

DAC 基础知识：静态技术规格

所有 DAC 之间的共性就是技术规格的定义以及说明。这篇文章将会论述静态 DAC 技术规格。静态 DAC 技术规格包括对 DAC 在 DC 域中所具有的特性的描述。在 DC 域中时，DAC 的数字与模拟定时现象不属于这一组技术规格。

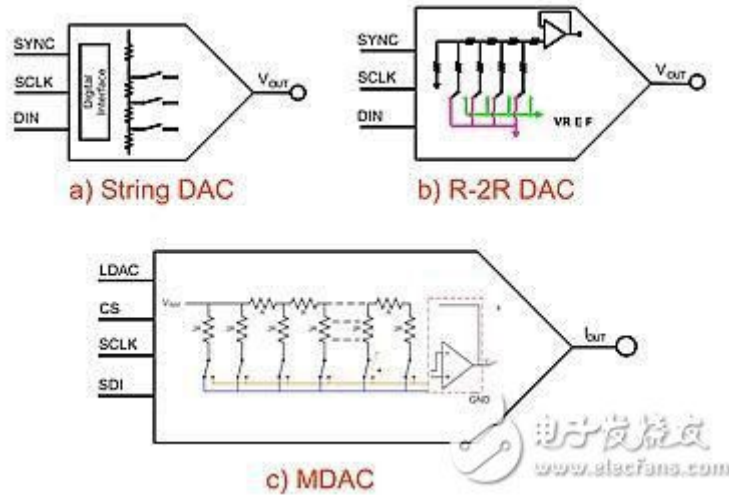


图 1

虽然这 3 个 DAC 拓扑互不相同，但它们的技术规格与电气描述非常类似。

一个主要的静态 DAC 技术规格就是理想转换函数（图 2）。在对这个普通转换函数的图示中，可以轻松体会和理解零代码、偏移、满量程以及增益的定义。一旦你理解了上述概念，差分非线性（DNL），积分非线性（INL）以及单调性技术规格也就再次成为理想转换函数的另一个导函数。

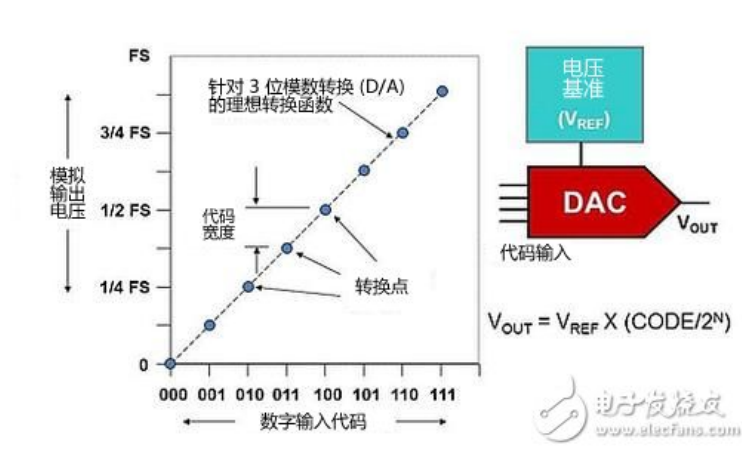


图 2

理想 DAC 转换函数

图 2 显示了一个 DAC 是如何为数字输入代码的一个离散数值生成单个模拟输出值的方式。图中数字输入代码的顺序是单极的，其中代码以标准二进制的方式增加。

图 2 中 DAC 转换函数的模拟范围是从零至模拟输出满量程（FS）值。DAC 电压基准（ V_{REF} ）建立了转换器的最低有效位（LSB）或代码宽度，并且设定了满量程范围（FSR）。LSB 的大小等于 $V_{REF}/2^N$ 。

在图 2 中，“N”等于转换器的分辨率，而 2N 等于转换器单个位的数量。DAC 所具有的代码的数量等于 2N。对于 3 位转换器来说，代码数量等于 2³ 或 8。这个理想转换函数的转换公式为 $V_{OUT} = V_{REF} \times (\text{CODE}/2N)$ ，并且满量程输出电压等于 $V_{REF} - 1\text{LSB}$ 。

零代码误差

图 3 中，DAC 的零代码误差是最易理解的静态技术规格。我们假定这个值是针对一个单极、单电源 DAC 而言的，这个 DAC 的完全理想最小输出电压为 0 伏。当将数字 0 值载入到 DAC 寄存器中时，零量程误差出现在 DAC 的模拟输出引脚上。这个误差是由内部输出放大器的输出摆动性能导致的。对于单电源 DAC 来说，零量程误差始终为正值，而这个技术规格的单位为毫伏或微伏。

