

增强型 FET 低失调电压运算放大器

1 特性

- 直接升级至 TL07x 和 TL08x FET 运算放大器
- 片上失调电压修调可改善直流性能

2 说明

与 TL07x 和 TL08x 系列 FET 运算放大器相比，TL05x 系列 FET 输入运算放大器提供改善的直流和交流特性。德州仪器 (TI) 改进的 FET 工艺和优化的设计可以实现更出色的带宽和压摆率，同时不会增加功耗。TL05x 器件与 TL07x 和 TL08x 引脚兼容，可用于升级现有电路或为新设计提供出色性能。

FET 运算放大器提供的 FET 输入晶体管，其固有输入阻抗更高，然并不会降低与双极放大器相关的输出驱动。器件因此更适用于连接高阻抗传感器或极低电平交流信号。

TL05x 系列旨在提供比 TL08x 更高的精度和更好的交流响应，同时具有可媲美 TL07x 的低本底噪声。需要极快交流响应的设计人员可以考虑使用 Excalibur TLE208x 和 TLE207x 系列 FET 运算放大器。

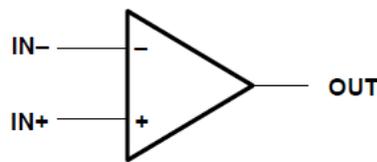
由于 FET 运算放大器设计用于双电源，因此在采用单电源供电时必须注意观察共模输入电压限制和输出摆幅。需要输入信号的直流偏置，负载则端接至 $1/2 V_s$ 的虚拟接地节点。德州仪器 (TI) TLE2426 集成式虚拟接地发生器在通过单电源运行 FET 放大器时非常有用。

TL05x 的额定工作电压为 $\pm 15V$ 和 $\pm 5V$ 。若要在低电压和/或单电源系统中运行，建议使用德州仪器 (TI) LinCMOS 系列运算放大器 (TLC 前缀)。从 FET 迁移到 CMOS 放大器时，应特别注意压摆率和带宽要求以及输出负载。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 (标称值)
TL051、TL052	D (SOIC, 8)	4.90mm × 3.90mm
TL051、TL052	P (PDIP, 8)	9.81mm × 6.30mm
TL052	PS (SOP, 8)	6.20mm × 5.30mm
TL054	D (SOIC, 14)	4.90mm × 3.90mm
	DB (SSOP, 14)	6.20mm × 5.30mm
	N (PDIP, 14)	19.30mm × 6.30mm
	NS (SOP, 14)	10.30mm × 5.30mm

(1) 如需了解更多信息，请参阅机械、封装和可订购信息。



符号 (每个放大器)



内容

1 特性	1	5 应用和实施	15
2 说明	1	5.1 应用信息.....	15
3 引脚配置和功能	3	6 器件和文档支持	18
4 规格	5	6.1 接收文档更新通知.....	18
4.1 绝对最大额定值.....	5	6.2 支持资源.....	18
4.2 热性能信息.....	5	6.3 商标.....	18
4.3 建议运行条件.....	5	6.4 静电放电警告.....	18
4.4 TL05xC 和 TL05xAC 电气特性.....	6	6.5 术语表.....	18
4.5 TL05xI 和 TL05xAI 电气特性.....	9	7 修订历史记录	18
4.6 典型特性.....	12	8 机械、封装和可订购信息	19

3 引脚配置和功能

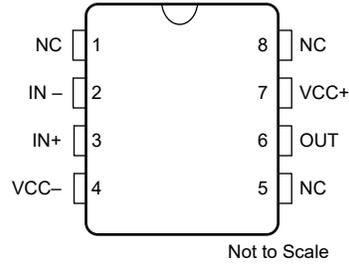


图 3-1. TL051 D 或 P 封装，8 引脚 SOIC 或 PDIP (顶视图)

表 3-1. 引脚功能 TL051x

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
NC	1	—	不连接
IN -	2	输入	反相输入
IN+	3	输入	同相输入
VCC -	4	—	电源负极
NC	5	—	不连接
OUT	6	输出	输出
VCC+	7	—	电源正极
NC	8	—	不连接

(1) I = 输入，O = 输出。

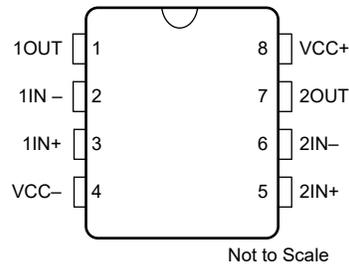


图 3-2. TL052 D、P 或 PS 封装，8 引脚 SOIC、PDIP 或 SOP (顶视图)

