

### 主要特性

电流输出范围：0 mA至24 mA或4 mA至20 mA

总不可调整误差(TUE)：±0.03% FSR(典型值)

输出温漂：±5 ppm/°C(典型值)

超量程：2%

灵活的串行数字接口

片内输出故障检测

PEC差错校验

异步CLEAR(清零)功能

电源电压范围

AVDD:12 V(±10%)至55 V(最大值)

输出环路顺从电压：AV<sub>DD</sub> - 2.75 V

温度范围：-40°C至+105°C

32引脚5 mm × 5 mm LFCSP封装

### 应用

过程控制

执行器控制

PLC(可编程控制器)

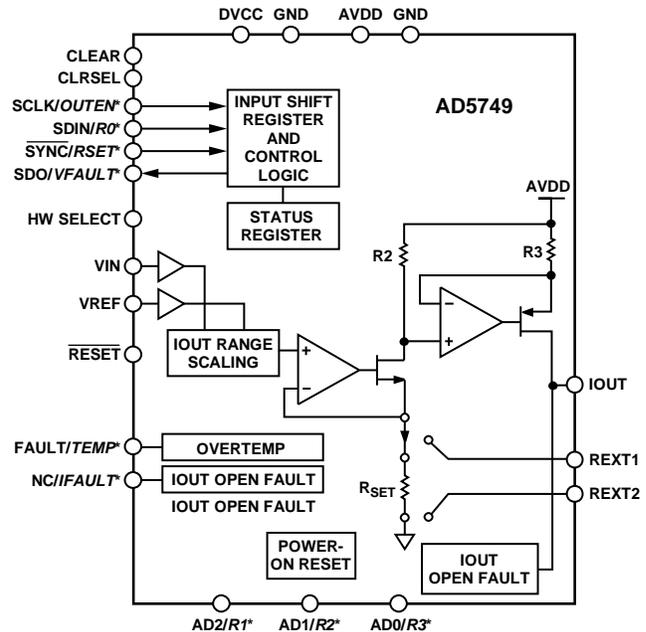
### 概述

AD5749是一款单通道、低成本、高精度、电流输出驱动器，输出范围可通过硬件或软件编程。软件输出范围可通过SPI/MICROWIRE™兼容的串行接口进行设置。AD5749针对PLC和工业过程控制应用而设计。AD5749的模拟输入由一个低电压、单电源供电的数模转换器(DAC)提供，对该模拟输入进行内部调理以提供所需的输出电流/电压范围。

AD5749提供两种可编程输出电流范围：0 mA至24 mA或4 mA至20 mA。电流输出具有开路保护功能，可驱动0.1 H电感负载。器件的电源电压范围为10.8 V至55 V。输出环路顺从电压范围为0 V至AV<sub>DD</sub> - 2.75 V。

灵活的串行接口兼容SPI和MICROWIRE，可以在3线模式下工作，从而极大地降低隔离应用的数字隔离要求。而且，该接口具有可选择的PEC差错校验功能，使用CRC-8

### 功能框图



\*DENOTES SHARED PIN. SOFTWARE MODE DENOTED BY REGULAR TEXT, HARDWARE MODE DENOTED BY *ITALIC* TEXT. FOR EXAMPLE, FOR FAULT/TEMP PIN, IN SOFTWARE MODE, THIS PIN TAKES ON FAULT FUNCTION. IN HARDWARE MODE, THIS PIN TAKES ON TEMP FUNCTION.

图1.

差错校验，适用于可能发生数据通信故障的工业环境。

该器件还具有上电复位功能，用于确保器件在已知状态下上电，并且具有异步CLEAR引脚，用于将输出设置为选定电流范围的下限值。

HW SELECT引脚用来配置上电时器件是处于硬件模式还是软件模式。

表1. 相关器件

产品型号	描述
AD5750	工业电流/电压(I/V)输出驱动器，输出范围可编程
AD5751	工业电流/电压(I/V)输出驱动器，单电源供电，最大供电电压为55V，输出范围可编程
AD5748	工业电流/电压输出驱动器，输出范围可编程
AD5410/ AD5420	单通道、12/16位、串行输入、电流源输出DAC
AD5412/ AD5422	单通道、12/16位、串行输入、电流/电压输出DAC

### Rev. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)

Fax: 781.461.3113

©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

## 目录

特性.....	1	OUTEN.....	18
应用.....	1	软件控制.....	18
功能框图.....	1	硬件控制.....	21
概述.....	1	传递函数.....	21
修订历史.....	2	特性详情.....	22
技术规格.....	3	输出故障报警—软件模式.....	22
时序特性.....	5	输出故障报警—硬件模式.....	22
绝对最大额定值.....	7	异步清零(CLEAR).....	22
ESD警告.....	7	外部电流设置电阻.....	22
引脚配置和功能描述.....	8	可编程超量程模式.....	22
典型工作特性.....	10	分组差错校验(PEC).....	23
术语.....	15	应用信息.....	24
工作原理.....	16	瞬变电压保护.....	24
软件模式.....	16	散热考量.....	24
电流输出架构.....	18	布局布线指南.....	25
驱动感性负载.....	18	电流隔离接口.....	25
AD5749的上电状态.....	18	微处理器接口.....	25
上电时的默认寄存器.....	18	外形尺寸.....	26
复位功能.....	18	订购指南.....	26

## 修订历史

2010年7月—修订版0：初始版

## 技术规格

$AV_{DD} = 12\text{ V}(\pm 10\%)$ 至 $55\text{ V}$ (最大值),  $DV_{CC} = 2.7\text{ V}$ 至 $5.5\text{ V}$ ,  $GND = 0\text{ V}$ ,  $R_{LOAD} = 300\ \Omega$ 。除非另有说明, 所有规格在 $T_{MIN}$ 至 $T_{MAX}$ 范围。

表2

参数 <sup>1</sup>	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件/注释
输入电压范围		0 至 4.096		V	输出端无负载
输入漏电流	-1		+1	$\mu\text{A}$	
基准输入		4.096		V	外部基准电压源需要与此处所述完全相同; 否则, 精度误差会表现为输出端的误差
基准输入电压				V	
基准输入漏电流	-1		+1	$\mu\text{A}$	
电流输出					
输出电流范围	0		24	mA	
			20	mA	
输出电流超量程 <sup>2</sup>	0		24.5	mA	参见“特性详述”部分的内容
	3.92		20.4	mA	参见“特性详述”部分的内容
精度(内部 $R_{SET}$ )					
总不可调整误差(TUE)					
A级 <sup>2</sup>	-0.5		+0.5	% FSR	$T_A = 25^\circ\text{C}$
相对精度(INL)	-0.3	$\pm 0.15$	+0.3	% FSR	
失调误差	-0.02	$\pm 0.01$	+0.02	% FSR	
	-16		+16	$\mu\text{A}$	
失调误差 $TC^2$	-10	+5	+10	$\mu\text{A}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$
输出端死区, RTI		$\pm 3$		ppm FSR/ $^\circ\text{C}$	参考4.096 V输入范围
增益误差	-0.2		+0.2	% FSR	
	-0.125	$\pm 0.02$	+0.125	% FSR	$T_A = 25^\circ\text{C}$
增益 $TC^2$		$\pm 10$		ppm FSR/ $^\circ\text{C}$	
满量程误差	-0.2		+0.2	% FSR	$T_A = 25^\circ\text{C}$
	-0.125	$\pm 0.02$	+0.125	% FSR	
满量程 $TC^2$		$\pm 4$		ppm FSR/ $^\circ\text{C}$	
精度(外部 $R_{SET}$ )					
总不可调整误差(TUE)					
A级 <sup>2</sup>	-0.3		+0.3	% FSR	$T_A = 25^\circ\text{C}$
相对精度(INL)	-0.1	$\pm 0.02$	+0.1	% FSR	
失调误差	-0.02	$\pm 0.01$	+0.02	% FSR	
	-14		+14	$\mu\text{A}$	
失调误差 $TC^2$	-11	+5	+11	$\mu\text{A}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$
输出端死区, RTI		$\pm 2$		ppm FSR/ $^\circ\text{C}$	参考4.096 V输入范围
增益误差	-0.08		+0.08	% FSR	
	-0.07	$\pm 0.02$	+0.07	% FSR	$T_A = 25^\circ\text{C}$
增益 $TC^2$		$\pm 1$		ppm FSR/ $^\circ\text{C}$	
满量程误差	-0.1		+0.1	% FSR	$T_A = 25^\circ\text{C}$
	-0.07	$\pm 0.02$	+0.07	% FSR	
满量程 $TC^2$		$\pm 2$		ppm FSR/ $^\circ\text{C}$	

