

### 产品特性

256位

端到端电阻：5 kΩ、10 kΩ、50 kΩ、100 kΩ

紧凑型SOT-23-8 (2.9 mm x 3 mm)封装

SPI兼容型接口

上电预设为中间电平

单电源：2.7 V至5.5 V

低温系数：45 ppm/°C

低功耗： $I_{DD} = 8 \mu A$

宽工作温度范围：-40°C至+125°C

提供评估板

### 应用

在新设计中代替机械电位计

压力、温度、位置、化学和光学传感器调节

RF放大器偏置

汽车电子设备调节

增益控制和失调电压调整

### 概述

AD5160是一款适合256位调整应用的2.9 mm x 3 mm紧凑型封装解决方案，可实现与机械电位计<sup>1</sup>或可变电阻器相同的电子调整功能，而且具有增强的分辨率、固态可靠性和出色的低温系数性能。

<sup>1</sup> 数字电位计、VR和RDAC这些术语可以互换使用。

### Rev. B

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.

### 功能框图

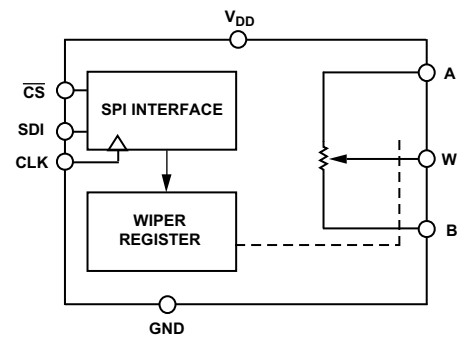


图1

### 引脚配置

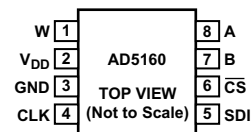


图2

游标设置可通过SPI兼容型数字接口控制。游标与固定电阻任一端点之间的电阻值，随传输至RDAC锁存器中的数字码呈线性变化。

该器件采用2.7 V至5.5 V电源供电，功耗小于5 μA，适合电池供电的便携式应用。

# AD5160

## 目录

产品特性 .....	1	典型工作特性 .....	8
应用 .....	1	测试电路 .....	12
功能框图 .....	1	SPI接口 .....	13
引脚配置 .....	1	工作原理 .....	14
概述 .....	1	可变电阻器编程 .....	14
修订历史 .....	2	电位计分压器编程 .....	15
技术规格 .....	3	SPI兼容型三线式串行总线 .....	15
电气特性——5 kΩ版本 .....	3	ESD保护 .....	15
10 kΩ、50 kΩ、100 kΩ版本 .....	4	上电时序 .....	15
时序特性——所有版本 .....	5	布局布线和电源旁路 .....	15
绝对最大额定值 .....	6	外形尺寸 .....	16
ESD警告 .....	6	订购指南 .....	16
引脚配置和功能描述 .....	7		

## 修订历史

### 2009年5月——修订版A至修订版B

更改“订购指南” .....	16
----------------	----

### 2009年1月——修订版0至修订版A

删除表1中关断电源电流参数和尾注7 .....	3
更改表1中电阻噪声电压密度参数 .....	3
删除表2中关断电源电流参数和尾注7 .....	4
更改表2中电阻噪声电压密度参数 .....	4
增加表3的尾注 .....	5
更改表4 .....	6
更改可变电阻器操作部分 .....	14
删除端电压范围部分和图41，图号重新排序 .....	13
更改图40和图41 .....	15
更改“订购指南” .....	16

### 2003年5月——修订版0：初始版

# 技术规格

## 电气特性——5 kΩ版本

除非另有说明， $V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$ 或 $3\text{ V} \pm 10\%$ ， $V_A = +V_{DD}$ ， $V_B = 0\text{ V}$ ， $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$ 。

表1.

参数	符号	条件	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位
直流特性						
可变电阻器模式						
电阻差分非线性 <sup>2</sup>	R-DNL	$R_{WB}$ , $V_A =$ 无连接	-1.5	±0.1	+1.5	LSB
电阻积分非线性 <sup>2</sup>	R-INL	$R_{WB}$ , $V_A =$ 无连接	-4	±0.75	+4	LSB
标称电阻容差 <sup>3</sup>	$\Delta R_{AB}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-20		+20	%
电阻温度系数	$\Delta R_{AB}/\Delta T$	$V_{AB} = V_{DD}$ , 游标 = 无连接		45		ppm/°C
游标电阻	$R_W$			50	120	Ω
电位计分压器模式						
分辨率	N	规格适用于所有可变电阻			8	Bits
差分非线性 <sup>4</sup>	差分非线性(DNL)		-1.5	±0.1	+1.5	LSB
积分非线性 <sup>4</sup>	积分非线性(INL)		-1.5	±0.6	+1.5	LSB
分压器温度系数	$\Delta V_W/\Delta T$	代码 = 0x80		15		ppm/°C
满量程误差	$V_{WFSE}$	代码 = 0xFF	-6	-2.5	0	LSB
零电平误差	$V_{WZSE}$	代码 = 0x00	0	+2	+6	LSB
电阻端						
电压范围 <sup>5</sup>	$V_A, V_B, V_W$		GND		$V_{DD}$	V
电容A、电容B <sup>6</sup>	$C_{A,B}$	$f = 1\text{ MHz}$ , 针对GND测量, 代码 = 0x80		45		pF
电容W <sup>6</sup>	$C_W$	$f = 1\text{ MHz}$ , 针对GND测量, 代码 = 0x80		60		pF
共模泄漏	$I_{CM}$	$V_A = V_B = V_{DD}/2$		1		nA
数字输入						
输入逻辑高电平	$V_{IH}$		2.4			V
输入逻辑低电平	$V_{IL}$				0.8	V
输入逻辑高电平	$V_{IH}$	$V_{DD} = 3\text{ V}$	2.1			V
输入逻辑低电平	$V_{IL}$	$V_{DD} = 3\text{ V}$			0.6	V
输入电流	$I_{IL}$	$V_{IN} = 0\text{ V}$ 或 $5\text{ V}$			±1	μA
输入电容 <sup>6</sup>	$C_{IL}$			5		pF
电源						
电源电压范围	$V_{DD}$ 范围		2.7		5.5	V
电源电流	$I_{DD}$	$V_{IH} = 5\text{ V}$ 或 $V_{IL} = 0\text{ V}$		3	8	μA
功耗 <sup>7</sup>	$P_{DISS}$	$V_{IH} = 5\text{ V}$ 或 $V_{IL} = 0\text{ V}$ , $V_{DD} = 5\text{ V}$			0.2	mW
电源灵敏度	PSS	$\Delta V_{DD} = +5\text{ V} \pm 10\%$ , 代码 = 中间电平		±0.02	±0.05	%/%
动态特性 <sup>6,8</sup>						
-3 dB带宽	BW_5K	$R_{AB} = 5\text{ k}\Omega$ , 代码 = 0x80		1.2		MHz
总谐波失真	THD <sub>W</sub>	$V_A = 1\text{ V rms}$ , $V_B = 0\text{ V}$ , $f = 1\text{ kHz}$		0.05		%
$V_W$ 建立时间	$t_S$	$V_A = 5\text{ V}$ , $V_B = 0\text{ V}$ , ±1 LSB 误差带		1		μs
电阻噪声电压密度	$e_{N\_WB}$	$R_{WB} = 2.5\text{ k}\Omega$		6		nV/√Hz