表 3-2. 引脚功能 TL052x

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
1OUT	1	输出	输出通道 1
1IN -	2	输入	反相输入，通道 1
1IN+	3	输入	同相输入，通道 1
VCC -	4	—	电源负极
2IN+	5	输入	同相输入，通道 2
2IN -	6	输入	反相输入，通道 2
2OUT	7	输出	输出通道 2
VCC+	8	—	电源正极

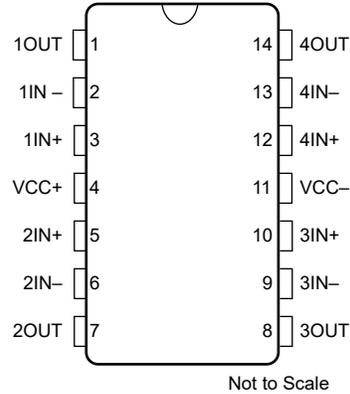


图 3-3. TL054 D、DB、N 或 NS 封装，14 引脚 SOIC、SSOP、PDIP 或 SOP (顶视图)

表 3-3. 引脚功能 TL054x

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
1OUT	1	输出	输出通道 1
1IN -	2	输入	反相输入，通道 1
1IN+	3	输入	同相输入，通道 1
VCC+	4	—	电源正极
2IN+	5	输入	同相输入，通道 2
2IN -	6	输入	反相输入，通道 2
2OUT	7	输出	输出通道 2
3OUT	8	输出	输出通道 3
3IN -	9	输入	反相输入，通道 3
3IN+	10	输入	同相输入，通道 3
VCC -	11	—	电源负极
4IN+	12	输入	同相输入，通道 4
4IN -	13	输入	反相输入，通道 4
4OUT	14	输出	输出通道 4

4 规格

4.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明) ⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位	
V _{CC+}	电源电压 ⁽²⁾		18	V	
V _{CC-}	电源电压 ⁽²⁾		-18	V	
	差动输入电压 ⁽³⁾	-30	30	V	
V _I	输入电压范围 ^{(2) (4)}	任意输入	-15	15	V
I _I	输入电流	每路输入	-1	1	mA
I _O	输出电流	每路输入	-80	80	mA
	流入 V _{CC+} 的总电流		160	mA	
	流出 V _{CC-} 的总电流		160	mA	
	短路电流的持续时间 (≤ 25°C)		无限		
T _J	工作虚拟结温		150	°C	
	10 秒内距离外壳 1.6mm (1/16 英寸) 的引线温度		260	°C	
T _{stg}	贮存温度	-65	150	°C	

- (1) 超出最大绝对额定值下列出的值的应力可能会对器件造成永久损坏。这些仅为应力额定值，并不表明器件在这些额定值下或者任何其他超过节 4.3 所述条件下可正常工作。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。
- (2) 除差分电压外的所有电压值均以 V_{CC+} 和 V_{CC-} 之间的中间点为参考基准。
- (3) 差分电压是相对于 IN⁻ 的 IN⁺ 上的值。
- (4) 输入电压的幅值绝不能超过电源电压的幅值或 1 伏，以较小者为准。

4.2 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TL051、 TL052	TL051、 TL052	TL052	TL054				单位
		D	P	PS	D	DB	N	NS	
		8	8	8	14	14	14	14	
⁰ J _A	封装热阻	97	85	95	86	96	80	76	°C/W

- (1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅 [半导体和 IC 封装热指标](#) 应用手册。

4.3 建议运行条件

		C 后缀		I 后缀		单位	
		最小值	最大值	最小值	最大值		
V _{CC±}	电源电压	±5	±15	±5	±15	V	
V _{IC}	共模输入电压	V _{CC±} = ±5V	-1	4	-1	4	V
		V _{CC±} = ±15V	-11	11	-11	11	
T _A	自然通风条件下的工作温度	0	70	-40	85	°C	

