

特性

低功耗: 40 μA 电源电流 (最大值)
 低输入电流
 输入偏置电流: 1 pA
 输入失调电流: 0.5 pA
 高共模抑制比(CMRR): 110 dB ($G = 100$)
 MSOP 封装, 节省空间
 零输入交越失真
 轨到轨输入和输出
 增益通过单个电阻设置
 工作电压范围: 1.8 V 至 5.5 V

连接图

图1

应用

医疗仪器
 低端电流检测
 便携式设备

概述

AD8236 是低功耗的仪表放大器。它具有轨到轨输出, 可以采用低至 1.8 V 的电源供电。最大电源电流为 40 μA , 因此该器件是电池供电应用的绝佳选择。

高输入阻抗、1 pA 的低输入偏置电流、110 dB 的高共模抑制比 (CMRR, $G = 100$)、小尺寸以及低功耗, 使 AD8236 极具应用价值。它具有比典型三运放仪表放大器更宽的共模电压, 因此非常适合采用 1.8 V 或 3 V 电源供电的应用。创新的输入级可提供较宽的轨到轨输入电压范围, 而不会发生其它设计常见的交越失真。

AD8236 采用 8 引脚 MSOP 封装, 额定温度范围为 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 工业温度范围。

图2. 宽共模电压范围与输出电压的关系

表 1. 仪表放大器分类¹

通用	零漂移	军用级	低功耗	高速 PGA
AD8220	AD8230	AD620	AD8236	AD8250
AD8221	AD8231	AD621	AD627	AD8251
AD8222	AD8290	AD624	AD623	AD8253
AD8228	AD8293G80	AD524	AD8223	
AD8295	AD8293G160	AD526	AD8226	
	AD8553			
	AD8556			
	AD8557			

¹ 欲了解最新的仪表放大器, 请访问 www.analog.com/inamps。

Rev. 0

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.

目录

特性	1	布局.....	15
应用	1	基准引脚.....	15
连接图	1	电源调整与旁路.....	15
概述	1	输入偏置电流回路.....	16
修订历史	2	输入保护.....	16
技术规格	3	RF 干扰.....	16
绝对最大额定值	7	共模输入电压范围.....	17
最大功耗	7	应用信息.....	18
ESD 警告.....	7	交流耦合仪表放大器.....	18
引脚配置和功能描述	8	低功耗心率监护仪.....	19
典型工作特性	9	外形尺寸.....	20
工作原理	14	订购指南.....	20
基本工作原理	14		
增益选择	14		

修订历史

2009 年 5 月—修订版 0: 初始版

技术规格

除非另有说明， $+V_S = 5\text{ V}$ ， $-V_S = 0\text{ V (GND)}$ ， $V_{REF} = 2.5\text{ V}$ ， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $G = 5$ ， $R_L = 100\text{ k}\Omega$ 至 GND。

表 2

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位			
共模抑制比(CMRR)	$V_S = \pm 2.5\text{ V}$ ， $V_{REF} = 0\text{ V}$ $V_{CM} = -1.8\text{ V}$ 至 $+1.8\text{ V}$							
CMRR DC								
$G = 5$						86	94	dB
$G = 10$						90	100	dB
$G = 100$						100	110	dB
$G = 200$	100	110	dB					
噪声	$f = 1\text{ kHz}$ ， $G = 5$							
电压噪声频谱密度，RTI						76	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
RTI，0.1 Hz 至 10 Hz								
$G = 5$						4	$\mu\text{V p-p}$	
$G = 200$						4	$\mu\text{V p-p}$	
电流噪声	15	$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$						
失调电压	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ $V_S = 1.8\text{ V}$ 至 5 V							
输入失调， V_{OS}						3.5	mV	
平均温度系数(TC)						2.5	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
折合到输入端的失调与电源的关系(PSR)								
$G = 5$						100	120	dB
$G = 10$						110	126	dB
$G = 100$						110	130	dB
$G = 200$	110	130	dB					
输入电流	-40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$							
输入偏置电流						1	10	pA
过温							100	pA
输入失调电流						0.5	5	pA
过温							50	pA
过温							130	pA
过温							130	pA
动态响应	$V_{OUT} = 4\text{ V}$ 步进							
小信号带宽， -3 dB								
$G = 5$						23	kHz	
$G = 10$						9	kHz	
$G = 100$						0.8	kHz	
$G = 200$						0.4	kHz	
0.01%建立时间								
$G = 5$						444	μs	
$G = 10$						456	μs	
$G = 100$						992	μs	
$G = 200$						1816	μs	
压摆率								
$G = 5$ 至 100	9	$\text{mV}/\mu\text{s}$						

