

理解 A/D 转换器的性能参数

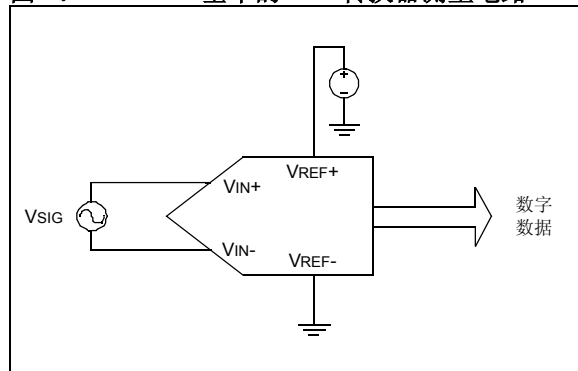
作者: Steve Bowling
Microchip Technology Inc.

简介

本应用笔记的目的在于描述量化 A/D 转换器性能的规格参数,使读者对应用中的这些规格参数的重要性有一个更好的了解。虽然这里所给的信息对所有的 A/D 转换器都适用,但本文主要描述的是 Microchip Technology 生产的独立 A/D 转换器和集成在 PIC® 单片机中的 A/D 转换器的特性。

图 1 给出了典型 A/D 转换器测量电路的框图。

图 1: 基本的 A/D 转换器测量电路



理想 A/D 转换器

理想 A/D 转换器能够产生一个数字输出代码,其为模拟输入电压和参考输入电压的函数。公式 1 给出了 A/D 转换器数字输出的公式。

公式 1: A/D 输出

$$\text{输出代码} \times F.S. \times \frac{V_{IN+} - V_{IN-}}{V_{REF+} - V_{REF-}} = F.S. \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

模拟输入可以是单端输入或是差分输入。差分输入尤其适用于要求精度在 12 位或以上的设计,这种输入方式能消除输入线路上可能存在的共模噪声。

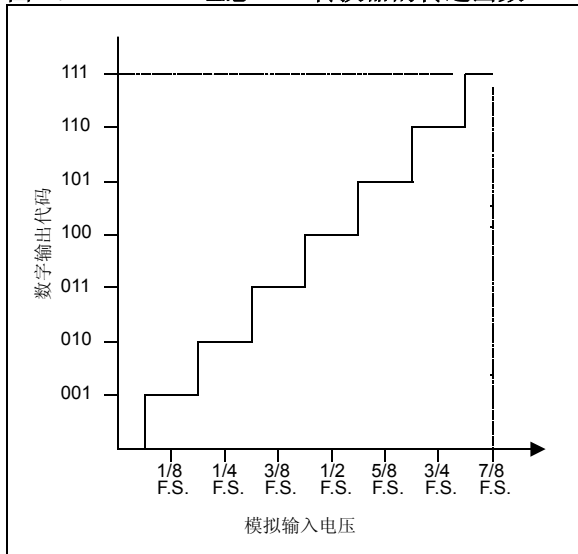
一些 A/D 转换器具有伪差分输入。在伪差分配置下,两个引脚 (VIN+ 和 VIN-) 用作输入信号线。伪差分输入与标准差分输入的区别在于: VIN- 引脚上的信号只能相对于 VSS 电源轨的电压偏离一个很小的范围。虽然这种限制要求此类 A/D 转换器必须与单端信号源连接,但它的输入级仍然具有消除输入引脚上微小的共模波动的能力。

A/D 转换器的参考电压可以由内部激励源提供,也可以由外部激励源提供。由于转换结果的精度直接受参考电压影响,所以在一定的时间和温度范围内维持参考源的稳定性是很重要的。对于低成本转换器,参考输入通常作为单端输入实现。在这种情况下,一个引脚用作参考输入引脚,且转换器的输入电压范围由 VSS 和 VREF 决定。对于高性能转换器,通常要用到两个电压参考引脚。此类转换器的输入电压范围是由 VREF+ 和 VREF- 之差决定的。无论是低成本转换器还是高性能转换器,参考输入的电压范围通常都受制于 VDD 和 VSS 电源轨。

虽然实际使用的 A/D 转换器具有更高的分辨率,但这里仅以 3 位 A/D 转换器为例进行理论阐述,说明理想转换器的性能和各种误差的来源。图 2 显示了理想的 3 位 A/D 转换器的传递函数。如传递函数所示,理想的 3 位 A/D 转换器在模拟输入电压范围内能够提供 8 个具有同样间隔的数字输出代码。

每一个数字输出代码都对应着参考电压的一个分数值。从 A/D 转换器能够得到的最大值是 (N-1)/N, 其中 N 是分辨率位数。根据图 2 可知,3 位 A/D 转换器能够产生的最大输出值是满量程参考电压的 7/8。

