

自适应负载调整和动态功率控制实现模拟输出的高效散热设计

Jürgen Schemel, 现场应用工程师

当今典型的可编程逻辑控制器(PLC)包含许多模拟和数字输出, 用来控制和监视工业及生产过程。模块化被广泛采用, 并且在输入和输出(I/O)方面, 它涵盖了模拟I/O和数字I/O的基本功能。模拟输出提出了一个特殊的挑战(如图1所示), 因为需要在众多不同负载条件下提供高精度的有源驱动设定值。有源驱动器级此时变得尤为重要; 损耗应尽量小。

需要考虑的因素如下:

- 连接的负载
- 允许的最高环境温度和内部模块温度
- 通道数和模块尺寸
- 电气隔离接口
- 精度

在过程自动化中, 通常还需要在各个输出通道之间建立电气隔离。除此之外, 还有一些其他要求, 例如基于通道的诊断或对HART®信号的支持。鲁棒性和容错性也是必备条件。

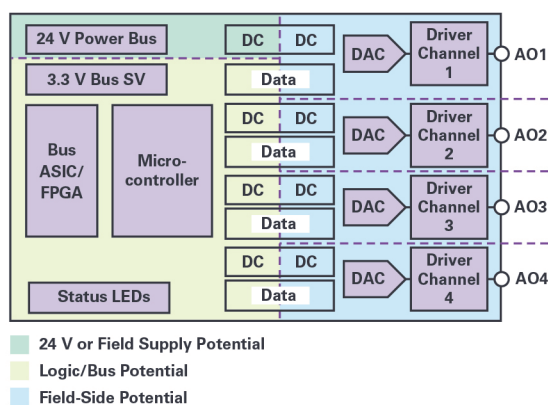


图1. 隔离式模拟输出系统框图。

由于半导体的发展和混合信号工艺的不断改进, 高集成密度的超小型电路成为可能。模拟输出通道的功能能够被完整地集成到IC中。因此, AD5758在5 mm × 5 mm封装尺寸内集成了DAC和驱动器的基本功能, 以及众多其他模拟和逻辑功能, 例如用于

诊断的ADC、智能电源管理、基准电压源、可防止反向和过压的故障开关、数据校准寄存器以及SPI通信接口。

AD5758(图2)涵盖了用于自动化领域所有常见的输出范围: 单极性0 V至10 V/0 mA至20 mA、双极性±10 V/±20 mA以及所有子范围(例如用于过程自动化的4 mA至20 mA)。每种设置都提供20%的超量程范围。这些值的输出采用16位分辨率。

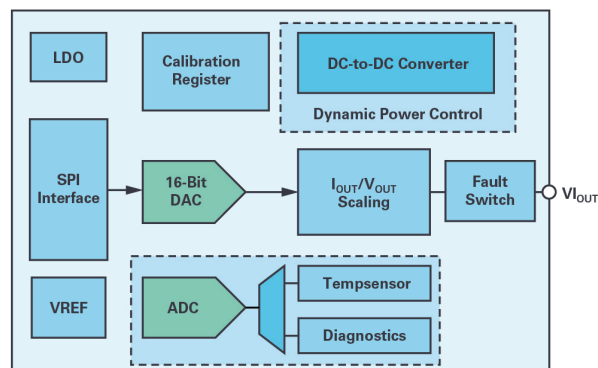


图2. AD5758的功能框图。

功率损耗大幅降低

什么性能使AD5758特别适合温度和空间受限的应用? 损耗主要发生在带有DC-DC转换器和输出驱动器级的电源部分。这正是智能电源管理的用武之地。AD5758具有自适应负载调整或动态功率控制(DPC)功能。DPC在电流输出模式下激活, 并控制驱动特定负载所需的驱动器级上的电压。根据工作条件, 电流输出的负载电压($I \times R_{LOAD}$)仅占电源电压的一小部分。电源电压差必须先以功率损耗的形式通过串联晶体管加以耗散。DPC现在将驱动器电压调节到比实际所需的负载电压(为输出晶体管保留裕量)高几伏特, 从而将损耗降至最低。只有利用开关稳压器才能以这种方式进行电压的有效调节, 而该器件已经集成在AD5758中, 并可根据负载进行自动控制。即使在开关稳压器和上游电源中出现额外的损耗, 总体功率损耗的降低仍然非常明显, 尤其对于小负载电阻更是如此(见表1)。这首先使小尺寸设计成为可能, 而且电路板也能保持良好的散热。

