

高精密电压源

作者: Michael Lynch

共享



在今天的“组合参考电路”系列文章中，我们将介绍一款同时运用ADI/LTC产品的超高精度可编程电压源。AD5791同LTZ1000、ADA4077、AD8675/AD8676一起，可用来实现一种1 ppm分辨率、1 ppm INL、长期漂移优于1 ppm FSR的可编程电压源。这一强大组合有助于向放射科医生提供其需要的出色图像清晰度、分辨率和对比度，使他们能看见更小的解剖结构。想想将其应用于MRI（磁共振成像）会有何等重要意义。通过更清晰的器官和软组织图像，医疗专业人员将能更准确地探知心脏问题、肿瘤、囊肿和身体各部分中的异常。这只是该可编程电压源的诸多应用之一。

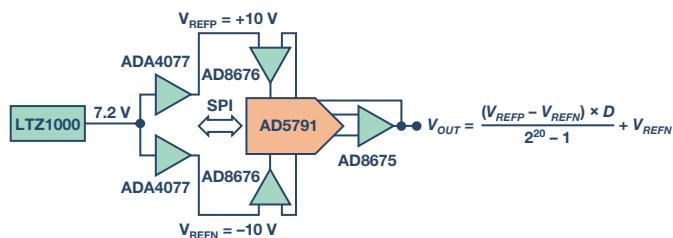


图1. 可编程电压源

其他要求1 ppm精度的应用:

科研、医疗和航空航天仪器仪表

- ▶ 医疗成像系统
- ▶ 激光定位器
- ▶ 振动系统

测试与测量

- ▶ 自动测试设备(ATE)
- ▶ 质谱测定
- ▶ 信号源测量单元(SMU)
- ▶ 数据采集/分析仪

工业自动化

- ▶ 半导体制造
- ▶ 过程自动化
- ▶ 电源控制
- ▶ 高级机器人

对于测试和测量系统，1 ppm分辨率和精度可改善测试设备的整体精度和粒度，从而更精密地控制和激励外部信号源及纳米执行器。在工业自动化中，1 ppm分辨率和精度可提供执行器移动、转向或定位所需的纳米级精度水平。

AD5791

AD5791是一款20位、无缓冲电压输出型数模转换器，具有1 ppm相对精度(1 LSB INL)和1 LSB DNL（保证单调性）。它提供引入注目的0.05 ppm/°C温度漂移、0.1 ppm p-p噪声和优于1 ppm的长期稳定性。AD5791包含一个精密R-2R结构，其利用先进的薄膜电阻匹配技术。该器件采用最高33 V的双极性电源供电，可由5 V至VDD -2.5 V的正基准电压和VSS +2.5 V至0 V的负基准电压驱动。AD5791使用多功能3线串行接口，工作时钟速率最高可达35 MHz，兼容标准SPI、QSPI™、MICROWIRE™和DSP接口标准。AD5791提供20引脚TSSOP封装。

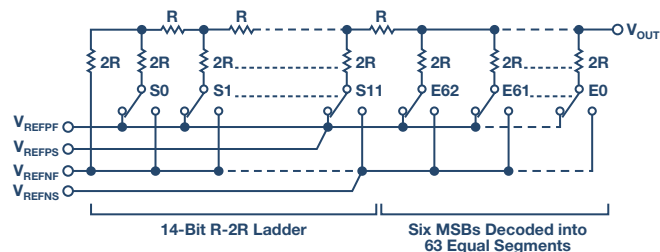


图2. AD5791 DAC梯形结构

LTZ1000

LTZ1000是一款超稳定的温度可控基准电压源，提供7.2 V输出，具有出色的1.2 μV p-p噪声、2 μV/√kHz长期稳定性和0.05 ppm/°C温度漂移。该器件内置嵌入式齐纳基准电压源、用于提高温度稳定性的加热电阻以及温度检测电阻。利用外部元件设置工作电流并稳定基准电压源温度，从而实现最大灵活性、最佳长期稳定性和噪声性能。