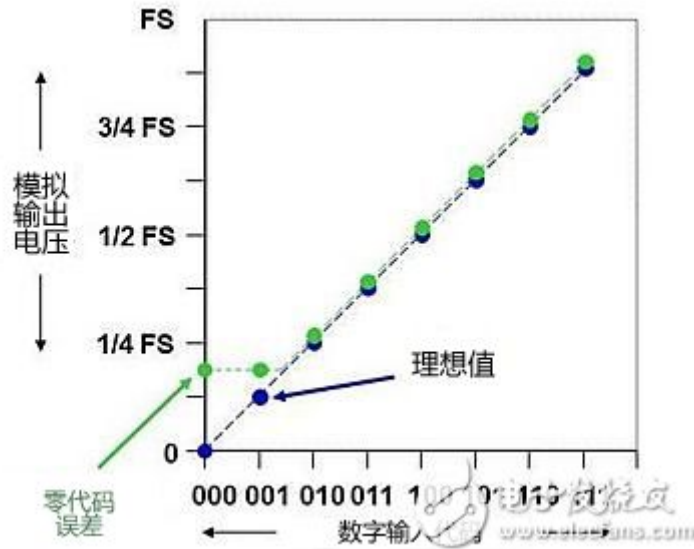


图 3

DAC 的内部输出放大器因不能达到负电源轨而导致的零误差运行状态。

偏移误差

然而，偏移误差是不同的。偏移误差在整个 DAC 转换曲线的大部分范围内存在。在图 4 中，在理想转换曲线的每一个代码上，模拟偏移误差都会变化。从图中你能够看到，在沿着 x 轴的垂直方向上，具有偏移误差的转换曲线与理想曲线的相同程度。这个技术规格的单位通常为毫伏。

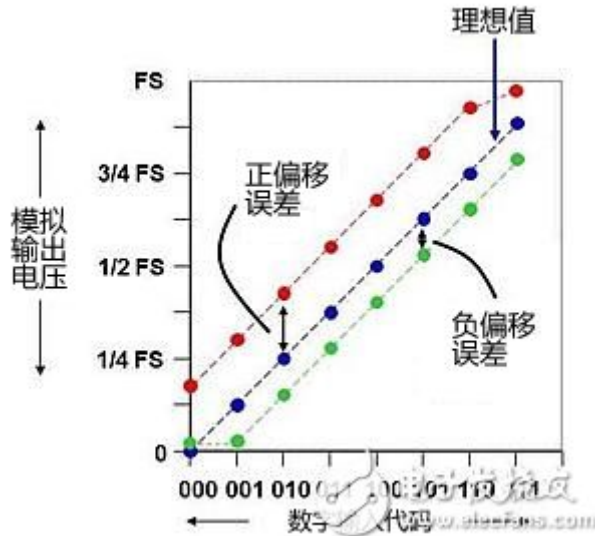


图 4

偏移误差可为正，亦可为负，但是它始终以同样的误差影响着每一个代码。

增益误差

增益误差这个概念有些难以理解。总的来说，增益误差描述的是理想 DAC 曲线斜率的变化。图 5 对这个概念进行了说明。增益误差技术规格通常以 FSR 的百分比来表示，并且在消除偏移误差之后进行计算。

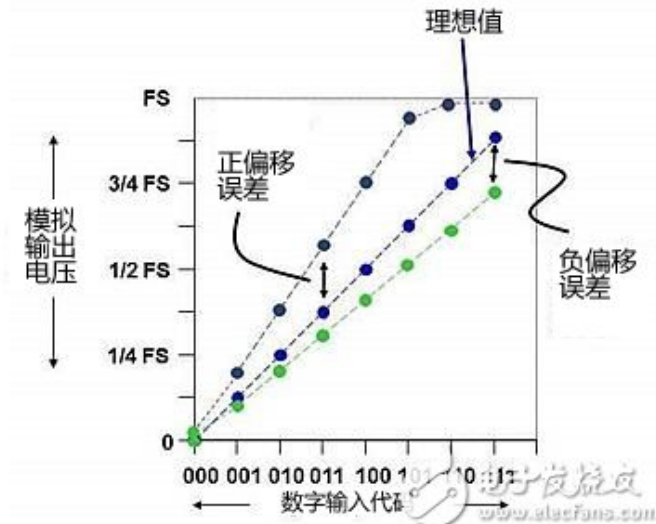


图 5

DAC 的增益误差使理想转换函数绕着零交叉点旋转

差分非线性

差分非线性 (INL) 是一个静态技术规格，有时也被称为差分线性。DNL 是实际模拟输出步长与 1LSB 的理想步长值的最大偏离。这在整个实际转换函数曲线上进行评估(图 6)。由于每个代码也许都需要调整，所以很难校准这个 DAC 误差。