图 2: 理想 A/D 转换器的传递函数



代码宽度

特定输出代码宽度指的是产生该输出代码的模拟输入电压范围。输出代码宽度与 1 个最低有效位 (Least Significant Bit, LSb) 的值有关，它是由转换器的分辨率和模拟参考电压定义的。 $1 \text{ LSb} = V_{\text{REF}}/2^N$ ，其中 N 为分辨率位数。例如，如果 12 位转换器的参考电压为 4.096 V，那么 1LSb 在数值上相当于 $4.096 \text{ V}/2^{12}$ ，即 1 mV。对于理想的 A/D 转换器，所有的代码都有 1LSb 的宽度。

分辨率和精度

当讨论 A/D 转换器的性能时，分辨率和精度这两个术语可以互换使用。分辨率用位来定义，它决定转换器能够产生的不同输出代码的个数 (2^N)。例如，8 位 A/D 转换器能产生 2^8 (即 256) 个输出代码。

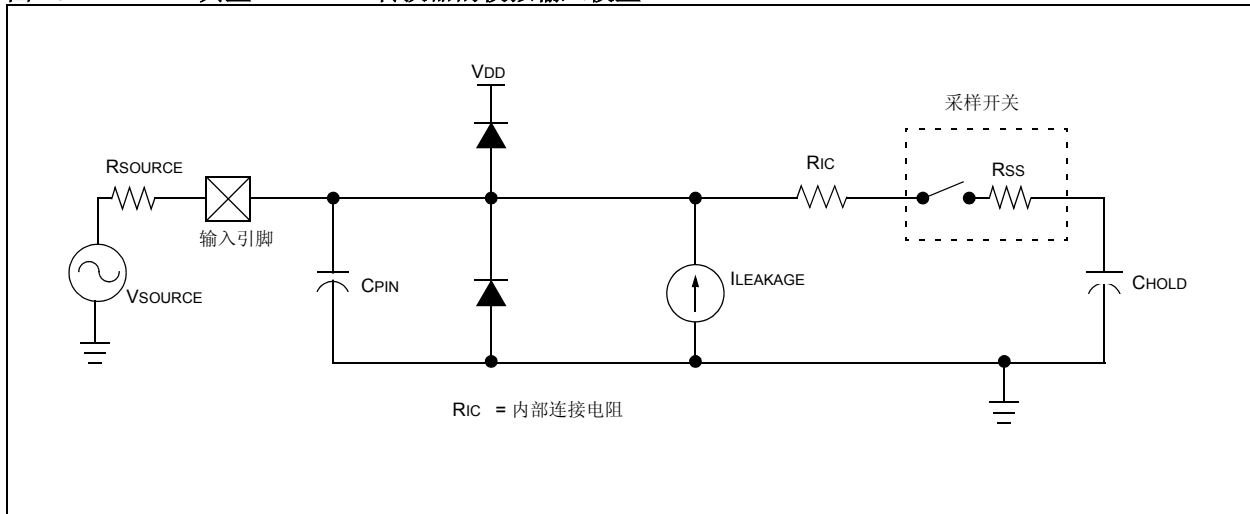
A/D 转换器的精度决定了实际数字输出量与特定模拟输入条件下数字输出理论期望值之间的接近程度。换句话说，转换器的精度决定了数字输出代码采用多少位来表征输入信号的有效信息。该精度受其内部电路和连接到 A/D 输入的外部信号源上的噪声影响。

在某些情况下，超出 A/D 转换器精度的额外分辨率位数是有用的。例如， $\Delta\Sigma$ A/D 转换器具有高达 24 位的分辨率，但它只能提供 16 位的精度。在这种情况下，8 个 LSb 位表征转换器产生的随机噪声。然而，在损失较低采样带宽的前提下，通过数字滤波算法滤除这些噪声位可以增加有用测量分辨率。

采集时间

逐次逼近 (Successive Approximation, SAR) 型 A/D 转换器在其模拟输入端设置有一个采样保持电路。在内部，该采样保持电路由充电保持电容来实现，此电容在 A/D 转换启动之前与模拟输入引脚断开。必须提供足够的时间来使保持电容充电至终值，否则会给转换带来误差。必须保证的采集时间是保持电容值、信号源阻抗和与输入电路有关的内部阻抗的函数。图 3 显示了 SAR A/D 转换器的模拟输入典型模型。该输入模型的参数不是固定的，因此设计者应查阅器件数据手册，以确保设计所采用的输入电路能提供合适的采样时间。

图 3: 典型 SAR A/D 转换器的模拟输入模型



转换时间

转换时间指的是模拟输入与保持电容断开之后得到数字结果所需的时间。转换时间通常以 A/D 时钟周期为单位进行定义，而最小时钟周期指的是 A/D 转换器获得指定精度所需的时间。

