

ZMD8138SN型
高速差分放大器
产品技术说明书

四川中科微芯电子有限公司
二〇二一年六月二十四日

目 录

一、 产品信息	1
二、 产品特性	1
1. 概述	1
2. 特性	1
三、 规格参数	2
1. 绝对最大额定值	2
2. 电特性表	3
四、 引出端排列	6
五、 典型应用图	7
六、 测试电路	7
七、 工作描述	8
八、 应用分析	9
1. 应用电路分析	9
2. 设置闭环增益	9
3. 估算输出噪声电压	9
4. 反馈网络失配的影响	10
5. 计算应用电路的输入阻抗	10
6. 单电源应用中的输入共模电压范围	11
7. 设置输出共模电压	11
8. 驱动容性负载	11
9. 布局布线、接地和旁路	11

九、 封装形式及尺寸	12
十、 推荐焊接工艺	12
十一、 使用操作规范及注意事项	13
十二、 运输及储存	13
十三、 开箱与检查	13

一、产品信息

产品质量等级及执行标准如下所示。

产品型号	封装形式	质量等级
ZMD8138SN	SOP8	N1（企军标）

注：N1 级按照 QJB/ZM3068.2-2021 标准执行，并满足 GJB548《微电子器件试验方法和程序》的要求，N1 级保证温度为 $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ 。

二、产品特性

1. 概述

ZMD8138SN 是一款高速差分放大器。该芯片有着全差分输入、全差分输出的放大器结构，对于共模噪声有着极好的抑制能力，并改善总谐波失真，VOCM 端口可以调节输出共模电平。

ZMD8138SN 的差分输出使得差分 ADC 的输入更平衡，使 ADC 性能达到最高。ZMD8138SN 无需使用辅助器件去驱动高性能 ADC，并保留低频和直流信息。在 VOCM 引脚上施加电压便可调整差分输出的共模电平，从而可轻松实现电平转换去驱动单电源 ADC 的输入。快速过载恢复则可确保采样精度。

ZMD8138SN 具有良好的失真性能，是通信系统的 ADC 理想驱动器，可以在较高频率条件下驱动 10 位至 16 位转换器。高带宽和 IP3 特性使它适合用作中频及基带信号链中的增益模块。出色的失调和动态性能则使该器件非常适合各种信号处理与数据采集应用。

2. 特性

- 单端差分转换
- 共模电压可调
- 增益外部可调
- 无杂散动态范围 (SFDR) : -91dBc (5MHz 输入)
 -81dBc (20MHz 输入)
- -3 dB 带宽: 315 MHz ($G = +1$)
- 0.01%建立时间: 25 ns

- 压摆率：1100 V/ μ s
- 快速过驱恢复：8ns
- 输入电压噪声低：3.5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- 失调电压：0.5 mV(典型值)
- 宽电源电压范围：+3 V 至 ± 5 V
- 低功耗：130 mW (5 V)
- 0.1 dB 增益平坦度达 40 MHz
- 湿度敏感等级：3 级

三、规格参数

1. 绝对最大额定值

绝对最大额定值如下：

电源电压	$\pm 5.5\text{V}$;
V_{CM}	$\pm V_{\text{S}}$;
内部功耗	600mW;
引脚温度（焊接10秒）	260 $^{\circ}\text{C}$;
最大结温 $T_{\text{J,MAX}}$	150 $^{\circ}\text{C}$;
存储温度范围	-65 $^{\circ}\text{C}$ 至+150 $^{\circ}\text{C}$ 。
工作温度范围	-55 $^{\circ}\text{C}$ 至+125 $^{\circ}\text{C}$;

注：不推荐长时间在绝对最大额定条件下使用。

2. 电特性表

电特性按表 1 的规定。

表 1-1 电特性

$V_S = \pm 5V$, $V_{OCM} = 0V$, $G = +1$, $R_{L, dm} = 500 \Omega$, 除非另有说明, 所有规格适用于单端输入、差分输出。