4.4 TL05xC 和 TL05xAC 电气特性

在指定的自然通风温度下

参数		测试条件		T _A ⁽¹⁾	TL05xC、TL05xAC						单位	
					V _{CC±} = ±5V			V _{CC±} = ±15V				
					最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值		
V _{IO}	输入偏移电压	V _O = 0 V _{IC} = 0 R _S = 50 Ω	TL051C、TL052C	25°C	0.75		3.5		0.65		1.5	mV
			TL054C	25°C	5.5						4	
			TL051C、TL052C	完整范围	4.5						2.5	
			TL054C	完整范围	7.7						6.2	
			TL051AC、TL052AC	25°C	0.57		2.8		0.5		0.8	
			TL054AC	25°C	3.5						1.5	
			TL051AC、TL052AC	完整范围	3.8						1.8	
			TL054AC	完整范围	5.7						3.7	
a _{VIO}	输入失调电压的温度系数		TL05xC	25°C 至 70°C	25			23			μV/°C	
			TL05xAC	25°C 至 70°C	24			23				
	输入失调电压长期漂移	V _O = 0 R _S = 50 Ω V _{IC} = 0		25°C	0.04			0.04			μV/mo	
I _{IO}	输入失调电流	V _O = 0 V _{IC} = 0		25°C	10		100		10		100	pA
				70°C	0.02		1		0.025		1	nA
I _{IB}	输入偏置电流	V _O = 0 V _{IC} = 0		25°C	20		200		30		200	pA
				70°C	0.15		4		0.2		4	nA
V _{ICR}	共模输入电压范围			25°C	-1 到 4	-2.3 到 5.1			-11 到 11	-12.3 到 15.1	V	
				完整范围	-1 到 4		-11 到 11					

4.4 TL05xC 和 TL05xAC 电气特性 (续)

在指定的自然通风温度下

参数		测试条件	T _A ⁽¹⁾	TL05xC、TL05xAC						单位
				V _{CC±} = ±5V			V _{CC±} = ±15V			
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
V _{OM+}	最大正峰值输出电压摆幅	R _L = 10kΩ	25°C	3	4.2		13	13.9		V
			完整范围	3			13			
		R _L = 2kΩ	25°C	2.5	3.8		11.5	12.7		
			完整范围	2.5			11.5			
V _{OM-}	最大负峰值输出电压摆幅	R _L = 10kΩ	25°C	-2.5	-3.5		-12	-13.2		V
			完整范围	-2.5			-12			
		R _L = 2kΩ	25°C	-2.3	-3.2		-11	-12		
			完整范围	-2.3			-11			
A _{VD}	大信号差分电压放大	R _L = 2kΩ	25°C	104	130		120	145		dB
			0°C		125			142		
			70°C		125			142		
r _i	输入电阻		25°C		10 ¹²			10 ¹²		Ω
c _i	输入电容		25°C		10			10		pF
CMRR	共模抑制比	V _{IC} = V _{ICR min} V _O = 0 R _S = 50Ω	25°C	65	84		75	92		dB
			0°C	65	84		75	92		
			70°C	65	84		75	91		
k _{SVR}	电源电压抑制比 (ΔV _{CC±} /ΔV _{IO})	V _O = 0 R _S = 50Ω	25°C	75	99		75	99		dB
			0°C	75	98		75	98		
			70°C	75	97		75	97		
I _{CC}	电源电流 (4 个放大器)	V _O = 0 无负载	25°C		8.1	11.2		8.4	12.8	mA
			0°C		8.5	12.8		8.5	12.8	
			70°C		7.9	11.2		8.2	12.8	
V _{O1} /V _{O2}	串扰衰减	A _{VD} = 100	25°C		106			106		dB
SR+	单位增益下的正压摆率	R _L = 2kΩ C _L = 100pF	25°C		15.4			17.8		V/μs
			完整范围		16.4			17.5		
SR-	单位增益下的负压摆率 (2)	R _L = 2kΩ C _L = 100pF	25°C		13.9			15.9		
			完整范围		16			15.5		

4.4 TL05xC 和 TL05xAC 电气特性 (续)

在指定的自然通风温度下

参数	测试条件	T _A ⁽¹⁾	TL05xC、TL05xAC									单位
			V _{CC±} = ±5V			V _{CC±} = ±15V						
			最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值				
V _n	等效输入噪声电压 ⁽³⁾	R _S = 20 Ω	f = 10Hz	25°C		50				50		nV/√Hz
			f = 1kHz	25°C					10.8			
I _n	等效输入噪声电流	f = 1kHz		25°C		2				2		fA/√Hz
THD	总谐波失真 ⁽⁴⁾	R _S = 1k Ω f = 1kHz R _L = 2k Ω		25°C		0.00021				0.00021		%
B ₁	单位增益带宽	V _I = 10mV C _L = 25pF, R _L = 2k Ω		25°C		4.5				4.5		MHz
φ _m	单位增益下的相位裕度	V _I = 10mV C _L = 25pF R _L = 2k Ω		25°C		60				60		度