代码转换点

A/D 转换器的转换点指的是输出代码从一个切换到另一个时所对应的模拟输入电压。对理想 A/D 转换器来说，这些转换点之间间隔均匀。然而，实际上，由于受到转换器噪声源的影响，这些转换点无法明确界定。举例来说，假设对连接到转换器输入端的模拟输入电压进行调节直至获得恒定的输出代码。如果从该点开始电压缓慢上升或下降，那么就存在一个可能输出传递函数中第一个代码或紧接着的下一个代码的模拟输入电压范围。产生这两种代码之一的模拟输入范围称为代码转换区，可通过求多次转换结果的平均值用统计学方法来表示。代码转换点被定义为一个模拟输入电平，在该电平下，产生两个代码中任何一个的概率都是 50%。准确地确定代码转换点很重要，因为转换器的误差规范将基于此定义。

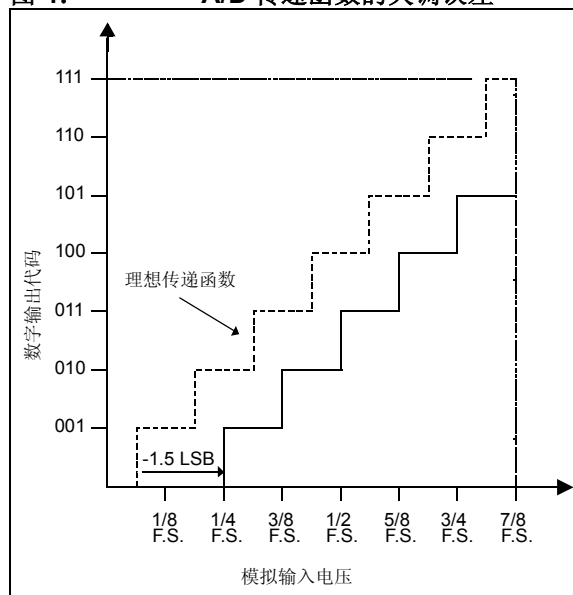
直流规范

A/D 转换器的直流规范反映其在转换稳态模拟输入电压时的性能，它在仪表应用中尤为重要，这些应用常用它来测量诸如温度、压力或重量等缓慢变化的物理量。

失调误差

失调误差定义为在所有输出代码间转换时都存在的代码转换点偏差。它将使整个 A/D 传递函数曲线右移或左移，如图 4 所示。可通过找寻第一个代码转换点的实际位置与期望位置的差距来测量失调误差。在传递函数的第一个代码转换点处测量失调误差是因为该点处来自其他误差源的影响最小。一旦确定了失调误差，即可将其从数字输出代码中减去从而得到正确的转换结果。图 4 给出的传递函数显示转换器的失调误差为 -1.5 LSB。

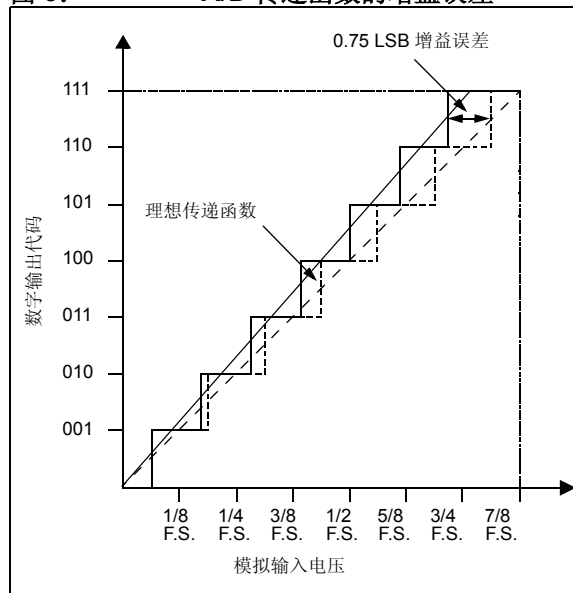
图 4: A/D 传递函数的失调误差



增益误差

增益误差决定 A/D 转换器传递函数曲线实际斜率与理想斜率之间的偏差。在确定增益误差之前，应首先测量失调误差并将其从转换结果中减去。然后，通过找寻最后一个代码转换点的位置并将其与理想位置相比较从而确定增益误差。图 5 给出了 A/D 传递函数增益误差的示例。