参数名称	测试条件	最小	典型	最大	单位
动态性能					
-3dB 小信号带宽	$V_{OUT} = 0.5V_{P-P}$, $C_F = 0pF$	280	315		MHz
	$V_{OUT} = 0.5V_{P-P}$, $C_F = 1pF$		215		
0.1dB 平坦度带宽	$V_{OUT} = 0.5V_{P-P}$, $C_F = 0pF$		30		MHz
大信号带宽	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, $C_F = 0pF$		245		MHz
压摆率	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, $C_F = 0pF$		1200		V/ μs
建立时间	0.01%, $V_{OUT} = 2V_{P-P}$, $C_F = 1pF$		18		ns
过驱恢复时间	$V_{IN} = 5V$ 至 $0V$ 步进, $G = +2$		5		ns
噪声/谐波性能 ¹					
二次谐波	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, 5MHz, $R_{L, dm} = 800 \Omega$		-91		dBc
	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, 20MHz, $R_{L, dm} = 800 \Omega$		-83		dBc
	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, 70MHz, $R_{L, dm} = 800 \Omega$		-60		dBc
三次谐波	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, 5MHz, $R_{L, dm} = 800 \Omega$		-105		dBc
	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, 20MHz, $R_{L, dm} = 800 \Omega$		-81		dBc
	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, 70MHz, $R_{L, dm} = 800 \Omega$		-55		dBc
IMD	20MHz		-77		dBc
IP3	20MHz		37		dBm
电压噪声 (RTI)	f=100kHz 至 40MHz		3.5		nV/ \sqrt{Hz}
输入电流噪声	f=100kHz 至 40MHz		2		pA/ \sqrt{Hz}
输入特性					
失调电压	$V_{OS, dm} = V_{OUT, dm} / 2$; $V_{DIN+} = V_{DIN-} = V_{OCM} = 0V$	-2.5	± 0.5	+2.5	mV
	TMIN 至 TMAX 变化		± 3		$\mu V / ^\circ C$
输入偏置电流	全		15	32	μA
	TMIN 至 TMAX 变化		-0.01		$\mu A / ^\circ C$
输入电阻	差分		6		M Ω
	共模		3		M Ω
输入电容	全		1		pF
输入共模电压	全		-4.0 \sim +4.0		V
CMRR	$\Delta V_{OUT, cm} / \Delta V_{OUT, dm}$; $\Delta V_{OUT, cm} = 1V$		-75	-70	dB
输出特性					
输出电压摆幅	最大 ΔV_{OUT} ; 单端输出 ($R_{L, dm}$ 断开)		9.7		V_{P-P}
输出电流			90		mA
输出平衡误差	$\Delta V_{OUT, cm} / \Delta V_{OUT, dm}$; $\Delta V_{OUT, cm} = 1V$		-65		dB

注 1： R_L, d_m 值较高时，谐波失真性能相当或略差。

表 1-2 电特性

$V_S=5V, V_{OCM}=2.5V, G=+1, R_{L, dm}=500\Omega$ ，所有规格适用于单端输入、差分输出。

参数名称	测试条件	最小	典型	最大	单位
动态性能					
-3dB 小信号带宽	$V_{OUT}=0.5V_{P-P}, C_F=0pF$	260	310		MHz
	$V_{OUT}=0.5V_{P-P}, C_F=1pF$		210		
0.1dB 平坦度带宽	$V_{OUT}=0.5V_{P-P}, C_F=0pF$		29		MHz
大信号带宽	$V_{OUT}=2V_{P-P}, C_F=0pF$		245		MHz
压摆率	$V_{OUT}=2V_{P-P}, C_F=0pF$		960		V/ μs
建立时间	0.01%, $V_{OUT}=2V_{P-P}, C_F=1pF$		19		ns
过驱恢复时间	$V_{IN}=5V$ 至 $0V$ 步进, $G=+2$		6		ns
噪声/谐波性能					
二次谐波	$V_{OUT}=2V_{P-P}, 5MHz, R_{L, dm}=800\Omega$		-90		dBc
	$V_{OUT}=2V_{P-P}, 20MHz, R_{L, dm}=800\Omega$		-81		dBc
	$V_{OUT}=2V_{P-P}, 70MHz, R_{L, dm}=800\Omega$		-60		dBc
三次谐波	$V_{OUT}=2V_{P-P}, 5MHz, R_{L, dm}=800\Omega$		-100		dBc
	$V_{OUT}=2V_{P-P}, 20MHz, R_{L, dm}=800\Omega$		-80		dBc
	$V_{OUT}=2V_{P-P}, 70MHz, R_{L, dm}=800\Omega$		-53		dBc
IMD	20MHz		-74		dBc
IP3	20MHz		35		dBm
电压噪声 (RTI)	$f=100kHz$ 至 $40MHz$		3.5		nV/ \sqrt{Hz}
输入电流噪声	$f=100kHz$ 至 $40MHz$		2		pA/ \sqrt{Hz}
输入特性					
失调电压	$V_{OS, dm}=V_{OUT, dm}/2;$ $V_{DIN+}=V_{DIN-}=V_{OCM}=0V$	-2.5	± 0.5	+2.5	mV
	TMIN 至 TMAX 变化		± 3		$\mu V/^{\circ}C$
输入偏置电流	全		15	32	μA
	TMIN 至 TMAX 变化		-0.01		$\mu A/^{\circ}C$
输入电阻	差分		6		M Ω
	共模		3		M Ω
输入电容	全		1		pF
输入共模电压	全		0.6~4.0		V
CMRR	$\Delta V_{OUT, cm}/\Delta V_{OUT, dm}; \Delta V_{OUT, cm}=1V$		-77	-70	dB
输出特性					
输出电压摆幅	最大 ΔV_{OUT} ; 单端输出 ($R_{L, dm}$ 断开)		4.7		V_{P-P}
输出电流			90		mA
输出平衡误差	$\Delta V_{OUT, cm}/\Delta V_{OUT, dm}; \Delta V_{OUT, cm}=1V$		-63		dB

