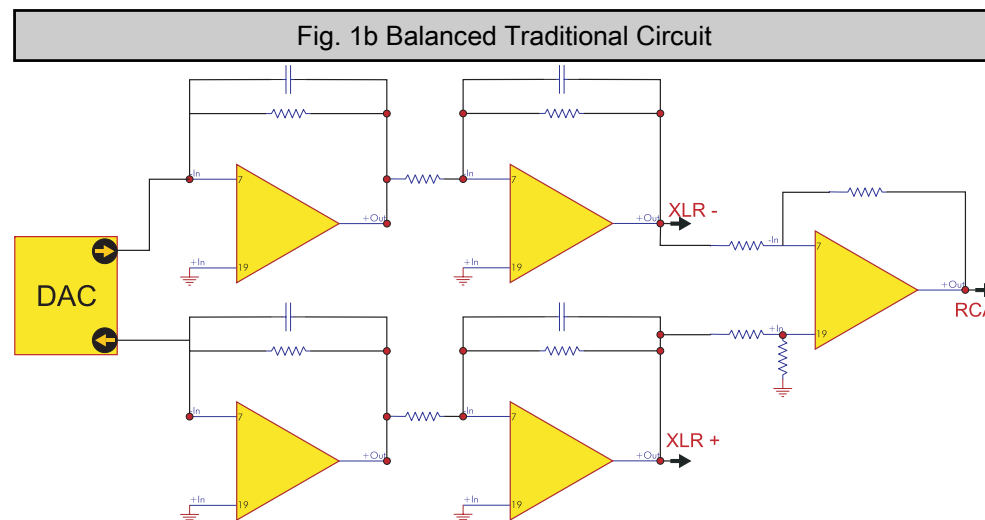
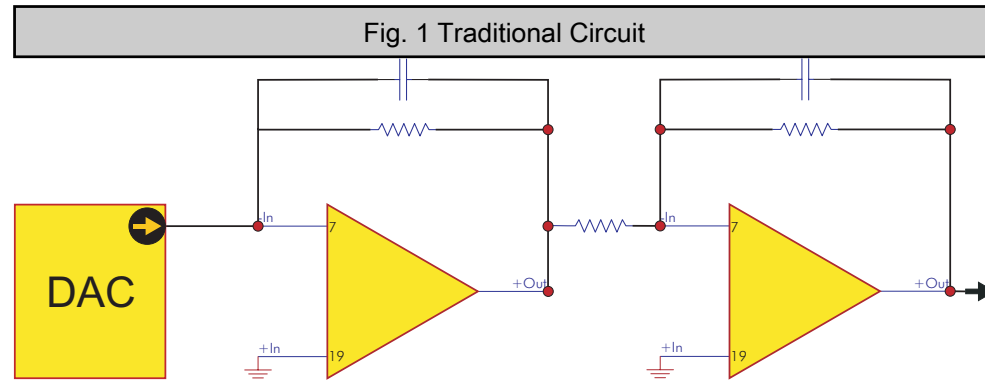


CURRENT INJECTION

THE SHORTEST SIGNAL PATH EVER



Current Injection - Strom-Einspritzung - ist eine Methode der radikalen Signalweg-Verkürzung, die Klangqualität und Messergebnisse deutlich verbessert.

Die Einfachheit der Strom-Einspritzung erfordert einen Verstärker ohne Überalles-Gegenkopplung.

Während die Stromeinspritzung den Spannungsverstärker ersetzt, garantiert LEF die bestmögliche Qualität eines Stromverstärkers mit niedrigsten Verzerrungen.

Beide Technologien ergänzen einander und überwinden die Grenzen traditioneller Schaltungen, um einen höheren Standard der Musik-Wiedergabe zu erreichen.

Dieser Artikel soll zum Verständnis der Grundidee der Strom-Einspritzung beitragen.

Als Beispiel wird hier die Ausgangsstufe eines Digital-Analog-Wandlers beschrieben.

