

CURRENT INJECTION

THE SHORTEST SIGNAL PATH EVER



电流注入 (Current Injection) 描述了一种能够缩短信号路径并显著提高音质和测量指标的方法。简单高效的电流注入要求与一个无环路负反馈的放大器一同工作。当电流注入取代电压放大器的时候，LEF (零负载影响) 技术提供了性能最好的低谐波失真电流放大器。两种技术相结合最终成功突破了原有电路形式的局限，使得音乐回放达到了一个更高的层次。

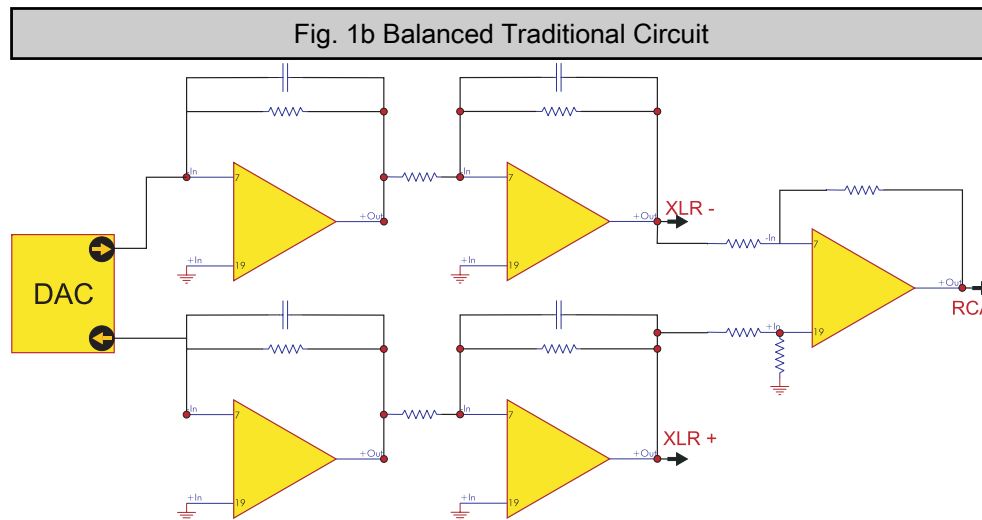
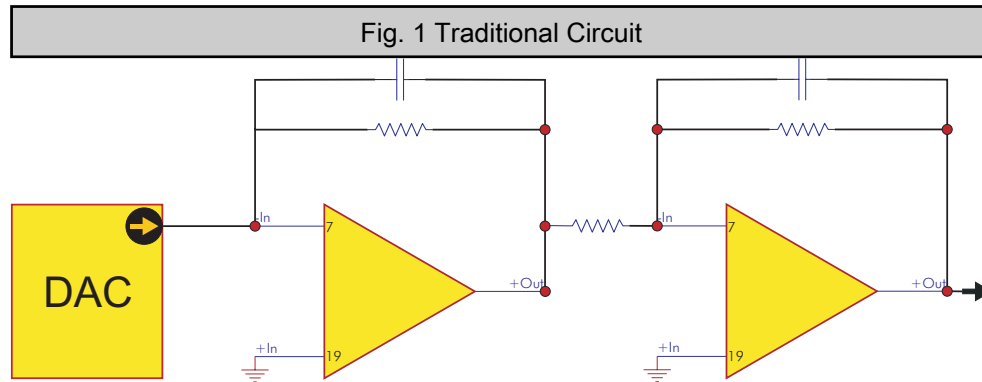
在下面的例子中，我们使用一个电流型的 DAC 输出级作为信号源。

图 1 所示的是一个简化了的传统电流输出 DAC 和模拟放大器之间的链接方式。在这里，电流到电压的转换以及第一个滤波极点都是通过环路负反馈实现的。考虑到动态特性，这是一种非常值得怀疑的方法。

简单的说，所有普通的放大器在概念上都是用一份“复制的信号”取代“原有的信号”。然而，任何的复制都是不完美的，并且随着复制次数的增加，最终得到的信号与原始的信号之间的差别也会越来越大。

在图 1 所示的电路中，DAC 的输出电流推动运放内部的电压放大器 (在一个运放中至少有 2 个级联的电压放大器)。每个电压放大器都进行一次信号的“复制”，然后由最后的电流放大器再“复制”一次。当然，所有这些“复制”的效果都非常的差，因此，最后只能通过一个大环路的负反馈来降低信号的失真，但是，这种方法并不是没有副作用的。