表 1-3 电特性
 $V_S = \pm 5V$, $V_{OCM} = 0V$, $G = +1$, $R_{L, dm} = 500\Omega$, 除非另有说明, 所有规格适用于单端输入、差分输出。

参数名称	测试条件	最小	典型	最大	单位
动态性能					
-3dB 带宽	$V_{OUT} = 0.5V_{P-P}$, $C_F = 0pF$		250		MHz
压摆率	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, $C_F = 0pF$		330		V/ μs
电压噪声 (RTI)	$f = 0.1MHz$ 至 $100MHz$		17		nV/ \sqrt{Hz}
直流特性					
输入电压范围	全		± 3.8		V
输入电阻	全		200		k Ω
输入失调电压	$V_{OS, cm} = V_{OUT, cm}$; $V_{DIN+} = V_{DIN-} = V_{OCM} = 0V$	-30	± 1	+30	mV
输入偏置电流	全		5		μA
VOCMCMRR	$\Delta V_{OUT, cm} / \Delta V_{OUT, dm}$; $\Delta V_{OUT, cm} = \pm 1V$		-75		dB
增益	$\Delta V_{OUT, cm} / \Delta V_{OUT, dm}$; $\Delta V_{OUT, cm} = \pm 1V$	0.9955	1	1.0045	V/V
电源					
工作范围	全	± 1.5		± 5.5	V
静态电流	全	20	24	28	mA
	TMIN 至 TMAX 变化		8		$\mu A/^{\circ}C$
电源抑制比	$\Delta V_{OUT, dm} / \Delta V_S$; $\Delta V_S = \pm 1V$		-90	-70	dB
工作温度范围	全	-55		+125	$^{\circ}C$

表 1-4 电特性
 $V_S = 5V$, $V_{OCM} = 2.5V$, $G = +1$, $R_{L, dm} = 500\Omega$, 除非另有说明, 所有规格适用于单端输入、差分输出。

参数名称	测试条件	最小	典型	最大	单位
动态性能					
-3dB 带宽	$V_{OUT} = 0.5V_{P-P}$, $C_F = 0pF$		210		MHz
压摆率	$V_{OUT} = 2V_{P-P}$, $C_F = 0pF$		240		V/ μs
电压噪声 (RTI)	$f = 0.1MHz$ 至 $100MHz$		17		nV/ \sqrt{Hz}
直流特性					
输入电压范围	全		1.0~3.8		V
输入电阻	全		100		k Ω
输入失调电压	$V_{OS, cm} = V_{OUT, cm}$; $V_{DIN+} = V_{DIN-} = V_{OCM} = 0V$	-30	± 1	+30	mV
输入偏置电流	全		5		μA
VOCMCMRR	$\Delta V_{OUT, cm} / \Delta V_{OUT, dm}$; $\Delta V_{OUT, cm} = \pm 1V$		-70		dB
增益	$\Delta V_{OUT, cm} / \Delta V_{OUT, dm}$; $\Delta V_{OUT, cm} = \pm 1V$	0.9968	1	1.0032	V/V
电源					
工作范围	全	3.0		11	V
静态电流	全	18	24	28	mA
	TMIN 至 TMAX 变化		8		$\mu A/^{\circ}C$

表 1-4 (续) 电特性

电源抑制比	$\Delta V_{OUT, dm} / \Delta V_S; \Delta V_S = \pm 1V$		-90	-70	dB
工作温度范围	全	-55		+125	°C