图 5: A/D 传递函数的增益误差

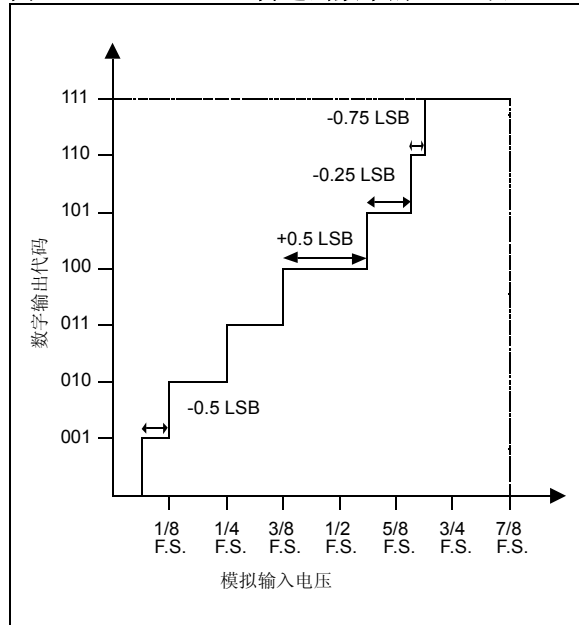


在数字测量系统中，增益误差很容易通过将转换结果乘以所需的比例因数而得到补偿。设计者总是可以使用螺丝刀或微调电位器给模拟信号通道施加增益量或衰减量，从而校正 A/D 增益误差。

微分非线性

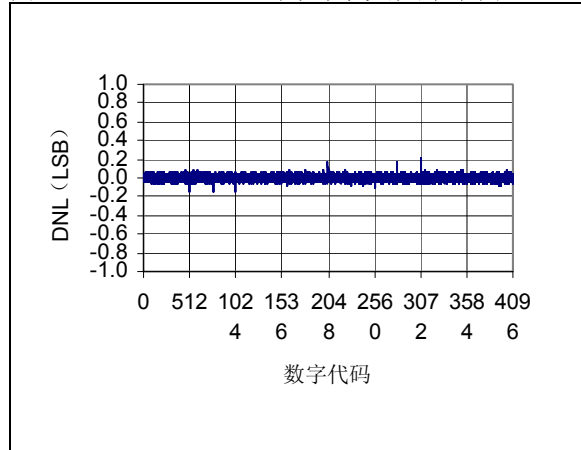
在理想的 A/D 转换器传递函数中，每一个代码都有一个相同的宽度。也就是说，从一个代码转换点到下一个代码转换点的模拟输入电压差是恒定的。微分非线性（Differential nonlinearity, DNL）指的是传递函数中任一输出代码的宽度与 1 LSB 理想代码宽之间的偏差。在补偿了增益误差和失调误差之后，通过对相邻代码转换点的位置作减法可测得 DNL。正的 DNL 表示代码比理想代码宽长，而负的 DNL 表示代码比理想代码宽短。图 6 给出了 A/D 传递函数中 DNL 误差的示例。

图 6: A/D 传递函数中的 DNL 误差



DNL 信息以两种方式提供给设计者。第一，通常给出最大正、负 DNL 值。第二，以图形格式给出每一个代码的 DNL。DNL 的图形数据能在 A/D 转换器的“品质”方面为设计者提供有价值的信息。例如，SAR A/D 转换器采用电容阵列和比较器来测定转换结果每一位的值。那么，个别性能不好的电容就会使图形 DNL 数据产生周期性波动。图 7 给出了 DNL 和数字代码关系曲线的图形示例。

图 7: DNL 与数字代码关系示例



每一个代码的 DNL 都不能小于“-1”。事实上，DNL 值为“-1”的代码根本就不存在。换句话说就是没有任何模拟输入电压可以产生这样的代码。

严格地说，对于某一特定的 A/D 转换器，如果指定最小的 DNL 值为 -1，那么设计人员应能从中预见到传递函数中可能会丢失一个或更多个代码。然而，规范中可能声称 A/D 转换器的最小 DNL 值为 -1，并且还指明在声明的工作条件下，该转换器不会丢失代码。在这种情况下，将最小 DNL 值指定为 -1 是为了确保正确的测试防护带，况且设计人员能够遇见实际最小 DNL 值接近 -1 的器件的可能性非常小。

积分非线性

积分非线性（Integral Nonlinearity, INL）是 DNL 误差累积的结果，它指的是整个传递函数与线性响应相比偏离了多少。INL 有时也简称为转换器的线性度。INL 规范告诉设计人员在校正系统增益误差和失调误差后转换器能够提供的最佳精度。INL 可以采用两种方法来测量。

测定 INL 的第一种方法是端点法。采用端点法时，要测定转换器的第一个代码转换点和最后一个代码转换点的位置，并根据这两个端点推导出线性传递函数。通过计算推导出的线性传递函数的每个代码位置相对于理想值的偏差可以测得端点非线性度。

测定 INL 的第二种方法是最适宜法。可通过对所测传递函数的增益和失调误差进行补偿、与线性传递函数进行比较以及对总的正负偏差进行平衡来找出最适宜的响应。

图 8 显示了测量相同 A/D 转换器线性度的不同方法的比较。由传递函数可知，端点法提供的结果比较保守，所以设计者通常采用该方法来测定 INL。

最大正负 INL 通常是在规定工作条件下定义的。此外，有时器件数据手册中会给出有关每一个代码的 INL 曲线图。像 DNL 图形数据一样，INL 图形数据可用来分析 A/D 转换器的质量。图 9 给出了 INL 与数字代码对应关系的图形示例。