由于对数字音频设备滤波的要求，至少得使用 2 个运放，这就进一步增加了复制的级数。因此，一个传统的方法至少要进行 6 次复制。如图 1b 所示，对于平衡信号的妥善处理要求在信号路径上增加更多的放大器。如果需要得到 XLR 输出所需的差分信号，则所需要的放大器级数甚至会超过图 1b。





当使用真正的 LEF 放大器模块(比如 CC75 或 CC80)的时候, 简化电路设计并提高音质是可以轻松完成的。得益于 LEF 的电流放大器和低谐波失真的电压放大器, 环路负反馈就不再需要了。

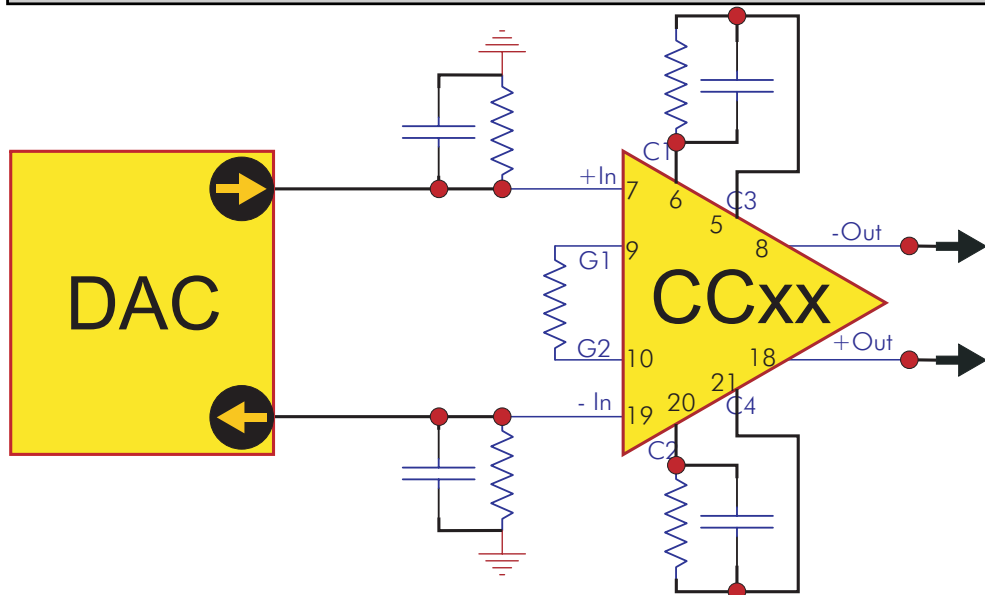
电流到电压的转换是通过被动的的方式产生的, 因此也就不会造成动态特性的恶化。传统设计中的 6 次信号“复制”在这里被仅有的 2 次“复制”取代: 一次电压放大和一次 LEF 电流放大。

同时, CCxx 模块的内部电路决定了这种模块比任何运放都更加适合用于平衡设计。一个基于运放的真平衡电路设计会进一步增加放大器的级数。

尽管这种电路相比传统电路设计已经能够大大的改善音质, 它仍然不是完美无缺的。电流到电压的转换是在 DAC 电流输出口上被动的完成的, 这导致了在 DAC 输出口上有电压的波动。这种波动会导致一部分 DAC 的谐波失真加剧。单端甲类放大器在没有环路负反馈的条件下, 噪声频谱最好也只能达到-100dB 左右。当然这已经非常的不错了。