AD8236

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
增益					
增益范围	$G = 5 + 420 \text{ k}\Omega/R_G$	5		200 ¹	V/V
增益误差	$V_S = \pm 2.5 \text{ V}, V_{REF} = 0 \text{ V}, V_{OUT} = -2 \text{ V 至} +2 \text{ V}$		0.005	0.05	%
G = 5			0.03	0.2	%
G = 10			0.06	0.2	%
G = 200			0.15	0.3	%
非线性度	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 或 $100 \text{ k}\Omega$				
G = 5			2	10	ppm
G = 10			1.2	10	ppm
G = 100			0.5	10	ppm
G = 200			0.5	10	ppm
增益与温度的关系	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$				
G = 5			0.25	1	ppm/ $^\circ\text{C}$
G > 10				-50	ppm/ $^\circ\text{C}$
输入					
差分阻抗			440 1.6		G Ω pF
共模阻抗			110 6.2		G Ω pF
输入电压范围	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	0		$+V_S$	V
输出					
输出高电压 V_{OH}	$R_L = 100 \text{ k}\Omega$	4.98	4.99		V
	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	4.98			V
	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	4.9	4.95		V
	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	4.9			V
输出低电压 V_{OL}	$R_L = 100 \text{ k}\Omega$		2	5	mV
	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$			5	mV
	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$		10	25	mV
	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$			30	mV
短路限值 I_{SC}			± 55		mA
基准输入					
R_{IN}	$-IN, +IN = 0 \text{ V}$		210		k Ω
I_{IN}			20		nA
电压范围		$-V_S$		$+V_S$	V
输出增益			1		V/V
电源					
工作范围		1.8		5.5	V
静态电流			30	40	μA
过温	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$			50	μA
温度范围					
额定性能		-40		+125	$^\circ\text{C}$

¹ 虽然 AD8236 的技术规格仅列出了低到中等增益，但可以将增益设置为 200 以上。

除非另有说明， $+V_S = 1.8\text{ V}$ ， $-V_S = 0\text{ V (GND)}$ ， $V_{REF} = 0.9\text{ V}$ ， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $G = 5$ ， $R_L = 100\text{ k}\Omega$ 至 GND。

表 3

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
共模抑制比(CMRR) CMRR DC G = 5 G = 10 G = 100 G = 200	$V_S = \pm 0.9\text{ V}$ ， $V_{REF} = 0\text{ V}$ $V_{CM} = -0.6\text{ V}$ 至 $+0.6\text{ V}$	86 90 100 100	94 100 110 110		dB dB dB dB
噪声 电压噪声频谱密度，RTI RTI，0.1 Hz 至 10 Hz G = 5 G = 200 电流噪声	$f = 1\text{ kHz}$ ， $G = 5$		76 4 4 15		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ $\mu\text{V p-p}$ $\mu\text{V p-p}$ $\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
失调电压 输入失调， V_{OS} 平均温度系数(TC) 折合到输入端的失调与电源的关系(PSR) G = 5 G = 10 G = 100 G = 200	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ $V_S = 1.8\text{ V}$ 至 5 V			3.5 2.5	mV $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ dB dB dB dB
输入电流 输入偏置电流 过温 输入失调电流 过温	-40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$		1 0.5	10 100 600 5 50 130	pA pA pA pA pA pA
动态响应 小信号带宽，-3 dB G = 5 G = 10 G = 100 G = 200 0.01%建立时间 G = 5 G = 10 G = 100 G = 200 压摆率 G = 5 至 100	$V_{OUT} = 1.4\text{ V}$ 步进		23 9 0.8 0.4		kHz kHz kHz kHz
增益 增益范围 增益误差 G = 5 G = 10 G = 100 G = 200	$G = 5 + 420\text{ k}\Omega/R_G$ $V_S = \pm 0.9\text{ V}$ ， $V_{REF} = 0\text{ V}$ ， $V_{OUT} = -0.6\text{ V}$ 至 $+0.6\text{ V}$	5		200 ¹	V/V % % % %