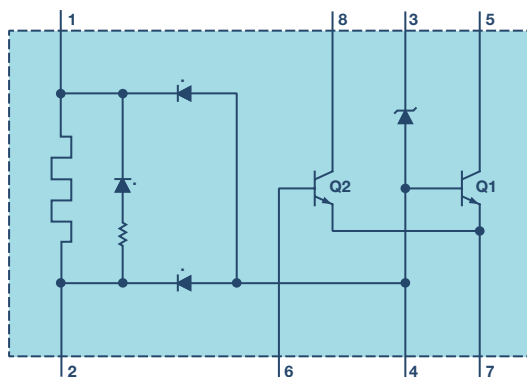


图3. LTZ1000原理示意图

ADA4077

ADA4077是一款高精度低噪声运算放大器，具有超低的失调电压和极低的输入偏置电流。与结型场效应管放大器不同，其低偏置和失调电流对环境温度相对不敏感，即使环境温度达到125°C，该特性仍然保持稳定。使用1000 pF以上容性负载时输出稳定，无需外部补偿。

AD8675/AD8676

AD8675/AD8676是精密轨到轨运算放大器，具有超低失调、漂移和电压噪声，而且输入偏置电流在整个工作温度范围内均非常低。

一些电路考虑事项

噪声

低频噪声必须保持最小，以免影响电路的直流性能。在0.1 Hz至10 Hz带宽，AD5791产生大约0.6 μV p-p噪声，每个ADA4077产生0.25 μV p-p噪声，AD8675产生0.1 μV p-p噪声，LTZ1000产生1.2 μV p-p噪声。选择适当的电阻值，确保其约翰逊噪声不会大幅提高总噪声水平。

AD5791基准电压缓冲器配置

用于驱动AD5791的REFP和REFN引脚的基准电压缓冲器必须配置为单位增益。任何经过增益设置电阻流入基准电压检测引脚的额外电流，都会降低DAC精度。

AD5791 INL灵敏度

AD5791 INL性能对用作基准电压缓冲器的放大器的输入偏置电流有轻微的敏感性。因此，所选的放大器应具有低输入偏置电流。

$$\text{额外INL误差} = \frac{0.2 \times I_{BIAS}}{(V_{REFP} - V_{REFN})^2} \frac{I_{BIAS} - nA}{V_{REF} - \text{Volts}} \text{ INL} - \text{ppm}$$

温度漂移

为使整个系统保持较低的温度漂移系数，选择的各元件必须具有低温漂(TC)。AD5791的TC为0.05 ppm FSR/°C，LTZ1000的TC为0.05 ppm/°C，ADA4077和AD8675分别贡献0.005 ppm FSR/°C和0.01ppm FSR/°C。

长期漂移

长期漂移是另一个可能给系统精度造成显著影响的重要参数。125°C时，AD5791的长期稳定性典型值优于0.1 ppm/1000小时。LTZ1000可以实现每月大约1 μV的长期稳定性。

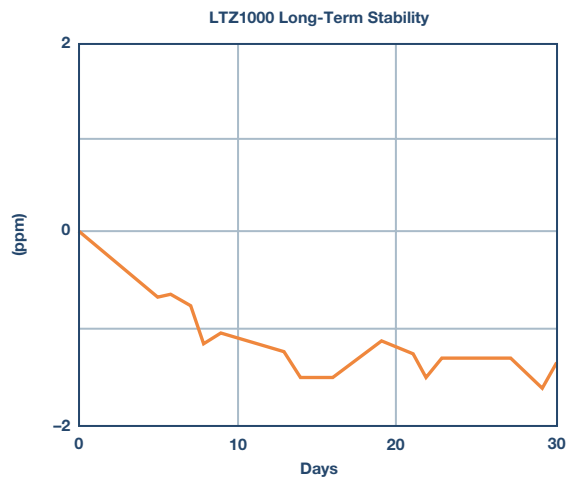


图4. 典型器件的长期稳定性, 从时间 = 0开始, 无预调理或老化

实验结果

INL误差在室温下于实验室中测量，以代码步进 = 5将AD5791的输入码从零电平改变到满量程。利用一个8.5位DVM记录输出缓冲器(AD8675)在每个码的输出电压。结果完全在±1 LSB额定值范围内。

