

简化隔离式软件 可配置I/O通道设计的 高集成度、系统级方法

Valerie Hamilton, 应用工程师

摘要

本文介绍一种软件可配置输入/输出(I/O)器件及其专用隔离电源和数据解决方案，该解决方案有助于应对系统级工业应用的设计挑战。本文阐述了在设计单个IC时从系统级角度进行思考的优势，并重点讨论了建议解决方案的功耗优化功能。

简介

为过程控制、工厂自动化、楼宇控制系统等工业应用设计系统级隔离式I/O解决方案时，有许多方面需要考虑，其中包括功耗、数据隔离和外形尺寸。图1显示了系统解决方案，其在隔离式单通道软件可配置I/O解决方案中使用AD74115H和ADP1034，解决了电源、隔离和面积挑战。通过将ADP1034的电源和数据隔离功能与AD74115H的软件可配置能力相结合，可以仅使用两个IC和非常少的外部电路来设计一个隔离式单通道I/O系统。

系统级解决方案

ADP1034是一款高性能隔离式电源管理单元，包含一个隔离反激式稳压器、一个反相降压升压调节器和一个降压调节器，提供三个隔离式电源轨并集成了七个低功耗数字隔离器。ADP1034还具有可编程功率控制(PPC)功能，可通过单线接口按需调整 V_{OUT1} 上的电压。 V_{OUT1} 为AD74115H AV_{DD} 电源轨提供6 V至28 V的电压。 V_{OUT2} 为AD74115H电源轨 AV_{CC} 和 DV_{CC} 提供5 V电压。如需要，它还能对外部基准电压源提供电源电压。 V_{OUT3} 为AD74115H AV_{SS} 电源轨提供-5 V至-24 V的电压。

功耗和优化

设计通道间隔模块时，主要的权衡通常是在功耗和通道密度之间。随着模块尺寸缩小，通道密度增加，每个通道的功耗必须降低，以满足模块的最大功耗预算要求。在这种情况下，模块是指ADP1034和AD74115H，当它们共同使用时，可提供隔离电源、数据隔离和软件可配置I/O功能。

AD74115H和ADP1034之所以成为出色的低功耗解决方案，原因在于集成PPC功能的引入。PPC使用户能够按照需求调整 V_{OUT1} 电压(AD74115H AV_{DD} 电源电压)。这种方法可以大大降低模块在低负载条件下的功耗，特别是在电流输出模式下。

使用PPC功能时，系统中的主机控制器通过SPI向AD74115H发送所需的电压代码，该代码随后通过单线串行接口(OWSI)传递至ADP1034。OWSI实现了CRC校验功能，非常稳健，可抵抗恶劣工业环境中可能存在的EMC干扰。

查看功耗计算示例可知，如果 $AV_{DD} = 24$ V且负载为250 Ω ，则对于20 mA的电流输出，模块总功耗为748 mW。当使用PPC将 AV_{DD} 电压降至8.6 V (负载电压 + 裕量) 时，模块功耗约为348 mW。这表明模块内节省了400 mW的功耗。