<sup>1</sup> 典型规格表示+25°C和 $V_{DD} = 5\text{ V}$ 时的平均读数。

<sup>2</sup> 电阻位置非线性误差(R-INL)是指在最大电阻和最小电阻游标位置之间测得的值与理想值的偏差。R-DNL衡量连续抽头位置之间相对于理想位置的阶跃变化。部件保证单调性。

<sup>3</sup>  $V_{AB} = V_{DD}$ , 游标 ( $V_W$ ) = 无连接

<sup>4</sup> 与电压输出数模转换器(DAC)类似, 将RDAC配置为电位计分压器, 在 $V_W$ 位置测得INL和DNL。 $V_A = V_{DD}$ 和 $V_B = 0\text{ V}$ 。最大±1 LSB的DNL规格限值, 保证单调工作条件。

<sup>5</sup> 电阻端A、电阻端B和电阻端W彼此没有极性限制。

<sup>6</sup> 通过设计保证, 但未经生产测试。

<sup>7</sup>  $P_{DISS}$ 可通过 $(I_{DD} \times V_{DD})$ 计算。CMOS逻辑电平输入实现最小功耗。

<sup>8</sup> 所有动态特性均采用 $V_{DD} = 5\text{ V}$ 。

# AD5160

## 10 kΩ、50 kΩ、100 kΩ版本

除非另有说明， $V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$ 或 $3\text{ V} \pm 10\%$ ， $V_A = V_{DD}$ ， $V_B = 0\text{ V}$ ， $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$ 。

表2.

参数	符号	条件	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位
<b>直流特性</b>						
<b>可变电阻器模式</b>						
电阻差分非线性 <sup>2</sup>	R-DNL	$R_{WB}, V_A = \text{无连接}$	-1	$\pm 0.1$	+1	LSB
电阻积分非线性 <sup>2</sup>	R-INL	$R_{WB}, V_A = \text{无连接}$	-2	$\pm 0.25$	+2	LSB
标称电阻容差 <sup>3</sup>	$\Delta R_{AB}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-15		+15	%
电阻温度系数	$\Delta R_{AB}/\Delta T$	$V_{AB} = V_{DD}$ , 游标 = 无连接		45		ppm/ $^\circ\text{C}$
游标电阻	$R_W$	$V_{DD} = 5\text{ V}$		50	120	$\Omega$
<b>电位计分压器模式</b>						
分辨率	N	规格适用于所有可变电阻			8	Bits
差分非线性 <sup>4</sup>	差分非线性(DNL)		-1	$\pm 0.1$	+1	LSB
积分非线性 <sup>4</sup>	积分非线性(INL)		-1	$\pm 0.3$	+1	LSB
分压器温度系数	$\Delta V_W/\Delta T$	代码 = 0x80		15		ppm/ $^\circ\text{C}$
满量程误差	$V_{WFSE}$	代码 = 0xFF	-3	-1	0	LSB
零电平误差	$V_{WZSE}$	代码 = 0x00	0	1	3	LSB
<b>电阻端</b>						
电压范围 <sup>5</sup>	$V_{A,B,W}$		GND		$V_{DD}$	V
电容A、电容B <sup>6</sup>	$C_{A,B}$	$f = 1\text{ MHz}$ ，针对GND测量，代码 = 0x80		45		pF
电容W <sup>6</sup>	$C_W$	$f = 1\text{ MHz}$ ，针对GND测量，代码 = 0x80		60		pF
共模泄漏	$I_{CM}$	$V_A = V_B = V_{DD}/2$		1		nA
<b>数字输入</b>						
输入逻辑高电平	$V_{IH}$		2.4			V
输入逻辑低电平	$V_{IL}$				0.8	V
输入逻辑高电平	$V_{IH}$	$V_{DD} = 3\text{ V}$	2.1			V
输入逻辑低电平	$V_{IL}$	$V_{DD} = 3\text{ V}$			0.6	V
输入电流	$I_{IL}$	$V_{IN} = 0\text{ V}$ 或 $5\text{ V}$			$\pm 1$	$\mu\text{A}$
输入电容 <sup>6</sup>	$C_{IL}$			5		pF
<b>电源</b>						
电源电压范围	$V_{DD}$ 范围		2.7		5.5	V
电源电流	$I_{DD}$	$V_{IH} = 5\text{ V}$ 或 $V_{IL} = 0\text{ V}$		3	8	$\mu\text{A}$
功耗 <sup>7</sup>	$P_{DISS}$	$V_{IH} = 5\text{ V}$ 或 $V_{IL} = 0\text{ V}$ ， $V_{DD} = 5\text{ V}$			0.2	mW
电源灵敏度	PSS	$\Delta V_{DD} = +5\text{ V} \pm 10\%$ ，代码 = 中间电平		$\pm 0.02$	$\pm 0.05$	%/%
<b>动态特性<sup>6,8</sup></b>						
-3 dB带宽	带宽	$R_{AB} = 10\text{ k}\Omega/50\text{ k}\Omega/100\text{ k}\Omega$ ，代码 = 0x80		600/100/40		kHz
总谐波失真	THD <sub>W</sub>	$V_A = 1\text{ V rms}$ ， $V_B = 0\text{ V}$ ， $f = 1\text{ kHz}$ ， $R_{AB} = 10\text{ k}\Omega$		0.05		%
$V_W$ 建立时间(10 kΩ/50 kΩ/100 kΩ)	$t_s$	$V_A = 5\text{ V}$ ， $V_B = 0\text{ V}$ ， $\pm 1\text{ LSB}$ 误差带		2		$\mu\text{s}$
电阻噪声电压密度	$e_{N\_WB}$	$R_{WB} = 5\text{ k}\Omega$		9		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$

<sup>1</sup> 典型规格表示+25°C和 $V_{DD} = 5\text{ V}$ 时的平均读数。

<sup>2</sup> 电阻位置非线性误差(R-INL)是指在最大电阻和最小电阻游标位置之间测得的值与理想值的偏差。R-DNL衡量连续抽头位置之间相对于理想位置的阶跃变化。部件保证单调性。

<sup>3</sup>  $V_{AB} = V_{DD}$ ，游标 ( $V_W$ ) = 无连接

<sup>4</sup> 与电压输出数模转换器(DAC)类似，将RDAC配置为电位计分压器，在 $V_W$ 位置测得INL和DNL。 $V_A = V_{DD}$ 和 $V_B = 0\text{ V}$ 。最大 $\pm 1\text{ LSB}$ 的DNL规格限值，保证单调工作条件。