(1) 完整范围为 0°C 至 70°C。

(2) 针对 TL05xA，此参数采用抽样检测的方法进行测试。有关其他测试要求，请联系工厂。本声明与是否测试其他参数无关。

(3) 典型值基于在 T_A = 150°C 条件下进行 168 小时工作寿命测试期间观察到的输入失调电压移位，使用阿伦尼乌斯方程外推至 T_A = 25°C，并假设活化能为 0.96eV。

(4) V_{CC±} = ±5V 时，V_O = ±2.3V；V_{CC±} = ±15V 时，V_O = ±10V。

4.5 TL05xI 和 TL05xAI 电气特性

参数	测试条件	T _A ⁽¹⁾	TL05xI、TL05xAI						单位
			V _{CC±} = ±5V			V _{CC±} = ±15V			
			最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
V _{IO}	输入偏移电压	V _O = 0 V _{IC} = 0 R _S = 50 Ω	TL051C、 TI052C	25°C	0.75	3.5	0.65	1.5	mV
			TL054C	25°C		5.5		4	
			TL051C、 TI052C	完整范围		5.3		3.3	
			TL054C	完整范围		8.8		7.3	
			TL051AC、 TL052AC	25°C	0.57	2.8	0.5	0.8	
			TL054AC	25°C		3.5		1.5	
			TL051AC、 TL052AC	完整范围		4.6		2.6	
			TL051C、 TI052C	完整范围		6.8			
a _{VIO}	输入失调电压的温度系数 ⁽²⁾		TL051I	25°C 至 85°C	25		24	μV/°C	
	输入失调电压长期漂移 ⁽³⁾		TL051AI	25°C 至 85°C	25		23		
				25°C	0.04		0.04	μV/mo	
I _{IO}	输入失调电流	V _O = 0	V _{IC} = 0 ,	25°C	10	100	10	pA	
				85°C	0.06	10	0.07	nA	
I _{IB}	输入偏置电流	V _O = 0	V _{IC} = 0 ,	25°C	20	200	30	pA	
				85°C	0.6	20	0.7	nA	
V _{ICR}	共模输入电压范围			25°C	-1 至 4	-2.3 到 5.1	-11 到 11	-12.3 到 15.1	V
				完整范围	-1 至 4		-11 到 11		
V _{OM+}	最大正峰值输出电压摆幅	R _L = 10k Ω		25°C	3	4.2	13	13.9	V
				完整范围	3		13		
		R _L = 2k Ω		25°C	2.5	3.8	11.5	12.7	
				完整范围	2.5		11.5		

4.5 TL05xI 和 TL05xAI 电气特性 (续)

参数	测试条件	T _A ⁽¹⁾	TL05xI、TL05xAI						单位	
			V _{CC±} = ±5V			V _{CC±} = ±15V				
			最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值		
V _{OM-}	最大负峰值输出电压摆幅	R _L = 10k Ω	25°C	-2.5	-3.5		-12	-13.2	V	
			完整范围	-2.5			-12			
		R _L = 2k Ω	25°C	-2.3	-3.2		-11	-12		
			完整范围	-2.3			-11			
A _{VD}	大信号差分电压放大 ⁽⁴⁾	R _L = 2k Ω	25°C	104	130		120	145	dB	
			0°C		125			142		
			85°C		125			142		
r _i	输入电阻		25°C		10 ¹²			10 ¹²	Ω	
C _i	输入电容		25°C		10			10	pF	
CMRR	共模抑制比	V _{IC} = V _{ICRmin} V _O = 0 , R _S = 50 Ω	25°C	65	84		75	92	dB	
			-40°C	65	83		75	90		
			85°C	65	84		75	93		
k _{SVR}	电源电压抑制比 (ΔV _{CC±} /ΔV _{IO})	V _O = 0 , R _S = 50 Ω	25°C	75	99		75	99	dB	
			-40°C	75	98		75	98		
			85°C	75	99		75	99		
I _{CC}	电源电流	V _O = 0	无负载	25°C		2.6	3.2		2.7	mA
				-40°C		2.4	3.2		2.6	
				85°C		2.5	3.2		2.6	
V _{O1} /V _{O2}	串扰衰减		25°C		106.0206			106.0206		dB
SR+	单位增益下的正压摆率	R _L = 2k Ω	C _L = 100pF	25°C		15.4		9	17.8	V/μs
				完整范围				8		
SR-	单位增益下的负压摆率	R _L = 2k Ω	C _L = 100pF	25°C		13.9		9	15.9	
				完整范围				8		
V _n	等效输入噪声电压	R _S = 20 Ω	f = 10Hz	25°C		50			50	nV/√Hz
			f = 1kHz	25°C		10.8			10.8	
I _n	等效输入噪声电流	f = 1kHz		25°C		2			2	fA/√Hz
THD	总谐波失真	R _S = 1k Ω , f = 1kHz	R _L = 2k Ω	25°C		0.00021			0.00021	%
B ₁	单位增益带宽	V _I = 10mV , C _L = 25pF ,	R _L = 2k Ω	25°C		4.5			4.5	MHz

