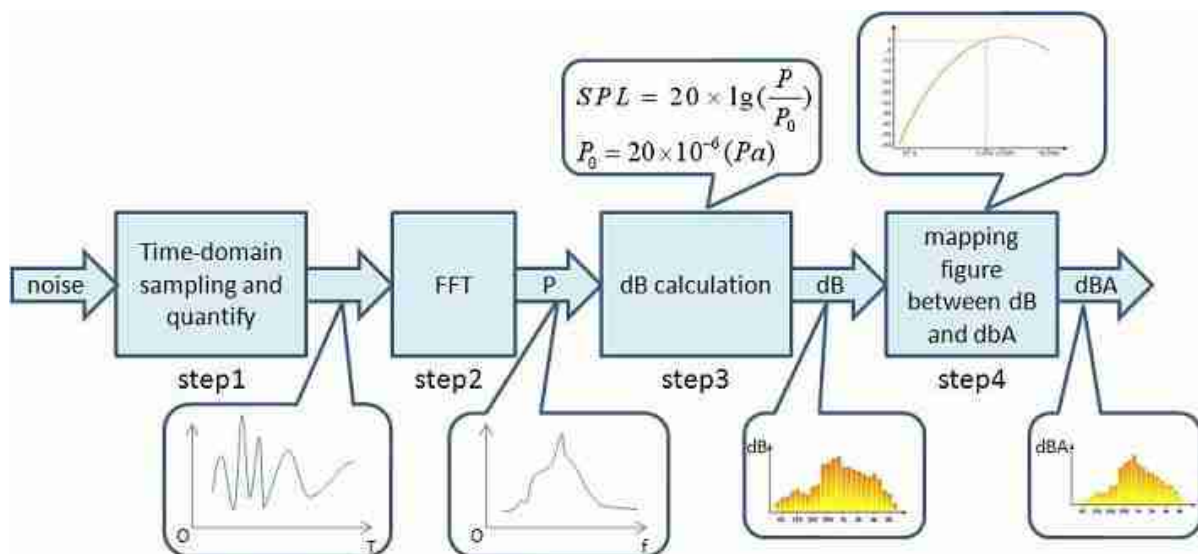


下文是对声音分贝的测量原理及方法的综述，综合原理和实际开发，把整个流程完整叙述一遍，通过本文，希望对大家的设计有所帮助。

流程图



大致流程分为 4 步：

**step1**：获取声音数据。声音是以波的形式传播的，在传播路径上遇到障碍物时，会在这些障碍物表面上产生压力，这就是声压。MIC 可以检测到声压，声压的大小反应为 MIC 输出电平的大小。对 MIC 的输出电平进行放大，ADC 采样和量化后，就是波形数据。波形数据反映声音强度在时域上的变化。

通常对声音的采样率为 11.025kHz，16bit 量化。即每秒采样 11,025 次，每次采样值量化为 65536 阶，量化值用 0~65535 表示。波形数据为时域离散信号。

**step2**：FFT / DFT 。声音是由若干（或无限多个）频率分量组成的。为了检测和描述声音的特性，我们使用频谱。噪声检测也需要在频域处理数据，要把时域信号转换为频域信号。

step1 得到的时域离散信号经过 DFT 可以变成频域离散信号。FFT 是离散傅里叶变换 DFT 在工程上的优化算法。有关 FFT 的代码在网上很多。

**step3**：划分倍频程，并把信号从绝对量值转换为相对量值(DB)。

a. 先说 dB（decibel）的含义。dB 是一个相对值，声学上来讲，声压的分贝值的基准是 20 微帕斯卡。假设一个声音的测得的声压是 P 帕斯卡，那么声音的分贝值计算公式为：