<sup>5</sup> 电阻端A、电阻端B和电阻端W彼此没有极性限制。

<sup>6</sup> 通过设计保证，但未经生产测试。

<sup>7</sup>  $P_{DISS}$ 可通过( $I_{DD} \times V_{DD}$ )计算。CMOS逻辑电平输入实现最小功耗。

<sup>8</sup> 所有动态特性均采用 $V_{DD} = 5\text{ V}$ 。

**时序特性——所有版本**

除非另有说明， $V_{DD} = +5V \pm 10\%$ 或 $+3V \pm 10\%$ ， $V_A = V_{DD}$ ， $V_B = 0V$ ， $-40^\circ\text{C} < T_A < +125^\circ\text{C}$ 。

**表3.**

参数	符号	条件	最小值	典型值 <sup>1</sup>	最大值	单位
SPI接口时序特性1, 2		规格适用于所有器件				
时钟频率	$f_{CLK}$			25		MHz
输入时钟脉冲宽度	$t_{CH}, t_{CL}$	时钟电平高或低	20			ns
数据建立时间	$t_{DS}$		5			ns
数据保持时间	$t_{DH}$		5			ns
$\overline{CS}$ 设置时间	$t_{CSS}$		15			ns
$\overline{CS}$ 高电平脉冲宽度	$t_{CSW}$		40			ns
CLK下降至 $\overline{CS}$ 下降保持时间	$t_{CSH0}$		0			ns
CLK下降至 $\overline{CS}$ 上升保持时间	$t_{CSH1}$		0			ns

<sup>1</sup> 测得值位置见时序图(图38)。所有输入控制电压均指定 $t_r = t_f = 2\text{ ns}$ (10%到90%，3V)并从1.5V电平起开始计时。

<sup>2</sup> 通过设计保证，但未经生产测试。

# AD5160

## 绝对最大额定值

除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。

表4.

参数	额定值
$V_{DD}$ 至 GND	-0.3 V 至 +7 V
$V_A, V_B, V_W$ 至 GND	$V_{DD}$
最大电流 $I_{MAX}^1$	
$I_{WB}, I_{WA}$ 脉冲	$\pm 20$ mA
$I_{WB}, I_{WA}$ 连续	
5 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$	4.7 mA
50 k $\Omega$	0.95 mA
100 k $\Omega$	0.48 mA
数字输入和输出电压至GND	0 V to +7 V
温度	
工作温度范围	-40°C 至 +125°C
最高结温( $T_{JMAX}$ )	150°C
存储温度	-65°C 至 +150°C
热阻(SOT-23封装) <sup>2</sup>	
$\theta_{JA}$ 热阻	206°C/W
$\theta_{JC}$ 热阻	91°C/W
回流焊(无铅)	
峰值温度	260°C
峰值温度时间	10秒至40秒

<sup>1</sup> 最大端电流受以下几个方面限制：开关的最大电流处理能力、封装的最大功耗以及给定电阻条件下可在任意两个A、B和W端之间施加的电压。

<sup>2</sup> 封装功耗 =  $(T_{JMAX} - T_A) / \theta_{JA}$ 。

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，并不能以这些条件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，推断器件能否正常工作。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

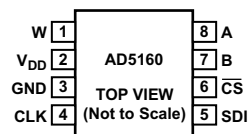


图3. 引脚配置

表5. 引脚功能描述

引脚	引脚名称	描述
1	W	W端。
2	V <sub>DD</sub>	正电源。
3	GND	数字地。
4	CLK	串行时钟输入。正边沿被触发。
5	SDI	串行数据输入。
6	$\overline{CS}$	片选输入，低电平有效。 $\overline{CS}$ 返回高电平时，数据加载至DAC寄存器。
7	B	B端。
8	A	A端。