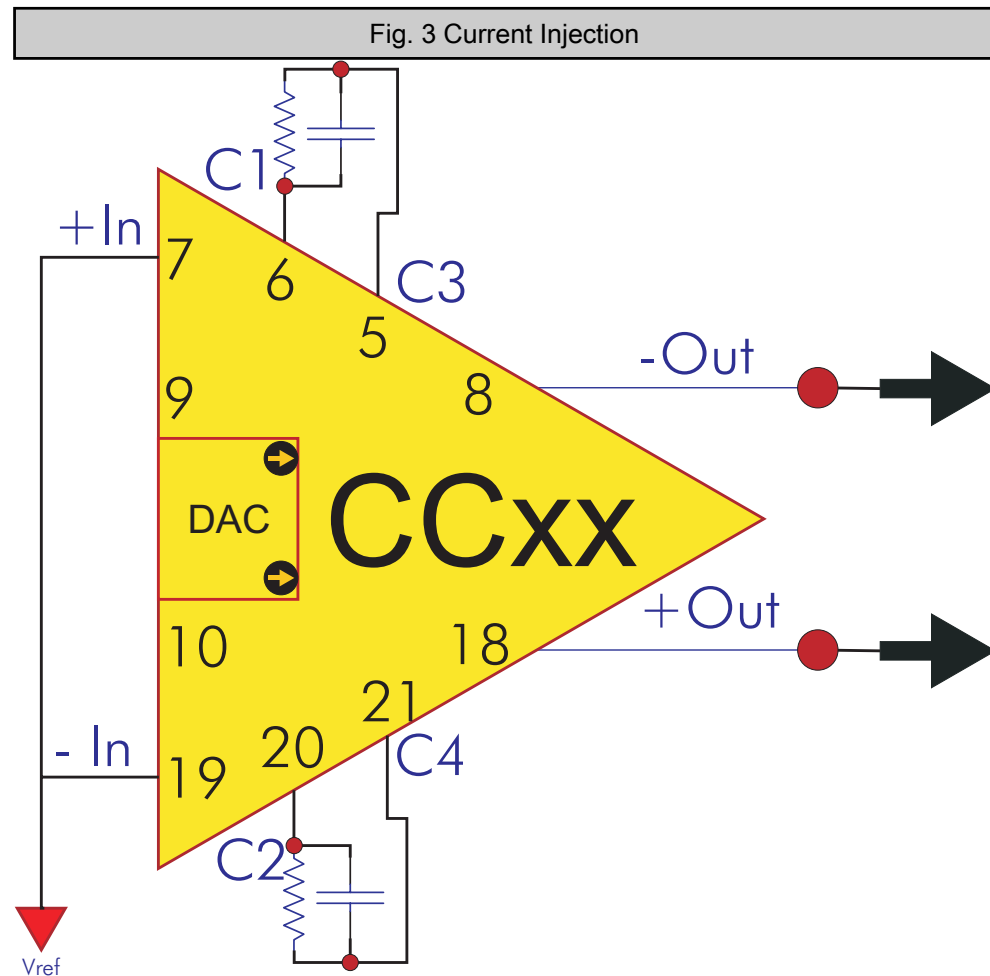
相比传统的负反馈放大器, 在 CCxx 内部的电压放大器具有更高的失真。相比高素质的运放, CCxx 模块的失真总体上要大 10 倍左右。考虑到不使用任何形式的环路负反馈, 这已经非常杰出了。

Fig. 2 Improved Circuit Using CCxx LEF Modules



CURRENT INJECTION

THE SHORTEST SIGNAL PATH EVER



为了能够在图 2 的基础上作进一步的改善,也就是更好的保留原有的音乐信号和将测试指标提高到无须争辩的高度,原有的分立功能模块 (DAC、电压放大器、电流放大器...) 的想法必须让位给集成的想法。其结果就是结合 LEF 的电流注入 (Current Injection), 下面简称 CI。

图 3 是简化的 CI 方案的原理图

图中将 DAC (数字/模拟转换器) 画在 CCxx 模块内部表示了这些功能模块的互相结合。现在, DAC 已经是放大器的一部分而不再是它的输入。电压放大器从此不再存在。最终的输出电压直接由 DAC 的输出电流产生,因此没有任何的“复制”。CI 消除了输入噪声和几乎所有由电压放大器所产生的失真。

“无法测量”的指标如动态特性等等在 CI 方案中也是无可比拟的。

最后 LEF 电流放大器为信号提供了唯一的一次“复制”。LEF 电路在这里提供了优异的性能。

与此同时 图 2 中 DAC 输出端的电压波动在 CI 方案中也不再存在了,因此 DAC 芯片能够发挥完全的功效。

没有环路负反馈,没有一大堆电压放大器,只有单端甲类放大器的性能和最好的平衡信号处理,CI 在指标上完全达到了最好运放的水准。然而,CI/LEF 的组合在一切音乐信号领域完全的胜出。与传统的基于环路负反馈的方案不同,基于 CI/LEF 的方案无论在静态 (如正弦波测试) 或是动态 (音乐信号) 条件下的表现都是无与伦比的。