

## Problemlöser - multiplizierender DA-Wandler



Die meisten DA-Wandler werden mit einer festen, positiven Referenzspannung betrieben und geben eine Spannung oder einen Strom aus, der proportional zum Produkt der Referenzspannung und einem eingestellten, digitalem Wert ist. Etwas anders liegt der Fall bei den sogenannten multiplizierenden DA-Wandlern. Hier darf die Referenzspannung variieren, oft im Bereich von  $\pm 10$  V. Der analoge Ausgang kann also über die Referenzspannung

und den digitalen Wert beeinflusst werden, in beiden Fällen dynamisch.

### Anwendungen

Durch entsprechende Beschaltung kann der Baustein ein Signal ausgeben, das zur Referenz verstärkt, gedämpft oder invertiert ist. Dadurch ergeben sich Anwendungen im Bereich von Signalform-Generatoren, programmierbaren Filtern, PGA (programmierbare Verstärker, engl.: programmable Gain Amplifier)

und vielen anderen Anwendungen, bei denen Offset oder Verstärkung eingestellt werden müssen.

In Bild 1 ist ein multiplizierender 14bit DA-Wandler AD5453 mit nachfolgendem Verstärker gezeigt, der ein Signal, je nach programmiertem Wert des DA-Wandlers, verstärken oder abschwächen kann.

### Berechnung der Schaltung

Die Ausgangsspannung  $V_{out}$  der Schaltung wird wie folgt berechnet:

$$V_{OUT} = -Gain \times V_{IN} \times \frac{D}{2^n}$$

Neben der Verstärkung (engl. Gain) und dem eingestellten Wert D des DA-Wandlers wird die Ausgangsspannung durch die Versorgung des Operationsverstärkers beeinflusst, bzw. begrenzt. Im gezeigten Fall sollte der Verstärker ADA4637-1 bei einer Versorgung von  $\pm 15$  V maximal bis zu  $\pm 12$  V ausgeben, um ihm einen genügend großen Regelbereich zu lassen. Die Verstärkung wird über die Widerstände R2 und R3 bestimmt:

$$Gain = \frac{R_2 + R_3}{R_2}$$

Alle Widerstände (R1 bis R3) sollten den gleichen Temperaturkoeffizienten haben. Er muss jedoch nicht gleich dem Temperaturkoeffizienten der internen Widerstände des DA-Wandlers sein. Der Widerstand R1 dient dazu, den internen Wider-

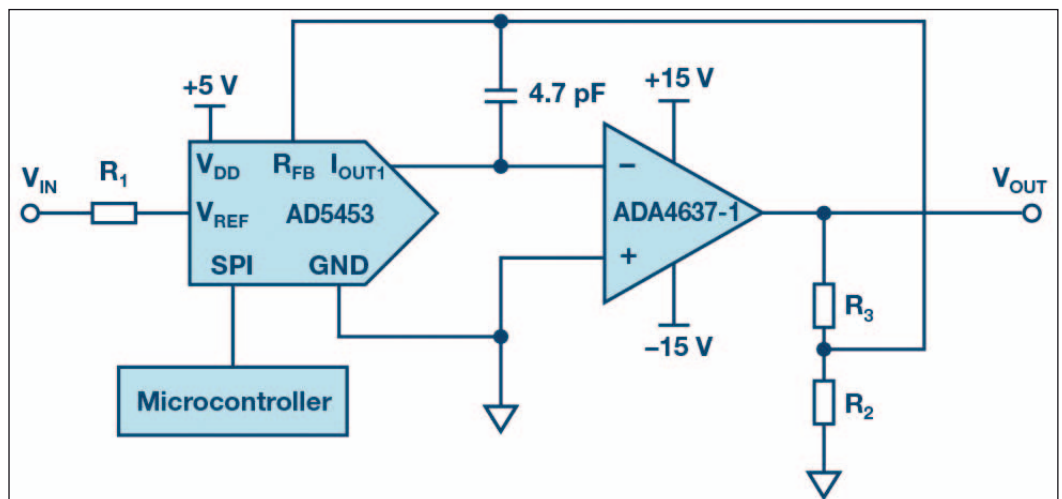


Bild 1: Schaltung mit variabler Verstärkung (PGA)

stand RFB des DA-Wandlers an die Widerstände R2 und R3 anzupassen. Hierbei gilt:

$$R_1 + R_{FB} = R_{FB} + R_2 \parallel R_3$$

$$R_1 = R_2 \parallel R_3$$

Die Widerstände müssen so gewählt werden, dass sich der Operationsverstärker bei maximaler Eingangsspannung (der DA-Wandler verträgt  $\pm 10$  V an  $V_{REF}$ ) noch in seinem Arbeitsbereich befindet. Weiterhin ist zu beachten, dass der Eingangsstrom (engl. Input Bias Current IBias) des Verstärkers mit dem Widerstand  $R_{FB} + R_2 \parallel R_3$  multipliziert wird, was einen wesentlichen Effekt auf die Offset Spannung hat. Aus diesem Grund wurde der Operationsverstärker ADA4637-1 gewählt,

der sehr geringen Eingangsstrom und eine sehr geringe Eingangs-Offset-Spannung im Datenblatt angeben hat. Um Instabilitäten in der geschlossenen Regelung oder sogenanntes Klingeln zu verhindern, ist der 4,7 pF Kondensator zwischen  $I_{OUT}$  und  $R_{FB}$  eingefügt, was besonders bei schnellen Verstärkern zu empfehlen ist.

Wie oben schon erwähnt, wird die Offset Spannung des Verstärkers mit der Verstärkung der geschlossenen Regelschleife multipliziert. Ändert sich die Verstärkung, die mit den externen Widerständen eingestellt ist, um einen Wert, der einem digitalen Schritt entspricht, wird dieser auf den gewünschten Wert aufaddiert, was einen differentiellen Linearitätsfehler erzeugt. Ist dieser groß genug, kann es zu

einem nicht monotonen Verhalten des DA-Wandlers führen. Um diesen Effekt möglichst nicht entstehen zu lassen, muss ein Verstärker mit geringer Offset Spannung und kleinem Eingangsstrom gewählt werden.

## Vorteile gegenüber anderen Schaltungen

Im Prinzip können auch Standard DA-Wandler genutzt werden, wenn Sie eine externe Referenz zulassen, jedoch gibt es ein paar wesentliche Unterschiede zu den multiplizierenden Wandlern. Standard-Wandler können am Referenz Eingang nur unipolare Spannungen mit einer begrenzten Amplitude verarbeiten. Neben der begrenzten Amplitude ist auch die Bandbreite des Referenzeinganges sehr eingeschränkt. Hierzu

findet man den Wert „Multiplying Bandwith“ im Datenblatt. Bei dem 16bit DA-Wandler AD5664 ist diese beispielsweise mit 340 kHz angegeben. Die multiplizierenden Wandler kommen mit bipolaren Spannungen am Referenzeingang zurecht, die vom Wert her auch über der Versorgungsspannung liegen können. Und die Bandbreite liegt deutlich höher, beim AD5453 ist diese mit typisch 12 MHz angegeben.

## Fazit

Multiplizierende DA-Wandler sind nicht so verbreitet, bieten jedoch vielfältige Möglichkeiten. Neben dem selbst gebauten PGA mit hoher Bandbreite, sind sie auch für mobile Anwendungen sehr gut geeignet, da der Leistungsbedarf unter 50  $\mu$ W liegt. ◀