# AD5160

## 典型性能参数

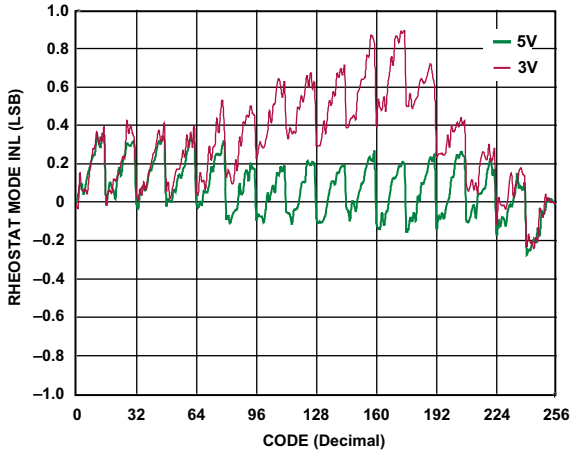


图4. R-INL与代码和电源电压的关系

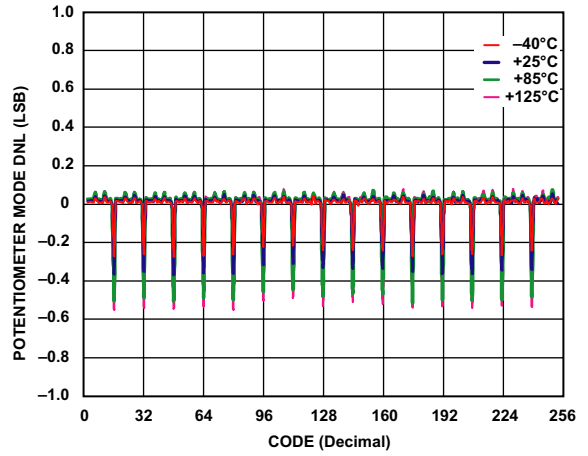


图7. DNL与代码的关系,  $V_{DD} = 5V$

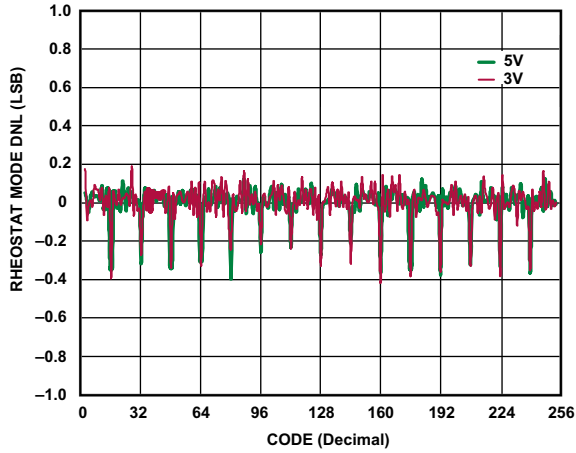


图5. R-DNL与代码和电源电压的关系

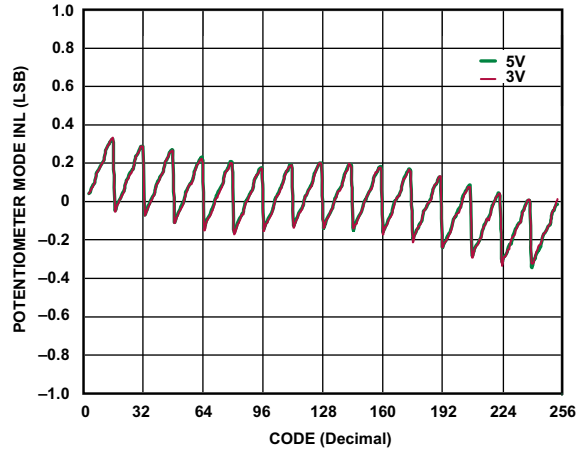


图8. INL与代码和电源电压的关系

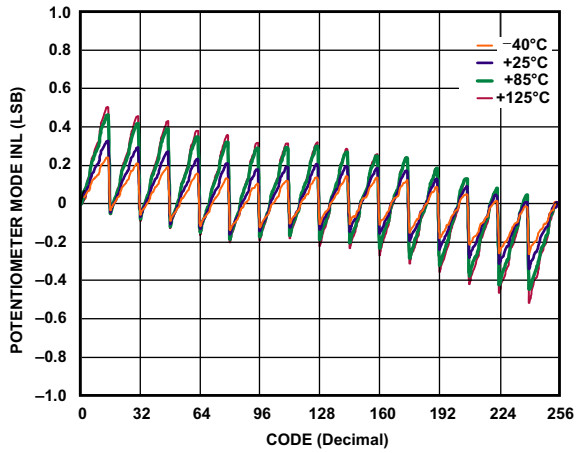


图6. INL与代码的关系,  $V_{DD} = 5V$

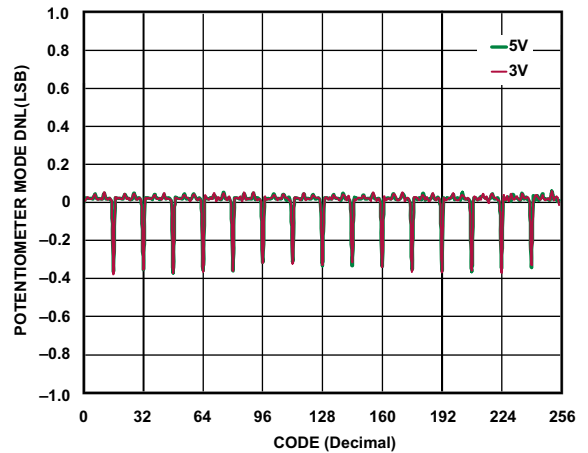


图9. DNL与代码和电源电压的关系



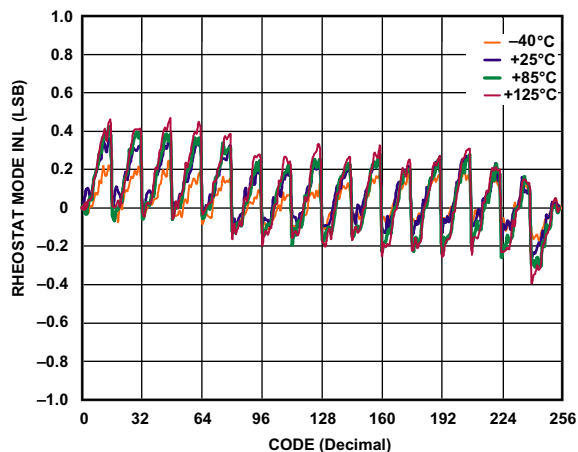


图10. R-INL与代码的关系,  $V_{DD} = 5V$

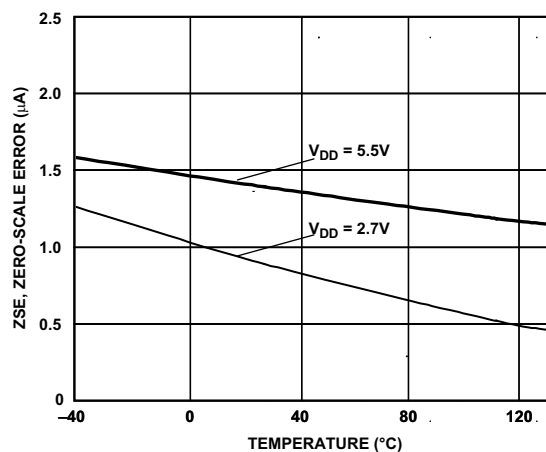


图13. 零电平误差与温度的关系

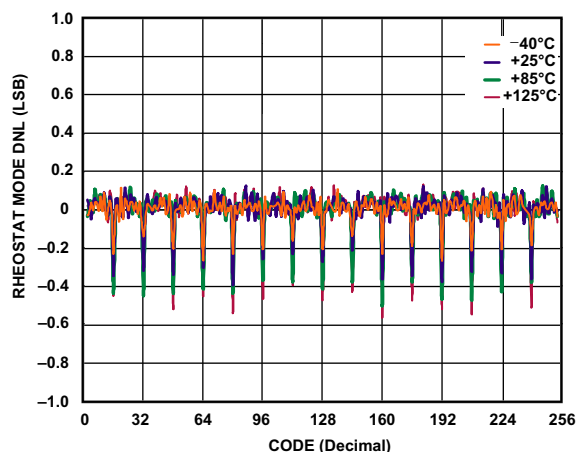


图11. R-DNL与代码的关系,  $V_{DD} = 5V$

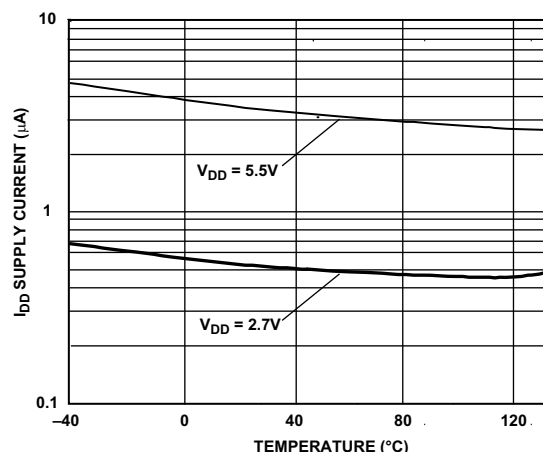


图14. 电源电流与温度的关系

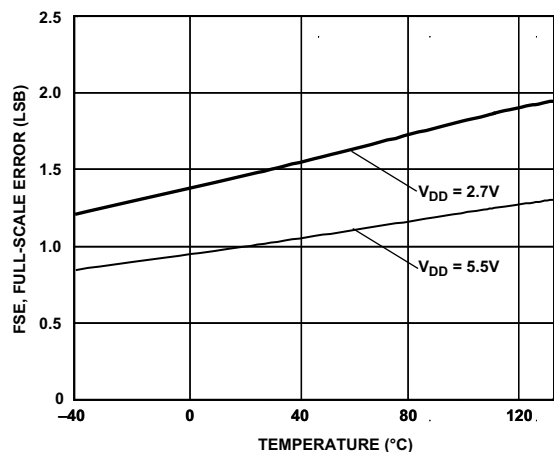


图12. 满量程误差与温度的关系

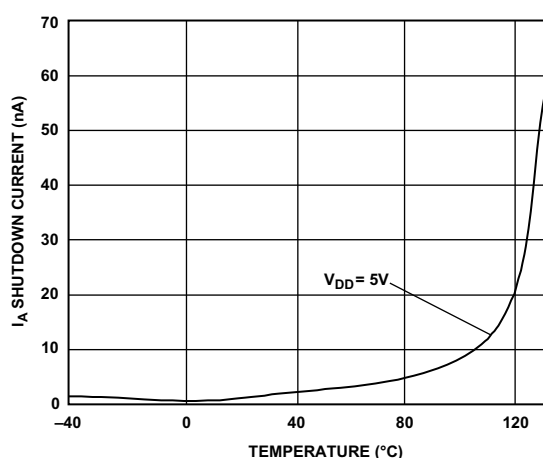


图15. 关断电流与温度的关系

# AD5160

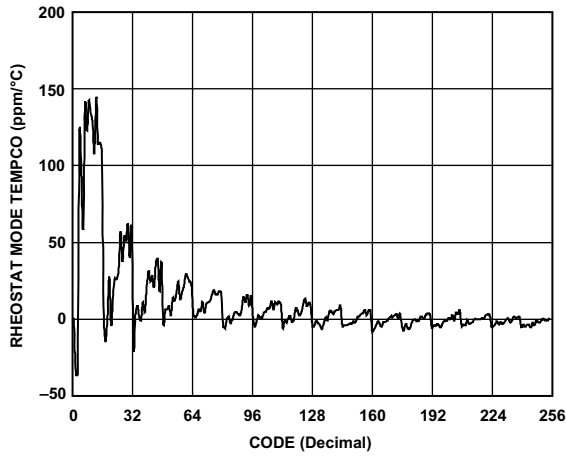


图16. 可变电阻器模式温度系数 $\Delta R_{WB} / \Delta T$ 与代码的关系

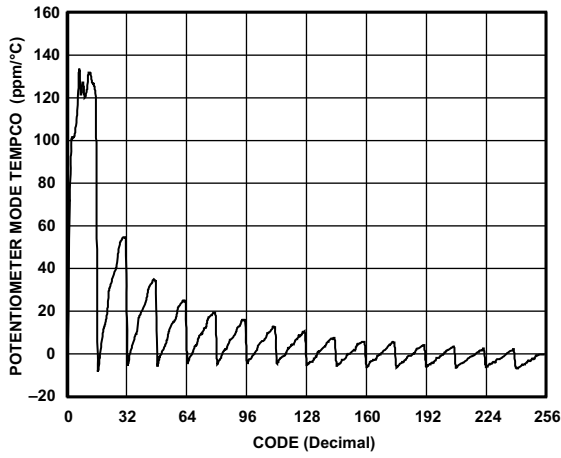


图17. 电位计模式温度系数 $\Delta V_{WB} / \Delta T$ 与代码的关系

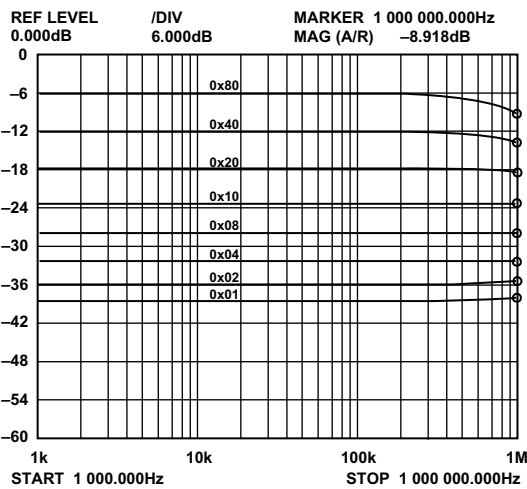


图18. 增益与频率和代码的关系,  $R_{AB} = 5\text{ k}\Omega$