# AD5749

参数 <sup>1</sup>	最小值	典型值	最大值		
<b>输出特性<sup>2</sup></b> 电流环路顺从电压 阻性负载 感性负载 建立时间 4 mA至20 mA, 满 量程阶跃 120 μA阶跃, 4 m A至20 mA范围 直流电源抑制比 输出阻抗	0	参见“测试条件/注释”列  8.5  1.2	$AV_{DD} - 2.75$     1	V  H  μs  μs  μA/V MΩ	选择此参数时应确保不超过顺从电压 需要具有较高电感值的合适电容; 参见“ 驱动感性负载”部分  250 Ω负载  250 Ω负载
<b>数字输入<sup>3</sup></b> 输入高电压 $V_{IH}$ 输入低电压 $V_{IL}$ 输入电流 引脚电容	2  -1	  5	0.8  +1	V V μA pF	符合JEDEC标准  每引脚 每引脚
<b>数字输出<sup>2</sup></b> FAULT、IFault、 TEMP、VFAULT $V_{OL}$ , 输出低电压  $V_{OH}$ , 输出高电压 SDO $V_{OL}$ , 输出低电压 $V_{OH}$ , 输出高电压 高阻抗输出电容 高阻抗漏电流	  3.6  0.5 $DV_{CC} - 0.5$  -1	  0.6  0.5 $DV_{CC} - 0.5$ 3	0.4     +1	V V V V V pF μA	10 KΩ上拉电阻连接到DVCC 2.5 mA时 10 KΩ上拉电阻连接到DVCC  吸电流200 μA 源电流200 μA
<b>电源要求</b> $AV_{DD}$ $DV_{CC}$ 输入电压 $AI_{DD}$  $DI_{CC}$ 功耗	10.8  2.7	  4.4  5.2 0.3 108	55  5.5 5.6  6.2 1	V  V mA  mA mA mW	输出端无负载, 输出禁用; R3, R2, R1, R0 = 0000, RSET = 0 输出使能 $V_{IH} = DV_{CC}$ , $V_{IL} = GND$ $AV_{DD} = 24 V$ , 输出端无负载

<sup>1</sup> 温度范围: -40°C至+105°C; 典型值为+25°C。

<sup>2</sup> 通过设计和特性保证, 但未经生产测试。

## 时序特性

$AV_{DD} = 12\text{ V}(\pm 10\%)$ 至 $55\text{ V}$ (最大值),  $DV_{CC} = 2.7\text{ V}$ 至 $5.5\text{ V}$ ,  $GND = 0\text{ V}$ ,  $R_{LOAD} = 300\ \Omega$ 。除非另有说明, 所有规格在 $T_{MIN}$ 至 $T_{MAX}$ 范围。

表3

参数 <sup>1,2</sup>	在 $T_{MIN}$ 、 $T_{MAX}$ 时的限值	单位	描述
$t_1$	20	ns(最小值)	SCLK周期时间
$t_2$	8	ns(最小值)	SCLK高电平时间
$t_3$	8	ns(最小值)	SCLK低电平时间
$t_4$	5	ns(最小值)	SYNC下降沿到SCLK下降沿建立时间
$t_5$	10	ns(最小值)	第16个SCLK下降沿到SYNC上升沿(如果使用PEC, 则为第24个SCLK下降沿)
$t_6$	5	ns(最小值)	最小SYNC高电平时间(写入模式)
$t_7$	5	ns(最小值)	数据建立时间
$t_8$	5	ns(最小值)	数据保持时间
$t_9, t_{10}$	1.5	$\mu\text{s}$ , 最大值	CLEAR脉冲低电平/高电平激活时间
$t_{11}$	5	ns(最小值)	最小SYNC高电平时间(读取模式)
$t_{12}$	40	ns(最大值)	SCLK上升沿到SDO有效( $SDO\ C_L = 15\text{ pF}$ )
$t_{13}$	10	ns(最小值)	RESET脉冲低电平时间

<sup>1</sup> 通过特性保证, 但未经生产测试。

<sup>2</sup> 所有输入信号均指定 $t_r = t_f = 5\text{ ns}$ ( $DV_{CC}$ 的10%到90%)并从1.2V电平起开始计时。

## 时序图

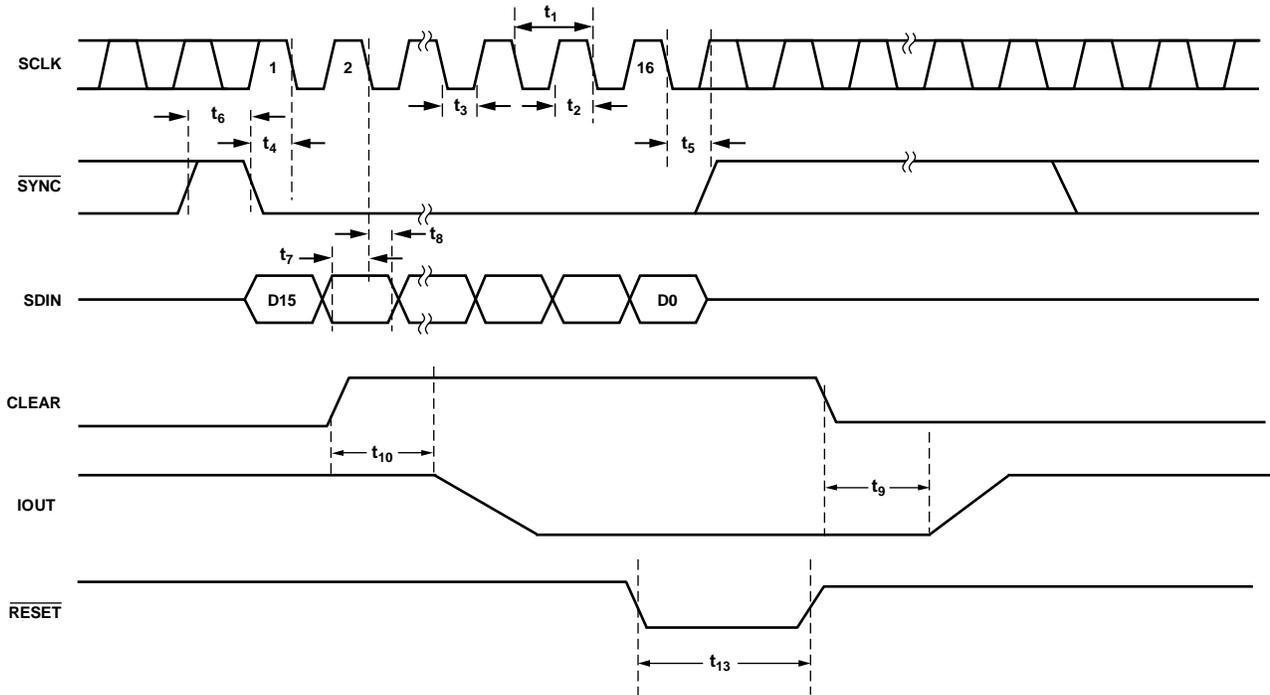


图2. 写入模式时序图

08923-002

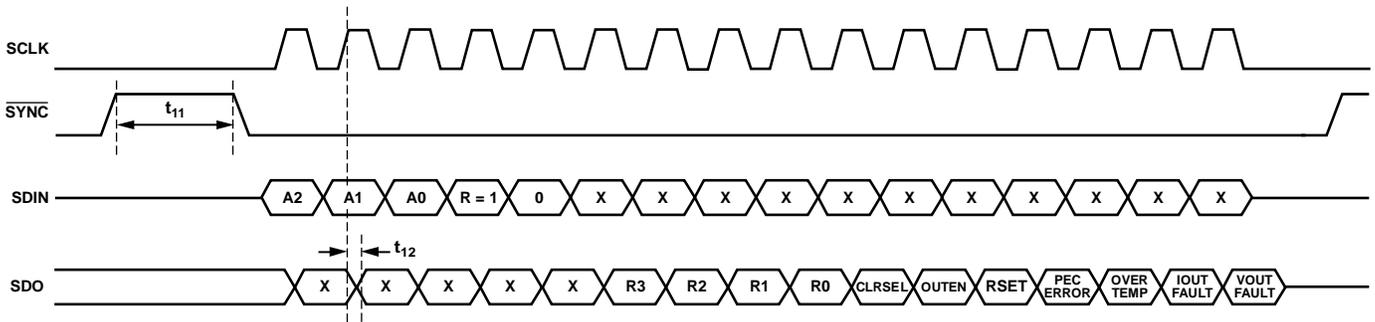


图3. 回读模式时序图

08923-003

## 绝对最大额定值

除非另有说明， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。100 mA以下的瞬态电流不会造成SCR闩锁。

**表4**

参数	额定值
$AV_{DD}$ 至GND	-0.3 V至+58 V
$DV_{CC}$ 至GND	-0.3 V至+7 V
数字输入至GND	-0.3 V至 $DV_{CC} + 0.3$ V,
数字输出至GND	或 7 V(取较小者)
VREF至GND	-0.3 V至 $DV_{CC} + 0.3$ V,
VIN至GND	或 7 V(取较小者)
$I_{OUT}$ 至GND	-0.3 V至+7 V
工作温度范围	-0.3 V至+7 V
工业级	-0.3 V至 $AV_{DD}$
存储温度范围	-40°C至+105°C
结温( $T_J$ 最大值)	-65°C至+150°C
32引脚LFCSP封装	125°C
$\theta_{JA}$ 热阻	28°C/W
引脚温度	JEDEC工业标准
焊接	J-STD-020

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值，不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，器件能够正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

### ESD警告



#### ESD(静电放电)敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量ESD时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