AD8236

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
非线性度	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ 或 $100\text{ k}\Omega$				
G = 5			1	10	ppm
G = 10			1	10	ppm
G = 100			0.5	10	ppm
G = 200			0.4	10	ppm
增益与温度的关系	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$				
G = 5			0.25	1	ppm/ $^\circ\text{C}$
G > 10				-50	ppm/ $^\circ\text{C}$
输入					
差分阻抗			440 1.6		$\text{G}\Omega \text{pF}$
共模阻抗			110 6.2		$\text{G}\Omega \text{pF}$
输入电压范围	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	0		$+V_S$	V
输出					
输出高电压 V_{OH}	$R_L = 100\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	1.78	1.79		V
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	1.78			V
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	1.65	1.75		V
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$	1.65			V
输出低电压 V_{OL}	$R_L = 100\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$		2	5	mV
	$R_L = 100\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$			5	mV
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$		12	25	mV
	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$			25	mV
短路限值 I_{SC}			± 6		mA
基准输入					
R_{IN}	$-IN, +IN = 0\text{ V}$		210		k Ω
I_{IN}			20		nA
电压范围		$-V_S$		$+V_S$	V
输出增益			1		V/V
电源					
工作范围		1.8		5.5	V
静态电流			33	40	μA
过温	-40°C 至 $+125^\circ\text{C}$			50	μA
温度范围					
额定性能		-40		+125	$^\circ\text{C}$

¹ 虽然 AD8236 的技术规格仅列出了低到中等增益，但可以将增益设置为 200 以上。

绝对最大额定值

表 4

参数	额定值
电源电压	6 V
功耗	见图 3
输出短路电流	55 mA
输入电压（共模）	±V _S
差分输入电压	±V _S
存储温度范围	-65°C 至+125°C
工作温度范围	-40°C 至+125°C
引脚温度（焊接，10 秒）	300°C
结温	140°C
θ _{JA} （4 层 JEDEC 标准板）	
8 引脚 MSOP	135°C/W
封装玻璃化转变温度	
8 引脚 MSOP	140°C
ESD	
人体模型	2 kV
充电器件模型	1 kV
机器模型	200 V

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。

最大功耗

AD8236 封装内的最大安全功耗受限于相应的芯片结温（T_J）的升高情况。芯片的塑封局部达到结温。达到玻璃化转变温度 140°C 左右时，塑料的特性会发生改变。即使只是暂时超过这一温度限值也有可能改变封装对芯片作用的应力，从而永久性地转变 AD8236 的参数性能。

可以利用封装和 PCB 的静止空气热属性（θ_{JA}）、环境温度（T_A）和封装的总功耗（P_D）来确定芯片的结温。结温通过下式计算：

$$T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$$

封装的功耗（P_D）为静态功耗与封装中所有输出的负载驱动所导致的功耗之和，而静态功耗则为电源引脚之间的电压（V_S）乘以静态电流（I_S）。假设负载（R_L）以中间电源电压为基准，则总驱动功耗为 V_S/2 × I_{OUT}，其中一部分消耗在封装中，一部分消耗在负载中（V_{OUT} × I_{OUT}）。

总驱动功耗和负载功耗的区别在于驱动功耗是在封装中消耗的。

$$P_D = \text{静态功耗} + (\text{总驱动功耗} - \text{负载功耗})$$

$$P_D = (V_S \times I_S) + \left(\frac{V_S}{2} \times \frac{V_{OUT}}{R_L} \right) - \frac{V_{OUT}^2}{R_L}$$