Bild 1 zeigt eine vereinfachte herkömmliche Ankopplung eines D/A-Wandlers mit Strom-Ausgang an eine analoge Ausgangsstufe.

Sowohl die Strom/Spannungs-Umwandlung als auch der erste Pol des Filters geschieht innerhalb der Gegenkopplung, eine fragwürdige Konstruktion unter dem Blickwinkel der dynamischen Signalverarbeitung. Grundsätzlich sollte verstanden werden, dass jedes normale Verstärkerkonzept das Original-Signal durch eine „Kopie“ ersetzt. Keine Kopie ist so gut wie das Original, und je öfter das Signal kopiert wird, desto stärker weicht es vom Original ab.

Das Eingangssignal bewegt die Spannungsverstärker-Stufen in dem Operations-Verstärker (mindestens zwei Spannungsverstärker-Stufen in einem Operations-Verstärker). Jede Stufe liefert eine „Kopie“ ihres Eingangssignals und zum Schluss erzeugt die Strom-Ausgangs-Pufferstufe eine weitere „Kopie“. Da jede dieser Kopien alles andere als perfekt ist, wird eine Überalles-Gegenkopplung verwendet, um die Signal-Verschlechterung zu reduzieren, eine Methode, die nicht frei ist von unerwünschten Nebenwirkungen.

Wegen der erforderlichen Filterung digitaler Audio-Geräte werden mindestens zwei Operations-Verstärker benötigt, was weitere Kopien bedeutet. So erfordert eine solche übliche Lösung mindestens sechs Kopien. Eine entsprechende Umsetzung für einen D/A-Wandler-Chip mit symmetrischem Ausgang wie in Bild 1b erhöht die Anzahl der Verstärkerstufen im Signalweg weiter. Bei einem D/A-Wandler mit symmetrischem XLR-Ausgang erhöht sich die Anzahl der Stufen noch über das in Bild 1b gezeigte Ausmaß hinaus.

CURRENT INJECTION

THE SHORTEST SIGNAL PATH EVER



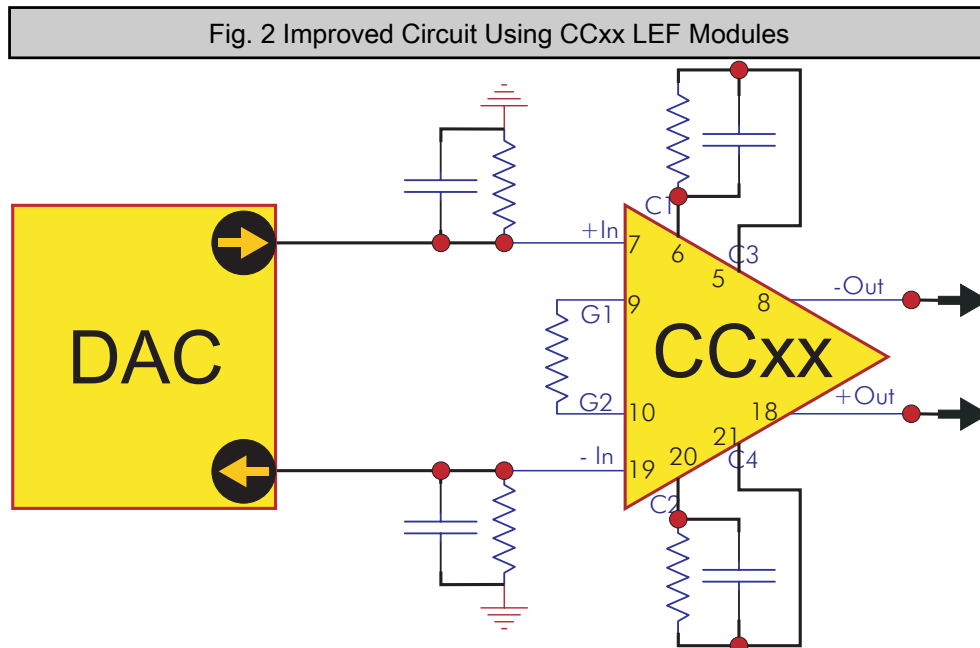
Sowohl Schaltungsvereinfachung wie auch eine deutliche Steigerung der Klangqualität lässt sich mit den Original-CCxx-LEF-Verstärker-Modulen (z. B. CC75 oder CC80) leicht erreichen. Wegen der LEF-Ausgangsstufe und einem Spannungsverstärker mit sehr geringen Verzerrungen ist keine Überalles-Gegenkopplung mehr nötig. Bild 2 zeigt eine entsprechende Schaltung.

