

## Low-Power-Operationsverstärker in stromsparenden Filtern und Kopfhörertreibern

Design Note 563

Aaron Schultz

### Einführung

Eine neue Familie von Operationsverstärkern bietet ein branchenführendes Verhältnis zwischen Geschwindigkeit und Stromaufnahme. Die Bausteine **LTC6261** (Single), **LTC6262** (Dual) und **LTC6263** (Quad) kommen auf 30 MHz bei einer Stromaufnahme von nur 240  $\mu\text{A}$ , zeichnen sich durch eine maximale Offsetspannung von 400  $\mu\text{V}$  aus und bieten Rail-to-Rail-Ein- und Ausgänge. Mit ihrem Versorgungsspannungsbereich von 1,8 V bis 5,25 V eignen sich diese Operationsverstärker für Anwendungen, die nach kompromissloser Performance im Verbund mit geringer Stromaufnahme und niedriger Versorgungsspannung verlangen.

### Verstärker mit differenziellem Ausgang in Bridge-Tied-Konfiguration

Die niedrige Stromaufnahme bei der gebotenen Bandbreite und die ausgezeichneten Rauscheigenschaften ermöglichen die Implementierung portabler Audio-Produkte, die bei einem Bruchteil der sonst üblichen Leistungsaufnahme durch hervorragende Wiedergabetreue überzeugen. Angesichts der einzigartigen Fähigkeiten des LTC6261 lohnt es sich, einen frischen Blick auf das Design von aktiven Filtern und Kopfhörerverstärkern zu werfen. Kopfhörerverstärker weisen Impedanzen zwischen 32  $\Omega$  und 300  $\Omega$  auf sowie eine Ansprechempfindlichkeit von 80 bis 100 dB SPL (SPL = Sound Pressure Level = Schalldruckpegel) pro Milliwatt

(mW) und mehr. Nimmt man als Beispiel einen Kopfhörerverstärker mit 90 dB SPL pro mW, so ist zum Erreichen von 110 dB SPL eine Leistung von 100 mW erforderlich. Bei einer Impedanz von 32  $\Omega$  ergibt sich ein RMS-Strom von 56 mA und eine Spannung von 1,8 V, während es bei 120  $\Omega$  29 mA und 3,5 V sind.

Legt man eine Versorgungsspannung von 3,3 V und den Ausgang eines Verstärkers vom Typ LTC6261 zugrunde, so reicht die gebotene Treiberleistung unter Umständen nicht aus, um 100 mW zu erreichen. Zwei um 180° phasenversetzt betriebene Verstärker dagegen können die notwendige Treiberleistung aufbringen, um eine Leistung von über 100 mW abzugeben. Dupliziert man diesen Bridge-Tied-Treiber, so lassen sich der linke und der rechte Kanal versorgen.

Der LTC6263 vereint vier Verstärker in einem Gehäuse. Die Daten eines aus zwei Verstärkern bestehenden LTC6262, mit dem entweder der rechte oder der linke Kanal angesteuert werden kann, sind in den Bildern 2 und 3 wiedergegeben. Die Grund-Stromaufnahme der beiden Verstärker mit 1 VP-P am Eingang, aber ohne Last, beträgt 500  $\mu\text{A}$ .

Die Schaltung besteht aus einer invertierenden Verstärkerstufe

LT, LTC, LTM, Linear Technology and the Linear logo are registered trademarks of Analog Devices, Inc. All other trademarks are the property of their respective owners.

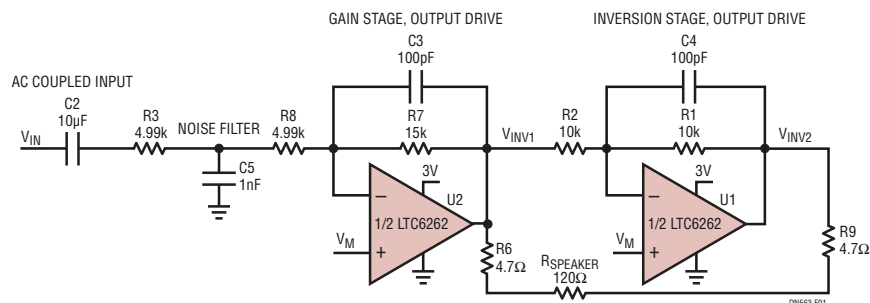
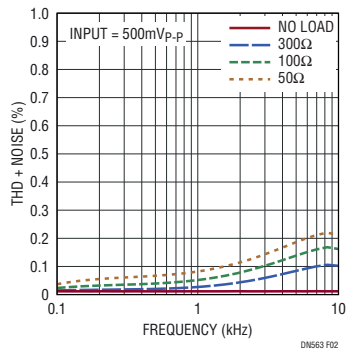
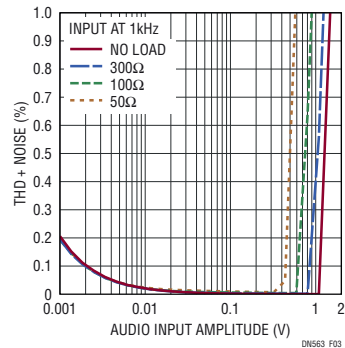