四、引出端排列

引出端排列如图 1 所示。

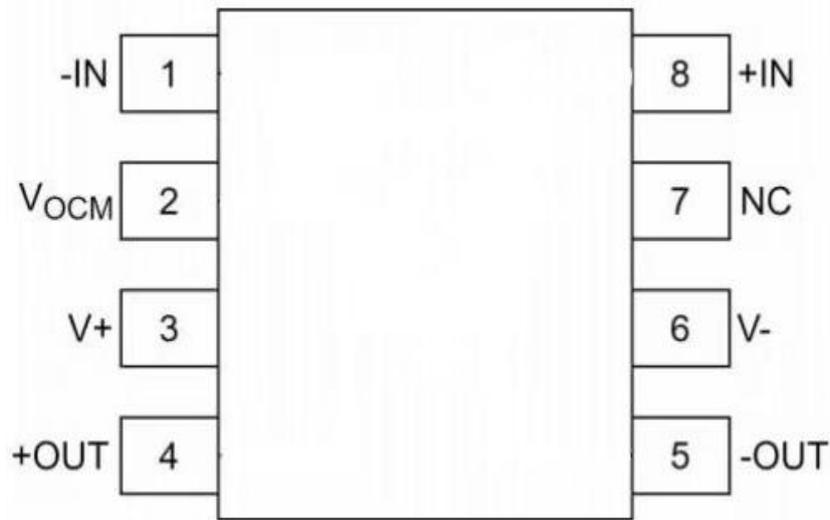


图 1 引出端排列图

引脚定义如表 2 所示。

表 2 引脚定义

引脚序号	引脚名称	引脚类型	引脚功能
1	-IN	I	负输入
2	V_{OCM}	I	设定共模输出电压
3	V+	P	正电源
4	+OUT	O	正输出
5	-OUT	O	负输出
6	V-	P	负电源
7	NC	/	不连接
8	+IN	I	正输入