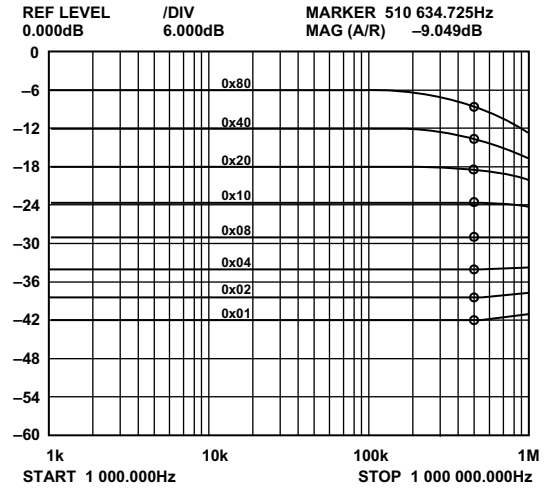


图19. 增益与频率和代码的关系,  $R_{AB} = 10\text{ k}\Omega$

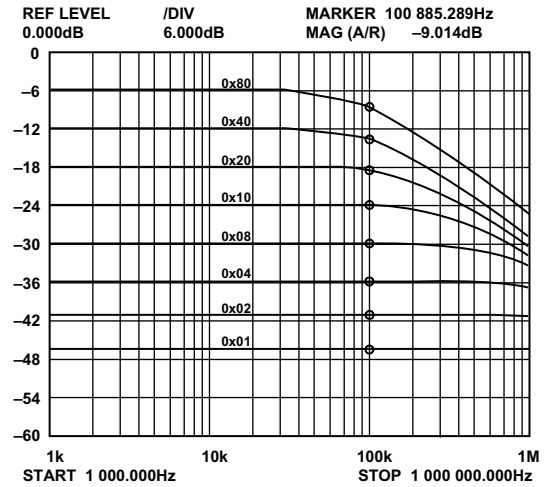


图20. 增益与频率和代码的关系,  $R_{AB} = 50\text{ k}\Omega$

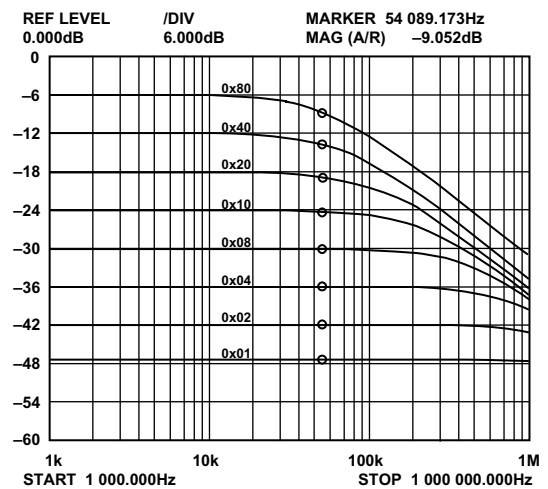


图21. 增益与频率和代码的关系,  $R_{AB} = 100\text{ k}\Omega$

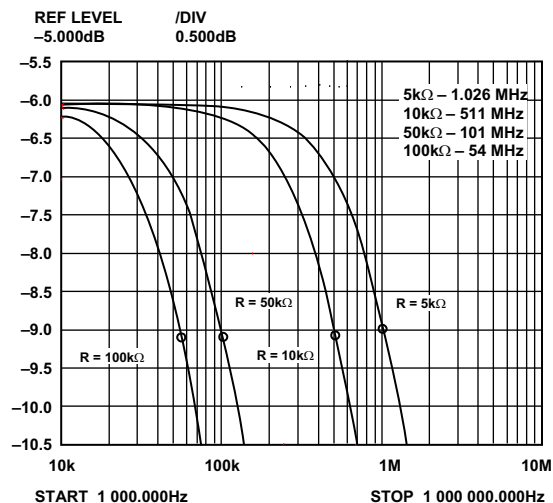


图22. -3 dB带宽@代码 = 0x80

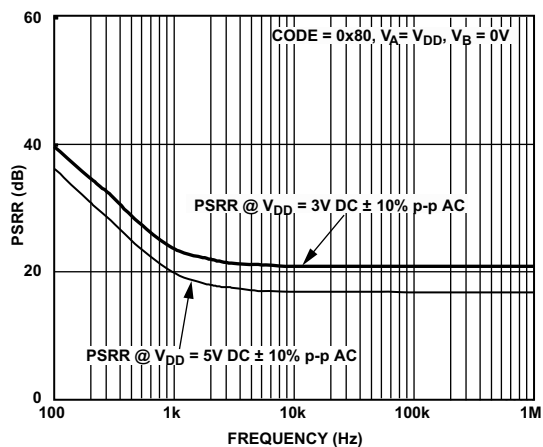


图23. PSRR与频率的关系

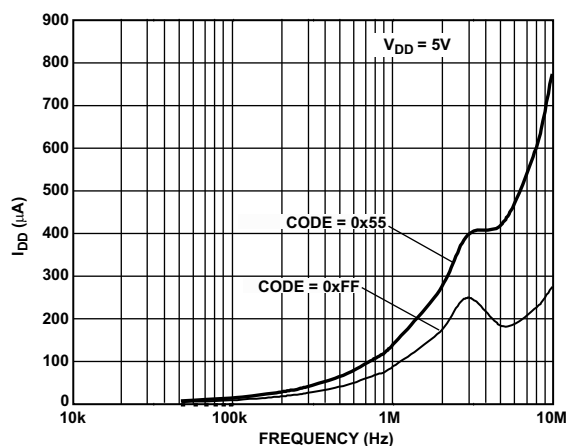


图24.  $I_{DD}$  与频率的关系

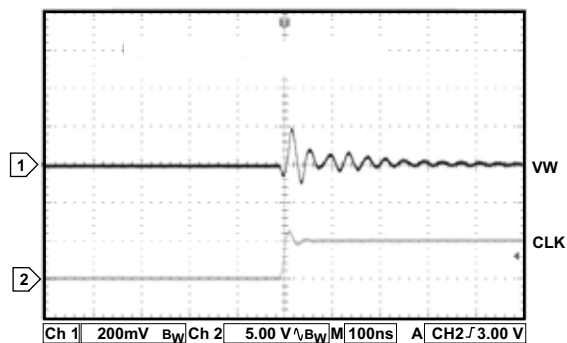


图25. 数字馈通

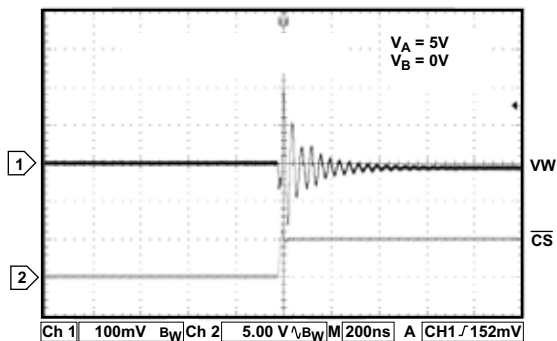


图26. 中间电平毛刺, 代码0x80至代码0x7F

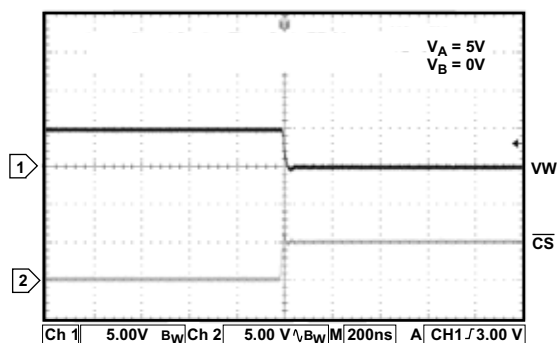


图27. 大信号建立时间, 代码0xFF至代码0x00

# AD5160

## 测试电路

图28至图36所示为产品规格表中定义测试条件的测试电路。

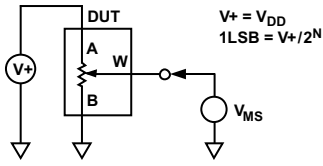


图28. 电位计分压器非线性误差(INL, DNL)测试电路

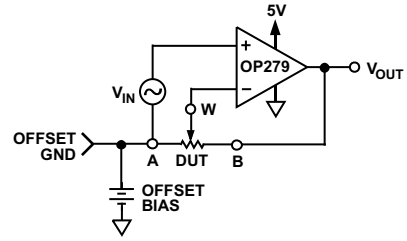


图33. 同相增益的测试电路

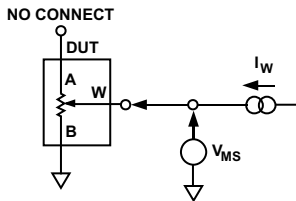


图29. 电阻位置非线性误差(可变电阻器操作; R-INL, R-DNL)测试电路

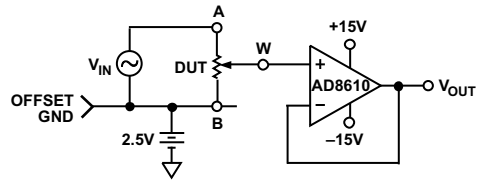


图34. 增益与频率关系测试电路

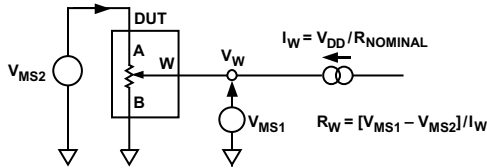


图30. 游标电阻测试电路

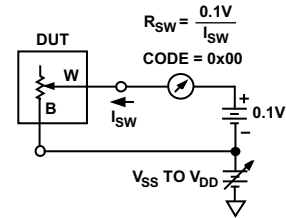