## 引脚配置和功能描述

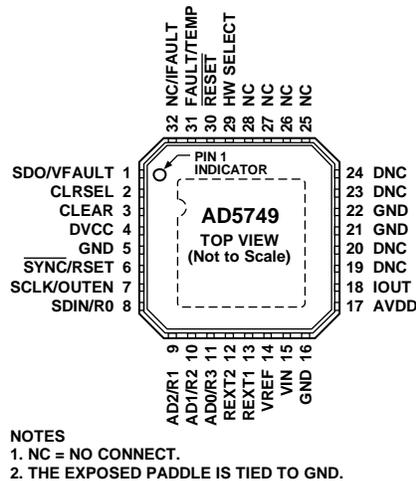


图4. 引脚配置

表5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	SDO/VFAULT	串行数据输出(SDO)。在软件模式下，此引脚用于在读回模式中从输入移位寄存器逐个输出数据。数据在SCLK上升沿逐个输出，而且在SCLK下降沿有效。此引脚为CMOS输出。
2	CLRSEL	在硬件或软件模式下，此引脚用于选择清零值(零刻度或中间量程)。在软件模式下，此引脚与内部CLRSEL位取逻辑“或”。
3	CLEAR	高电平有效输入。置位此引脚可将输出电流设置为选定范围(用户可选)的刻度或中间量程。CLEAR引脚与内部clear位取逻辑“或”。详情参见“异步清零(CLEAR)”部分。
4	DVCC	数字电源。
5	GND	接地连接。
6	SYNC/RSET	上升沿锁存(SYNC)。在软件模式下，上升沿将输入移位寄存器数据并行载入AD5749，同时更新输出。 电阻选择(RSET)。在硬件模式下，此引脚选择是使用内部电流检测电阻，还是使用外部电流检测电阻。 如果RSET = 0，则选择外部检测电阻。 如果RSET = 1，则选择内部检测电阻。
7	SCLK/OUTEN	串行时钟输入(SCLK)。在软件模式下，数据在SCLK下降沿读入输入移位寄存器。此引脚的工作时钟速率最高达50 MHz。 输出使能(OUTEN)。在硬件模式下，此引脚用作输出使能引脚。
8	SDIN/R0	串行数据输入(SDIN)。在软件模式下，数据必须在SCLK下降沿有效。 范围解码位(R0)。在硬件模式下，此引脚与R1、R2和R3一起用于选择器件的输出电流范围设置。
9	AD2/R1	器件寻址位(AD2)。在软件模式下，此引脚与AD0和AD1配合使用，允许一条总线上最多可以寻址八个器件。 范围解码位(R1)。在硬件模式下，此引脚与R0、R2和R3一起用于选择器件的输出电流范围设置。
10	AD1/R2	器件寻址位(AD1)。在软件模式下，此引脚与AD0和AD2配合使用，允许一条总线上最多可以寻址八个器件。 范围解码位(R2)。在硬件模式下，此引脚与R0、R1和R3一起用于选择器件的输出电流范围设置。
11	AD0/R3	器件寻址位(AD0)。在软件模式下，此引脚与AD1和AD2配合使用，允许一条总线上最多可以寻址八个器件。 范围解码位(R3)。在硬件模式下，此引脚与R0、R1和R2一起用于选择器件的输出电流范围设置。

引脚编号	引脚名称	描述
12, 13	REXT2, REXT1	REXT1和REXT2引脚之间可以连接一个15kΩ外部电流设置电阻，用于改善IOUT温度漂移性能。
14	VREF	缓冲基准电压输入。
15	VIN	缓冲模拟输入(0 V至4.096 V)。
16	GND	接地连接。
17	AVDD	正模拟电源。
18	IOUT	电流输出。
19, 20, 23, 24	DNC	请勿连接到这些引脚。
21, 22	GND	接地连接。
25, 26, 27, 28	NC	无连接。可与GND相连。
29	HW SELECT	此引脚用于将器件配置为硬件模式或软件模式。 HW SELECT = 0选择软件控制。 HW SELECT = 1选择硬件控制。
30	RESET	在软件模式下，该引脚将器件复位至其上电状态。低电平有效。 在硬件模式下，不存在复位操作。如果在硬件模式下使用器件， $\overline{\text{RESET}}$ 引脚应连接高电平。
31	FAULT/TEMP	故障报警(FAULT)。在软件模式下，此引脚用作通用故障报警引脚。检测到开路、过温错误或PEC接口错误时，此引脚置位低电平。此引脚为开漏输出，必须连接到上拉电阻。 过温故障(TEMP)。在硬件模式下，此引脚用作过温故障引脚。检测到过温错误时，此引脚置位低电平。此引脚为开漏输出，必须连接到上拉电阻。
32	NC/IFault	无连接(NC)。在软件模式下，此引脚无连接。或者，此引脚与GND相连。 开路故障报警(IFault)。在硬件模式下，此引脚用作开路故障报警引脚。检测到开路错误时，此引脚置位低电平。此引脚为开漏输出，必须连接到上拉电阻。
33 (EPAD)	EPAD	裸露焊盘与GND相连。

## 典型工作特性

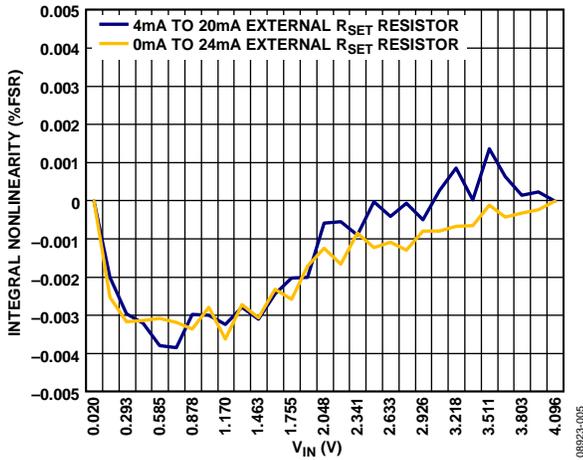


图5. 积分非线性误差与 $V_{IN}$ 的关系(外部 $R_{SET}$ 电阻)

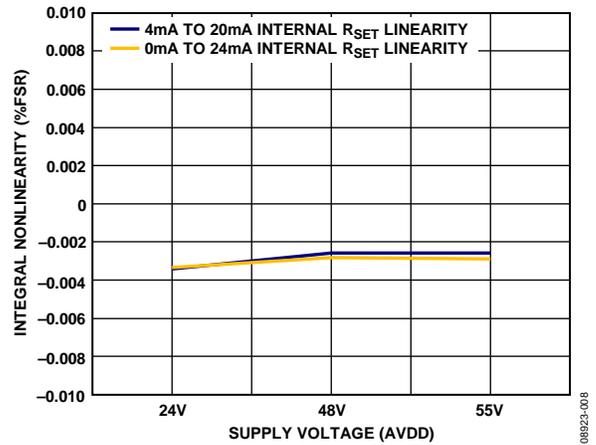


图8. 积分非线性电流模式(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

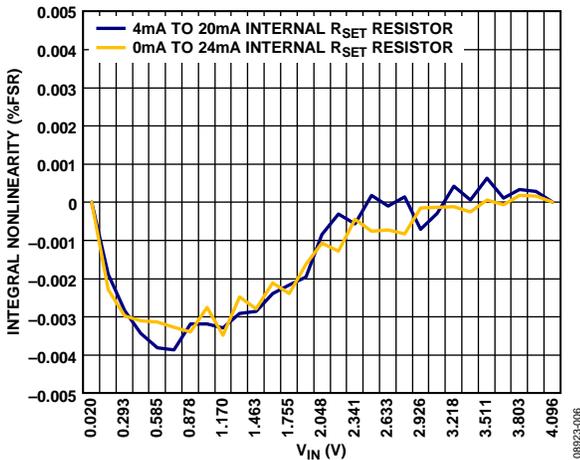


图6. 积分非线性误差与 $V_{IN}$ 的关系(内部 $R_{SET}$ 电阻)

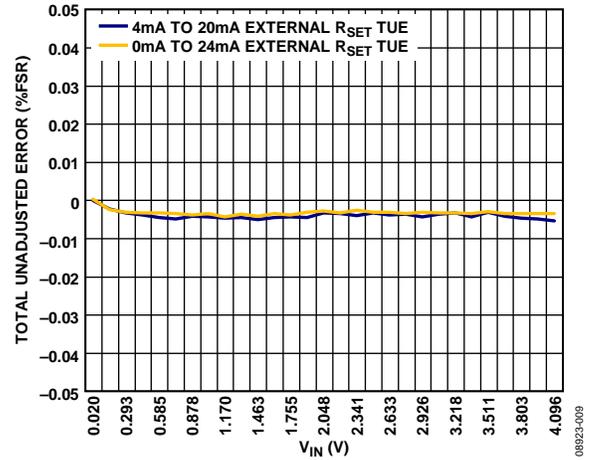


图9. 总不可调整误差与 $V_{IN}$ 的关系(外部 $R_{SET}$ 电阻)

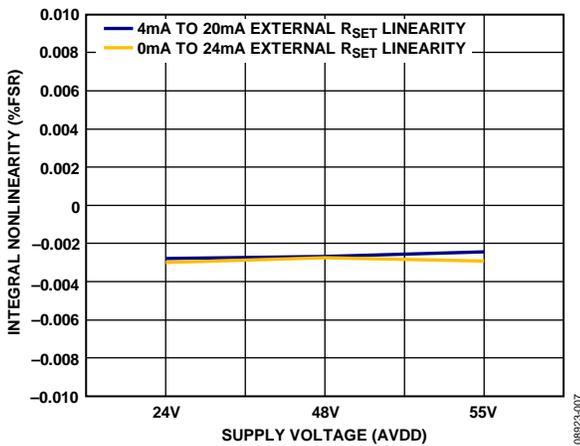


图7. 积分非线性电流模式(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

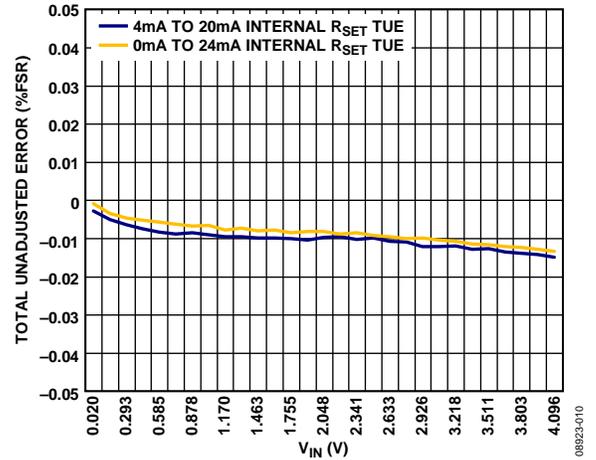


图10. 总不可调整误差与 $V_{IN}$ 的关系(内部 $R_{SET}$ 电阻)