表1. 输出电流I = 20 mA且固定电源电压为24 V时的理论损耗（不考虑DC-DC的内部功耗和效率）

R_{LOAD}	V_{LOAD} (V)	未采用 DPC 时的损耗 (mW)	采用 DPC 时的损耗 (mW)	减少 (mW)
0 Ω	0	480	100	380
50 Ω	1	460	80	380
1 k Ω	20	80	50	30

降额设定严格的限制

降额定义为在规定边界条件下的性能降低，类似于功率半导体中的安全工作区(SOA)。由于前面提到的功率损耗和相关的冷却问题，未采用DPC的输出模块受到更严格的热限制。如今，信用卡大小的模块上具有两个或四个通道很常见。通常模块的额定环境温度最高为60℃。但是，在这些环境条件下，并非所有四个通道都可以驱动非常小的负载，因为在未采用DPC的四个通道中，模块中的功率损耗会达到3 W，产生的热量会使元件快速达到其极限值。通过热降额（图3），模块制造商在较高的环境温度下仅能使用四个可用通道中的一个或两个，从而大大降低了可用性和通道成本性能。

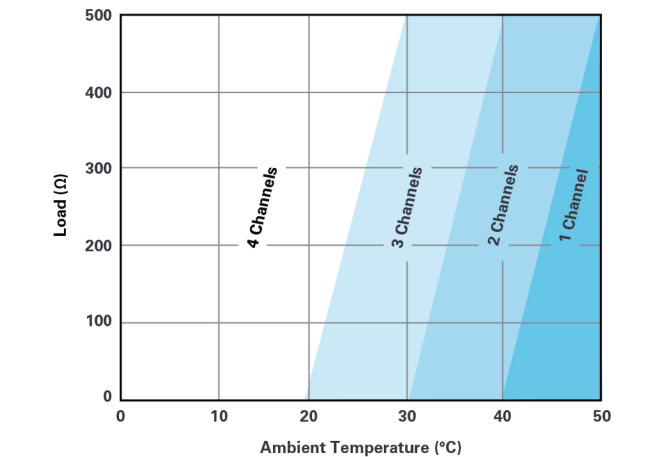


图3. 典型的降额曲线。

由于AD5758具有自适应调节功能，其功率损耗仅在很低程度上取决于负载电阻，对于0 k Ω 至1 k Ω 的负载，其功率损耗始终保持在250 mW以下（表2）。因此，根据输出模块的设计，将能实现八个隔离通道，其总体功率损耗<2 W。5 mm $\times$ 5 mm LFCSP封装的结至环境热阻 Θ_{JA} 为46 K/W，在200 mW的功率损耗下温升小于10℃。AD5758的额定环境温度可高达115℃。这为多通道模块提供了很大的裕量，无需降额。

表2. I = 20 mA和电源 = 24 V时DPC工作模式下的功率测量值

R_{LOAD}	负载电压 (V)	P_{TOTAL} (mW)	P_{LOAD} (mW)	功率损耗 (mW)
0 Ω	0	222	0	222
250 Ω	5	296	100	196
750 Ω	15	509	300	209
1 k Ω	20	609	400	209

功率损耗值还包括使用ADP1031进行电源和数据隔离而产生的功耗。

电源优化

电源电压具有不同的要求：

- ▶ 逻辑电压：除了（工作模式取决于单极性或双极性）驱动器电源之外，AD5758输出IC还需要一个3.3 V的逻辑电压为内部模块供电。这可以利用片内LD0稳压器产生；但是，为了提高效率并降低功率损耗，建议使用开关稳压器。
- ▶ 隔离式驱动器电源：出于安全考虑，PLC总线与I/O模块之间始终保持电气隔离。图1采用不同颜色显示了这种隔离，其中包括逻辑（总线）端、电源和现场端输出的三种不同电位。

因为通常在电路板上也会对这三个部分进行空间分隔，即输出端朝向正面连接器端子设置，而背板总线（顾名思义）位于背面，所以将隔离、电源和输出驱动器集成到单芯片中并不明智。