功耗计算示例

示例1和示例2选择了电流输出用例，驱动20 mA输出。负载为250 Ω ，使能ADC，以每秒20个样本转换默认测量配置。

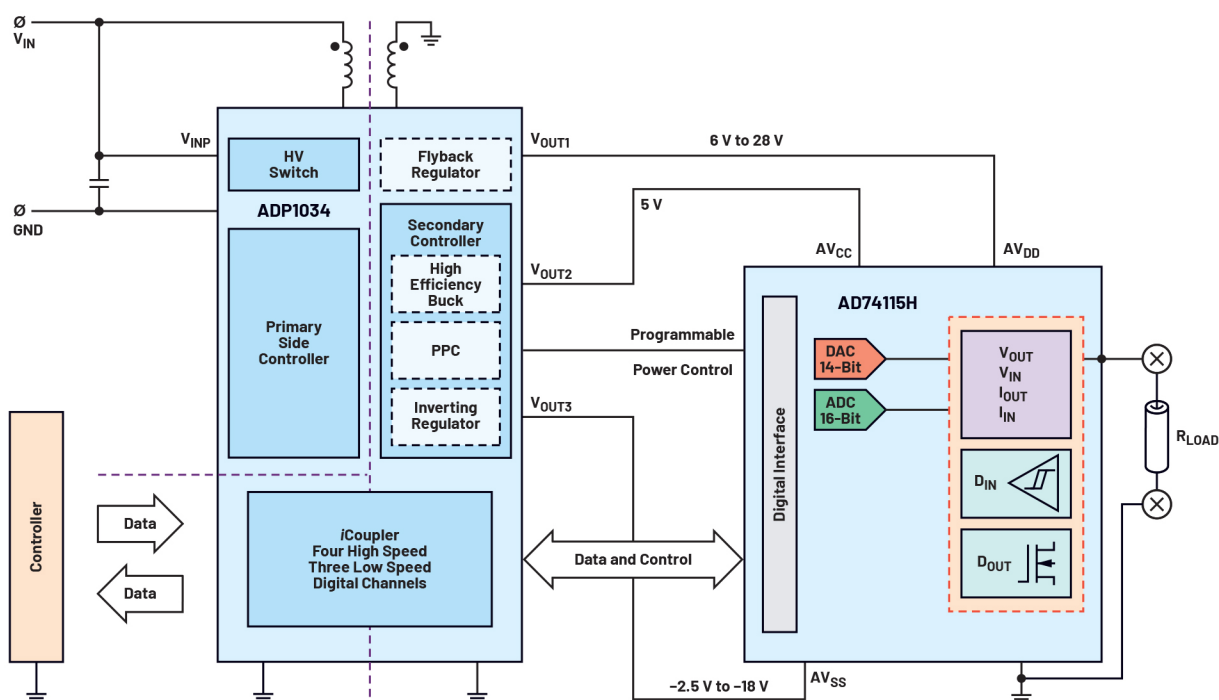


图1. ADP1034和AD74115H电路图

示例1（无PPC）：

AD74115H输出功率 = $(AV_{DD} = 24\text{ V}) \times 20\text{ mA} = 480\text{ mW}$

$$\text{AD74115H 输入功率} = \text{AD74115H}_{\text{QUIESCENT}} (206 \text{ mW}) + \text{ADC 功耗} (30 \text{ mW}) + 480 \text{ mW} = 716 \text{ mW}$$

模块输入功率 = 716 mW + ADP1034功耗(132 mW) = 848 mW

$$\text{负载功耗} = 20 \text{ mA} \times 250 \Omega = 100 \text{ mW}$$

模块总功耗 = (模块输入功率 - 负载功耗) = 748 mW

在示例2中可以看到，当使能PPC功能以将AV_{DD}降低到所需电压(20 mA × 250 Ω) + 3.6 V裕量 = 8.6 V时，模块的功耗降至348 mW。

示例2（使能PPC）：

AD74115H输出功率 = $(AV_{DD} = 8.6 \text{ V}) \times 20 \text{ mA} = 172 \text{ mW}$

$$\text{AD74115H输入功率} = \text{AD74115H}_{\text{QUIESCENT}} (136 \text{ mW}) + \text{ADC功耗}(30 \text{ mW}) + 172 \text{ mW} = 338 \text{ mW}$$

模块输入功率 = 338 mW + ADP1034功耗(100 mW) = 448 mW

$$\text{负载功耗} = 20 \text{ mA} \times 250 \Omega = 100 \text{ mW}$$

模块总功耗 = (模块输入功率 - 负载功耗) = 348 mW

图2显示了AD74115H应用板上在25℃时的实测功耗。测量结果表明, 功耗略低于计算的功耗。此结果会因器件而略有不同。

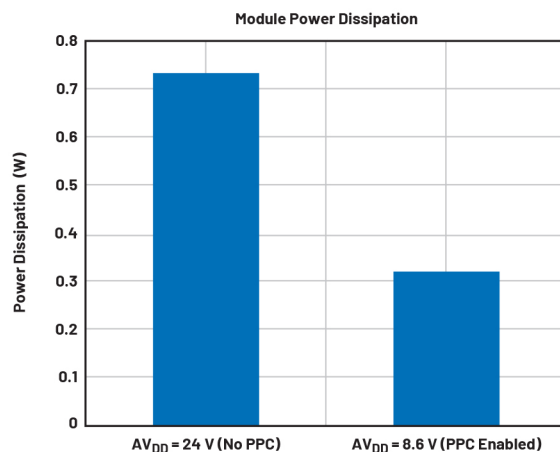


图2. 测量数据: 驱动20 mA到250 Ω 负载, $AV_{DD} = 24$ V, $AV_{DD} = 8.6$ V (使用PPC)