$$SPL = 20 \times \lg\left(\frac{P}{20 \times 10^{-6}}\right)$$

SPL: Sound Press Level 声压级。

通常物理上 20 微帕斯卡通过 MIC 和采样量化后为 1。所以公式简化为：

$$SPL = 20 \times \lg(P)$$

此处 P 也为量化后相对 20 微帕斯卡的值

b. 然后说 dB 相加，比如有两个声音，分别为 70dB 和 60dB，它们叠加是多少 dB？ 70.4dB。因为两个声音的叠加是能量的叠加。

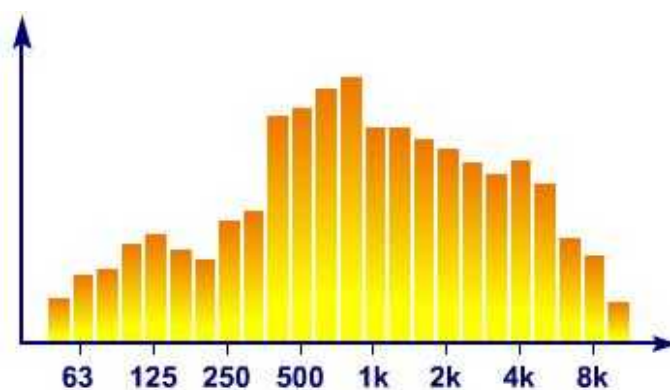
c. 再说倍频程。我们最终要计算的声音分贝值是由各个频率分量的声音分量组成的。我们用倍频程或 1/3 倍频程把声音划分为许多频带。倍频程的中心频率为 31.5、63、125、250、500、1K、2K、4K、8K、16KHz 十个频率，后一个频率均为前一个频率的两倍，因此被称为倍频程，而且后一个频率的频率带宽也是前一个频率的两倍。在有些更为精细的要求下，将频率更细地划分，形成 1/3 倍频程，也就是把每个倍频程再划分成三个频带。

d. 计算每个倍频程的声压级。FFT 后的信号在频域上是离散的，相邻点的频率间隔为  $\text{SampleRate} / \text{FFTPoint}$ ，即采样率除以 FFT 的点数。计算倍频程的声压级的方法是先计算频带内频点的平均能量，然后再取对数。计算公式为：

$$SPL = 10 \times \lg\left(\frac{\sum_{i=1}^s P_i^2}{s}\right)$$

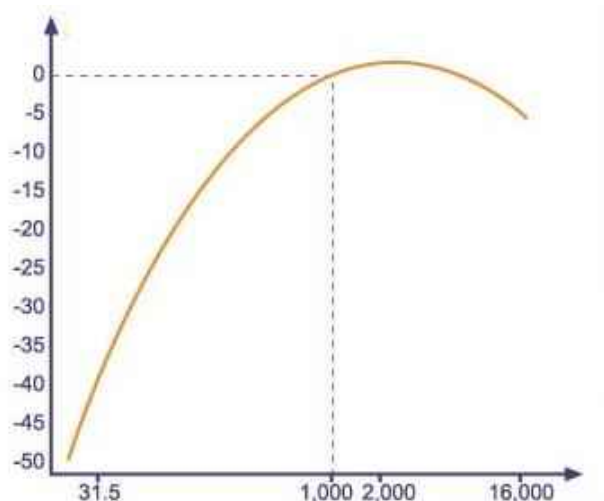
Pi 为倍频程中某个频点的值

e. 下图为 1/3 倍频程的计算结果。



## step4: A 率加权后计算 dBA。

a。A 率曲线。由于人耳对不同频率的声音敏感程度不同，表现为相同 dB 值的声音，2kHz 比 100Hz 听起来更响一些。为了使测量得到的值更符合人的主管感觉，在此引入 A 率加权。下图是 A 率曲线：



a 率曲线曲线函数为：

$$R_A(f) = \frac{12200^2 \cdot f^4}{(f^2 + 20.6^2) \sqrt{(f^2 + 107.7^2)(f^2 + 737.9^2)} (f^2 + 12200^2)},$$

$$A = 2.0 + 20 \log_{10}(R_A(f))$$

可见，a 率加权减弱了声音低频分量对最终测量结果的贡献。

b。加权方法。假设 step3 后，中心频率为 125Hz 的 1/3 倍频程的声压级为 40dB, 125Hz 的 A 率加权值为-16.18，加权后的声压级为  $40 - 16.18 = 23.82\text{dBA}$ 。A 率加权后单位为 dBA。

c。全部频率范围内的 dBA 叠加。

若采用的是 1/3 倍频程，经过 b 步骤后，得到 30 个频带的 dBA 值，表示为  $q_i, i = 1, 2, \dots, 30$ 。全部频率范围内的 dBA 叠加公式为：

$$SPL(dBA) = 10 \times \lg \sum_i 10^{\frac{q_i}{10}}$$

这就是最终结果。