图 8: A/D 传递函数中的 INL 误差

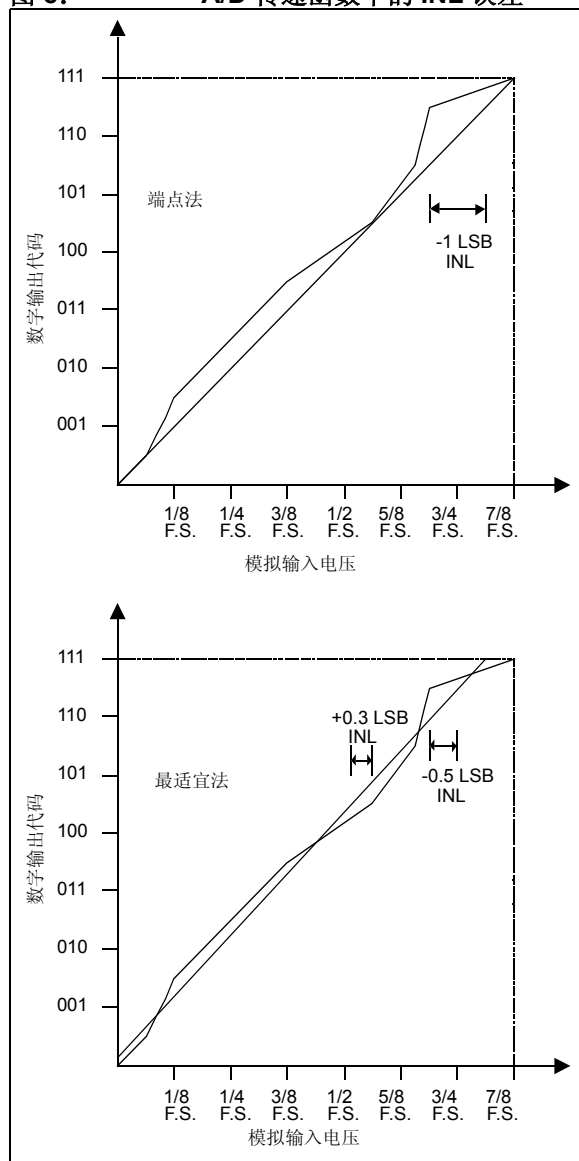
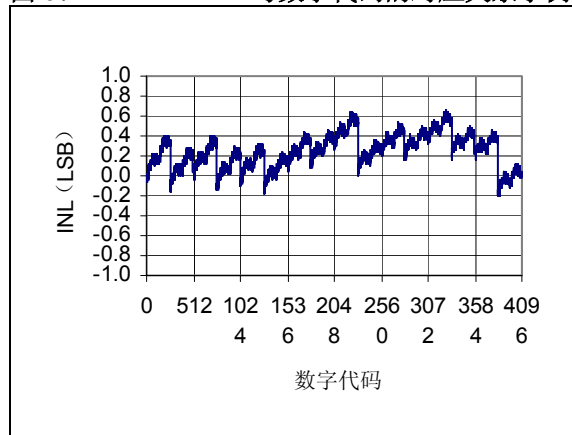


图 9: INL 与数字代码的对应关系示例



绝对误差

某些 A/D 转换器还定义了绝对误差，它是失调误差、增益误差和积分非线性误差的总和。也可以这样阐述，它是未进行增益或失调误差补偿时，实际 A/D 传递函数与理想线性传递函数之间的偏差。因此，绝对误差也称为未经调整的总误差。该项误差规范为设计人员提供了有关 A/D 转换器在没有进行任何形式误差补偿的最差情况下性能的详细信息。

单调性

如果增加（或减小）模拟输入量，数字输出代码也会随着增加（减小）或保持不变，则可以认为 A/D 转换器具有单调性。但单调性并不能保证转换时不会丢失代码。由于非单调性响应会引起系统振荡，所以当 A/D 转换器用在反馈控制环中时，单调性是一项特别重要的特性。

交流规范

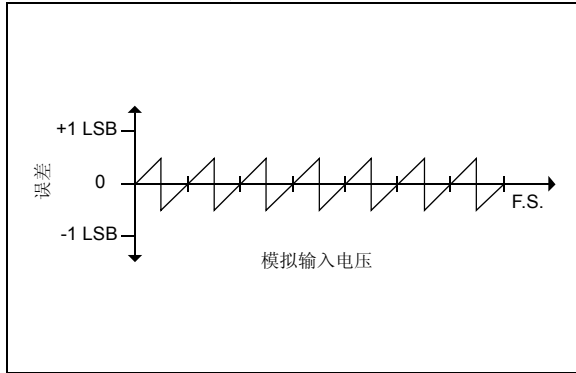
对于信号是稳态或与转换器的采样频率相比其频率非常低的应用场合，直流误差规范最重要。然而，当信号频率增加时，就必须采用其他的测量方法来测定 A/D 转换器的性能。在这种情况下，研究转换器在频域内的特性对设计者来说就显得尤为重要。性能不好的转换器会在采样输出端引入噪声和失真。事实上，即便是理想的 A/D 转换器也会以噪声的形式将误差引入所采样的交流信号中。交流规范能向设计人员反映采样信号中掺杂了多少噪声和失真以及对于给定输入频率和采样速率的转换器精度如何。

