

Brendan Cronin
营销工程师
ADI公司

DAC设计导入精密10 V 工业应用

in | 分享至LinkedIn

✉ | 电子邮件

电路描述

许多现代工业和仪器仪表系统可以接入多个不同电源，最常见的是15 V用于模拟电路，3 V或5 V用于数字逻辑。其中大部分应用要求输出以10 V摆幅驱动外部大负载。本文讨论为这些应用选择数模转换器(DAC)时遇到的各种权衡因素，并且提出了详细的电路原理图。

可编程逻辑控制器(PLC)、过程控制或电机控制等工业应用中的模拟输出系统，需要0 V至10 V或10 V以上的单极性或双极性电压摆幅。一种可能的解决方案是选择能够直接产生所需输出电压的双极性输出DAC。还有一种解决方案是使用低压单电源(LVSS) DAC，将其输出电压放大至所需输出电平。为了选择最适合应用的方法，用户必须了解输出要求，并且知道每种方案的优势或不足。

能够直接产生所需输出摆幅的双极性DAC具有多项值得考虑的优势和不足。主要优势包括：

- ▶ 简单。电路板的设计得以简化，因为所需的0 V至10 V或10 V以上输出电平可直接通过硬件或软件配置获得。此外，其通常会集成故障保护模式，因而可简化系统设计。
- ▶ 可制造性和可靠性得到提高，因为不需要放大器、开关和电阻等分立式器件。有时也会集成基准电压源。
- ▶ 系统误差和总非调整误差(TUE)的测量。保证线性度、噪声、失调和漂移特性；对DAC内的各种误差源求和，很容易计算总系统误差或TUE。TUE有时在数据手册中有规定。
- ▶ 端点误差。某些情况下，双极性DAC包括校准特性，能够随时调整系统失调和增益误差。

双极性DAC的主要缺点包括：

- ▶ 灵活性有限。集成高压放大器对应用而言可能不是最佳的。输出放大器通常针对特定负载和噪声要求进行优化。虽然数据手册给出的范围可能与系统中的实际负载匹配，但其他参数(如建立时间或功耗等)可能无法满足系统要求。

- ▶ 成本和电路板面积。双极性DAC通常是在较大的几何工艺上设计，导致芯片和封装尺寸较大且成本较高。

使用带外部信号调理的低压DAC是另一种产生工业应用所需高压输出摆幅和范围的方法。同样，它也有值得考虑的重要权衡因素。分立式解决方案的主要优势包括：

- ▶ LVSS DAC往往具有较高的逻辑集成度和高速逻辑接口，使得微控制器有时间来处理更多任务。
- ▶ 输出可能必须提供大电流或驱动双极性DAC片内放大器无法处理的大容性负载。分立式解决方案允许选择最佳独立放大器来满足应用需要。
- ▶ 很容易实现超量程特性(10 V标称范围提供10.8 V输出)，为最终用户提供更大的应用灵活性，例如在需要打开或关闭磨损阀门的应用中。
- ▶ 成本。LVSS DAC通常比双极性DAC便宜，从而使总体物料成本更低。
- ▶ 减少电路板面积。LVSS DAC采用低压亚微米或深微米工艺设计，可提供小尺寸封装。

分立式解决方案的主要缺点包括：

- ▶ 需要花费更多的时间来优化电路板和设计端点调整电路。
- ▶ 总误差或TUE的计算变得更困难，因为必须考虑更多误差源。
- ▶ 分立式器件数量的增加导致可制造性和可靠性降低。
- ▶ 应用必须有低压电源(5 V或3 V)可用。

总之，在精密10 V工业应用的设计中，有许多因素需要考虑。显然，设计人员必须清楚地知道输出负载要求和系统可以接受的总误差。此外，电路板面积和成本也是选择最佳方案的重要考虑因素。对于必须驱动大容性负载(1 μ F)，同时要求低噪声和快速建立(20 V范围小于10 s)的应用，分立式方案几乎总是胜出。虽然双极性DAC在灵活性上不如分立式方案，但简单的设计和不用力的TUE计算使其对广泛的工业和仪器仪表应用很有吸引力。

下面的讨论说明如何利用双电源双极性输出DAC和带外部信号调理的低压单电源DAC实现精密10 V输出。

电路概览：双电源双极性输出DAC

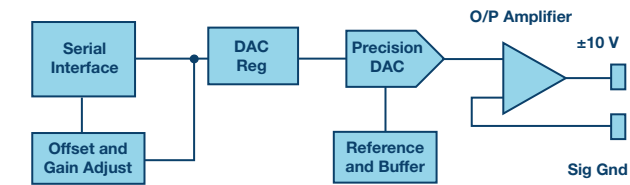


图1. AD5764双极性DAC的功能框图

双极性输出DAC的主要元件如以上功能框图(图1)所示。它由精密DAC、基准电压源、基准电压缓冲器、失调和增益调整以及输出放大器组成。集成精密基准电压源以适应16位应用非常困难，但最近的工艺进步和设计技术允许在片内设计和集成具有出色漂移和热特性的基准电压源。热关断、短路保护等故障保护模式，以及上电/关断等状况下的输出控制，是双极性DAC通常会集成的特性，可以简化系统设计。DAC提供数字码以相对于基准电压转换输出电压。调整模块提供偏移和调整DAC传递函数的功能。

有关AD5764的更多信息

AD5764是一款四通道、16位串行输入、电压输出DAC，工作电压范围为12 V至15 V。其标称满量程输出范围为10 V，内置输出放大器、基准电压缓冲器、精密基准电压源以及专有上电/关断控制电路。AD5764采用ADI公司的工业CMOS (iCMOS®) 制造工艺设计，该工艺集高压互补双极性晶体管和亚微米CMOS于一体。它还有一个模拟温度传感器，每通道均有对应的数字失调和增益调整寄存器。