五、典型应用图

典型应用图如图 2 所示。

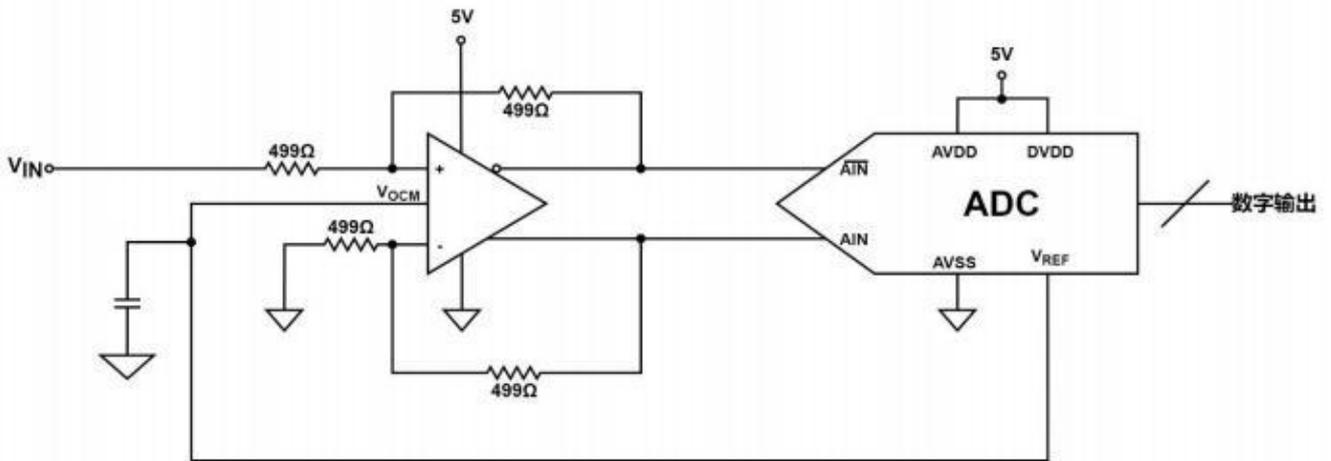


图 2 典型应用图

六、测试电路

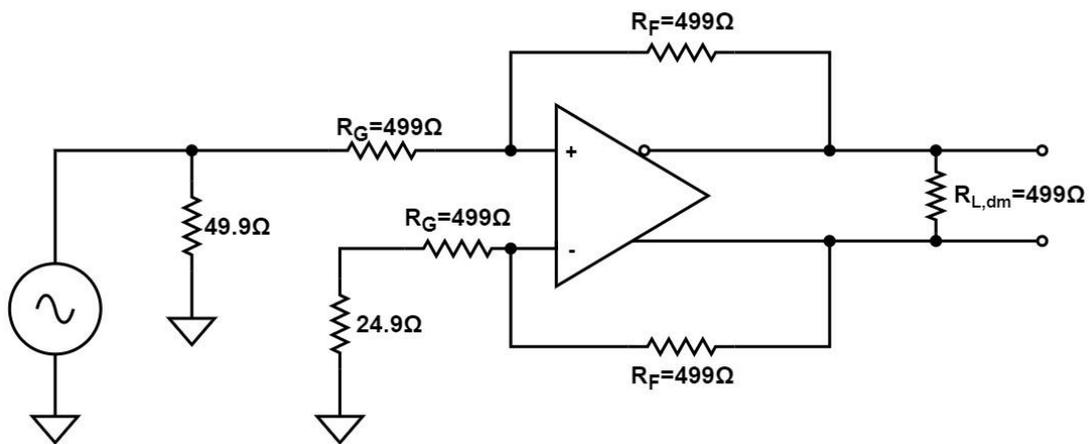


图 3 基本测试电路

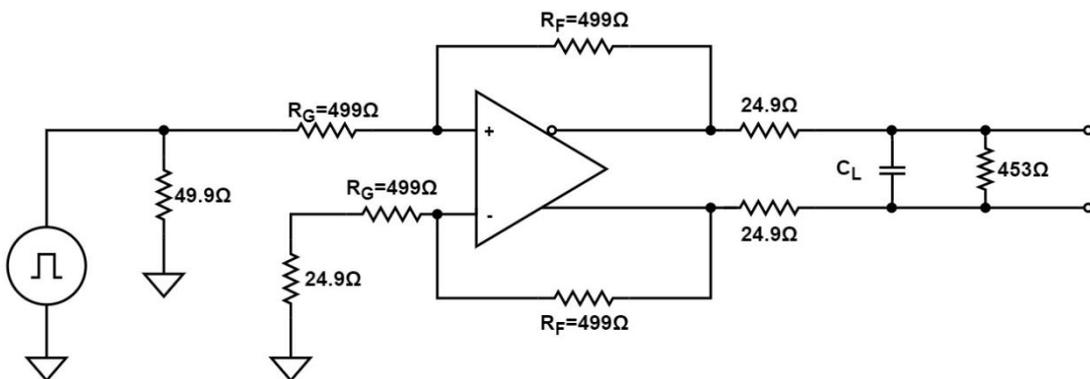


图 4 电容负载驱动的测试电路

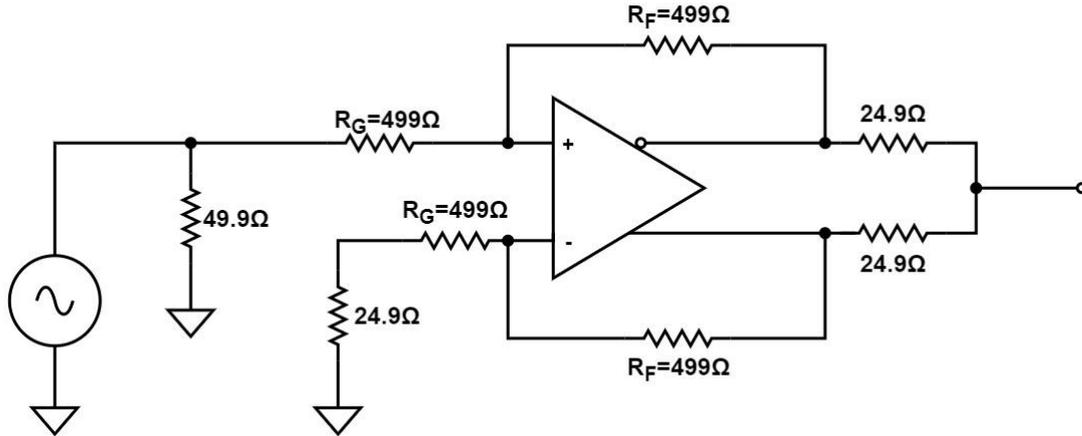


图 5 输出平衡的测试电路

七、工作描述

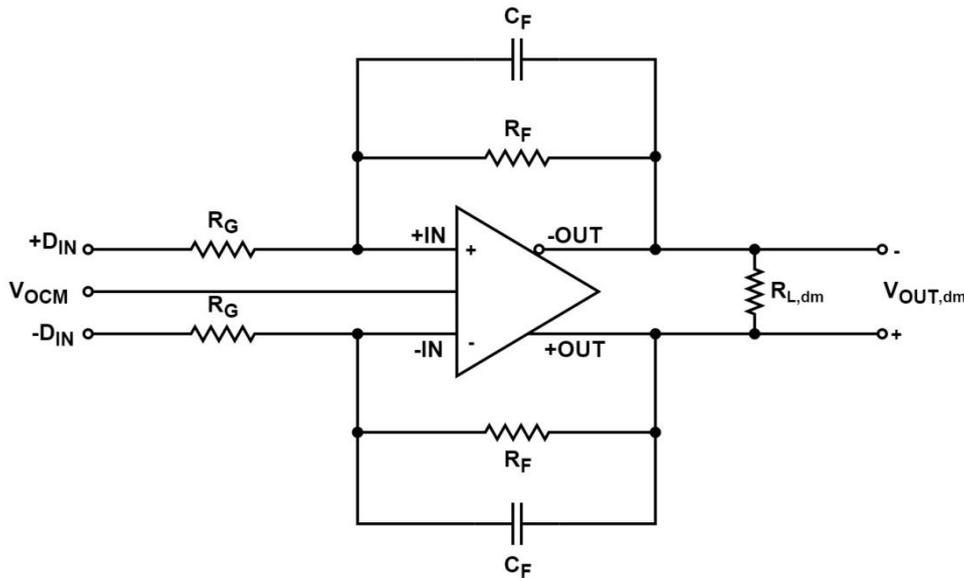


图 6 电路定义

输出差分电压(亦称输出差模电压)定义为:

$$V_{OUT,dm} = (V_{+OUT} - V_{-OUT})$$

其中, V_{+OUT} 和 V_{-OUT} 是指+OUT引脚和-OUT引脚对于同一参考电压的电压。

输出共模电压定义为:

$$V_{OUT,cm} = (V_{+OUT} + V_{-OUT})/2$$

输出平衡等于输出共模电压的幅度除以输出差模电压的幅度:

$$\text{输出平衡误差} = \frac{V_{OUT,cm}}{V_{OUT,dm}}$$

ZMD8138SN 与常规运算放大器不同,它有两个电压反向的输出。与运算放大器类似,它通过高

开环增益和负反馈强制这些输出达到所期望的电压。ZMD8138SN 像标准电压反馈型运算放大器，容易实现单端到差分转换、共模电平转换和差分信号放大，ZMD8138SN 也有高输入阻抗和低输出阻抗。

ZMD8138SN 具有两个反馈环路来分别控制差分输出电压和共模输出电压。外部电阻设定的差分反馈 只控制差分输出电压。共模反馈控制共模输出电压。这种架构方便任意设定输出共模电平。内部共模反馈强制其等于 V_{OCM} 输入上施加的电压，而不影响差分输出电压。

ZMD8138SN 的架构使得输出可以在很宽的频率范围内保持高度平衡，而不需要严格匹配的外部元件。共模反馈环路强制输出共模电压中的信号分量清零，结果得到近乎完美的平衡差分输出，幅度完全相等，相位相差 180°。

八、应用分析

1. 应用电路分析

