

Leitfaden: Verstärkungsfehler bei Operationsverstärkern

BONNIE C. BAKER *

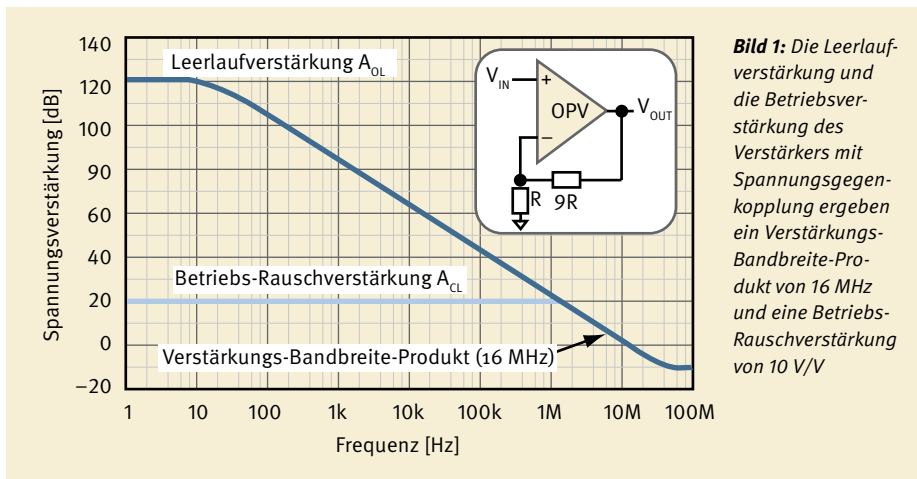


Bild 1: Die Leerlaufverstärkung und die Betriebsverstärkung des Verstärkers mit Spannungsgegenkopplung ergeben ein Verstärkungs-Bandbreite-Produkt von 16 MHz und eine Betriebs-Rauschverstärkung von 10 V/V

eines Operationsverstärkers, der gerade genug Bandbreite für diese Schaltung hat – wie man annehmen könnte. Der Verstärker hat ein Verstärkungs-Bandbreite-Produkt (GBWP) von 16 MHz.

Betrachtet man das Diagramm in Bild 1, scheint der Operationsverstärker bis 1 MHz eine Verstärkung von 10 V/V (= 20 dB) zu haben. Darauf wollen wir einmal einen genaueren Blick werfen. Anhand der Leerlaufverstärkungskurve lässt sich die Verstärkung bei der Signalbandbreite (SBW) gemäß Gleichung 1 berechnen.

$$A_{VOL-SBW} = \frac{GBWP}{SBW}$$

In unserem Fall ist die Leerlaufverstärkung (A_{OL-SBW}) des Operationsverstärkers bei 1 MHz gleich 16 V/V. Allerdings ist der Verstärkungsfehler in dieser Schaltung gleich $NG / (A_{OL-SBW} + NG)$. In unserem Beispiel liegt der Verstärkungsfehler bei 1 MHz bei 0,385, das heißt, der Verstärkungsfehler beträgt 38,5 %!

Wenn man bei dieser Schaltung einen Verstärkungsfehler des Verstärkers von 0,05 in Kauf zu nehmen bereit ist und sich klar macht, dass das Verstärkungs-Bandbreite-Produkt (GBWP) infolge von Fertigungstoleranzen und Temperaturschwankungen um bis zu 30% variieren kann, benötigt man einen Verstärker mit einem GBWP von 247 MHz. Die Näherungsformel für diesen Teil der Produktauswahl ist in Gleichung 2 angegeben.

$$GBWP_{opt} = 1,30 \times \frac{NG \times SBW \times (1 - error)}{error}$$

Die Formel aus Gleichung 2 sollte man bei der Auswahl des Verstärkers für die geplante Schaltung immer zuerst heranziehen. Nach Ermitteln der Bandbreite des Verstärkers kann man sich dann näher mit den anderen für die Anwendung wichtigen Eigenschaften des Verstärkers wie z.B. seinen Offset- oder Rauschgrößen befassen. // KR

Texas Instruments +49(0) 8161 803311
InfoClick 2561832

Wer vor der Aufgabe steht, für eine geplante Schaltung den richtigen Operationsverstärker auszuwählen, muss zunächst einmal bestimmen, wie groß die Bandbreite der Signale ist, die der Verstärker im System zu übertragen hat. Ist dies geklärt, kann man sich auf die Suche nach dem richtigen Operationsverstärker geben.

Die High-Speed-Experten warnen dabei häufig davor, Analogbausteine einzusetzen, die für die vorgesehene Anwendung zu schnell sind. Dementsprechend versucht man es zuerst einmal mit einem Verstärker, dessen Grenzfrequenz knapp über der Maximalfrequenz des zu verarbeitenden Signals liegt.

Das mag zunächst als gutes Rezept zur Produktauswahl erscheinen, kann sich aber negativ auf die Schaltung auswirken. Im Labor könnte sich nämlich herausstellen, dass beim Einspeisen eines Sinussignals mit der maximalen Frequenz der Anwendung in den Eingang des Systems das Verstärkerausgangssignal keineswegs den erwarteten vollen Analogbereich durchläuft. Die Signalverstärkung ist weitaus geringer als erwartet. Dabei ist die Anstiegsrate des Verstärkers

jedoch mehr als ausreichend, und der Verstärkerausgang wird auch nicht bis in die Betriebsspannungsgrenzen gesteuert. Was ist da also falsch gelaufen?

An der Dimensionierung der Widerstandswerte wird es sicher nicht liegen. Es gibt jedoch beim Einsatz eines Verstärkers in einem Verstärkerblock ein paar Tatsachen, die man wissen und berücksichtigen sollte, bevor man sich für einen bestimmten Verstärkertypen entscheidet.

Zum Beispiel: Wie groß ist die maximale Signalbandbreite (Signal Bandwidth, SBW)? Wie groß ist die Betriebs-Rauschverstärkung (Noise Gain, NG) des Operationsverstärkers und auf welches Verstärkungs-Bandbreite-Produkt (Gain-Bandwidth Product, GBWP) bringt er es?

Zu beantworten ist auch die Frage, welchen Verstärkungsfehler man zu tolerieren bereit ist. Die Rauschverstärkung ist die Verstärkung, um welche das Signal einer kleinen Spannungsquelle, die in Serie zum nichtinvertierenden Operationsverstärker-Eingang liegt, verstärkt würde.

Arbeiten wir dieses Problem einmal anhand eines Beispiels durch. Beginnen wir dazu mit einer Signalbandbreite (SBW) von 1 MHz und der Rauschverstärkung ($NG = 1 + 9 R/R$) des Operationsverstärkers in Bild 1, die 10 V/V beträgt. Die Grafik zeigt außerdem den Frequenzgang der Leerlaufverstärkung

* Bonnie C. Baker
... ist Senior Applications Engineer bei Texas Instruments in Tuscon/USA.