Die Strom-/Spannungs-Umwandlung erfolgt passiv ohne dynamische Klangqualitäts-Verluste. Sechs „Signalkopien“ des üblichen Designs werden durch nur zwei „Kopien“ ersetzt - nur eine Spannungsverstärkerstufe und ein LEF Stromtreiber.

Außerdem passt die grundlegende Schaltung der CCxx-Module sehr viel besser zu symmetrischen Schaltungen als jeder Operations-Verstärker. Die meisten Anwendungen hoher Qualität erfordern symmetrische Schaltungen, die mit Operations-Verstärkern die Anzahl der Verstärker-Stufen weiter erhöhen würde.

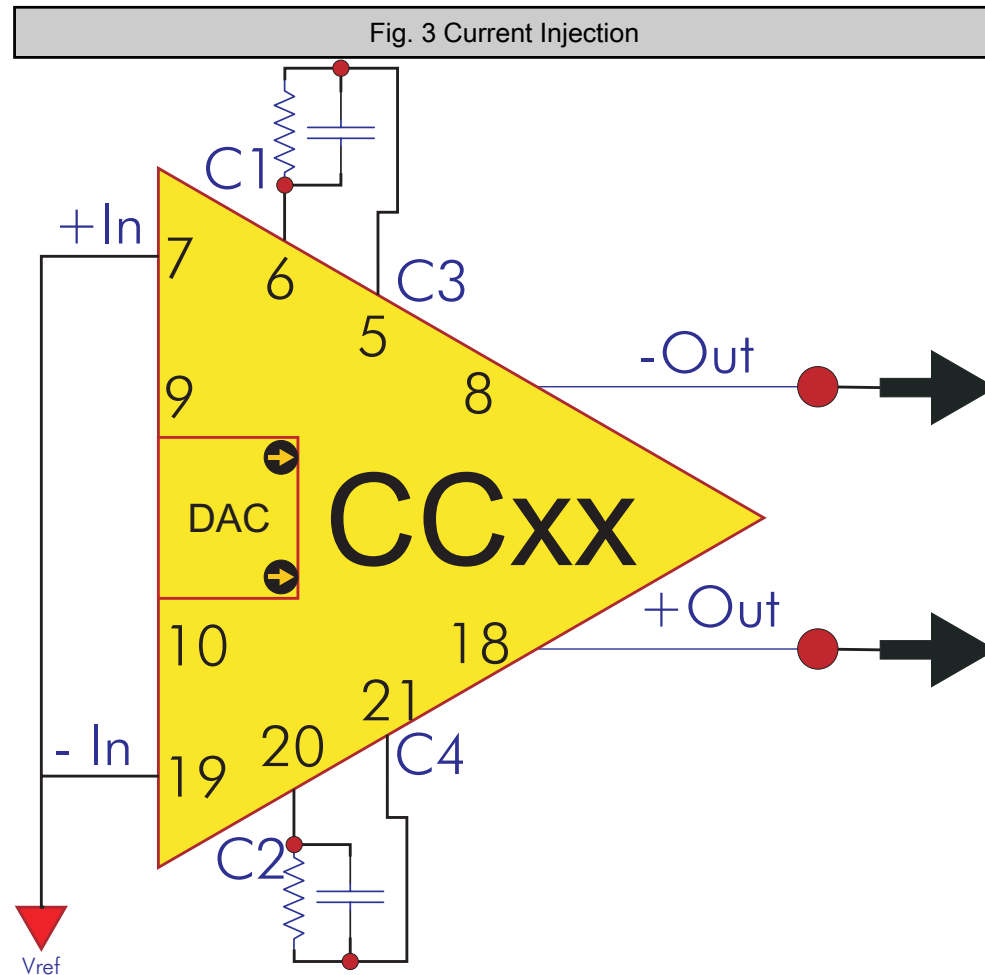
Auch wenn diese Schaltung die Klangqualität gegenüber althergebrachten Schaltungen schon erheblich steigert, ist sie trotzdem noch nicht perfekt. Die passive Strom-/Spannungs-Umsetzung verursacht einen Spannungshub am D/A-Wandler-Ausgang. Einige D/A-Wandler erzeugen dadurch höhere Verzerrungen. Der Rauschabstand einer Eintakt-Class-A-Stufe ohne jede Überalles-Gegenkopplung ist auf etwa 100 dB begrenzt, was allerdings auch schon ganz gut ist.

