

电源系统

<http://www.powersystems.eetchina.com/>

DAC 与数字电位器：在我的应用中选择哪种合适？

摘要：本应用笔记对数/模转换器 (DAC) 和数字电位进行了对比，传统的数字电位器用于替代机械电位器。随着分辨率的提高和功能的增多，数字电位器也可用来取代一些传统的 DAC 应用。另外，传统的 DAC 与数字电位器相比尺寸较大，价格较高。然而，随着 DAC 价格的降低、封装尺寸的减小，DAC 也可用来取代数字电位器的使用。

概述

利用数字输入控制微调模拟输出有两种选择：数字电位器 (pot) 和数/模转换器 (DAC)，两者均采用数字输入控制模拟输出。通过数字电位器可以调整模拟电压；通过 DAC 既可以调整电流、也可以调整电压。电位器有三个模拟连接端：高端、抽头端 (或模拟输出) 和低端 (见图 1a)。DAC 具有对应的三个端点：高端对应于正基准电压，抽头端对应于 DAC 输出，低端则可能对应于接地端或负基准电压端 (见图 1b)。

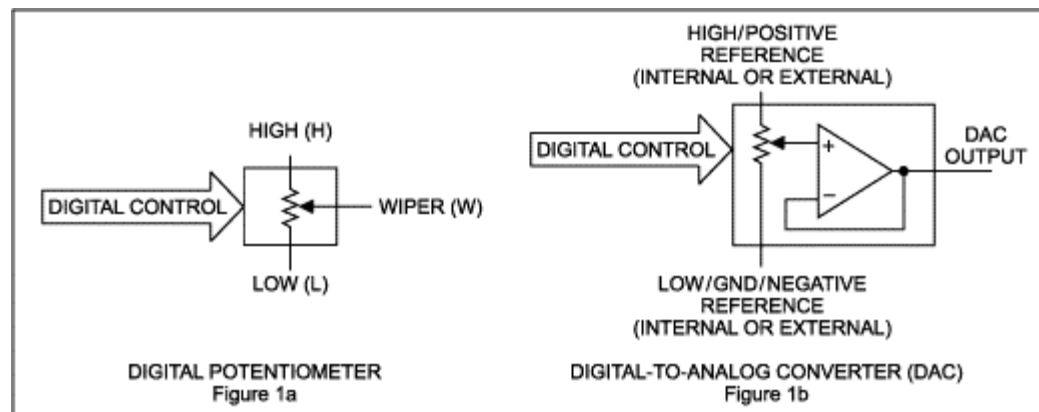


图 1. DAC 通常包含一个输出缓冲器，数字电位器则不然。

传统的数字电位器用于替代简单的机械式电位器 (详细信息请参考应用笔记 3417: [Digital Potentiometers Replace Mechanical Pots](#))。随着数字电位器分辨率的提高，功能的增多，一些传统的 DAC 应用也开始由数字电位器替代。DAC 和数字电位器存在一些明显区别，最明显的差异是 DAC 通常包括一个输出放大器/缓冲器，而数字电位器却没有。大部分数字电位器需要借助外部缓冲器驱动低阻负载。有些应用中，用户可以轻易地在 DAC 和数字电位器之间做出选择；而有些应用中两者都能满足需求。

本文对 DAC 和数字电位器进行了比较，便于用户做出最恰当的选择。

DAC 的基本特点和优势

DAC 通常采用电阻串结构或 R-2R 阶梯架构，使用电阻串时，DAC 输入控制着一组开关，这些开关通过匹配的一系列电阻对基准电压分压。对于 DAC R-2R 阶梯架构，通过切换每个电阻对正

电源系统

<http://www.powersystems.eetchina.com/>

基准电压进行分压，从而产生受控电流。该电流送入输出放大器，电压输出DAC将此电流转换成电压输出，电流输出DAC则将R-2R阶梯电流通过放大器缓冲后输出。

如果选择DAC，还要考虑具体指标，如串口/并口、分辨率、输入通道数、电流/电压输出、成本以及相对精度等。

DAC的通信接口可以是串口和并口，串行接口顺序发送数据，通过一条输入或输出线一位接着一位地传输。并行接口则是发送所有的数据位，每一位需要独立的引脚/连接点。串行接口通常分为两种类型：3线(SPI™、QSPI™或MICROWIRE™兼容)或2线(I²C)。一些3线接口包含数字输出线，称为4线接口。为简单起见，本文将其统称为3线接口。

对于注重速度的系统，可以选用并行接口；如果注重成本和尺寸，则可选用3线或2线串口，这种器件引脚数较少，可显著降低成本，而且，有些3线接口能达到26MHz的通信速率，2线接口能够达到3.4MHz的速率。对于需要多个DAC级联的应用可以选择3线串行接口，3线和2线接口都可以读回写入DAC的数据。读回数据是DAC相对于数字电位器的另一个优势。

DAC的另一个指标是分辨率，16位或18位DAC可以提供微伏级控制。例如，一个18位、2.5V基准的DAC，每个最低有效位(LSB)对应于9.54μV，高分辨率对于工业控制(如机器人、发动机等产品)极为重要。目前，数字电位器能够提供的最高分辨率是10位或1024抽头。