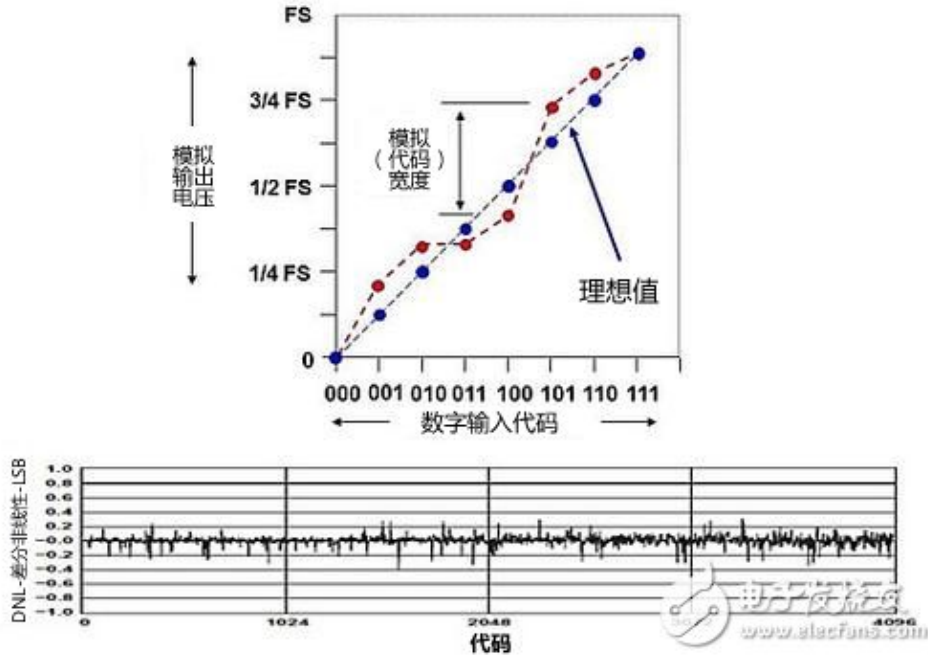


图 6

DNL 代表每个实际电压输出与理想曲线间的差异。一个 12 位 DAC DNL 误差曲线，其中 x 轴等于 DAC 代码（0 至 4095），而 y 轴等于 DNL。

例如，一个对于 1 LSB 数字代码变化发生 1.5 LSB 输出改变的 DAC 表现出 0.5 LSB 的差分非线性。DNL 大于 1 也许说明存在缺失的代码。差分非线性的测量单位为分数位或满量程的百分比。出现 DNL 问题的 DAC 所生成的误差会影响到增益控制应用。

单调性

作为一名音乐家，我从来都不理解这个术语的来源。在音乐领域，单调的定义就是只有一个音调。但接下来我们要从另外一个角度来看这个 DAC 技术规格的定义。

少于 -1 LSB 的差分非线性为 DAC 产生一个非单调转换函数（图 7）。如果 DAC 是非单调的，那么 DAC 模拟输出的振幅小于数字输入代码的增加量，反之亦然。