图35. 增量导电电阻测试电路

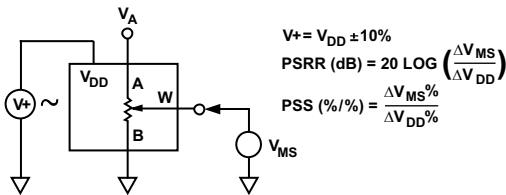


图31. 电源灵敏度(PSS, PSRR)测试电路

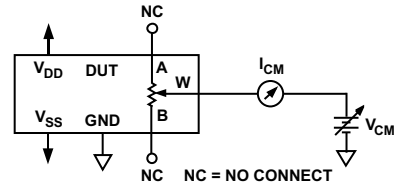


图36. 共模漏电流测试电路

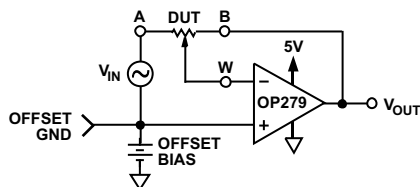


图32. 反相增益的测试电路

## SPI接口

表6. 串行数据——字格式

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
MSB							LSB
$2^7$							$2^0$

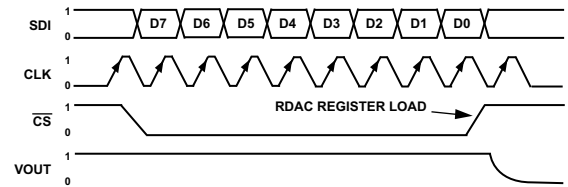


图37. SPI接口时序图  
( $V_A = 5\text{ V}$ ,  $V_B = 0\text{ V}$ ,  $V_W = V_{OUT}$ )

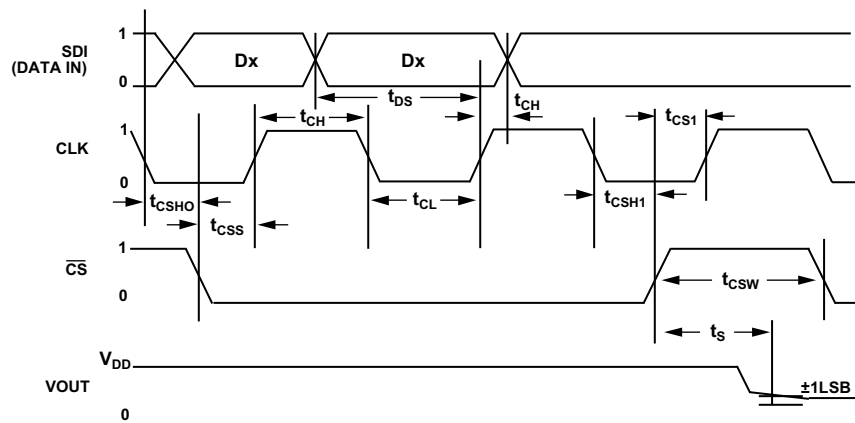


图38. SPI接口详细时序图 ( $V_A = 5\text{ V}$ ,  $V_B = 0\text{ V}$ ,  $V_W = V_{OUT}$ )

# AD5160

## 工作原理

AD5160是一款256位、数字控制可变电阻(VR)器件。

上电期间，内部上电预设将游标置于中间电平，简化了上电时的故障状况恢复。

### 可变电阻器编程

#### 可变电阻器操作

A端和B端间RDAC的标称电阻可以为5 kΩ、10 kΩ、50 kΩ和100 kΩ。在订购指南部分列出的型号数字中，最后二到三位表示标称电阻值；例如，在型号AD5160BRJZ10中，10代表10 kΩ；AD5160BRJZ50中，50代表50 kΩ。

可变电阻的标称电阻( $R_{AB}$ )有256个触点，通过游标端和B端触点访问。RDAC锁存器中的8位数据经过解码，用于选择256种可能的设置之一。

假设使用一个10 kΩ器件，对于数据0x00，游标的首个连接从B端开始。由于存在一个60 Ω游标接触电阻，这种连接导致W端和B端之间至少有60 Ω电阻。

第二个连接是第一个抽头点，数据0x01对应电阻为99 Ω ( $R_{WB} = R_{AB}/256 + R_W = 39 \Omega + 60 \Omega$ )。

