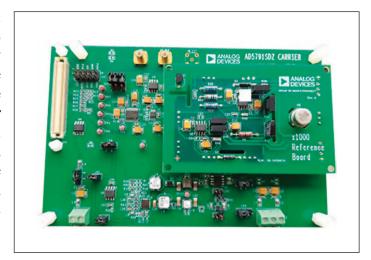
# Hochgenaue Spannungsquelle

Wie sich mit Produkten von Analog Devices und Linear Technology eine höchst genaue programmierbare Spannungsquelle für viele Anwendungen aufbauen lässt, erläutert der folgende Beitrag von Michael Lynch.

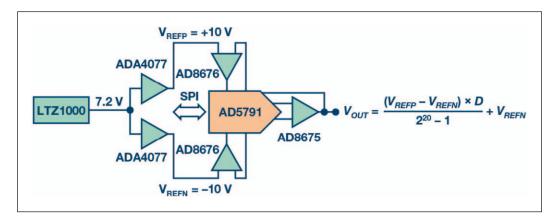


#### Das Evaluierungsboard EVAL-AD5791SDZ mit LTZ1000-Referenzboard

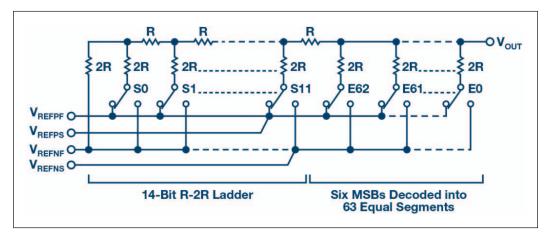
Der D/A-Wandler AD5791 kann zusammen mit den Bauteilen LTZ1000, ADA4077 und AD8675/AD8676 zur Entwicklung einer programmierbaren Spannungsquelle verwendet werden, die eine Auflösung von 1ppm mit 1ppm INL und einer Langzeitdrift von besser 1ppm FSR erreicht.

# Vielseitige und neue Anwendungen

Mit dieser leistungsstarken Kombination lassen sich Systeme realisieren, die Radiologen gestochen scharfe Bilder mit hoher Auflösung und hohem Kontrast liefern und ihnen so Einblicke in kleinere anatomische Strukturen ermöglichen. Man stelle sich vor, was dies für die Kernspintomografie bedeutet. Verbesserte Bilder von Organen und Gewebe ermöglichen Medizinern, Herzprobleme, Tumore, Zysten und Anomalien in unterschiedlichen Bereichen des menschlichen Körpers mit hoher Genauigkeit zu erkennen. Dies ist nur eine von vielen Anwendungen für diese programmierbare Spannungsquelle. Weitere Applikationen, die eine Genauigkeit von 1ppm verlangen, sind in folgenden Bereichen angesiedelt:

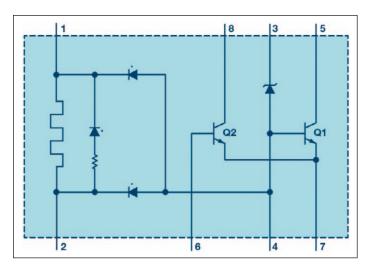


### Programmierbare Spannungsquelle



Analog Devices, www.analog.com

AD5791-DAC-Leiterstruktur



Vereinfachte Blockschaltung der Referenz LTZ1000

#### Wissenschaft, Medizin, Luftfahrt und Messtechnik

- bildgebende Systeme f
  ür die Medizin
- Laserstrahl-Positioniervorrichtungen
- Vibrationssysteme

#### **Test- und Messtechnik**

- ATE
- Massenspektrometrie
- Source Measure Units (SMU)
- Datenerfassung/Analysatoren

### Industrieautomatisierung

- Halbleiterfertigung
- Prozessautomatisierung
- Stromversorgungssteuerung
- weiterentwickelte Robotik

Bei Test- und Messsystemen verbessert die Auflösung und Genauigkeit von 1ppm die Genauigkeit und Granularität des Testequipments insgesamt, was zu feinerer Steuerung und Anregung externer Quellen und Nano-Aktuatoren führt. In der Industrieautomatisierung liefert die Auflösung und Genauigkeit von 1ppm die Präzision, die erforderlich ist, um einen Betätiger im Nanometerbereich zu bewegen oder zu positionieren.