4.5 TL05xI 和 TL05xAI 电气特性 (续)

参数	测试条件	T_A ⁽¹⁾	TL05xI、TL05xAI						单位	
			$V_{CC\pm} = \pm 5V$			$V_{CC\pm} = \pm 15V$				
			最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值		
ϕ_m	单位增益下的相位裕度	$V_i = 10mV, C_L = 25pF$ $R_L = 2k\Omega$	25°C		60			60		度

- (1) 完整范围为 -40°C 至 85°C。
- (2) 针对 TL051A, 此参数采用抽样检测的方法进行测试。有关其他测试要求, 请联系工厂。本声明与是否测试其他参数无关。
- (3) 典型值基于在 $T_A = 150^\circ C$ 条件下进行 168 小时工作寿命测试期间观察到的输入失调电压移位, 使用阿伦尼乌斯方程外推至 $T_A = 25^\circ C$, 并假设活化能为 0.96eV。
- (4) $V_{CC\pm} = \pm 5V$ 时, $V_O = \pm 2.3V$; $V_{CC\pm} = \pm 15V$ 时, $V_O = \pm 10V$ 。

4.6 典型特性

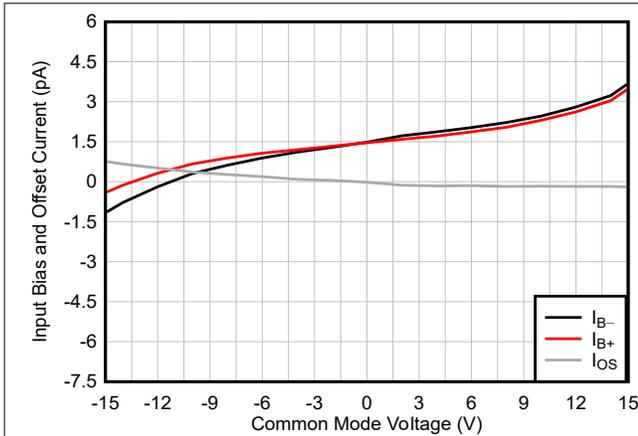
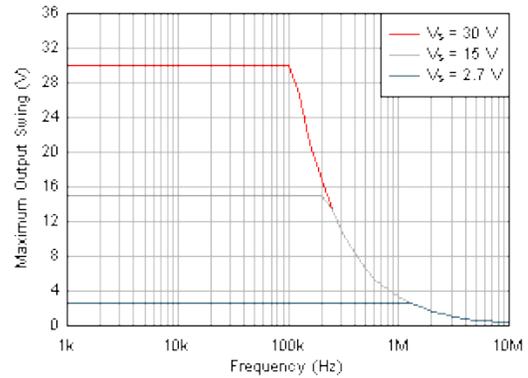