图3显示了使用PPC的模块 (ADP1034和AD74115) 功耗 (针对每个负载电阻值设置优化的 AV_{DD}) 与不同负载电阻值的关系。两个不同的电压被施加于ADP1034的VINP (15 V和24 V), 以显示ADP1034的效率。测量是在25°C下进行。

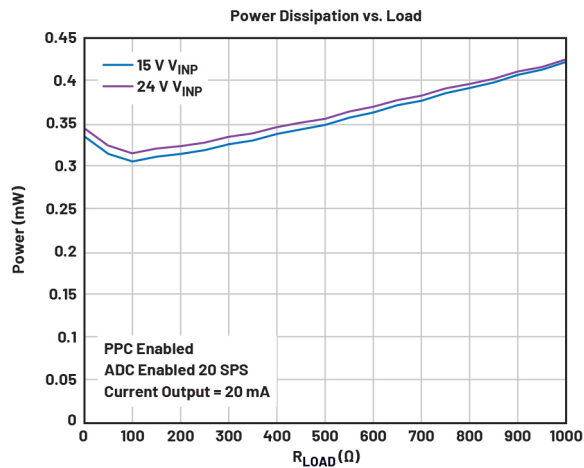


图3. 20 mA输出时功耗与 R_{LOAD} 的关系

图4显示了不同温度下使用PPC的功耗（针对每个负载电阻值设置优化的 AV_{DD} ）与不同负载电阻值的关系。

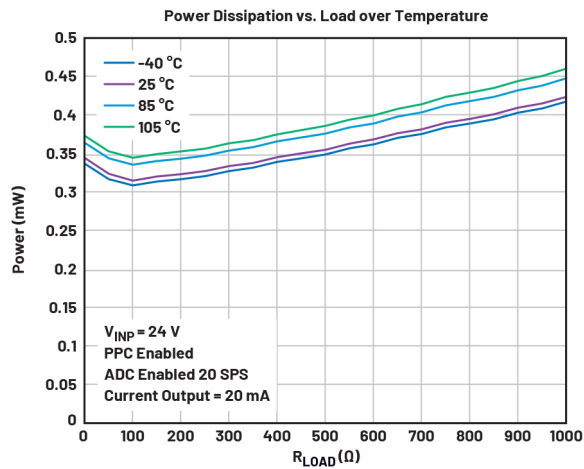


图4. 功耗与温度的关系

表1. 使用PPC的AD74115H典型用例功耗

V_{INP} (V)	AV_{DD} 电压(V)	用例	负载	功耗(mW)	
24	8.6	电流输出	250 Ω	322	
24	18	电压输入	N/A	250	
24	18	电流输入外部供电	24 mA	HART使能	HART禁用
				422	334
24	18	电流输入环路通过HART®供电	24 mA	456	
24	16.5	电压输出双极性12 V范围	1 k Ω	ZS码	FS码
				345	333
24	18	2线RTD	250 Ω	260	
24	18	3线RTD	250 Ω	295	
24	18	4线RTD	250 Ω	268	
24	18	数字输入逻辑	2.4 mA灌电流	297	
24	18	数字输入环路供电	250 Ω	667	
24	12	数字输出内部	12 V继电器 ~278 Ω 线圈电阻	拉电流	灌电流
				265	295

数字输出用例

在工业应用中，数字输出被认为是最耗电的使用场景。AD74115H支持内部和外部拉电流与灌电流数字输出。ADP1034可为内部数字输出功能提供足够的功率，支持最高100 mA的连续拉电流或灌电流。在这种情况下，数字输出电路电源 DO_{VDD} 直接连接到 AV_{DD} 。对于100 mA以上的电流，必须使用外部数字输出功能，这需要将额外的电源连接到 DO_{VDD} 。