ZMD8138SN 使用高开环增益和负反馈来强制设定其差分 and 共模输出电压，使差分 and 共模误差电压降到最低。差分误差电压定义为差分输入+IN 和-IN 之间的电压。在多数应用中，可以假设此电压为 0。可以轻松获得最佳的性能。

2. 设置闭环增益

忽略电容 C_F ，可以确定图6所示电路的差模增益：

$$\frac{R_{F^S}}{R_{G^S}} = \left| \frac{V_{OUT, cm}}{V_{OUT, dm}} \right|$$

假定各端的输入电阻(R_{G^S})和反馈电阻(R_{F^S})相等。

3. 估算输出噪声电压

与常规运算放大器类似，可通过用折合到输入端(+IN 和-IN)的误差项乘以电路噪声增益来估算差分输出误差(噪声和失调电压)。噪声增益定义为：

$$G_N = 1 + \left(\frac{R_F}{R_G} \right)$$

为了计算图6所示电路折合到输出端的总噪声，还必须考虑电阻 R_F 和 R_G 的贡献。有关在各闭环增益下的输出噪声电压密度估算值，请参阅下表。

增益	$R_G(\Omega)$	$R_F(\Omega)$	-3dB带宽	输出噪声	输出噪声(1+ R_G/R_F)
1	499	499	315MHz	9.7nV/√Hz	11.2nV/√Hz
2	499	1.0k	170MHz	14.2nV/√Hz	17.2nV/√Hz
5	499	2.49k	60MHz	28.8nV/√Hz	36.1nV/√Hz
10	499	4.99k	25MHz	51nV/√Hz	68.2nV/√Hz

当 ZMD8138SN 用于增益配置时,如果一个反馈网络的 R_F/R_G 不等于另一个反馈网络的 R_F/R_G , 则 V_{OCM} 电路中折合到输入端的电压会引起差分输出噪声。输出噪声根据以下反馈项定义(参见图 6):

$$\beta_1 = \frac{R_G}{R_F + R_G}$$

对应于 -OUT 至 +IN 环路, 以及

$$\beta_2 = \frac{R_G}{R_F + R_G}$$

对应于 -OUT 至 +IN 环路, 然后

$$V_{nOUT, dm} = 2V_{nIN, V_{OCM}} \left[\frac{\beta_1 - \beta_2}{\beta_1 + \beta_2} \right]$$