Bild 1: Kopfhörertreiber in Bridge-Tied-Konfiguration



**Bild 2: THD und Rauschen des Bridge-Tied-Treibers LTC6262 bei verschiedenen Lasten als Funktion der Frequenz**



**Bild 3: THD und Rauschen des Bridge-Tied-Treibers LTC6262 bei 1 kHz und verschiedenen Lasten als Funktion der Amplitude**

mit einer geschlossenen Schleifenverstärkung von 1,5 und einer weiteren invertierenden Stufe. Beide invertierenden Stufen gemeinsam bewirken eine Verstärkung von 3 zwischen dem massebezogenen Eingang und dem differentiellen Ausgang.

Bei 500 mV-P am Eingang liegen am Ausgang 1,5 VP-P oder 0,75 V max. bzw. 0,53 VRMS. Bei 50 Ω führen 500 mV am Eingang zu einer Leistungsabgabe von rund 5,6 mW. Bei 1 VP-P am Eingang liefert die Schaltung bereits 22,5 mW. Hilfreich ist hier der Rail-to-Rail-Ausgang des LTC6261.

Beim ersten Laboraufbau dieser Schaltung entstand ein starker Ton mit einer Frequenz von einigen hundert Kilohertz. Wie sich herausstellte, war der positive Eingang nicht einwandfrei als ‚AC-Masse‘ über alle Frequenzen hinweg mit Masse verbunden, da die Spannung nicht fest verankert war. Die Notwendigkeit zum Festlegen der Spannung entsteht, wenn anstelle einer bipolaren Versorgungsspannung eine unipolare verwendet wird. In diesem Fall nämlich liegt VM nicht auf Massepotenzial, sondern weist eine zwischen den beiden anderen liegende Spannung auf, die eine einwandfreie Funktion der invertierenden Topologien ermöglichen soll. Der Widerstandsteiler zur Erzeugung von VM weist hohe Widerstandswerte auf (z. B. zweimal 470 kΩ in Serie), um die Zunahme der Stromaufnahme zu minimieren. Ein großer Kondensator gewährleistet eine wirkungsvolle Masseverbindung bei niedrigen Frequenzen. Tatsächlich sorgte das Hinzufügen eines großen Kondensators von 1 µF, der zusammen mit den 470-kΩ-Widerständen eine Polstelle bildet, für die Beseitigung des mysteriösen Störtons.

Ungeachtet der geringen Stromaufnahme steuert dieser Treiber einen angeschlossenen Kopfhörer mit geringer Verzerrung an. Bei genügend hoher Amplitude allerdings nehmen die Verzerrungen dramatisch zu, weil das Ausgangssignal des Operationsverstärkers gekappt wird. Dieses Phänomen tritt mit zunehmender Last immer früher auf, da die Stromverstärkung der Ausgangstransistoren dann nicht mehr ausreicht.

Ein wichtiges Kriterium bei tragbaren Geräten ist die Stromentnahme aus der Batterie, die je nach der Lautstärke und dem Musikgeschmack des Zuhörers unterschiedlich stark ist. Wie ein Gerät letztendlich eingesetzt wird, liegt außerhalb der Kontrolle des Designers. Anders ist es mit der Ruhestromaufnahme. Da sich das Gerät möglicherweise zu einem Großteil der Zeit im Leerlaufstatus befindet, fällt die Ruhestromaufnahme durchaus ins Gewicht, da das System der Batterie ständig einen Strom entnimmt. Die niedrige Ruhestromaufnahme des LTC6261 sorgt somit dafür, dass die Batterie länger hält.

#### Fazit

Die hier gezeigten Anwendungen profitieren von der einzigartigen Feature-Kombination der Operationsverstärkerfamilie LTC6261. Die geringe Ruhestromaufnahme dieser Bauelemente geht nicht zulasten ihrer Leistungsfähigkeit in Regionen, die sonst Bauelementen mit mehr Strombedarf vorbehalten sind. Die Rail-to-Rail-Ein- und Ausgänge, die Shutdown-Funktion und die Auswahl unter verschiedenen Gehäusen kommen der Vielseitigkeit der Familie zusätzlich zugute.

Data Sheet Download

[www.linear.com/LTC6261](http://www.linear.com/LTC6261)

Bei technischen Fragen,  
Telefon +49 89 96 24 55 0