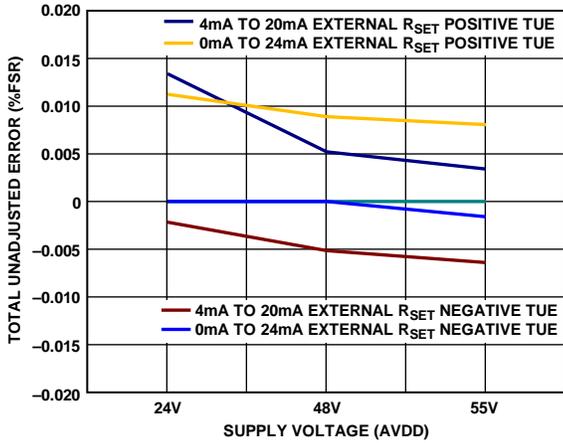


图11. 总不可调整误差电流模式(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

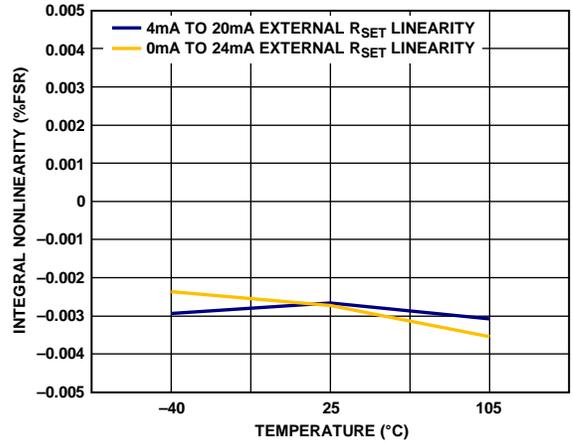


图14. 积分非线性误差与温度的关系(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

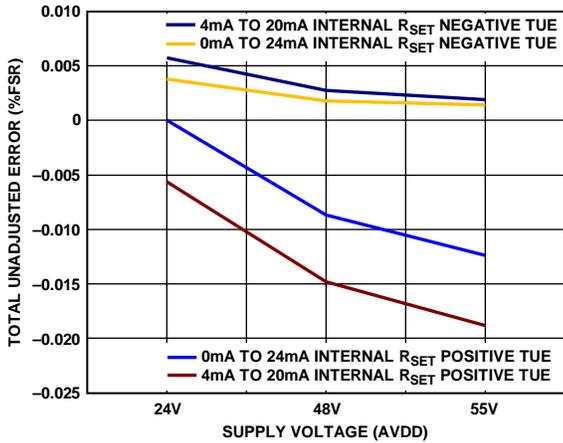


图12. 总不可调整误差电流模式(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

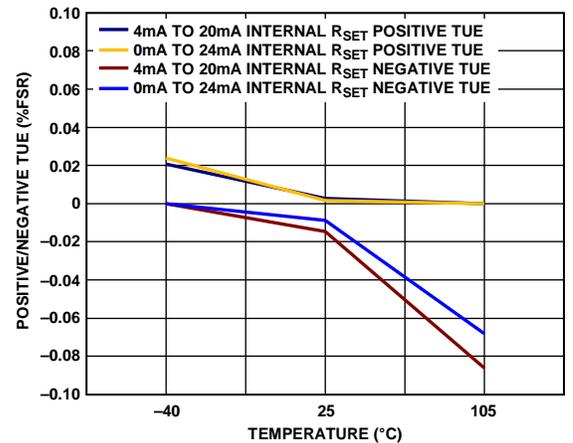


图15. 总不可调整误差与温度的关系(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

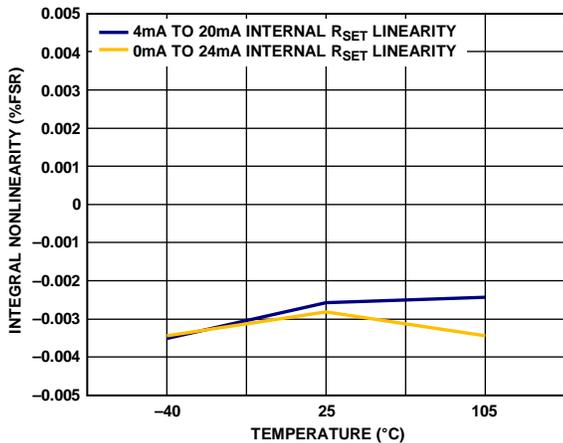


图13. 积分非线性误差与温度的关系(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

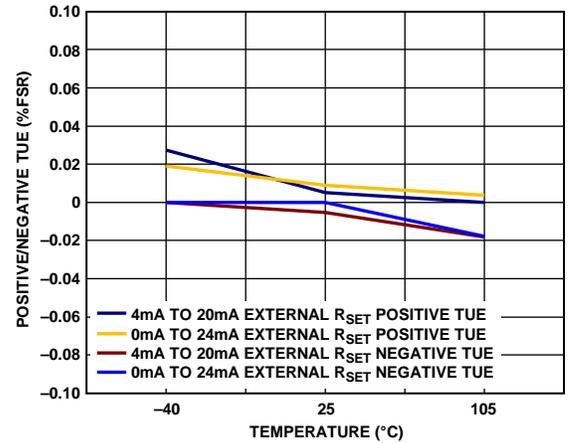


图16. 总不可调整误差与温度的关系(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

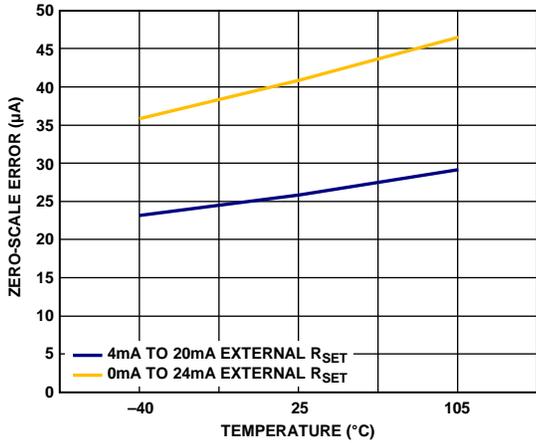


图17. 零刻度误差与温度的关系(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

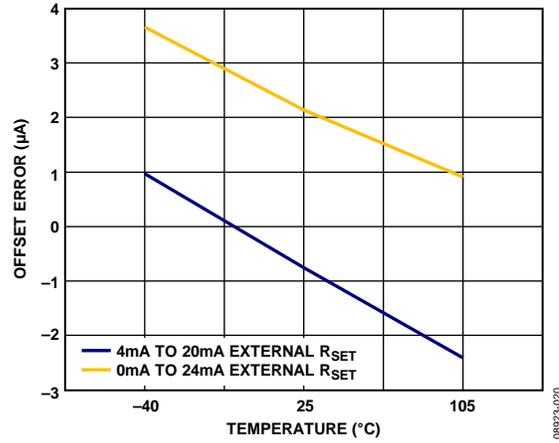


图20. 失调误差与温度的关系(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

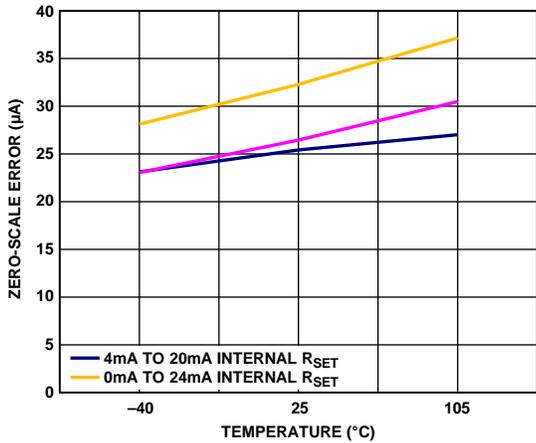


图18. 零刻度误差与温度的关系(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

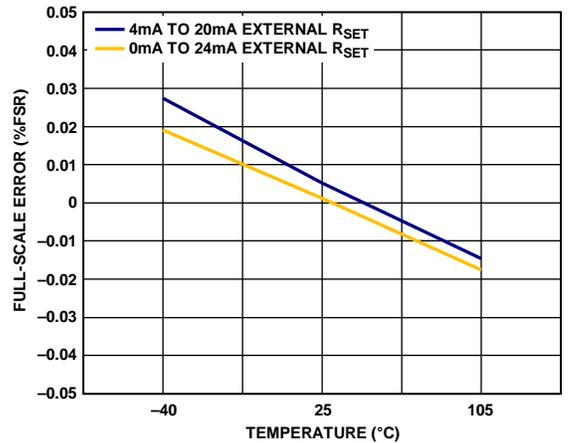