内部数字输出用例超时

为了支持在初始上电时对容性负载充电，可以在使用内部数字输出用例的同时，使能更高的短路限流值(~280 mA)，使能的时间T1可编程。经过T1时间后，部署第二短路限流值(~140 mA)。这是一个较低的限流值，在可编程的持续时间T2内有效。在这些短路情况下，系统需要更多电流，因此必须注意确保ADP1034 V_{OUT1} 电压不会骤降。为确保无骤降，如果需要24 V DO_{VDD} ，建议将24 V电压作为ADP1034的系统电源电压。这是24 V继电器的典型电压需求。对于12 V继电器，建议使用至少18 V的系统电源电压(ADP1034 V_{INP})，以确保可以为负载提供足够的电流。

图5和图6显示了 DO_{VDD} 与T1和T2短路限值的关系，证明了使用ADP1034提供大电流的稳定性。

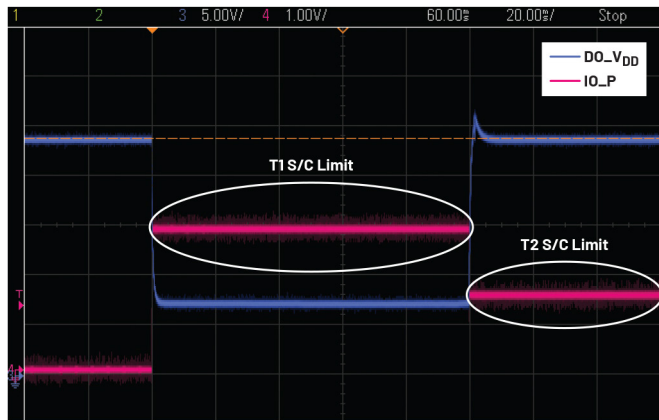


图5.系统电源 = 24 V, DO_{VDD} 电压 = 24 V

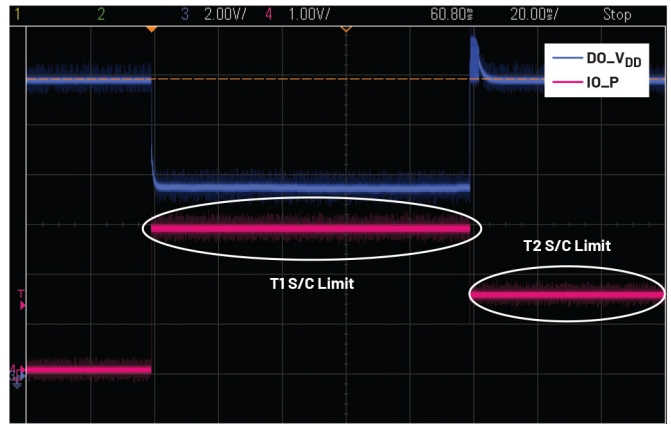


图6.系统电源 = 24 V, DO_{VDD} 电压 = 12 V

数据隔离和解决方案尺寸

ADP1034采用ADI公司的iCoupler®专利技术，在7 mm × 9 mm封装中集成了三个隔离电源轨，包括SPI数据和三个GPIO隔离通道。这种高集成度将所有通道隔离要求整合到PCB上的一个小区域中，有助于解决PCB面积挑战，而且实现了省电。当通道不使用时，ADP1034的控制器端将其他SPI隔离器通道置于低功耗状态。这意味着通道仅在需要时才处于活动状态。三个隔离GPIO通道用于隔离AD74115H的 $\overline{RESET}$ 、 $\overline{ALERT}$ 和 $\overline{ADC_RDY}$ 引脚，从而满足AD74115H的所有隔离要求，而无需增加额外的隔离器IC成本。

结语

设计一种低功耗、小尺寸的通道间隔离I/O解决方案，哪怕是对业内一些经验十分丰富的设计人员而言，也可能是一项挑战。ADP1034和AD74115H系统级解决方案通过高集成度和系统级设计方法化解了该挑战。由单个IC从单个系统电源提供三个隔离电源轨，并提供集成数据隔离，这使得BOM成本大幅降低。再加上AD74115H的灵活性，该系统设计将能满足大多数I/O工业应用的要求。



作者简介

Valerie Hamilton目前在ADI爱尔兰公司担任产品应用工程师。她于2014年7月毕业于高威梅雅理工学院，获工程学学士学位，随即加入ADI公司。Valerie主要关注工业I/O产品，包括软件可配置I/O和数模转换器。