Der Spannungsverstärker in den CCxx-Modulen erzeugt eine etwas höhere Verzerrung als traditionelle Verstärker mit Überalles-Gegenkopplung. Der Gesamtverzerrungspegel ist etwa zehn mal höher als bei Qualitäts-Operations-Verstärkern. Wenn man bedenkt, dass dieses Resultat ohne jede Überalles-Gegenkopplung erreicht wurde, ist es dennoch hervorragend.



CURRENT INJECTION

THE SHORTEST SIGNAL PATH EVER



Um eine deutlich bessere Lösung zu erreichen als in Bild 2, die das Original-Musik-Signal erhält und Messergebnisse außerhalb jeder Diskussion liefert, ist es erforderlich, das traditionelle Denken in separaten Funktionsblöcken (DAC, Spannungs-Verstärker, Strom-Verstärker...) durch integratives Denken zu ersetzen. Das Resultat ist eine Kombination aus Current Injection (Stromeinspritzung) und LEF.

Bild 3 zeigt eine vereinfachte Current-Injection-Lösung.

Der DAC (Digital-Analog-Wandler) ist innerhalb der CCxx-Module eingezeichnet, um die Verschmelzung dieser Funktionsgruppen zu symbolisieren. Der DAC ist ein integrierter Teil der Verstärker-Schaltung und deshalb gibt es keinen Verstärker-Eingang. Ein Spannungsverstärker existiert nicht mehr. Die Ausgangs-Spannung wird vom Originalstrom des DAC generiert und ist somit keine Kopie. Current Injection vermeidet Eingangs-Rauschen in fast alle Verzerrungen, die ein Spannungs-Verstärker verursacht..

„Nicht-messbare“ Daten wie dynamische Wiedergabe sind ebenfalls unschlagbar bei der Current-Injection-Lösung.

Letztendlich gibt es nur den LEF-Strom-Puffer im Ausgang, der die einzige Kopie des Original-Musik-Signals liefert. Diese LEF-Schaltung sichert eine überragende Qualität.

Es gibt auch keinen Spannungshub am DAC-Ausgang. Deshalb arbeitet der DAC unter idealen Bedingungen und kann seine bestmögliche Wiedergabe-Qualität zeigen.

Ohne jede Gegenkopplung, ohne Ansammlung von vielen Verstärkerstufen, mit Single-Ended-Class-A-Qualität und mit bestmöglicher Verarbeitung symmetrischer Signale erreicht Current Injection Rauschabstände und Verzerrungswerte auf dem Niveau der besten Operations-Verstärker-Lösungen. Davon abgesehen übertrifft die Current-Injection / LEF-Lösung jede traditionelle Schaltung in allen musikalischen Aspekten deutlich. Anders als bei traditionelle Schaltungen gibt es bei der nicht gegengekoppelten Current-Injection / LEF-Lösung keine Unterschiede zwischen statischer (z. B. Sinus-Messungen) und dynamischer (Musik) Qualität.