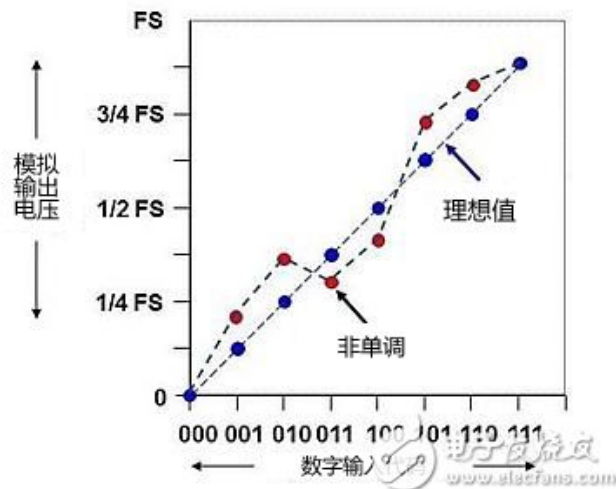


图 7

非单调 DAC 运行状态在模数转换关系中出现反转。

一个 DAC 所表现出的任何非单调运行状态无法确定是否会对系统造成影响。例如，在音频应用中，听众能够听到一个短暂的较小的模拟输出电压，而无法察觉较大的输入代码。在另外的应用中，这会是一个很明显的问题，有可能导致系统振荡。例如，在一个 DC 电机控制系统中，相对于输入代码的增加而产生的模拟输出电压减少，也许很容易地被误解为系统将通过减少输入代码来执行校正。

积分非线性

另外一个 DAC 静态技术规格为积分非线性（INL），它是 DAC 真实转换函数到理想转换函数轻微偏离的测量值（图 8）。积分非线性、线性误差、或者 INL 是 DNL 误差的最高值。这个技术规格使用最优直线或端到端（端点线性）直线来量化 INL，单位为 LSB。

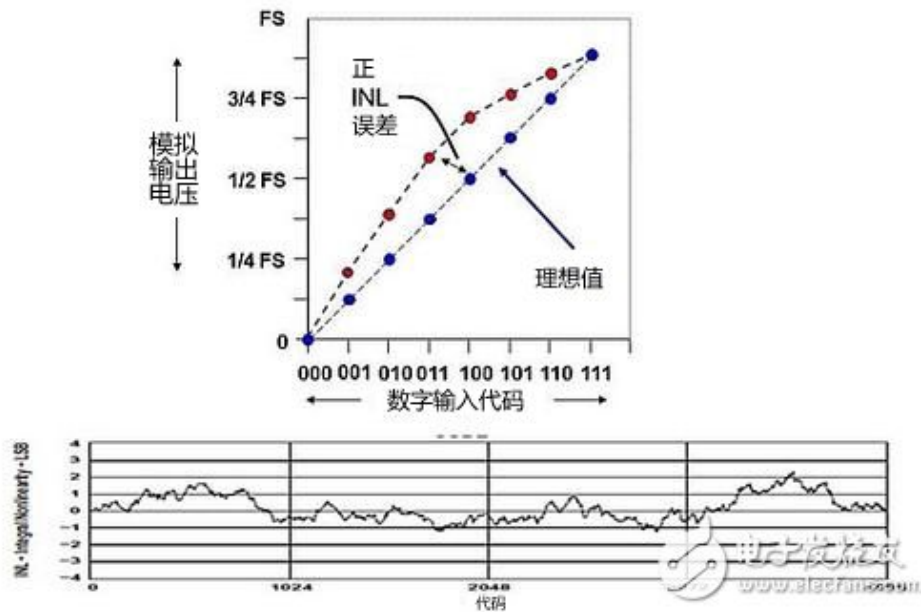


图 8

INL 技术规格定义了最优直线或端到端直线与理想 DAC 转换函数之间的最差情况距离。诸如仲裁波形发生器的应用需要有较好的 INL。

在数据表之间比较技术规格

当将一个数据表与另一个数据表进行比较时，技术规格也许会有不同的测量单位。例如，在一个数据表中，偏移误差的单位也许是伏，而在另外一个数据表中，单位也许是 LSB 或 FSR 的百分比。表 1 提供了在 LSB、伏、FSR 百分比和 PPM（百万分率）之间的转换计算方法。

	LSB	Volts	% FSR	PPM
LSB	***	$\frac{LSB}{2^N} \times V_{REF}$	$\frac{LSB}{2^N} \times 100$	$\frac{LSB}{2^N} \times 10^6$
Volts	$\frac{V \times 2^N}{V_{REF}}$	***	$\frac{V}{V_{REF}} \times 100$	$\frac{V}{V_{REF}} \times 10^6$
% FSR	$\frac{\%}{100} \times 2^N$	$\% \times V_{REF}$	***	$\% \times 10^4$
PPM	$\frac{PPM}{10^6} \times 2^N$	$\frac{PPM}{10^6} \times V_{REF}$	$\frac{PPM}{10^4}$	***

表 1 技术规格单位转换



中国高科技行业门户

结论

DAC 的偏移、增益、INL、和 DNL 运行状态会以多种方式影响总体系统的有效性。但是，还有很多其它的影响因素。