第三个连接是下一个抽头点，数据0x02对应电阻为138 Ω ( $2 \times 39 \Omega + 60 \Omega$ )，以此类推。随着每个LSB数据值的增加，游标沿电阻梯向上移动，直至到达最终抽头点位置，此时电阻达9961 Ω ( $R_{AB} - 1 \text{ LSB} + R_W$ )。图39给出了一个简化的等效RDAC电路框图，该图中最后那个电阻串未被访问；因此，满量程时除了游标电阻，比标称电阻还要小1 LSB。

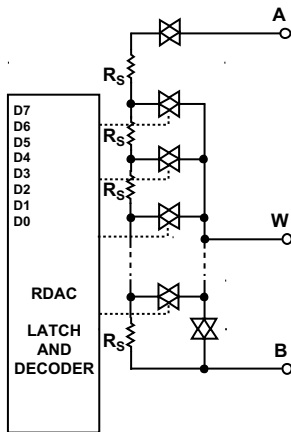


图39. 等效RDAC电路

确定W端和B端间的数字编程输出电阻的通用公式是

$$R_{WB}(D) = \frac{D}{256} \times R_{AB} + R_W \quad (1)$$

其中：

$D$ 为载入8位RDAC寄存器的二进制代码的十进制等效值。

$R_{AB}$ 是端到端电阻。

$R_W$ 是内部开关导通电阻所分配的游标电阻。

总之，如果 $R_{AB} = 10 \text{ k}\Omega$ 且A端处于开路状态，那么下列输出电阻 $R_{WB}$ 为所示的RDAC锁存器代码而设置。

表7. 代码和相应 $R_{WB}$ 电阻

D (Dec.)	$R_{WB}(\Omega)$	输出状态
255	9961	满量程( $R_{AB} - 1 \text{ LSB} + R_W$ )
128	5060	中间电平
1	99	1 LSB
0	60	零电平(游标接触电阻)

请注意：在零电平条件下，存在60 Ω的有限游标电阻。注意，此状态下要限制端W和端B的电流流动，最大脉冲电流不能超过20 mA。否则，内部开关触点会下降或可能毁坏。

与机械电位计相似，游标W和A端间RDAC电阻也产生一个数字可控互补电阻( $R_{WA}$ )。这些端子使用过程中，B端可以断开。 $R_{WA}$ 电阻值设置从最大电阻值开始，随着锁存器所加载的数据值增加而降低。此操作的通用公式是

$$R_{WA}(D) = \frac{256 - D}{256} \times R_{AB} + R_W \quad (2)$$

如果 $R_{AB} = 10 \text{ k}\Omega$ 且B端处于开路状态，则下列输出电阻 $R_{WA}$ 为所示的RDAC锁存器代码而设置。

表8. 代码和相应 $R_{WA}$ 电阻

D (Dec.)	$R_{WA}(\Omega)$	输出状态
255	99	满量程
128	5060	中间电平
1	9961	1 LSB
0	10,060	零电平