应当考虑均方根输出电压。如果 R_L 以 -V_S 为基准，像在单电源供电情况下，则总驱动功耗为 V_S × I_{OUT}。如果均方根信号电平未定，应考虑最差情况：R_L 以中间电源电压为基准，V_{OUT} = V_S/4。

$$P_D = (V_S \times I_S) + \frac{(V_S/4)^2}{R_L}$$

单电源供电且 R_L 以 -V_S 为基准时，最差情况为 V_{OUT} = V_S/2。

气流可增强散热，从而有效降低 θ_{JA}。此外，更多金属直接与金属走线的封装引脚、通孔、接地和电源层接触，这同样可降低 θ_{JA}。

图 3 显示 4 层 JEDEC 标准板上 8 引脚 MSOP 封装最大安全功耗与环境温度之间的关系。θ_{JA} 值为近似值。

图 3. 最大功耗与环境温度的关系

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	-IN	负输入引脚（真差分输入）
2, 3	R _G	增益设置引脚（在 R _G 引脚上放置电阻）
4	+IN	正输入引脚（真差分输入）
5	-V _S	负电源引脚
6	REF	基准电压引脚（以低阻抗电压源驱动此引脚，从而对输出进行电平转换）
7	V _{OUT}	输出引脚
8	+V _S	正电源引脚

典型工作特性

除非另有说明, $G = 5$, $+V_S = 5\text{ V}$, $V_{REF} = 2.5\text{ V}$, $R_L = 100\text{ k}\Omega$ 连接到 GND, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

图 5. CMRR 的典型分布图, $G = 5$

图 8. 0.1 Hz 至 10 Hz 折合到输入端电压噪声

图 6. 输入失调电压的典型分布图

图 9. 0.1 Hz 至 10 Hz 折合到输入端电压噪声

图 7. 电压噪声谱密度与频率的关系

图 10. 正 PSRR 与频率的关系, RTI, $V_S = \pm 0.9\text{ V}$ 、 $\pm 2.5\text{ V}$, $V_{REF} = 0\text{ V}$

图 11. 负 PSRR 与频率的关系, RTI, $V_S = \pm 0.9 V$ 、 $\pm 2.5 V$, $V_{REF} = 0 V$

图 14. CMRR 变化与温度的关系, $G = 5$, 归一化至 $25^\circ C$

图 12. CMRR 与频率的关系, RTI

图 15. 增益与频率的关系, $V_S = 1.8 V$ 、 $5 V$

图 13. CMRR 与频率的关系, $1 k\Omega$ 非均衡电源, RTI

图 16. 最大输出电压与频率的关系

图 17. 增益非线性度, $G = 5$

图 20. 输入共模电压范围与输出电压的关系,
 $G = 5$, $V_S = 5 V$, $V_{REF} = 2.5 V$

图 18. 增益非线性度, $G = 10$

图 21. 输入共模电压范围与输出电压的关系,
 $G = 200$, $V_S = 5 V$, $V_{REF} = 2.5 V$

图 19. 增益非线性度, $G = 200$

图 22. 输入共模电压范围与输出电压的关系,
 $G = 5$, $V_S = 1.8 V$, $V_{REF} = 0.9 V$

图 23. 输入共模电压范围与输出电压的关系,
 $G = 200$, $V_S = 1.8 V$, $V_{REF} = 0.9 V$

图 26. 大信号脉冲响应与建立时间的关系,
 $V_S = \pm 2.5 V$, $V_{REF} = 0 V$, $R_L = 10 k\Omega$ 连接到 V_{REF}

图 24. 输出电压摆幅与电源电压的关系,
 $V_S = \pm 0.9 V$, $\pm 2.5 V$, $V_{REF} = 0 V$, $R_L = 100 k\Omega$ 连接到 $-V_S$

图 27. 大信号脉冲响应与建立时间的关系,
 $V_S = \pm 0.9 V$, $V_{REF} = 0 V$, $R_L = 10 k\Omega$ 连接到 V_{REF}