图 4-1. 输入偏置电流与共模输入电压间的关系



A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-2. 最大峰值间输出电压与频率间的关系

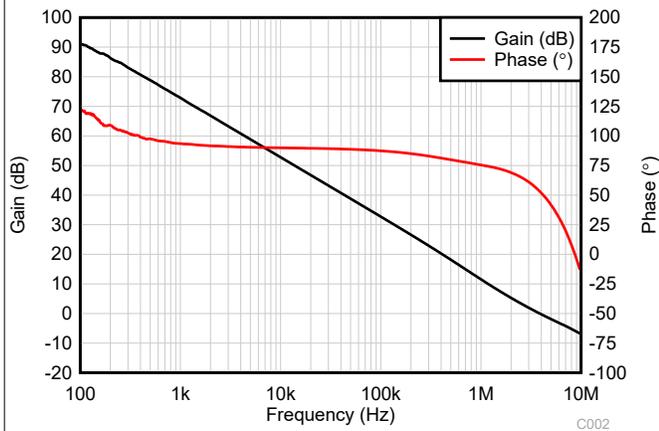


图 4-3. 大信号差分电压放大和相移与频率间的关系

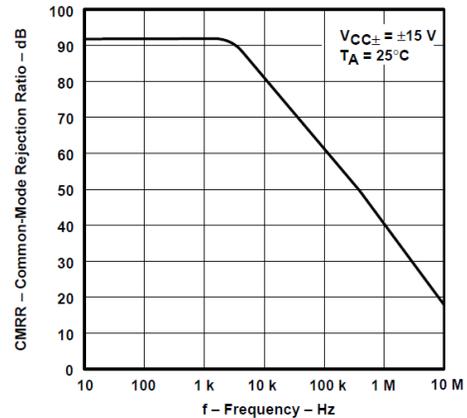
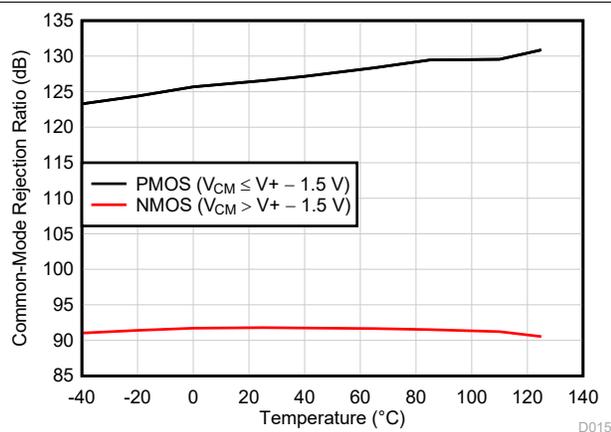


图 4-4. 共模抑制比与频率间的关系



A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-5. 共模抑制比与自然通风温度间的关系

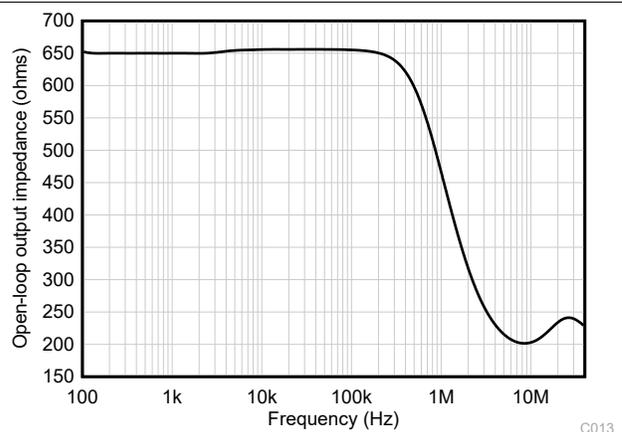
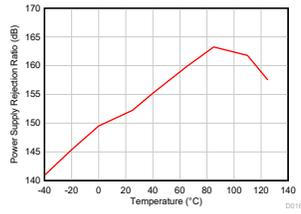


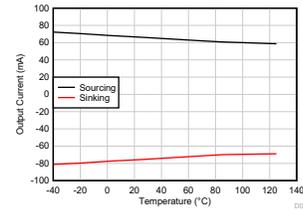
图 4-6. 输出环路输出阻抗与频率间的关系

4.6 典型特性 (续)



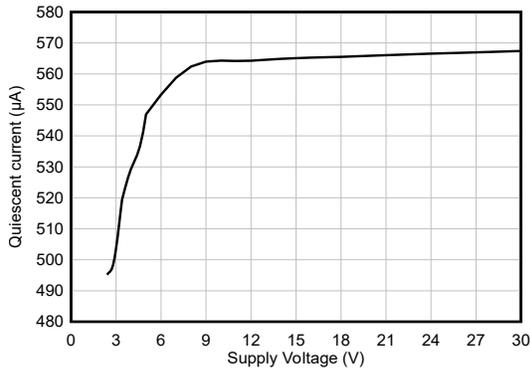
A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-7. PSSR 与温度间的关系 (dB)