电路概览：低压单电源DAC和外部信号调理

图2显示如何利用LVSS DAC产生工业应用所需的10 V输出范围。它由5个不同的模块组成：LVSS DAC、基准电压源、失调整、基准电压缓冲器和输出放大器。

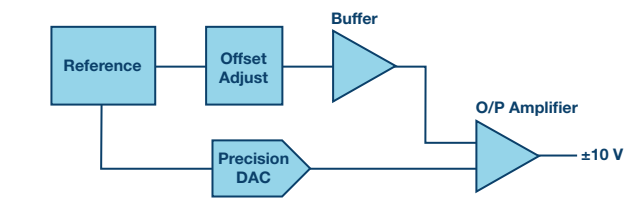


图2. 分立式±10 V模拟输出框图

DAC提供数字码以相对于基准电压转换输出电压。失调整模块提供偏移DAC单极性传递函数以产生双极性输出的功能，以及校准0 V端点的功能。基准电压缓冲器为基准电压和失调整模块提供负载隔离(多个DAC可共用这一缓冲输出)。输出放大器在计入失调整后，提供所需的增益来将输出摆幅提高到所需电平。此外，输出放大器还提供将大容量负载驱动到供电轨的功能。

图3所示电路说明了如何放大一个精密LVSS 16位DAC来实现10 V的输出摆幅。DAC具有0到2.5 V输出范围，连接到放大器U3的同相输入端。此输入的同相增益为(1 + R2/R1)，本例中为8。运算

放大器的反相输入端连接到基准电压源和电阻分压器网络U6产生的1.429 V电压。此输入的反相增益为(-R2/R1)，本例中为-7。因此，当DAC设为0代码0000h时，此电路的输出为：

$$(0/65535 \times 2.5 \text{ V}) - (7 \times 1.429 \text{ V}) = -10 \text{ V}.$$

当DAC设置为满量程代码FFFFh时，输出为：

$$(65535/65535 \times 2.5 \text{ V}) - (7 \times 1.429 \text{ V}) = +10 \text{ V}.$$

一般而言，任意输入代码的输出电压可以按如下公式计算：

$$V_{OUT} = \left[V_{REF} \times \left(\frac{D}{2^{16}} \right) \times \left(\frac{R1 + R2}{R1} \right) - V_{REF} \times \left(\frac{R2}{R1} \right) \right]$$

其中D代表精密16位DAC(如同本例)的十进制输入代码(0至65535)。V_{REF} = 2.5 V，R1 = R，R2 = 7 R。利用一个带非易失性存储器的数字电位计来调整系统的零失调误差，这样即使断电也能保留失调值。可以选择U7、U6和R3来形成电阻网络，以便提供0 V所需的调整范围。可以轻松进行配置PLC模拟输出模块所需的输出范围，例如+5 V、5 V、+10 V或10.8 V (适用于超量程较为重要的情况)。

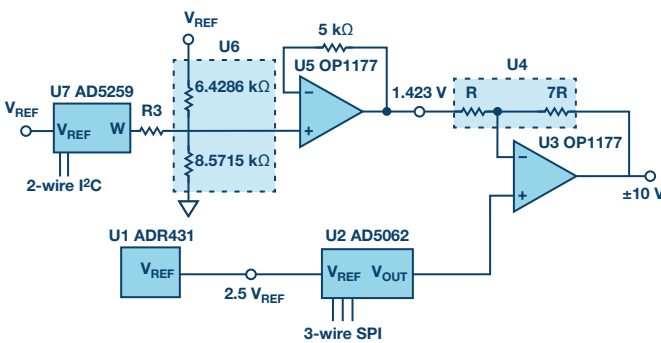


图3. 10 V精密模拟输出电路详情

该电路包括如下器件：U1—[ADR421](#)，精密、低噪声2.5 V基准电压源，3 ppm/°C漂移，MSOP封装；U2—[AD5062](#)，16位、最大1 LSB INL、5 V/3 V电源、串行输入nanoDAC™，SOT-23封装；U3和U5—[OP1177](#)，精密运算放大器，15 V电源，MSOP封装；U4和U6—带ESD保护的精密电阻网络；U7—[AD5259](#)，256抽头非易失性数字电位计，MSOP封装。

有关AD5062的更多信息

16位AD5062保证单调性，最大DNL和INL误差为1 LSB。其单极性输出的最大失调误差为50 V，最大增益误差为0.02%。高速串行接口支持高达30 MHz的时钟速率。该器件采用SOT-23小型封装。

结论

越来越多的工业和仪表应用要求使用精密转换器来实现各种工艺的精确控制与测量。此外，这些最终应用还要求更高的灵活性、可靠性和功能集，同时降低成本和电路板面积。元件制造商正在解决这些难题，并推出了一系列产品来满足系统设计人员对当前与未来设计的要求。

如本文所述,有多种途径可选择合适的元件用于精密应用,每一种都各有优缺点。随着系统精度的提高,人们需要更加注重合适元件的选择,以满足应用要求。

有关文中涉及产品的更多信息,请访问:

www.analog.com/cn/DAC。

作者简介

Brendan Cronin是ADI公司的DAC产品营销工程师,工作地点在爱尔兰利默里克。联系方式: brendan.cronin@analog.com。

在线支持社区

访问ADI在线支持社区,与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答,或参与讨论。

ezchina.analog.com



全球总部

One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部

上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司

深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司

北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编: 100085
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司

湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. TA12913sc-0-11/15

analog.com/cn



超越一切可能™