图 25. 输出电压摆幅与负载电阻的关系,
 $V_S = \pm 0.9 V$, $\pm 2.5 V$, $V_{REF} = 0 V$, $R_L = 100 k\Omega$ 连接到 $-V_S$

图 28. 小信号脉冲响应, $G = 5$,
 $V_S = \pm 2.5 V$, $V_{REF} = 0 V$, $R_L = 100 k\Omega$ 连接到 V_{REF} , $C_L = 100 pF$

图 29. 小信号脉冲响应, $G = 5$, $C_L = 100 \text{ pF}$,
 $V_S = \pm 0.9 \text{ V}$, $V_{REF} = 0 \text{ V}$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 连接到 V_{REF}

图 32. 建立时间与输出电压步进大小的关系,
 $V_S = \pm 2.5 \text{ V}$, $V_{REF} = 0 \text{ V}$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 连接到 V_{REF}

图 30. 小信号脉冲响应, $G = 200$,
 $C_L = 100 \text{ pF}$, $V_S = 2.5 \text{ V}$, $V_{REF} = 0 \text{ V}$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 连接到 V_{REF}

图 33. 总电源电流与温度的关系

图 31. 小信号脉冲响应, $G = 200$,
 $C_L = 100 \text{ pF}$, $V_S = 0.9 \text{ V}$, $V_{REF} = 0 \text{ V}$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 连接到 V_{REF}

工作原理

图 34. 简化原理图

AD8236 是一款单芯片、双运放仪表放大器，针对尺寸和低静态电流至关重要的低功耗、便携式应用而设计。例如，当采用低压电池工作时，其轨到轨输入和输出级可以提供更大的动态范围。不同于使用互补差分对级、非线性误差较大的传统轨到轨输入放大器，AD8236 采用新颖的架构，可在内部提升供电轨，使得放大器既能以轨到轨方式工作，又能提供 0.5 ppm 的低非线性度。此外，双运放仪表放大器架构可提供非常宽的有效共模电压范围。更多信息参见共模输入电压范围部分。AD8236 配有精密、激光调整的电阻， $G = 5$ 时 CMRR 高达 86 dB（最小值），增益精度为 0.05%（最大值）。

基本工作原理

AD8236 放大其正输入(+IN)与负输入(-IN)之间的差值。用户可以利用 REF 引脚对输出信号进行电平转换。这对与滤波器或模数转换器(ADC)接口十分有利。基本设置如图 35 所示。图 37 显示了 AD8236 采用双电源工作的配置示例。AD8236 的输出计算公式如下：

$$V_{out} = G \times (VINP - VINM) + VREF$$

如果未安装增益设置电阻，则默认增益 G 为 5。增益选择部分说明了如何设置增益 G 。

图 35. 基本设置

增益选择

将一个电阻跨接在 R_G 引脚上，即可设置 AD8236 的增益，电阻值计算可参考表 6 或利用增益公式。

$$R_G = \frac{420 \text{ k}\Omega}{G - 5}$$

表 6. 用 1%电阻实现的增益

1%标准表 R_G 值(Ω)	计算得到的增益值
422 k	6.0
210 k	7.0
140 k	8.0
105 k	9.0
84.5 k	10.0
28 k	20.0
9.31 k	50.1
4.42 k	100.0
2.15 k	200.3

不用增益电阻时，AD8236 默认设置 $G = 5$ 。增益精度取决于 R_G 的绝对公差。外部增益电阻的温度系数(TC)会增大仪表放大器的增益漂移。不用增益电阻时，增益误差和增益漂移最小。

布局

精心规划的电路板布局可以让系统实现最高性能。在需要利用 AD8236 低输入偏置电流特性的应用中，应避免将金属放在输入路径下方，以确保漏电流最小。

接地

AD8236 的输出电压是相对于基准引脚上的电位而言的。为了确保获得最精确的输出，从 REF 引脚引出的走线应连接至 AD8236 的局部接地（见图 37），或者连接至 AD8236 局部接地的基准电压（图 35）。

