latency(sample-to-output)	1	2
Suitability for converting	1	2
Capability to convert non-periodic multiplexed signals	1	2
Power consumption	Scales with sample rate	Constant