图21. 满量程误差与温度的关系(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

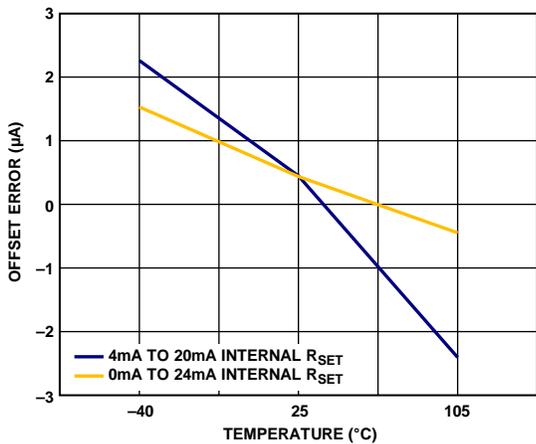


图19. 失调误差与温度的关系(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

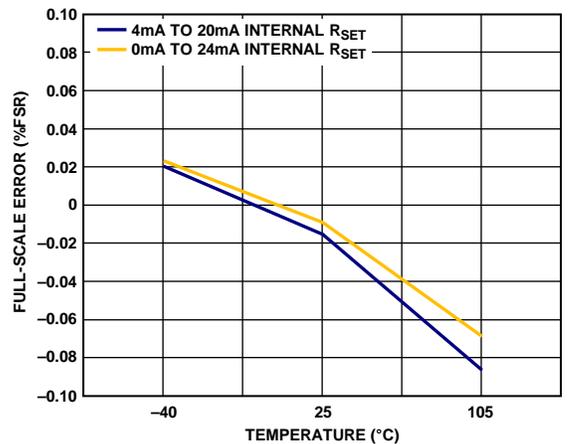


图22. 满量程误差与温度的关系(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

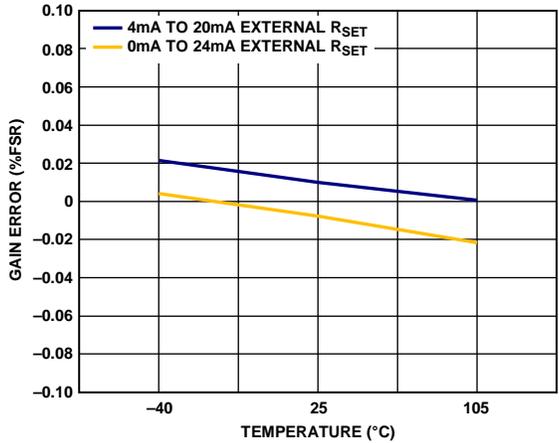


图23. 增益误差与温度的关系(外部 $R_{SET}$ 检测电阻)

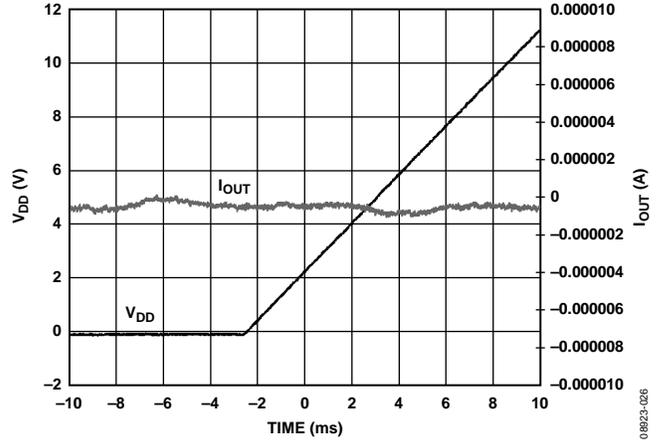


图26. 输出电流与 $V_{DD}$ 上电时间的关系

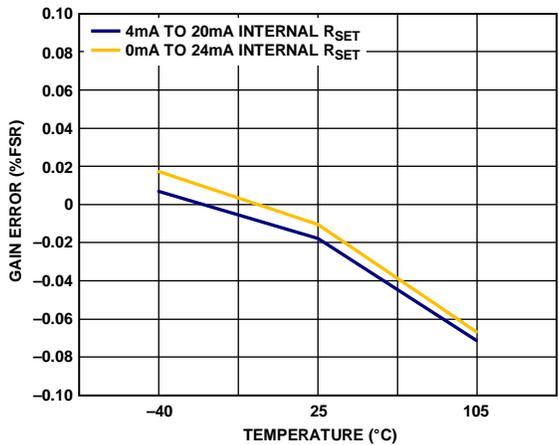


图24. 增益误差与温度的关系(内部 $R_{SET}$ 检测电阻)

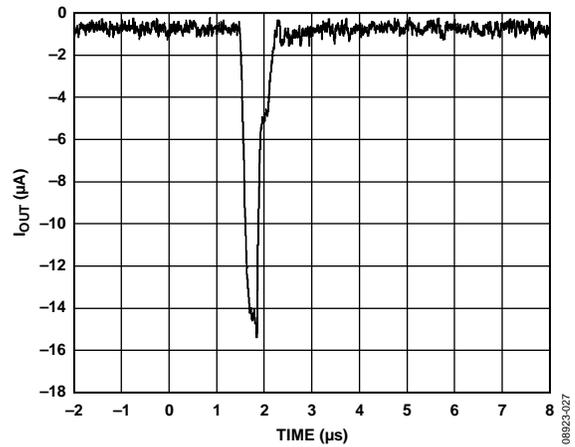


图27. 输出电流与输出使能时间的关系  
(0 mA至24 mA输出范围)

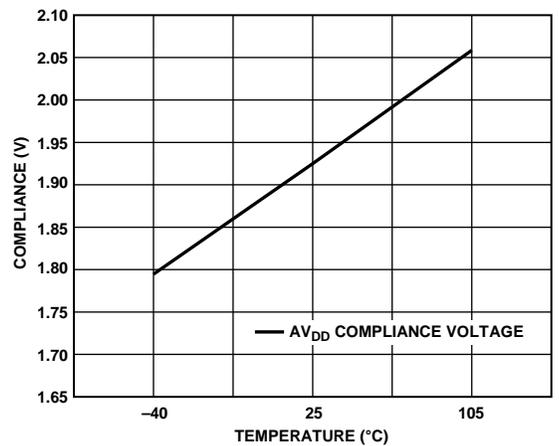


图25. 输出顺从电压与温度的关系, 当 $I_{OUT} = 10.8$  mA, 选择0mA至24mA输出范围时

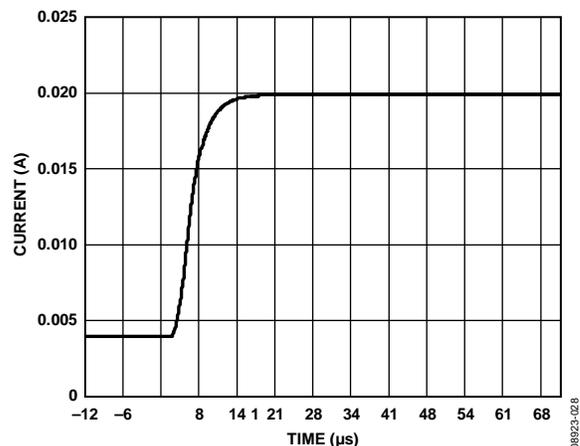


图28. 4 mA至20 mA输出电流阶跃

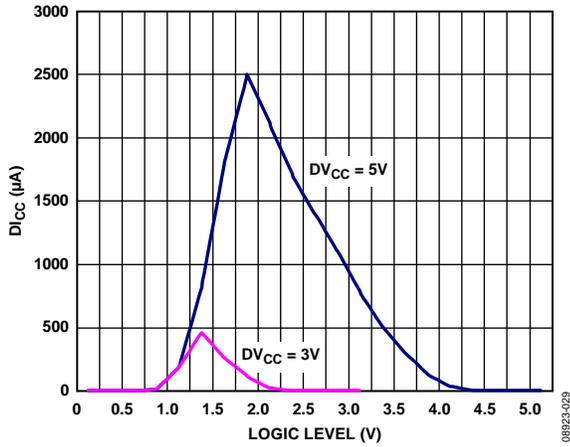


图29.  $D I_{CC}$  与逻辑输入电压的关系

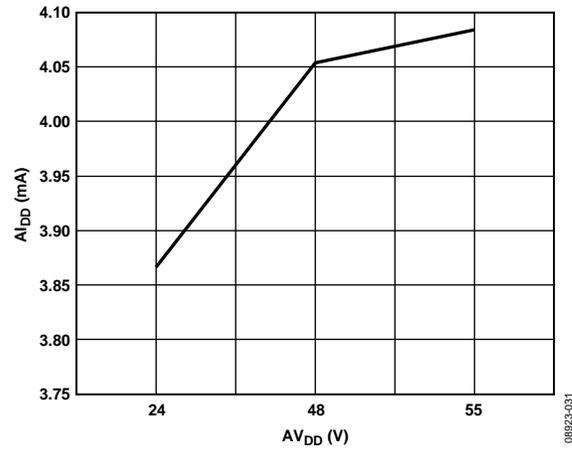


图30.  $A I_{DD}$  与  $A V_{DD}$  的关系 ( $I_{OUT} = 0 mA$ )

## 术语

### 总不可调整误差(TUE)

总不可调整误差(TUE)是指包括以下所有误差在内的总输出误差：INL误差、失调误差、增益误差和随电源电压、温度和时间变化而出现的输出漂移。TUE采用满量程范围的百分比表示(% FSR)。