基准引脚

基准引脚 REF 处于一个 210 k Ω 电阻的一端（见图 34）。仪表放大器的输出以 REF 引脚上的电压为基准，这在输出信号需要偏移到共模以外的电压时会很有用。例如，可以将一个电压源与 REF 引脚相连，对输出进行电平转换，使 AD8236 可以与 ADC 实现接口。容许的基准电压范围取决于增益、共模输入和电源电压。REF 引脚不应高出 $+V_S$ 或 $-V_S$ 0.5 V 以上。

为了获得最佳性能，尤其是在输出测量不以 REF 引脚为参考的情况下，REF 引脚应保持较低的源阻抗，因为寄生电阻会对 CMRR 和增益精度产生不利影响。图 36 显示了当需要中间电平基准电压时，如何配置运算放大器来提供到 REF 引脚的低源阻抗路径。

图 36. 驱动 REF 引脚

电源调整与旁路

AD8236 具有高电源抑制比(PSRR)。但为了优化性能，这款仪表放大器应当采用稳定的直流电压供电。电源引脚上的噪声会对器件性能产生不利影响。与所有线性电路一样，必须使用旁路电容来去耦放大器。

靠近各电源引脚处应当配置一个 0.1 μ F 电容。可以在远离器件处使用一个 10 μ F 钽电容（见图 37）。大多数情况下，其它精密集成电路可以共享该钽电容。

图 37. 电源去耦、REF 及以接地为基准的输出

图 38. 创建一条 I_{BIAS} 返回路径

输入偏置电流回路

AD8236 的输入偏置电流极其小，不到 10 pA。不过，输入偏置电流仍然必须有一个到公共端的返回路径。当变压器等信号源无法提供电流回路时，必须创建一条返回路径（见图 38）。

输入保护

AD8236 的所有引脚均提供 ESD 保护。此外，输入结构支持直流过载条件：正电源以上的二极管压降和负电源以下的二极管压降。电源的二极管压降以外的电压会导致 ESD 二极管导通，使电流流过二极管。因此，对于 + V_S 以上的电压，应当用一个与各输入串联的外部电阻来限制电流。无论何种情形，AD8236 都能在室温下安全处理 6 mA 连续电流。

对于 AD8236 会遇到极端过载电压的应用，例如心脏除颤器等，应当使用外部串联电阻和低泄漏二极管钳位（如 BAV199L、FJH1100 或 SP720）。

RF 干扰

在有大 RF 信号的应用中，一般都存在 RF 整流问题。该问题表现为较小的直流失调电压。AD8236 的各输入有一个 3.1 pF 栅极电容 C_G 。匹配的串联电阻构成一个自然的低通滤波器，它可降低高频时的整流（见图 39）。外部匹配串联电阻与内部栅极电容之间的关系可以表示为：

$$FilterFreq_{DIFF} = \frac{1}{2\pi RC_G}$$

$$FilterFreq_{CM} = \frac{1}{2\pi RC_G}$$

图 39. 无外部电容时的 RFI 滤波

当使用较小源电阻时，为了解除高频共模信号，可以将一个低通 RC 网络置于仪表放大器的输入端（见图 40）。滤波器根据以下关系式对输入信号带宽加以限制：

$$FilterFreq_{DIFF} = \frac{1}{2\pi R(2C_D + C_C + C_G)}$$

$$FilterFreq_{CM} = \frac{1}{2\pi R(C_C + C_G)}$$

C_C 电容不匹配导致低通滤波器不匹配。这种不平衡导致 AD8236 将共模信号当作差分信号对待。为了降低外部不匹配 C_C 电容的影响， C_D 的值应比 C_C 大 10 倍以上。这将使差分滤波器频率低于共模频率。

图 40. 射频干扰 (RFI) 抑制

共模输入电压范围

共模输入电压范围是输入电压、基准电压、电源电压和内部运放 A 的输出的函数。图 34 显示了 AD8236 的内部节点。图 20 和图 23 显示了典型电源电压和增益条件下的共模电压范围。