# Der Präzisionswandler AD5791

Beim AD5791 handelt es sich um einen 20-Bit-D/A-Wandler mit ungepuffertem Spannungsausgang und einer relativen Genauigkeit von 1ppm (1 LSB INL) sowie 1 LSB DNL (garantiert monoton). Das Bauteil weist eine Temperaturdrift von 0,05ppm/K, ein Rauschen von 0,1ppmss sowie eine Langzeitstabilität von besser 1ppm auf. Im AD5791 enthalten ist eine Präzisions-R-2R-Architektur, bei der modernste Dünnfilmwiderstände zur Anpassung zum Einsatz kommen. Der D/A-Wandler arbeitet an einer bipolaren Versorgungsspannung von bis zu 33 V und kann mit einer positiven Referenz im Bereich von 5 bis  $-2.5 \text{ V} (V_{DD})$  und einer negativen Referenz im Bereich von V<sub>ss</sub> 2,5 bis 0 V getrieben werden. Der AD5791 nutzt eine vielseitige serielle 3-Draht-Schnittstelle, die mit Taktfrequenzen bis 35 MHz arbeitet und kompatibel ist zu Standard SPI, QSPI, Microwire und DSP-Schnittstellenstandards. Angeboten wird der AD5791 im 20-poligen TSSOP.

## Die Referenz LTZ1000

Beim LTZ1000 handelt es sich um eine ultrastabile temperatursteuerbare Referenz, die 7,2 V zur Verfügung stellt und ein Rauschen von lediglich 1,2 µV Spitze-Spitze aufweist. Ferner sind eine hohe Langzeitstabilität und eine Temperaturdrift von 0,05ppm/K spezifiziert. Das Bauteil enthält eine Buried-Zener-Referenz, einen Heizwiderstand zur Temperaturstabilisierung und einen Transistor als Temperaturfühler. Externe



Langzeitstabilität eines typischen Bausteins ab Zeitpunkt Null ohne Vorkonditionierung oder Alterung

Komponenten dienen zum Einstellen der Betriebsströme sowie zur Temperaturstabilisierung der Referenz – dies sorgt für maximale Flexibilität sowie beste Langzeitstabilität und Rauschverhalten.

## **Die OPVs**

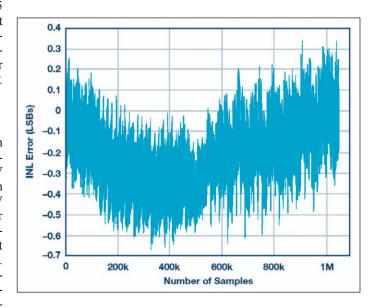
Der ADA4077 ist ein hochgenauer und rauscharmer Operationsverstärker mit einer Kombination aus extrem niedriger Offsetspannung und sehr niedrigen Eingangs-Bias-Strömen. Verglichen mit JFET-Verstärkern, sind die niedrigen Bias- und Offset-Ströme relativ unempfindlich gegenüber Umgebungstempera-

turen von bis zu 125 °C. Die Ausgänge sind stabil mit kapazitiven Lasten von über 1000 pF ohne externe Kompensation.

Die Bauteile AD8675/AD8676 sind genaue Rail-to-Rail-Operationsverstärker mit ultrageringen Werten für Offset, Drift und Spannungsrauschen, kombiniert mit sehr niedrigen Eingangs-Bias-Strömen über den vollen Betriebstemperaturbereich.

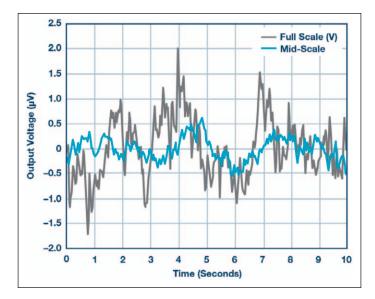
## Schaltkreisbezogene Überlegungen zum Rauschen

Niederfrequenzrauschen muss auf einem Minimum gehalten



INL-Fehler der hochgenauen Spannungsquelle bei Umgebungstemperatur

hf-praxis 1/2018 57



Spannungsrauschen in einer Bandbreite von 0,1 bis 10 Hz

werden, um eine Beeinträchtigung der DC-Leistungsfähigkeit der Schaltung zu vermeiden. Bei einer Bandbreite von 0,1 bis 10 Hz erzeugt der AD5791 ein Rauschen von etwa 0,6 µV Spitze-Spitze. Jeder ADA4077 erzeugt ein Rauschen von 0,25 µVss, während der AD8675 ein Rauschen von  $0,1~\mu V_{SS}$  und der LTZ1000 ein Rauschen von 1,2 μV<sub>SS</sub> erzeugt. Bestimmte Widerstandswerte wurden gewählt, um sicherzustellen. dass ihr Johnson-Rauschen nicht wesentlich zum Gesamtrauschen beiträgt.