其中, $V_{nOUT, dm}$ 为输出差分噪声, V_{nIN}, V_{OCM} 为 V_{OCM} 中折合到输入端的电压噪声。

4. 反馈网络失配的影响

前面提到, 即使外部反馈网络 (R_F/R_G) 不匹配, 内部共模反馈环路仍然会强制输出保持平衡。每个输出端的信号幅度保持相等, 相位相差 180° , 输入到输出的差模增益变化与反馈的不匹配成比例, 但输出平衡不受影响。

外部电阻的比例匹配误差会导致电路抑制输入共模信号的能力降低, 非常类似于使用常规运算放大器制成的四电阻差动放大器。而且, 如果输入和输出共模电压的直流电平不同, 匹配误差会导致一个细小的差模输出失调电压。对于 $G = 1$, 具有一个地基准输入信号且针对 2.5V 设定输出共模电平的情况, 如果使用 1%容差电阻, 则可产生高达 25 mV 的输出失调。由于 2.5 V 电平转换, 1%容差的电阻将导致一个约 40dB 的输入 CMRR、25mV 的差模输出失调, 不会对输出造成明显平衡误差。

5. 计算应用电路的输入阻抗

如图 6 所示电路的有效输入阻抗(在 +DIN 和 -DIN 端)取决于放大器是由单端信号源驱动, 还是由差分信号源驱动。对于平衡差分输入信号, 两个输入端(+DIN 和 -DIN)之间的输入阻抗($R_{IN, dm}$)为:

$$R_{IN, dm} = 2 \times R_G$$

若为单端输入信号(例如, 若-DIN 接地, 输入信号接入+DIN), 输入阻抗则为:

$$R_{IN, dm} = \left(\frac{R_G}{1 - \frac{R_F}{2 \times (R_F + R_G)}} \right)$$

该电路的输入阻抗高于作为反相器连接的常规运算放大器, 因为一小部分差分输出电压在输入端表现为共模信号, 从而部分增加了输入电阻 R_G 两端的电压。

6. 单电源应用中的输入共模电压范围

ZMD8138SN 针对以电平转换、以地为基准的输入信号进行优化。比如说, 对于单端输入, 图 6 中放大器的负电源电压(V_- 处)设为 0V 时, $-DIN$ 处的电压也需要为 0V。

7. 设置输出共模电压

ZMD8138SN 的 VO_{CM} 引脚采用内部偏置, 偏置电压大约等于电源电压的中间点 ($(V_+ + V_-) / 2$)。使用该内部偏置得到的输出共模电压与预期值的偏差在 90mV 之内。

若需要对输出共模电平精确控制要求的话, 可以外部加电压或电阻分压。技术规格表中是 V_{OCM} 外加有一定驱动能力的电压源下测试输出共模失调。

8. 驱动容性负载

容性负载可与 ZMD8138SN 的引脚和焊线电感发生反应, 进而在脉冲响应中导致高频振铃。一种降低此效应的方法是在各反馈电阻上放置一个小电容。该附加电容应非常小, 以免造成放大器不稳定; 一种技术是在放大器输出端上串联一个小电阻, 如图电容负载测试所示。

9. 布局布线、接地和旁路

ZMD8138SN 作为高速高带宽运放, 对其工作的 PCB 环境比较敏感。要实现其好的性能, PCB 设计具体要求如下:

第一个要求地层应覆盖 ZMD8138SN 所在的电路板区域。但是对于+IN/-IN 输入引脚与地应保持适当的距离, 并去除内层和输入引脚背部一侧的地。这样可以极大程度地降低这些线及节点的寄生电容, 同时有助于保持增益平坦度和频率的关系。

第二个要求尽可能将芯片的电源引脚旁路至附近的地, 使用良好的高频陶瓷电容。对于每个电源, 都应使用 0.01 μF 至 0.1 μF 的电容进行滤波。在稍微远的地方, 应利用 10 μF 钽电容在

每个电源到地之间提供低频滤波。

第三个要求为避免寄生效应信号线路应该短而直。凡是有互补信号地方，都应尽可能的提供对称布局，使平衡性能最佳。当差分信号路径较长时，要让 PCB 上的走线相互靠近紧密相连，以尽量减小形成的回路面积。这降低了辐射能量，使电路不易受外面干扰。

九、封装形式及尺寸

器件采用 8 引线小外形封装，封装代号为 SOP8。SOP8 封装外形尺寸图如图 7 所示。

(单位：mm)