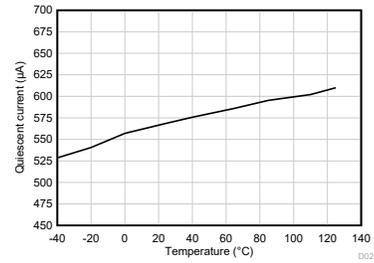
A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-8. 短路输出电流与温度间的关系



A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-9. 电源电流与电源电压间的关系



A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-10. 电源电流与自然通风温度间的关系

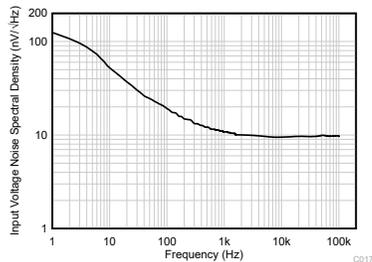
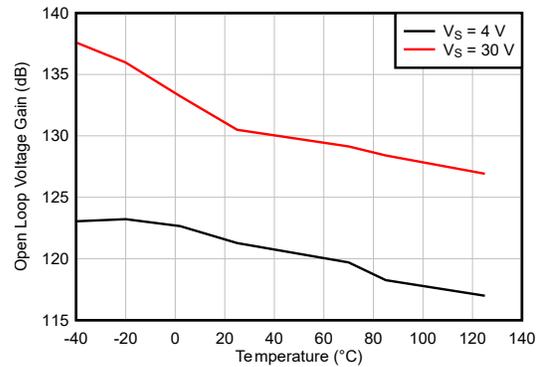


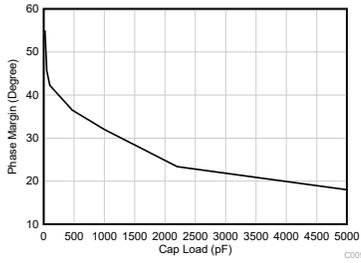
图 4-11. 等效输入噪声电压与频率间的关系



A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-12. 单位增益带宽与自然通风温度间的关系

4.6 典型特性 (续)



- A. 高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内。

图 4-13. 相位裕度与负载电容间的关系

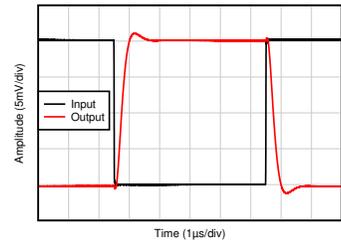


图 4-14. 电压输出器小信号脉冲响应

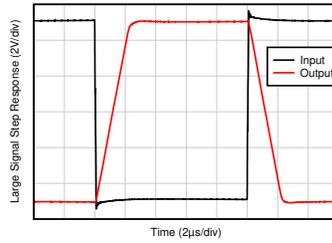


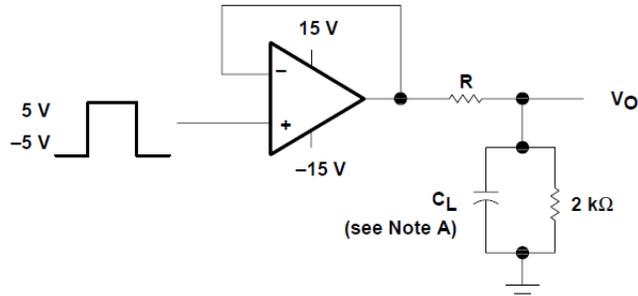
图 4-15. 电压输出器大信号脉冲响应

5 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

5.1 应用信息



A. C_L 包括夹具电容。

图 5-1. 输出特性测试电路

5.1.1 输出特性

所有工作特性（带宽和相位裕度除外）均在 10pF 负载电容条件下指定。TL05x 和 TL05xA 驱动更高的容性负载；但是，随着负载电容增加，产生的响应极出现在较低频率下，进而导致振铃、峰值或振荡。发生振荡时的负载电容值因生产批次而异。如果应用似乎对负载电容引起的振荡较为敏感，与负载串联一个小电阻即可缓解该问题。如果与输出端串联了足够的电阻，则可以驱动 1000pF 或更高的容性负载（请参阅图 5-2）。