电源管理单元ADP1031（图4）执行所有功能，并与AD5758搭配工作，能够在更小的空间需求和功率损耗下实现隔离式输出模块的开发（图5）。

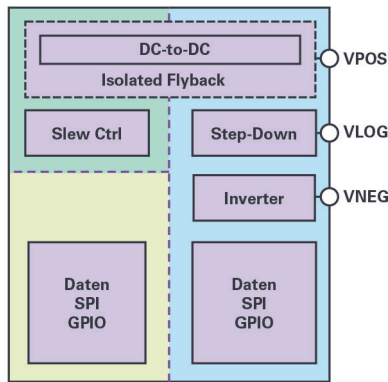


图4. 电源管理单元ADP1031。

ADP1031在9 mm $\times$ 7 mm封装尺寸内集成了四个模块：

- ▶ 反激式转换器，用于产生正隔离电源电压VPOS。
- ▶ 反相器，用于产生双极性输出所需的负电源VNEG。
- ▶ 降压型转换器，用于为AD5758的逻辑电路提供VLOG。
- ▶ 具有额外GPIO的隔离SPI数据接口。

反激式转换器的优势是效率高，仅需一个小尺寸的1:1变压器。反激式转换器在第一级可产生高达28 V的隔离驱动器电压。由此生成反相器和降压型转换器，它们共用相同的地电位。

在电源管理单元的设计过程中，ADI公司特别加强了电磁兼容性(EMC)和鲁棒性。例如，输出电压相移，且反激式控制器的压摆率可调。同时还为所有三个电压添加了软启动、过压保护和电流限制功能，以实现良好的测量。

隔离式SPI接口基于成熟的iCoupler®技术，可传输工作所需的所有控制信号。因此实现了高速数据路径（四个通道）和较低速率的GPIO控制路径（三个复用通道）之间的区分。潜在的应用是通过共同的控制信号同步激活多通道模块或多个模块中的输出，回读错误标志或触发安全关断。

系统优势

AD5758和ADP1031的组合提供隔离式模拟输出的完整功能，仅需两个芯片。尺寸约为13 mm × 25 mm，通道空间要求更小，仅为目前解决方案的一半。

除了节省空间以外，关键功能的集成还使布局更简洁、电位便于分离并且硬件成本显著降低。ADI公司的8通道演示设计仅使用一块六层板，尺寸为77 mm × 86 mm（图6）。

优势总结：

- ▶ 通过功率损耗优化，使模块更小且每个模块具有更多通道
- ▶ 无需降额，允许更高的环境温度
- ▶ 减少硬件工作量，从而降低了成本
- ▶ 轻松实现多通道模块的可扩展性
- ▶ 可靠的设计和更多诊断功能

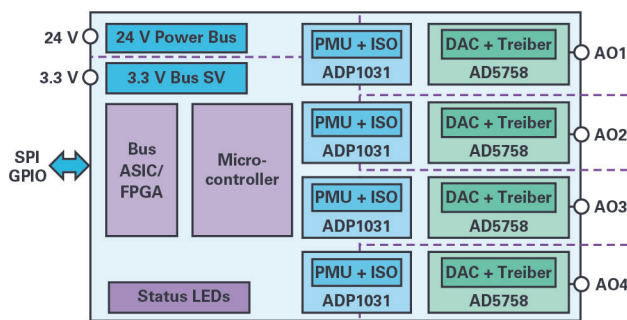


图5. 采用ADP1031和AD5758实现完整的4通道模拟输出。

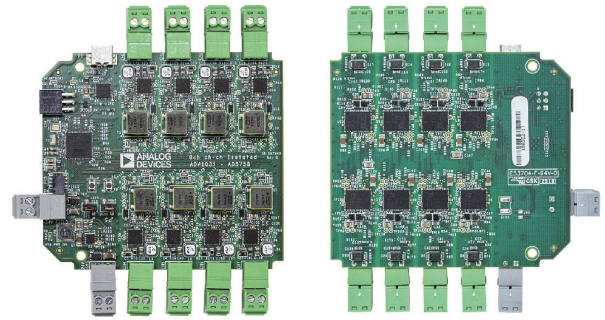


图6. 隔离式8通道AO模块。

作者简介

Jürgen Schemel现任ADI公司现场应用工程师，为自动化、工业4.0和状态监控应用领域的工业战略客户提供支持。他于1996年获得奥芬堡应用科学大学硕士学位。他最初就职于西门子，从事工业应用的通信技术系统设计。联系方式：juergen.schemel@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

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。

请访问ez.analog.com/cn



超越一切可能™

ADI公司
请访问analog.com/cn

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和
技术支持，请访问analog.com/cn/contact。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。
请访问ez.analog.com/cn。

©2019 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。
商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA21565sc-10/19