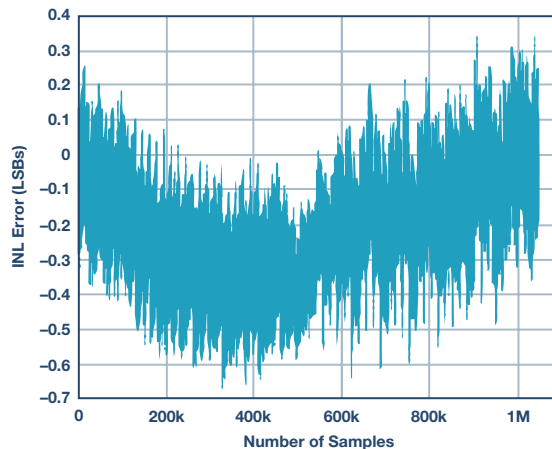


图5. 高精密度电压源在室温下的INL误差

噪声

中间电平时测得的噪声为1.1 μV p-p，满量程时测得的噪声为3.7 μV p-p。选择中间电平代码时，DAC会衰减来自各基准电压路径的噪声贡献，因此中间电平代码对应的噪声指数较低。

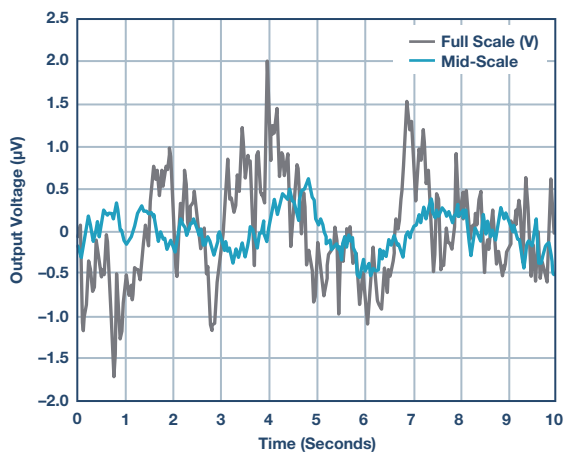


图6. 0.1 Hz至10 Hz带宽中的电压噪声

长期漂移

系统长期漂移在25°C时测量。AD5791设置为5 V (¾量程)，在1000小时内每隔30分钟测量一次输出电压。观测到的漂移值小于1 ppm FSR。

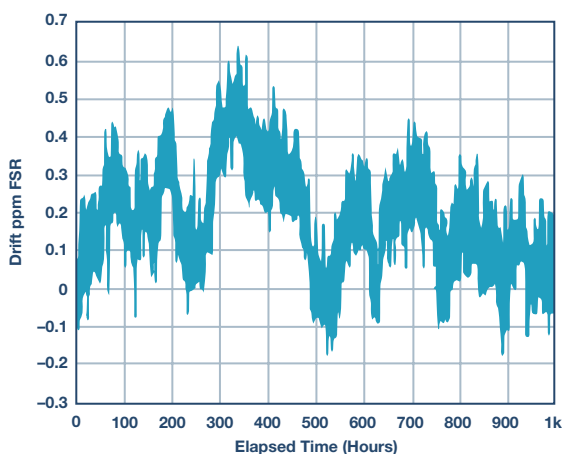


图7. V_{out} 漂移(ppm FSR)

结论

除了简单易用以外，AD5791还提供1 ppm的保证精度。但是，选择正确的元件和基准电压源对充分利用AD5791的精度特性至关重要。LTZ1000、ADA4077、AD8676和AD8675的低噪声、低温度漂移、低长期漂移和高精度特性，可改善系统随温度和时间精度、稳定性及可重复性。

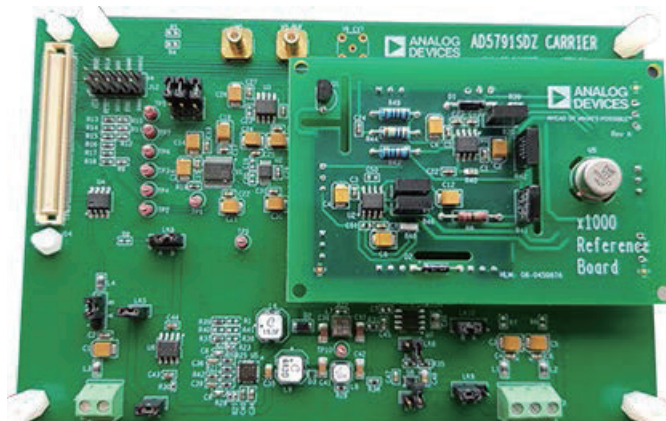


图8. 带LTZ1000基准电压板的EVAL-AD5791SDZ

Michael Lynch

Michael Lynch [michael.lynnch@analog.com]是ADI公司线性与精密技术部的应用工程师。他于2003年获得利默里克大学电子工程学士学位。他于2009年加入ADI公司。加入ADI公司前，他曾担任英特尔的实施工程师。