DAC的另一个优势是能够在单芯片内集成多路转换器，例如，MAX5733内置32路DAC，每路都能提供16位的分辨率。当前的数字电位器最多只能提供6个通道，如DS3930是少数几款单芯片6通道电位器中的一款。

DAC通过R-2R阶梯或电阻串、输出放大器和MOSFET提供电流或电压输出驱动，DAC与数字电位器最明显的差别是DAC的输出放大器，输出放大器允许DAC驱动低阻负载，但到目前为止，很少有电位器提供输出放大器。

DAC能够源出或吸入电流，为设计者提供更大的灵活性。例如，MAX5550 10位DAC通过内部放大器、p沟道MOSFET和上拉电阻能够提供高达30mA的输出驱动。而MAX5547 10位DAC配合放大器、n沟道MOSFET和下拉电阻可以提供3.6mA的吸电流。除电流输出外，一些DAC还可以与外部放大器连接提供额外的输出控制。后一种DAC也成为加载/感应DAC。

因为DAC通常内置放大器，成本要高于数字电位器。但随着新型DAC尺寸的缩小，成本差异也越来越小。

数字电位器的基本特点和优势

前面已谈到数字电位器可以通过数字输入控制电阻。图1a中的3端数字电位器实际上是一

电源系统

<http://www.powersystems.eetchina.com/>

个固定端到端电阻的可调电阻分压器。通过将电位器中心抽头与高端或低端相连，或使高端或低端浮空，数字电位器能配置成 2 端可变电阻。与 DAC 不同，数字电位器能将 H 端接最高电压，L 端接最低电压，或反向连接。

选用数字电位器时，用户也需考虑具体的指标：线性或对数调节、抽头数、抽头级数、非易失存储器、成本等。控制接口有增/减控制、按钮、SPI 和 I²C。

线性电位器比对数电位器更通用，线性电位器中的每个抽头电阻相同，从低端到高端的变化为线性传输函数。对数抽头的电位器一般用于音频信号的调节。因为每变化一级对应的分贝数需要与人耳的响应特性一致。

数字电位器通过及种类型的接口通信，包括 I²C 和 SPI。此外，数字电位器还提供 2 线的递增、递减接口控制；与 SPI 略有不同的 3 线接口；按键增/减控制方式。MAX5456 32 抽头数字电位器组合了 2 线按键控制接口，其两路数字电位器的中心抽头可以上、下调节，或均衡左、右声道的音频信号。

DAC/电位器的应用选择

很多应用场合，用户可以轻易地在 DAC 和电位器之间做出选择。要求高分辨率的电机控制、传感器或机器人系统，需要选用 DAC。另外，高速应用中，例如基站、仪表等对速度、分辨率要求较高，甚至需要并行接口的 DAC。

电位器的线性特性便于构建放大器的反馈网络。相对于 DAC，对数电位器更适合音量调节。

但在当前的许多应用中，DAC 与数字电位器之间选择的界限比较模糊，图 2 中的 DAC 和数字电位器都可用于控制 MAX1553 LED 驱动器的亮度调节。MAX1553 BRT 输入的直流电压和 FB 与 GND 之间的检流电阻决定了 LED 的电流。

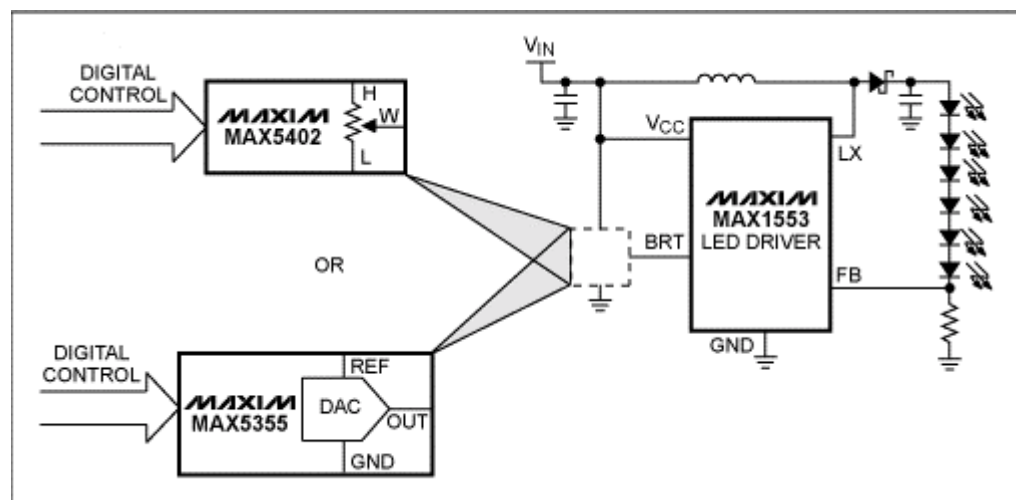


图 2. 利用数字电位器或 DAC 控制 MAX1553 的 BRT 引脚，调节 LED 电流

电源系统

<http://www.powersystems.eetchina.com/>

本文来源：美信