### 相对精度或积分非线性(INL)

积分非线性(INL)是指输出驱动器的输出与通过其传递函数两个端点的直线之间的最大偏差，单位为% FSR。图5给出了典型INL与输入电压的关系。

### 满量程误差

满量程误差是实际满量程模拟输出与理想满量程输出的偏差，用满量程范围的百分比(% FSR)表示。

### 满量程TC

满量程温度系数(TC)衡量满量程误差随温度的变化，用ppm FSR/°C表示。

### 增益误差

增益误差衡量输出的量程误差，是指输出传递特性的斜率与理想值之间的偏差，用满量程范围的百分比表示(% FSR)。从图23可以看出增益误差与温度的关系。

### 增益误差TC

增益误差温度系数(TC)衡量增益误差随温度的变化，用ppm FSR/°C表示。

### 零刻度误差

零刻度误差是指实际零刻度模拟输出与理想零刻度输出的偏差，用毫伏(mV)表示。

### 零刻度TC

零刻度温度系数(TC)衡量零刻度误差随温度的变化，用ppm FSR/°C表示。

### 失调误差

失调误差衡量传递函数线性区内实际V<sub>OUT</sub>和理想V<sub>OUT</sub>之间的差值，用毫伏(mV)表示。该值可以为正，也可负。

### 输出电压建立时间

输出电压建立时间是指对于一个半量程输入变化，输出建立到指定精度水平所需的时间量。

### 压摆率

器件的压摆率是对输出电压变化率的限制。输出压摆率速度通常受限于其输出端使用的放大器压摆率。压摆率的测量范围是输出信号的10%至90%，用V/μs表示。

### 电流环路顺从电压

电流环路顺从电压是指输出电流与编程值相等情况下I<sub>OUT</sub>引脚的最大电压。

### 上电毛刺能量

上电毛刺能量是AD5749上电时注入模拟输出的脉冲，定义为毛刺的面积，用nV-sec表示。

### 电源抑制比(PSRR)

PSRR表示电源电压变化对输出的影响大小。

## 工作原理

AD5749是一款单通道、低成本、高精度、电流输出驱动器，输出范围可通过硬件或软件编程。软件输出范围可通过SPI/MICROWIRE兼容的串行接口进行设置。通过对范围解码引脚(R0至R3)进行编程，可控制硬件输出范围。AD5749的模拟输入由一个低电压、单电源供电的DAC(0V至4.096V)提供，并该模拟输入进行内部调理以提供所需的输出电流范围。

AD5749提供两种可编程输出电流范围：0 mA至24 mA或4 mA至20 mA。在0 mA至24 mA或4 mA至20 mA电流范围内，容许电流超量程2%。输出范围可通过编程控制寄存器中的R3至R0位进行选择(参见表7和表8)。

图31和图32分别显示的是在一个输出模块系统中AD5749在软件模式和硬件模式下的典型配置。HW SELECT引脚用于选择器件是配置为软件模式，还是硬件模式。AD5749的模拟输入由AD506x或AD566x等低电压、单电源供电的DAC提供，DAC的输出范围为0 V至4.096 V。DAC的电源和基准电压以及AD5749的基准电压可以由ADR392等基准电压源提供。AD5749可以采用最高55V的电源工作。

## 软件模式

软件可选输出电压范围为0mA至24mA或4 mA至20 mA。

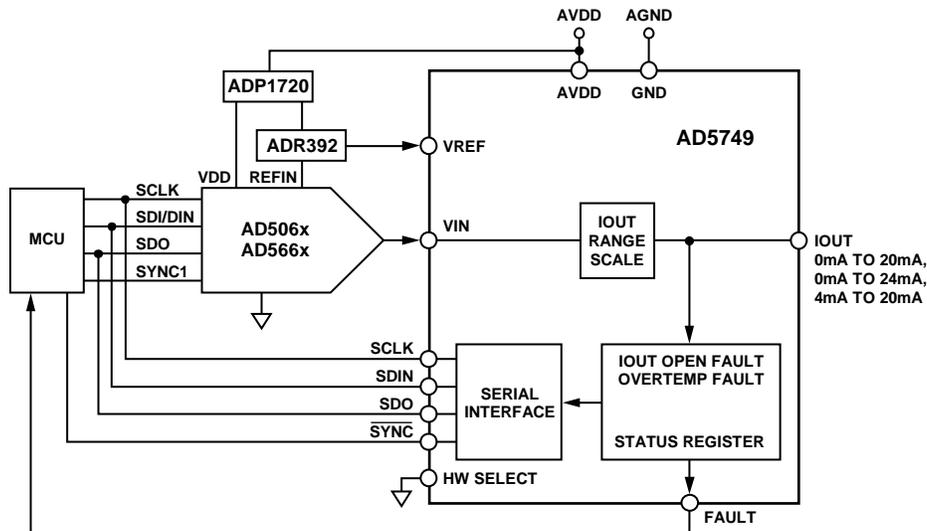


图31. 软件模式下的典型系统配置(未显示开漏输出所需的上拉电阻)



## 电流输出架构

来自模拟输入VIN内核的电压输入(0 V至4.096 V)被转换成电流(见图33), 然后电流镜像到供电轨, 这样, 从应用的角度仅看到一个相对内置基准电压的电流源输出。基准电压源用于为输出范围和增益调整提供内部失调。可选输出范围可通过数字接口(软件模式下)或范围解码引脚R0至R3(硬件模式下)进行编程。

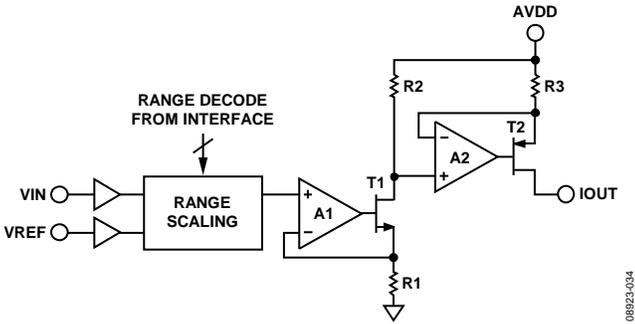


图33. 电流输出配置

## 驱动感性负载

在驱动感性负载或非明确定义的负载时, 需要在IOUT与GND之间连接一个0.01  $\mu$ F电容, 以确保能够稳定地驱动超过50 mH的负载。不存在最大电容限值。负载的容性成分可能造成建立变慢。

## AD5749的上电状态

上电时, AD5749检测载入的是硬件模式, 还是软件模式, 并相应地设置上电状态。

在软件SPI模式下, 上电时输出端为三态状态(0 mA)。

要将器件置于正常工作模式, 用户必须将控制寄存器中的OUTEN位置1以使能输出, 并在同一写操作中使用R3至R0范围位来设置输出范围配置。如果在此写操作期间CLEAR引脚仍处于高电平(有效), 器件会自动清零至由可编程范围和CLR SEL引脚或CLRSEL位定义的正常清零状态。(详情参见“异步清零(CLEAR)”部分)。CLEAR引脚必须处于低电平, 才能使器件工作在正常模式下。

CLEAR引脚通常由微控制器直接驱动。如果AD5749的电源与微控制器电源相互独立, 用户可以在CLEAR引脚连接一个到DVCC的弱上拉电阻或一个对地的下拉电阻, 从而确保能够获得正确的上电状态而且与微控制器无关。对于大多数应用, 在CLEAR引脚上连接一个10 k $\Omega$ 的上拉/下拉电阻就足够了。

如果选择的是硬件模式, 则器件上电时预设为由R3至R0范围位和OUTEN或CLEAR引脚状态所定义的状态。在硬件模式下给器件上电时, 建议将输出端保持为禁用。

## 上电时的默认寄存器

AD5749上电复位电路确保所有寄存器均加载零码。

在软件SPI模式下, 器件上电时会禁用所有输出(OUTEN位=0)。用户必须将控制寄存器中的OUTEN位置1以使能输出, 并在同一写操作中使用R3至R0位来设置输出范围配置。

如果选择的是硬件模式, 则器件上电时预设为由R3至R0位和OUTEN引脚状态所定义的条件。在硬件模式下给器件上电时, 建议将输出端保持为禁用。

## 复位功能

在软件模式下, 器件可使用RESET引脚(低电平有效)或复位位(reset = 1)进行复位。复位操作将禁用输出端, 并使其处于上电状态。用户必须写入OUTEN位以使能输出, 并在同一写操作中设置输出范围配置。RESET引脚为对电平敏感的输入引脚; 只要引脚处于低电平, 器件就会一直处于复位模式。向控制寄存器中写入复位命令后, 复位位清零。

在硬件模式下, 不存在复位操作。如果在硬件模式下使用器件, RESET引脚应连接高电平。

## OUTEN

在软件模式下, 可以使用控制寄存器中的OUTEN位来使能或禁用输出。输出禁用时, 它会变为三态。用户必须设置OUTEN位来使能输出, 同时设置输出范围配置。

在硬件模式下, 可以使用OUTEN引脚来使能或禁用输出。禁用输出时, 它会变为三态。用户必须控制OUTEN引脚, 以使能输出。更改输出范围时, 建议禁用输出。

## 软件控制

通过将HW SELECT引脚连接到地可以使能软件控制。在软件模式下, AD5749可以通过工作时钟速率最高达50 MHz的多功能三线式串行接口进行控制。该接口与SPI、QSPI™、MICROWIRE和DSP标准兼容。

## 输入移位寄存器

输入移位寄存器为16位宽。16位字宽的数据在串行时钟输入SCLK的控制下以MSB优先的方式载入器件。数据在SCLK的下降沿读入。输入移位寄存器包括16个控制位, 如表7所示。此写操作的时序图如图2所示。输入移位寄存器的前三位用于设置印刷电路板(PCB)上的AD5749器件的硬件地址。每个电路板上最多可以寻址八个器件。