信噪比

如果将交流信号施加到理想 A/D 转换器的输入端，那么就会因量化误差而使数字输出带有噪声。

对于理想转换器，任何给定输入的最大误差均为 $\pm 1/2$ LSB。如果将线性斜坡信号施加到转换器的输入端且把每一个模拟输入产生的输出误差都表示在图上，那么结果会产生一个峰峰值为 1LSb 的锯齿波，如图 10 所示。

图 10: 量化误差



该误差输出的均方根 (Root Mean Square, RMS) 振幅可由公式 2 近似表示。

公式 2: 最小的 RMS 量化误差

$$ERROR_{RMS} = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot 1 \text{LSb}$$

可根据上述 RMS 量化误差来确定 A/D 转换器的最大理论信噪比 (Signal to Noise Ratio, SNR)。如果在转换器的输入端施加满幅的正弦波，那么 SNR 的最大理论值由公式 3 给出，其中 N 为转换器的分辨率位数。

公式 3: 最大的 A/D SNR

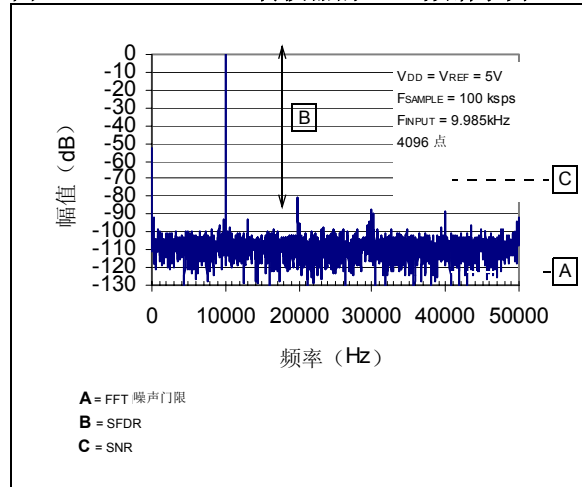
$$SNR = 6.02 \cdot N + 1.76 \text{dB}$$

在 A/D 转换器的整个可利用带宽 (0 - $f_s/2$) 内对信号噪声进行测量，这是得出上述公式的假设条件。在信号带宽小于奈奎斯特带宽的过采样情况下，采样频率 (f_s) 每增加一倍，转换器的 SNR 理论值就增加 3 dB。

通过在转换器的输入端施加正弦信号，然后对输出数据进行 FFT 分析可以测得实际 A/D 转换器的性能。但要注意的是，需确保精确确定转换器的噪声和失真。引入到

采样信号中的量化噪声不一定具有白噪声频谱，且它是输入信号的函数。例如，如果所选采样频率是信号输入频率的整数倍，那么因为与量化噪声密切相关，所以 FFT 输出数据在输入信号的谐波频率上可能出现峰值。实际上，绝大部分信号都包含有多种频率，所以量化噪声会随机地分布在整个 FFT 频谱上。图 11 给出了一个取自 12 位 A/D 转换器的 FFT 数据图示例。在选取输入信号频率和采样频率时须注意。另外，用户也能从图中观察到频谱在输入信号谐波处具有一个峰值。

图 11: A/D 转换器的 FFT 频谱示例



从 A/D 转换器得到的 FFT 频谱都有一个噪声门限，它是数据分辨率位数 N 和 FFT 数据点数 M 的函数。对于一系列 M 点 FFT 数据，可用公式 4 来计算 FFT 噪声门限的大小。图 11 中的标注“A”用来表示噪声门限的大小。

公式 4: FFT 噪声门限

$$6.02 \cdot N + 1.76 \text{dB} - 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{M}{2} \right)$$

为了找出 A/D 转换器实际的 SNR，需要将一个幅值略低于满量程的正弦波施加到转换器输入端。SNR 定义为输入信号的均方根与 FFT 分析中除输入信号的直流分量和谐波外的所有噪声分量的平方和根值之间的比值。图 11 中的标注“C”表示 A/D 转换器的 SNR。在实际情况下，只有前面几个低次输入谐波需要从 SNR 计算中除去，因为通常高次谐波与 FFT 噪声门限相比不太重要。

