

图4. 增益控制电路设计的好(A)或坏(B)取决于流过开关的电流大小

## 音频开关和先断后合功能

所有音频系统中的一项主要性能要求是消除瞬态脉冲通过扬声器负载放电引起的可闻咔嗒/噼噗声。这些瞬态通常发生在电源打开和关闭期间(导通和关断时间,  $t_{ON}$ 和 $t_{OFF}$ )。无论设备在工作期间的音频质量如何, 如果在系统每次打开或关闭时发出嘈杂的咔嗒声, 用户往往会认为该音频设备的质量比较差。通过延长模拟开关的 $t_{ON}$ 和 $t_{OFF}$ , 可消除可闻咔嗒/噼噗声。这减小了通过扬声器负载进行放电的瞬态脉冲。大多数模拟开关的 $t_{ON}$ 和 $t_{OFF}$ 从低至15ns到高达1  $\mu$ s不等, 但有些“无杂音”开关可达到毫秒级。

有些无杂音开关使用旁路开关和先断后合功能消除咔嗒声。在使用MAX4744的音频应用中, 利用内部旁路开关对输入处的电容放电。这可防止瞬态电压进入扬声器。先断后合功能保证开关在切换至另一连接之前首先断开之前的连接, 要求 $t_{ON} > t_{OFF}$ 。有些设计则要求开关先合后断, 此时 $t_{OFF} > t_{ON}$ 。例如, 图4A中的电路在两种增益之间切换时必须谨慎。改变增益时, 避免使两个开关同时处于打开状态非常重要; 第二个开关必须在第一个开关开路之前闭合。否则, 运算放大器会采用开关增益, 其输出将被驱动至电源电压。

信号电平变化会引起 $R_{ON}$ 变化, 造成开关的插入损耗变化, 这会增大模拟开关的总谐波失真(THD)。以 $R_{ON}$ 平坦度为10  $\Omega$ 的100  $\Omega$ 开关为例, 当负载为600  $\Omega$ 时, 开关将产生1.67%的 $THD_{MAX}$ 。THD是许多应用中的关键参数, 表示通过开关的信号质量或保真度。THD的定义为全部谐波分量的平方和的平方根与基波分量之比(式2a)。用式2b计算最大THD。图5所示为不同开关的THD比较。

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2}}{a_1} \times 100\% \quad (式 2a)$$

$$THD_{MAX}(\%) = \frac{R_{FLAT(ON)}}{R_{LOAD}} \times 100\% \approx \frac{10\% \times R_{ON}}{R_{LOAD}} \times 100\% \quad (式 2b)$$

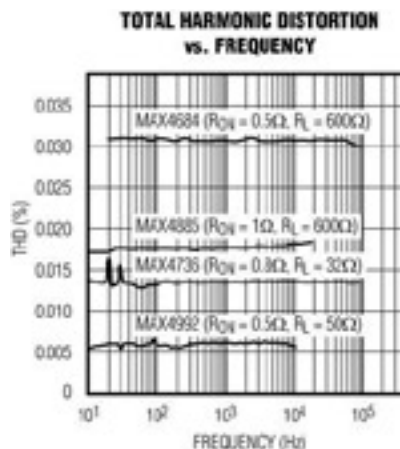


图5. 一组模拟开关的THD与频率关系

## 低 $R_{ON}$ 及管理电荷注入效应

并非所有应用都要求低 $R_{ON}$ 。然而, 当应用需要较低 $R_{ON}$ , 需要考虑多项设计要求。电路所需的芯片面积更大, 设计将引入更大的输入电容, 每个开关周期对输入电容进行充电和放电需要消耗更大功率。该输入电容的充电时间取决于负载电阻(R)和电容(C), 其时间常数由 $t = RC$ 决定。充电时间通常为几十纳秒, 但高 $R_{ON}$ 开关具有较短的 $t_{ON}$ 和 $t_{OFF}$ 周期。有些模拟开关以相同的封装类型和引脚排列提供不同的 $R_{ON}$ /输入电容组合。MAX4501和MAX4502具有相对较高的 $R_{ON}$ ,  $t_{ON}/t_{OFF}$ 较短; MAX4514和MAX4515具有较低的 $R_{ON}$ , 但开关时间较长。

低 $R_{ON}$ 还具有另一负面效应: 较高的容性栅极电流引起较高的电荷注入。每次开关导通或断开瞬间都有一定数量的电荷被注入或吸出模拟通道(图6A)。对于输出连接至高阻的开关, 这种效应将引起输出信号的明显改变。在一个没有其它负载的小分布电容( $C_L$ )上产生 $\Delta V_{OUT}$ 的变化量, 那么注入电荷可按公式 $Q = \Delta V_{OUT} C_L$ 计算。跟踪和保持放大器提供了一个很好的实例, 在模数转换器(ADC)转换期间用它来保持一个恒定的模拟输出(图6B)。闭合S1时, 一个比较小的缓冲器电容(C)被充电至输入电压(VS)。电容C只有几个pF, 当S1断开时, VS保存在C上。在转换开始时闭合S2, 将保持电压(VH)加载至缓冲器。这样, 在整个ADC的转换周期内, 高阻缓冲器保持VH恒定。对于比较短的采集时间, 跟踪和保持器的电容必须小, 而且S1的 $R_{ON}$ 要小。注意, 此外, 电荷注入会造成VH改变 $\pm \Delta V_{OUT}$ (几个毫伏), 因此会影响到后面ADC的精度。