在任何写操作期间, 位D11、位D1和位D0必须始终置0。

表7. 写操作的输入移位寄存器内容—控制寄存器

MSB														LSB	
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
A2	A1	A0	R/W	0	R3	R2	R1	R0	CLRSEL	OUTEN	CLEAR	RSET	RESET	0	0

表8. 控制器寄存器的输入移位寄存器描述

位	描述					
A2, A1, A0	与AD2、AD1和AD0外部引脚配合使用，以确定系统控制器要寻址的具体器件。					
	<b>A2</b>	<b>A1</b>	<b>A0</b>	<b>Function</b>		
	0	0	0	对引脚AD2=0、引脚AD1=0且引脚AD0=0的器件进行寻址。		
	0	0	1	对引脚AD2=0、引脚AD1=0且引脚AD0=1的器件进行寻址。		
	0	1	0	对引脚AD2=0、引脚AD1=1且引脚AD0=0的器件进行寻址。		
	0	1	1	对引脚AD2=0、引脚AD1=1且引脚AD0=1的器件进行寻址。		
	1	0	0	对引脚AD2=1、引脚AD1=0且引脚AD0=0的器件进行寻址。		
	1	0	1	对引脚AD2=1、引脚AD1=0且引脚AD0=1的器件进行寻址。		
	1	1	0	对引脚AD2=1、引脚AD1=1且引脚AD0=0的器件进行寻址。		
	1	1	1	对引脚AD2=1、引脚AD1=1且引脚AD0=1的器件进行寻址。		
R/W	表示对寻址寄存器的读或写操作。					
R3, R2, R1, R0	与RSET配合来选择输出配置。					
	<b>RSET</b>	<b>R3</b>	<b>R2</b>	<b>R1</b>	<b>R0</b>	<b>输出配置</b>
	0	0	0	0	0	4 mA至20 mA(外部15 kΩ电流检测电阻)。
	0	0	0	0	1	未用命令。请勿编程。
	0	0	0	1	0	0 mA至24 mA(外部15 kΩ电流检测电阻)。
	0	0	0	1	1	未用命令。请勿编程。
	0	0	1	0	0	未用命令。请勿编程。
	0	0	1	0	1	未用命令。请勿编程。
	0	0	1	1	0	未用命令。请勿编程。
	0	0	1	1	1	未用命令。请勿编程。
	0	1	0	0	0	未用命令。请勿编程。
	0	1	0	0	1	未用命令。请勿编程。
	0	1	0	1	0	未用命令。请勿编程。
	0	1	0	1	1	未用命令。请勿编程。
	0	1	1	0	0	未用命令。请勿编程。
	0	1	1	0	1	未用命令。请勿编程。
	0	1	1	1	0	未用命令。请勿编程。
	0	1	1	1	1	未用命令。请勿编程。
	1	0	0	0	0	4 mA至20 mA(内部电流检测电阻)。
	1	0	0	0	1	未用命令。请勿编程。
	1	0	0	1	0	0 mA至24 mA(内部电流检测电阻)。
	1	0	0	1	1	未用命令。请勿编程。
	1	0	1	0	0	未用命令。请勿编程。
	1	0	1	0	1	未用命令。请勿编程。
	1	0	1	1	0	未用命令。请勿编程。
	1	0	1	1	1	未用命令。请勿编程。
	1	1	0	0	0	未用命令。请勿编程。
	1	1	0	0	1	未用命令。请勿编程。
	1	1	0	1	0	未用命令。请勿编程。
	1	1	0	1	1	未用命令。请勿编程。
	1	1	1	0	0	未用命令。请勿编程。
	1	1	1	0	1	未用命令。请勿编程。
	1	1	1	1	0	未用命令。请勿编程。
	1	1	1	1	1	未用命令。请勿编程。
	1	1	1	0	1	3.92 mA至20.4 mA(内部电流检测电阻)。
	1	1	1	1	0	未用命令。请勿编程。
	1	1	1	1	1	0 mA至24.5 mA(内部电流检测电阻)。

# AD5749

位	描述	
CLRSEL	将清零模式设置为零刻度或中间量程。参见“异步清零(CLEAR)”部分。	
	CLRSEL	功能
	0	清零至零刻度。
1	清零至中间量程。	
OUTEN	输出使能位。要使能输出，必须将此位设置为1。	
CLEAR	软件清零位，高有效。	
RSET	选择内部/外部电流检测电阻。	
	RSET	功能
	1	选择内部电流检测电阻；与R3至R0位一起使用来选择输出范围。
0	选择外部电流检测电阻；与R3至R0位一起使用来选择输出范围。	
RESET	将器件复位至其上电状态。	

## 回读操作

回读模式通过选择正确的器件地址(A2、A1、A0)，然后将R/W位设为1来激活。默认情况下，SDO引脚会被禁用。AD5749读操作的寻址完成后，通过将R/W设为1可以使能SDO引脚，SDO数据会在SCLK的第五个上升沿输出。数据在SDO上逐个输出后，一个 $\overline{\text{SYNC}}$ 的上升沿再次禁用(三态)SDO引脚。在同一读取周期中，可同时读取状态寄存器数据(参见表9)和控制寄存器数据。

状态位由四个只读位构成，用于在发生输出端开路、过温错误或接口错误等特定故障时通知用户。如果发生任意上述故障，硬件FAULT引脚也会置位低电平，用作控制器的硬件中断。

有关故障状态的完整说明，请参见“特性详情”部分。

## 硬件控制

通过将HW SELECT引脚连接到DVCC可以使能硬件控制。在此模式下，R3、R2、R1和R0引脚与RSET引脚一同用于配置输出范围，如表8所示。

在硬件模式下，不存在状态寄存器。故障状态(开路和过温)通过引脚IFault和引脚TEMP来指示。如果出现任意上述故障，则特定故障引脚会置位低电平。IFault和TEMP均为开漏输出，因此可以连接在一起，以允许用户生成一个中断，通知系统控制器有故障情况发生。如果通过此种方式进行硬件连接，则无法区分系统中发生的具体是那种故障。

## 传递函数

AD5749内置信号调理模块，可将模拟输入电压映射到通过经过编程选择的输出范围。可用的模拟输入范围为0 V至4.096 V。

对于所有的输出范围，AD5749均可实现直接线性映射传递函数；其中，0 V映射到所选范围的下限；4.096 V映射到所选范围的上限。

**表9. 读操作的输入移位寄存器内容—状态寄存器**

MSB														LSB	
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
A2	A1	A0	1	0	R3	R2	R1	R0	CLRSEL	OUTEN	RSET	PEC错误	过温	IOUT故障	未用

**表10. 状态位选项**

位	描述
PEC错误	如果CRC-8差错校验检测到接口错误，该位置1。参见“特性详情”部分。
过温	当AD5749内核温度超过约150°C时，该位置1。
IOUT故障	如果IOUT引脚发生开路，该位置1。

## 特性详情

### 输出故障报警—软件模式

在软件模式下，AD5749配有一个FAULT引脚；此引脚为开漏输出，允许将多个AD5749器件的FAULT引脚一起连接到一个上拉电阻，从而实现全局故障检测。在软件模式下，FAULT引脚在以下任一故障情形下强制处于低电平有效状态：

- 由于电路开环或电源电压不足，IOUT端的电压试图升至顺从电压范围以上。产生故障输出的内部电路不使用具有窗口限值的比较器，因为这样需要在故障输出变为有效之前产生一个实际的输出错误。事实上，该信号是在输出级中的内部放大器的剩余驱动能力小于约1 V时产生。因此，故障输出在快达到顺从电压限值之前就会变为有效。由于是在输出放大器的反馈环路内进行比较，因此其开环增益可保持输出精度不变，并且在故障输出变为有效之前不会发生输出误差。
- 因分组差错校验(PEC)失败而检测到接口错误。参见“分组差错校验(PEC)”部分。
- AD5749的内核温度超过约150°C。

### 输出故障报警—硬件模式

在硬件模式下，AD5749配有以下两个故障引脚：IFault和TEMP。这些引脚均为开漏输出，允许将多个AD5749的故障引脚一起连接到一个上拉电阻，从而实现全局故障检测。在硬件控制模式下，这些故障引脚在以下任一故障情形下强制处于有效状态：

- 检测到开路错误。由于电路开环或电源电压不足，IOUT端的电压试图升至顺从电压范围以上。产生故障输出的内部电路不使用具有窗口限值的比较器，因为这样需要在故障输出变为有效之前产生一个实际的输出错误。事实上，该信号是在输出级中的内部放大器的剩余驱动能力小于约1V时产生。因此，故障输出在快达到顺从电压限值之前就会变为有效。由于是在输出放大器的反馈环路内进行比较，因此其开环增益可保持输出精度不变，并且在故障输出变为有效之前不会发生输出误差。如果检测到此故障，IFault引脚会强制处于低电平状态。

- AD5749内核温度超过约150°C。如检测到此种错误，TEMP引脚将被强制处于低电平状态。

### 异步清零(CLEAR)

CLEAR引脚是高电平有效清零引脚，使输出清零为零电刻度或中间量程，用户可通过CLRSEL引脚或输入移位寄存器的CLRSEL位进行选择，如表8所示(清零选择特性是CLRSEL引脚和CLRSEL位的逻辑“或”功能。)当CLEAR信号变回低电平后，输出会返回到其之前的编程值或经过重新编程的新值。清零操作还可通过控制寄存器中的清零命令来执行。