信噪比及失真

信噪比及失真 (SINAD) 可通过在 A/D 转换器的输入端施加接近满量程的正弦信号来测量。可以通过计算输入信号的均方根与在 FFT 分析中除直流分量外的所有噪声和失真分量的平方和根值之间的比值来得到 SINAD。SINAD 值是一个特别有用的性能指标, 因为它包含了 A/D 转换器引入的所有噪声、失真和谐波所产生的影响。

有效位数

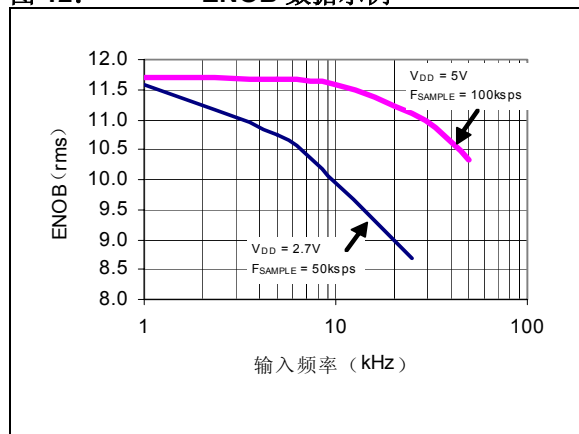
通过将所测 SINAD 值代入描述理想 A/D 转换器的 SNR 的方程中, 求出位数 N , 来计算 A/D 转换器有效位数 (Effective number of bits, ENOB) 的值。公式 5 给出了计算 ENOB 的公式。

公式 5: ENOB

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76dB}{6.02}$$

ENOB 通常在某一输入频率范围内进行表征, 其作为输入频率和所选采样速率的函数, 能向设计人员反映出转换器的精度。图 12 显示了一个取自 A/D 转换器的 ENOB 数据的图形示例。注意, 示例中已指定了采样频率和工作条件。

图 12: ENOB 数据示例



总谐波失真

总谐波失真值 (Total Harmonic Distortion, THD) 是转换器产生的各次谐波的有效值与接近满量程的正弦输入信号有效值之间的比值。实际上, 由于跟所测 FFT 输出中的噪声门限相比, 输入信号的高次谐波可忽略不计, 所以在测量 THD 时只取前面几个低次谐波。

总谐波失真和噪声

总谐波失真加噪声 (THD+N) 是转换器产生的各次谐波和噪声有效值的均方根与接近满量程的正弦输入信号的均方根之间的比值。THD+N 不一定包含 FFT 分析中的所有数据。对于一个有效的 THD + N 规范, 必须指定噪声带宽。如果噪声带宽占用了转换器的整个可用带宽 ($0 - fs/2$), 那么 THD+N 测量值就与 SINAD 具有相同的结果。

无失真动态范围

无失真动态范围 (Spurious Free Dynamic Range, SFDR) 是输入信号的幅值与 FFT 频谱中最大失真分量幅值的比值。该项规范的重要性在于它决定了区别于失真分量的最小信号幅值。图 11 中的标注 “B” 表示 A/D 转换器测量数据实例的 SFDR。

A/D 转换器的使用方法

以下部分将向读者介绍 A/D 测量的相关技术。有关这方面的更多信息, 可参见该文档未列出的 Microchip Technology 公司的其他应用笔记。另外, 也可参见 Microchip Technology 网站上的有关介绍如何使用 A/D 转换器的许多其他应用笔记。

对各项规范的说明

设计者应对这些规范仔细斟酌, 以确保所选择的 A/D 转换器符合实际应用的要求。阅读这些规范看上去花费了精力, 但实际上大概地浏览一下是没有坏处的。

因应用的不同, 各项规范的重要性也有所不同。举例来说, 考虑一个需要 3V 电源供电的数字测重系统。加到测压元件上的重量基本是一个常数, 所以此时直流误差规范最重要。例如, 直流误差规范可能在 5V 时没有问题, 但在所需的电源电压等级可能并不可靠。此外, 假定测量系统处在一个非常恶劣的环境中。在这种情况下, 对器件预期工作温度范围内的增益误差、失调误差和线性误差规范进行仔细检查是一种明智之举。

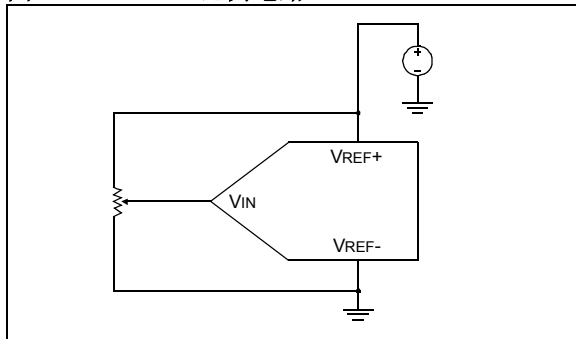
下面再举一个有关 A/D 转换器用在振动信号分析系统中的设计实例。在许多工业应用中, 需对连接在机器上的振动传感器的输出进行采样, 并将数据存储在 RAM 中, 用于 FFT 分析。例如, 通过分析频域内主要振动元件的位置和振幅, 可以检测机器是否存在故障, 如是否存在结构裂缝或轴承磨损。在这类应用中, 交流规格参数起到较大的作用。例如, SFDR 指标决定 A/D 转换器可以辨别的最小振动水平。因交流性能参数会随频率变化, 所以设计人员应经常检查相关最大频率和所需采样速率时的性能。