典型器件间匹配依进程而定，变化幅度可高达±30%。由于电阻元件经薄膜技术处理， $R_{AB}$ 温度系数为45ppm/°C，变化非常小。

## 电位计分压器编程

### 电压输出操作

在游标与B端和游标与A端之间，数字电位计可轻松用作分压器，与A端与B端间输入电压成正比。 $V_{DD}$ 到GND必须为正极，而A-B、W-A和W-B的电压可以为任一极性。

如果忽略游标电阻作用，取近似效果，那么A端接至5V和B端接至地后，游标与B端产生输出电压，从0V开始至5V以下1LSB。电压每个LSB等于经过256位电位分压器分压的A端与B端间的电压。针对A端和B端间施加的任何有效输入电压， $V_W$ 处相对于地的输出电压定义为

$$V_W(D) = \frac{D}{256} V_A + \frac{256-D}{256} V_B \quad (3)$$

考虑游标电阻 $V_W$ 的影响，更精确的计算式为

$$V_W(D) = \frac{R_{WB}(D)}{256} V_A + \frac{R_{WA}(D)}{256} V_B \quad (4)$$

在分压器模式下使用数字电位计，可提高整个温度范围内的操作精度。与可变电阻模式不同，输出电压主要取决于内部电阻之比( $R_{WA}$ 与 $R_{WB}$ )，而不是绝对值。因此，温度漂移降到15 PPM/°C。

### SPI兼容型三线式串行总线

AD5160内置三线式SPI兼容型数字接口(SDI、 $\overline{CS}$ 和CLK)。8位串行字必须以MSB优先方式加载。字格式如表6所示。

正边沿敏感CLK输入需要干净的跃迁以避免将错误数据输入串行输入寄存器。标准逻辑系列性能表现良好。若产品评估中需要用到机械开关，可采用触发器或其他合适的手段去抖。当 $\overline{CS}$ 为低电平时，数据在每个正时钟沿读入串行寄存器(见图37)。

有效时序要求取决于规格表内的数据建立时间和数据保持时间。当 $\overline{CS}$ 线路回到逻辑高电平时，AD5160使用传输到内部RDAC寄存器的8位串行输入数据寄存器字。多余的MSB位被忽略。

## ESD保护

如图40和41所示，所有数字输入均受到串联输入电阻和并联齐纳ESD结构保护。这也适用于数字输入引脚SDI、CLK和 $\overline{CS}$ 。

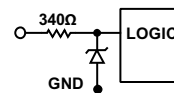


图40. 数字引脚的ESD保护

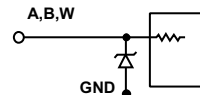


图41. 电阻端子的ESD保护

## 上电顺序

因为ESD保护二极管限制了A端、B端和W端的顺从电压，所以给A端、B端和W端施加任何电压之前必须先给 $V_{DD}$ /GND供电；否则，二极管发生正向偏置，以致 $V_{DD}$ 意外上电，可能会影响用户电路的其他方面。理想的上电顺序如下：GND， $V_{DD}$ ，数字输入，然后是 $V_{A/B/W}$ 。只要在 $V_{DD}$ /GND之后上电， $V_A$ 、 $V_B$ 和 $V_W$ 和数字输入的上电顺序就无关紧要。

## 布局和电源旁路

采用紧凑、最小引线长度的布局设计是很好的做法。这样可尽量做到直接输入，实现最小导线长度。接地路径应具有低电阻、低电感。

同样，采用优质电容将电源旁路达到最佳稳定性也是最佳做法。可采用0.01 μF至0.1 μF的盘式或片式陶瓷电容实现器件电源旁路。为了尽可能减少瞬态干扰，并滤除低频纹波，电源处应运用低ESR 1 μF至10 μF钽或电解电容(见图42)。若要尽可能降低接地反弹，可在单点处远程连接数字地和模拟地。

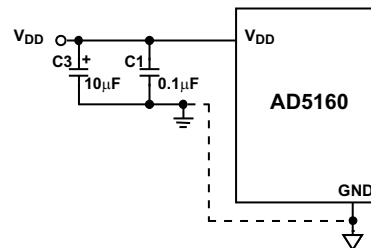
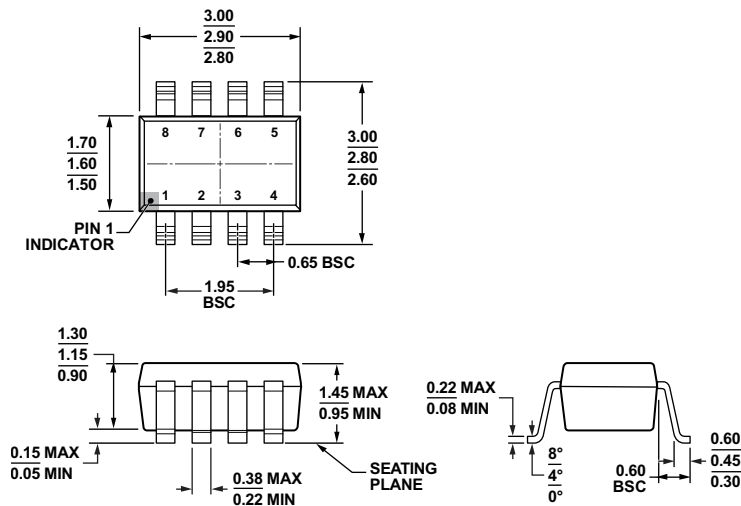


图42. 电源旁路

# AD5160

## 外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-178-BA

图43. 8引脚小型晶体管封装[SOT-23]  
(RJ-8)

图示尺寸单位: mm

121608-A

## 订购指南

型号 <sup>1</sup>	R <sub>AB</sub> (Ω)	温度	封装描述	封装选项	标识
AD5160BRJZ5-R2 <sup>2</sup>	5 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D6Q
AD5160BRJZ5-RL7 <sup>2</sup>	5 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D6Q
AD5160BRJZ10-R2 <sup>2</sup>	10 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D09
AD5160BRJZ10-RL7 <sup>2</sup>	10 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D09
AD5160BRJZ50-R2 <sup>2</sup>	50 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D8J
AD5160BRJZ50-RL7 <sup>2</sup>	50 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D8J
AD5160BRJZ100-R2 <sup>2</sup>	100 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D0B
AD5160BRJZ100-RL7 <sup>2</sup>	100 k	-40°C 至 +125°C	8引脚 SOT-23	RJ-8	D0B
AD5160EVAL <sup>3</sup>			评估板		

<sup>1</sup> AD5160内置2532个晶体管。芯片尺寸: 30.7 mil × 76.8 mil = 2358 sq. mil.

<sup>2</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

<sup>3</sup> 评估板附带10kΩ的电阻R<sub>AB</sub>; 不过, 评估板兼容所有适用电阻值大小。