# AD5791: Referenzpuffer & INL-Empfindlichkeit

Die Referenzpuffer zum Treiben der REFP- und REFN-Pins des AD5791 müssen für Verstärkungsfaktor 1 konfiguriert werden. Alle zusätzlichen Ströme, die durch einen Verstärkungseinstellwiderstand (Gain Setting Resistor) in die Mess-Pins der Referenz fließen, mindern die Genauigkeit des DACs.

Die INL des AD5791 ist nur wenig empfindlich gegenüber dem Eingangs-Bias-Strom der Verstärker, die als Referenzpuffer dienen. Deshalb wurden Verstärker mit niedrigen Eingangs-Bias-Strömen gewählt.

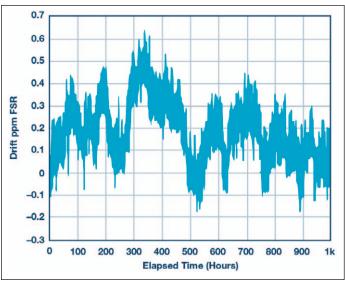
# Temperatur- und Langzeitdrift

Um einen niedrigen Temperaturdriftkoeffizienten für das Gesamtsystem beizubehalten, müssen alle gewählten Einzelbauteile eine geringe Temperaturdrift aufweisen. Der AD5791 hat einen TK von 0,05ppm FSR/K, der LTZ1000 bietet 0,05ppm/K und der ADA4077 sowie der AD8675 leisten einen Beitrag von 0,005ppm FSR/K bzw. 0,01ppm FSR/K.

Langzeitdrift ist ein weiterer wichtiger Parameter, der die Genauigkeit eines Systems erheblich begrenzen kann. Die Langzeitstabilität für den AD5791 beträgt typisch besser 0,1ppm/1000 h bei 125 °C. Eine Langzeitstabilität in der Gegend von 1 µV pro Monat lässt sich mit dem LTZ1000 erreichen.

#### Laborergebnisse

Der INL-Fehler wurde im Labor bei Umgebungstemperatur gemessen, indem der Eingangs-Code am AD5791 vom Skalennullpunkt zum Skalenendwert mit einem Code-Schritt von 5 variiert wurde. Die Spannung am Ausgang des Ausgangspuffers (AD8675) wurde bei jedem Code mit einem 8,5-Digit-DVM aufgezeichnet. Die Ergebnisse lagen deutlich innerhalb der ±1-LSB-Spezifikation.



V<sub>out</sub>-Drift (ppm FSR)

Das Rauschen beim Skalenmittelwert betrug 1,1  $\mu V_{SS}$ , beim Skalenendwert 3,7  $\mu V_{SS}$ . Der Rauschbeitrag jedes Spannungsreferenzpfads wird durch den DAC gedämpft, wenn Skalenmittelwertcode (Mid-Scale Code) gewählt wird – dadurch die kleinere Rauschzahl für Skalenmittelwert-Code.

Die System-Langzeitdrift wurde bei 25 °C gemessen. Der AD5791 wurde auf 5 V (¾ Scale) programmiert und die Ausgangsspannung alle 30 min über eine Zeit von 1000 h gemessen. Driftwerte unter 1ppm FSR wurden beobachtet.

#### Schlussbemerkung

Neben seiner einfachen Handhabung bietet der AD5791 eine garantierte Genauigkeit von 1 ppm. Allerdings ist die Wahl der richtigen Bauteile bzw. der Spannungsreferenz entscheidend, um die Präzisionsspezifikationen des AD5791 voll auszunutzen. Niedrige Werte für Rauschen, Temperaturdrift und Langzeitdrift sowie die hohe Genauigkeit der Bauteile LTZ1000, ADA4077, AD8676 und AD8675 verbessern die Spezifikationen für Systemgenauigkeit, Stabilität und Wiederholbarkeit über Temperatur und Zeit.

#### **Autor:**

Michael Lynch (michael. lynch@analog.com) ist Applikationsingenieur in der Linear and Precision Technology Group von Analog Devices.

Er hat sein B. Eng. Degree in Electronic Engineering von der University of Limerick im Jahr 2003 erhalten. Er kam 2009 zu Analog Devices und arbeitete zuvor als Implementierungsingenieur für Intel.

58 hf-praxis 1/2018