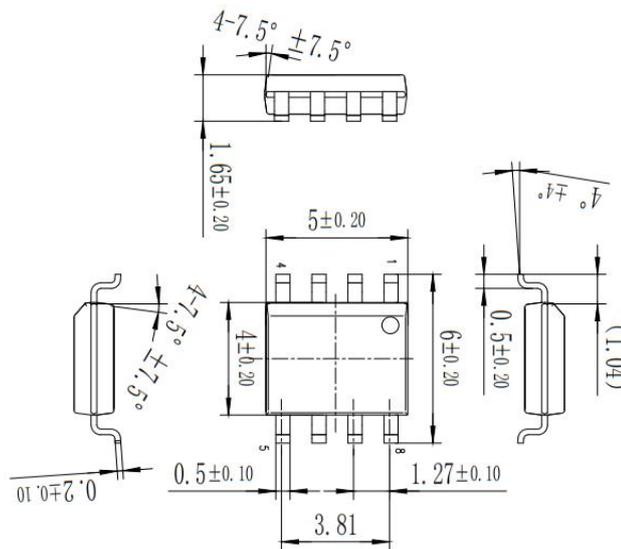


图 7 封装外形尺寸图

十、推荐焊接工艺

推荐采用有铅焊料（Sn63Pb37）焊接，有铅回流焊接温度曲线如图 8 所示。

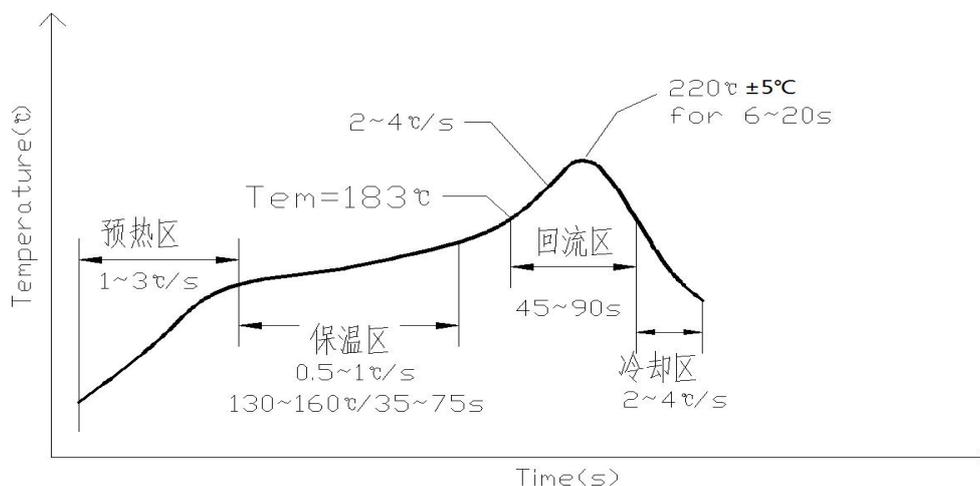


图 8 有铅工艺回流焊接温度曲线

十一、使用操作规范及注意事项

器件必须采取防静电措施进行操作。取用芯片时应佩戴防静电手套，防止人体电荷对芯片的静电冲击，损坏芯片。将芯片插入电路板上的底座时以及将芯片从电路板上的底座取出时，应注意施力方向以确保芯片管脚均匀受力。防止用力过猛，损坏芯片管脚，导致无法使用。

推荐下列操作措施：

- 器件应在防静电的环境中进行操作；
- 试验设备和器具应接地；
- 不能触摸器件引线；
- 器件应存放在导电材料制成的容器中（如：集成电路专用盒）；
- 生产、测试、使用以及转运过程中应避免使用引起静电的塑料、橡胶或丝织物；
- 相对湿度尽可能保持在 $50\% \pm 20\%$ ；
- 可以短时间喷水清洗，不能长时间淋水和浸泡在水中，清洗完应尽快烘干。



十二、运输及储存

芯片存储环境温度推荐：25℃。

使用指定的防静电包装盒/编带进行产品的包装和运输，确保芯片在运输过程中不要与外物发生碰撞。

使用铝箔袋对其进行真空包装，并放入湿度指示卡及干燥剂进行运输保存。

十三、开箱与检查

开箱使用芯片时，请注意观察芯片管壳上的产品标识。确定产品标识清晰，无污迹，无擦痕。同时，注意检查芯片管壳及引脚。确定管壳无损坏，无伤痕，管脚整齐，无缺失，无变形。开箱使用芯片时，注意观察真空袋是否破损漏气，里面放置的湿度标签是否变色。如果袋中的湿度指示卡60%点变色或者超过使用期，产品需要烘烤，建议烘烤条件：85℃时，不得低于24h。