表11. CLRSEL选项

CLRSEL	输出清零值
0	零刻度；例如： 4 mA(4 mA至20 mA范围内) 0 mA(0 mA至24 mA范围内)
1	中间量程；例如： 12 mA(4 mA至20 mA范围内) 12 mA(0 mA至24 mA范围内)

### 外部电流设置电阻

图1中，RSET是一个内部检测电阻，构成电压-电流转换电路的一部分。内部电流检测电阻的标称值为15kΩ。为了在电流模式下实现超量程能力，用户还可将内部电流检测电阻选择为14.7 kΩ，从而提供2%的标称超量程能力。此特性适用于0 mA至24mA和4 mA至20 mA电流范围。

输出电流值在全温度范围内的稳定性取决于RSET值的稳定性。要提高输出电流在全温度范围内的稳定性，方法是在AD5749的REXT1和REXT2引脚连接一个外部低漂移电阻，从而可替代内部电阻。外部电阻通过输入移位寄存器进行选择。如果不使用外部电阻选项，则REXT1和REXT2引脚应保持悬空。

### 可编程超量程模式

AD5749支持超量程模式；超量程功能通过分别配置R3、R2、R1和R0位(引脚)来选择。

超量程的典型范围为2%。对于上述超量程范围，模拟输入保持不变(0 V至4.096 V)。

### 分组差错校验(PEC)

为验证噪声环境下数据接收是否正确，AD5749提供了一个基于8位循环冗余校验(CRC-8)的差错校验选项。负责控制AD5749的器件应使用下列多项式生成8位帧校验序列：

$$C(x) = x^8 + x^2 + x + 1$$

此序列会添加到数据字末尾，即在SYNC变为高电平之前有24个数据位会发送到AD5749。收到24位数据帧后，AD5749会在SYNC变为高电平时执行差错校验。如果校验成功，数据会写入所选寄存器。如果差错校验失败，则FAULT引脚变为低电平，同时状态寄存器的D3位置1。读取该寄存器后，此错误标志会自动清除，FAULT引脚再次变为高电平。

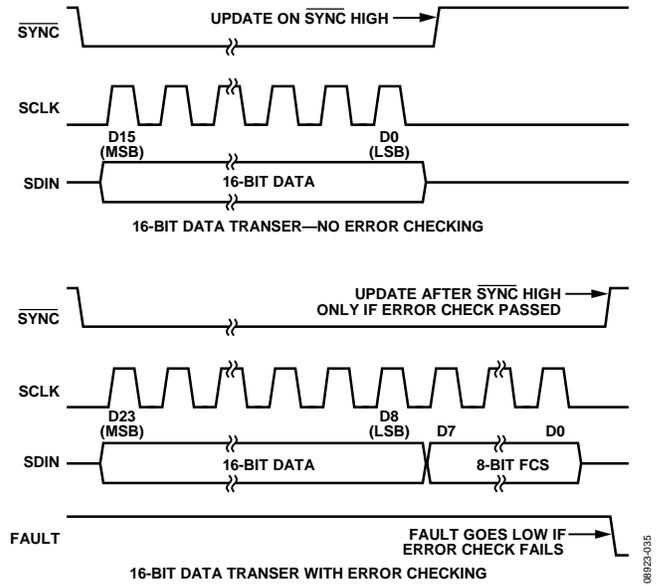


图34. PEC差错校验时序图

08923-035

## 应用信息

### 瞬变电压保护

AD5749内置ESD保护二极管，可防止器件在一般工作条件下受损。但是，工业控制环境会使I/O电路遭受高得多的瞬变。为了防止过高瞬态电压影响AD5749，可能需要外部功率二极管和浪涌电流限制电阻，如图35所示。对电阻值的约束条件是，在正常工作期间，IOUT的输出电平必须保持在其顺从电压限值( $AV_{DD} - 2.75\text{ V}$ )以内，并且这两个保护二极管和电阻必须具有适当的额定功率。如果需要，可添加瞬态电压抑制器来进一步增强防护。

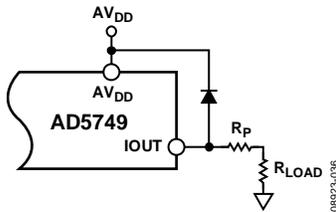


图35. 输出瞬变电压保护

### 散热考量

了解功耗对于封装和结温的影响情况非常重要。内部结温不应高于 $125^{\circ}\text{C}$ 。AD5749采用32引脚 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  LFCSP封装。热阻 $\theta_{JA}$ 为 $28^{\circ}\text{C/W}$ 。必须确保器件工作条件不会引起结温超标。最差条件是指AD5749工作在最大电源电压 $AV_{DD}(55\text{ V})$ ，并且直接驱动最大电流( $24\text{ mA}$ )至地。此外，还应考虑到AD5749的静态电流，其标称值约为 $4\text{ mA}$ 。

表12的计算公式用于估算在这些最差条件下的最大功耗，并据此确定最大环境温度：这些数据假设已采用“布局指南”部分所述的正确布局和接地方法，以将功耗降至最低。

表12. 散热和电源考量

考量项目	32引脚LFCSP封装
在 $85^{\circ}\text{C}$ 环境温度下工作时的最大容许功耗	$\frac{J_{MAX} - T_A}{\theta_{JA}} = \frac{125 - 85}{28} = 1.42\text{ W}$
在 $55\text{ V}$ 供电电压下工作并直接驱动 $24\text{ mA}$ 到地(包括AD5749内部电流 $4\text{ mA}$ )时的最大容许环境温度。	$T_{JMAX} - (P_D \times \theta_{JA}) = 125 - ((55 \times 0.028) \times 28) = 81.8^{\circ}\text{C}$
在环境温度 $85^{\circ}\text{C}$ 下工作并直接驱动 $24\text{ mA}$ 到地时的最大容许电源电压	$\frac{J_{MAX} - T_A}{AI_{DD} \times \theta_{JA}} = \frac{125 - 85}{(0.028 \times 28)} = 51\text{ V}$

## 布局布线指南

在任何注重精度的电路中，精心考虑电源和接地回路布局都有助于确保达到规定的性能。安装AD5749所用的PCB应经过专门设计，使AD5749位于模拟平面。

AD5749在每个电源引脚上应当具有足够大的电源旁路电容，使用10  $\mu\text{F}$ 与0.1  $\mu\text{F}$ 电容并联，并且尽可能靠近封装，最好是正对着该器件。10  $\mu\text{F}$ 电容为钽珠型电容。0.1  $\mu\text{F}$ 电容应具有低等效串联电阻(ESR)和低等效串联电感(ESI)，如高频时提供低阻抗接地路径的普通陶瓷型电容，以便处理内部逻辑开关所引起的瞬态电流。

在一个电路板上使用多个器件的系统中，提供一定的散热能力通常有助于功率耗散。

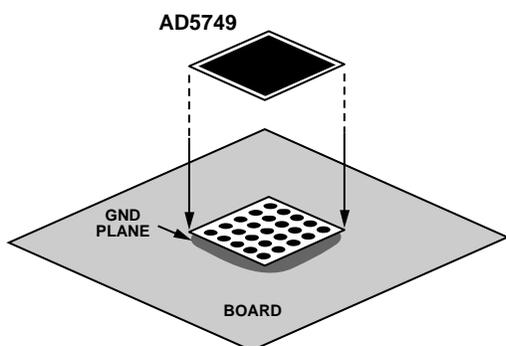


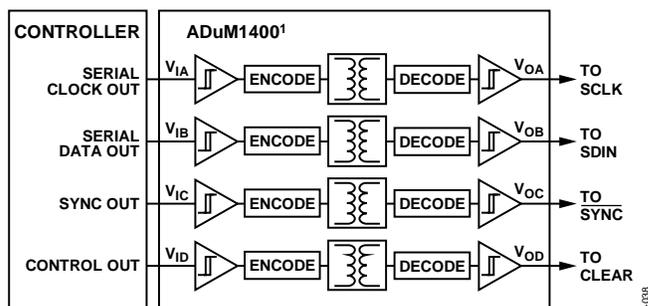
图36. 焊盘与电路板的连接

AD5749在器件底部具有裸露焊盘，该焊盘与AD5749的GND端相连。为了获得最佳性能，在设计母板和安装封装器件封装时需要有一些特殊考虑。为了改善散热、电气和板级性能，需将封装底部的裸露焊盘焊接到PCB上相应的散热焊盘(GND)上。

为进一步改善散热性能，PCB焊盘区可以设计一些散热通孔。

## 电流隔离接口

在许多过程控制应用中，需要在控制器与受控单元之间提供一个隔离栅，以保护和隔离控制电路遭受可能发生的任何危险共模电压。ADI公司的iCoupler®系列产品可提供超过5.0 kV的电压隔离。AD5749采用串行加载结构，使接口线路数量保持最少，因此成为隔离接口应用的理想选择。图37所示为AD5749使用ADuM1400的4通道隔离接口。欲了解更多信息，请访问：<http://www.analog.com/icouplers>。



<sup>1</sup>ADDITIONAL PINS OMITTED FOR CLARITY.

图37. 隔离接口

## 微处理器接口

AD5749通过一条串行总线实现与微处理器的接口，这条总线使用与微控制器和DSP处理器兼容的协议。通信通道为一个3线(最少)式接口，由一个时钟信号、一个数据信号和一个SYNC信号组成。AD5749需要16位数据字，在SCLK的下降沿时数据有效。



注释

**AD5749**

**注释**