绝对测量与比例测量的对比

绝对测量是一种将模拟输入电压与 A/D 转换器参考电压（它可以是外部的或内部的）相比较的测量方法。为使测量准确，参考源必须保持稳定而不随时间和温度而发生变化。

相反，比例测量所得结果是参考电压的比值。这可以通过使用参考电压作为模拟输入的激励源来实现。图 13 给出了一个比例测量的简单实例，它包括一个连在转换器模拟输入端的位置计。

图 13: 比例电路



电位计被跨接在电源两轨之间，同时也用作 A/D 转换器的参考输入。电位计的输由公式 6 给出，其中 x 表示电位计的分压比。

公式 6: 电位计输出

$$V_O = (V_{DD} - V_{SS}) \cdot x$$

如前所述，A/D 转换器的数字输出由公式 7 给出。

公式 7: A/D 的数字输出

$$\text{输出代码} = F.S. \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

最后，转换器的参考电压由公式 8 给出。

公式 8: A/D 的参考电压

$$V_{REF} = V_{REF+} - V_{REF-} = V_{DD} - V_{SS}$$

如果将参考电压和电位计输出的表达式代入到转换器的输出表达式中，其所得结果见公式 9。

公式 9: A/D 结果

$$\begin{aligned} \text{输出代码} &= F.S. \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \\ &= F.S. \times \frac{(V_{DD} - V_{SS}) \cdot x}{(V_{DD} - V_{SS})} \\ &= F.S. \cdot x \end{aligned}$$

该数字输出计算公式显示比例测量不是电压参考源的函数。由于转换结果仅表示满量程的百分比，所以参考电压源是否稳定对转换器的精度没太大影响。

在休眠模式下进行转换

Microchip Technology 生产的所有带有 A/D 模块的单片 MCU 都有一个独特的功能，即可在休眠模式下进行转换。在此运行模式下，所有的系统运行都停止，系统振荡器被关闭，以使转换过程中的数字噪声影响降为最低。

在休眠模式下进行转换时，用户必须选择内部 A/D RC 振荡器作为 A/D 时钟源为。当 RC 振荡器被选为 A/D 转换器的时钟源时，MCU 将在执行转换操作前等待一个额外指令周期以便 SLEEP 指令能够执行。

当转换结束时，有以下三种情况可能发生。第一，如果允许 A/D 中断，会将器件从休眠模式中唤醒，继续执行下一条程序指令。第二，如果唤醒时全局中断也被允许，MCU 将执行中断向量地址处的指令。最后，如果不允许 A/D 中断，A/D 模块的电源将被关闭以使电流消耗最小而器件仍处于休眠模式。

如何使系统获得最佳的性能

不好的系统设计会使 A/D 转换器的性能变坏。因此，对于某种应用，设计人员是否能采用正确的模拟设计技术是至关重要的。尤其要注意电源、接地和 PCB 布板。有关这一主题的更多信息，可参见该文档末所列出的其他 Microchip 应用笔记。

可供进一步阅读的参考文献

Microchip 网站还提供有许多相关的应用笔记，可为您的 A/D 转换器应用提供技术帮助：

- AN688 - Layout Considerations for 12-bit A/D Converter Applications
- AN699 - Anti-aliasing, Analog Filters for Data Acquisition Systems
- AN719 - Interfacing Microchip's MCP3201 Analog to Digital Converter to the PICmicro[®] Microcontroller

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信: 在正常使用的情况下, Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前, 仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知, 所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展之中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下, 能访问您的软件或其他受版权保护的成果, 您有权依据该法案提起诉讼, 从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版本档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为为您提供便利, 它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范, 是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保, 包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用, 一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时, 会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任, 并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗中以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、rPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Linear Active Thermistor、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、PICKit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rLAB、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2007, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外, Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277
技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta

Duluth, GA
Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

波士顿 Boston

Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago

Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas

Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit

Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo

Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles

Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara

Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto

Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京

Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都

Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 福州

Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区

Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京

Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛

Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海

Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳

Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳

Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 顺德

Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

中国 - 武汉

Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安

Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

台湾地区 - 高雄

Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北

Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹

Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney

Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore

Tel: 91-80-4182-8400
Fax: 91-80-4182-8422

印度 India - New Delhi

Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune

Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama

Tel: 81-45-471-6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Daegu

Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul

Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur

Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang

Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila

Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore

Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok

Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels

Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen

Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris

Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich

Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan

Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen

Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid

Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham

Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820