对于图 20 至图 23 未显示的电源电压和基准电压，可以使用下述方法来计算可接受的共模电压范围：

1. 遵守表 2 和表 3 所示的输入、输出和基准电压范围。
2. 通过下式计算内部运放 A 的输出电压。

$$A = \frac{5}{4} \left(V_{CM} - \frac{V_{DIFF}}{2} \right) - \frac{52.5k\Omega}{R_G} V_{DIFF} - \frac{V_{REF}}{4}$$

其中：

V_{DIFF} 表示输入电压之差。

$V_{DIFF} = V_{INP} - V_{INM}$ 。

V_{CM} 表示共模电压。

$V_{CM} = (V_{INP} + V_{INM})/2$ 。

如果未安装增益设置电阻 R_G ，则将 R_G 设置为无限大。

3. 使 A 保持在任一供电轨的 10 mV 范围内。这对 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 的温度范围有效。

$$-V_S + 10 \text{ mV} < A < +V_S - 10 \text{ mV}$$

应用信息

交流耦合仪表放大器

可以在反馈路径中将一个积分器连接到 AD8236，以创建一个高通滤波器，如图 41 所示。此电路可用来抑制直流电压和失调。低频时，电容 C 的阻抗较高，因此积分器的增益也较高。AD8236 输出端的直流电压反相并由积分器放大。反相信号回注到 REF 引脚中，使输出为零。高频时则相反，电容 C 的阻抗较低，因此积分器的增益也较低。高频时的电压变化也会反相，但仅放大较小的增益。该信号回注到 REF 引脚中，但不足以使输出变为零。在极高频率时，电容表现为短路。运算放大器处于单位增益状态，因而允许高频信号通过。

当信号超过 $f_{\text{HIGH-PASS}}$ 时，AD8236 输出高通滤波输入信号。

图 41. 交流耦合电路

低功耗心率监护仪

低功耗和小尺寸的特性使 AD8236 成为心率监护仪的绝佳选择。如图 42 所示，AD8236 可测量人体的生物电位信号。它抑制共模信号并充当主增益级，增益设置 $G = 5$ 。4.7 μF 电容和 100 $\text{k}\Omega$ 电阻设置仪表放大器之后的高通滤波器的 -3 dB 截止频率。它抑制电极的半电池超电势可能产生的差分直流失调。

次级增益级 ($G = 403$) 放大 ECG 信号，然后将该信号送至一个 -3 dB 截止频率为 48 Hz 的二阶低通贝塞尔滤波器。324 Ω 电阻和 1 μF 电容构成一个抗混叠滤波器。该 1 μF 电容还用作 ADC 开关电容输入级的电荷库。

此电路利用低功耗、四通道运算放大器 AD8609 进行设计和测试。第四运算放大器被配置为施密特触发器，用于指示左臂或右臂电极脱离人体。当电极脱离人体时，这些电阻与 AD8236 输入端的 953 $\text{k}\Omega$ 电阻一起拆开输入端。施密特触发器发送一个低电平有效信号来指示引线脱离状况。

参考电极（右腿）接地。同样，电极电缆的屏蔽层也接地。某些便携式心率监护仪没有第三电极。这种情况下，AD8236 的负输入端可以连接到 GND。

请注意，本电路仅用于证明 AD8236 的能力。为了确保符合医疗安全准则，还必须进行其它工作。

图 42. 低功耗心率监护仪原理图示例

外形尺寸

图 43.8 引脚超小型封装[MSOP]
(RM-8)
尺寸单位: mm

订购指南

型号	温度范围	封装描述	封装选项	标识
AD8236ARMZ ¹	-40°C 至+125°C	8 引脚 MSOP	RM-8	Y1W
AD8236ARMZ-R7 ¹	-40°C 至+125°C	8 引脚 MSOP	RM-8	Y1W
AD8236ARMZ-RL ¹	-40°C 至+125°C	8 引脚 MSOP	RM-8	Y1W

¹ Z = 符合 RoHS 标准的器件。