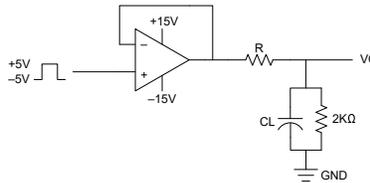


图 5-2. 输出特性测试电路

备注

CL 包括夹具电容。

5.1.2 输入特性

指定了 TL05x 和 TL05xA 的最小和最大输入电压，如果任一输入端超过该电压，可能会导致器件故障。

由于极高的输入阻抗和由此产生的低偏置电流要求，TL05x 和 TL05xA 非常适合低电平信号处理；然而，印刷电路板和插座上的漏电流很容易超过偏置电流要求并导致系统性能下降。最好在输入端周围安装防护环（请参阅图 5-3）。在与共模输入相同的电压电平下，可以从低阻抗源驱动这些防护装置。

可以连接未使用的放大器作为接地的单位增益跟随器，以避免可能的振荡。

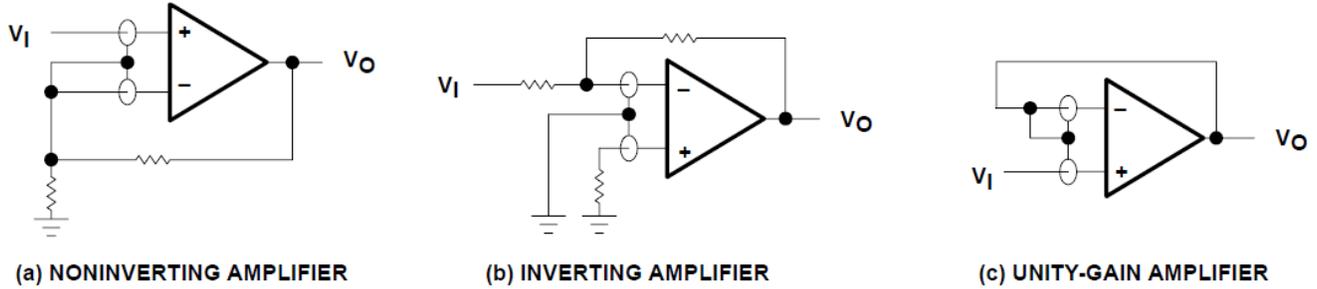


图 5-3. 使用防护环

5.1.3 噪声性能

运算放大器电路中的噪声规格在很大程度上取决于第一级差分放大器中的电流。TL05x 和 TL05xA 具有低输入偏置电流要求，因此具有非常低的电流噪声。当使用大于 $50\text{k}\Omega$ 的电路阻抗值时，这一特性使得器件尤其优于双极性器件。

5.1.4 具有可调增益/零值的仪表放大器

图 5-4 中的仪表放大器极大得益于 TL05xA 的高输入阻抗和稳定输入失调电压。放大器 U1A、U1B 和 U2A 构成实际的仪表放大器，而 U2B 则提供失调电压零值。电位器 R1 提供增益调整功能。当 R1 = 2kΩ 时，电路增益等于 100；当 R1 = 200kΩ 时，电路增益等于 2。以下公式显示了仪表放大器增益与 R1 之间的函数关系：

$$A_V = 1 + \left(\frac{R_2 + R_3}{R_1} \right) \quad (1)$$

当电路增益改变时，需要重新调整失调电压零值。如果另一个应用需要使用 U2B，则 R7 可接地。TL05xA 的低输入失调电压可更大限度地降低电路的直流误差。为了实现更好的匹配，所有电阻器的容差均为 1%。R4、R5、R6 和 R7 之间的匹配可控制此应用的共模抑制比 (CMRR)。

以下公式显示了输入电压等于零时的输出电压。该直流误差可以通过调整失调电压零值电位器来消除；但是，失调电压随时间或温度的任何变化还是会产生误差。要计算失调电压变化产生的误差，请将公式中的三个失调电压分量视为增量失调电压，而不是初始失调电压。德州仪器 (TI) 增强型 FET 具有更高的稳定性，可更大限度地降低输入失调电压随时间变化而产生的误差。假设 V_I 等于零，则 V_O 可以表示为与失调电压相关的函数：

$$V_O = V_{IO2} \left[\left(1 + \frac{R_3}{R_1} \right) \left(\frac{R_7}{R_5 + R_7} \right) \left(1 + \frac{R_6}{R_4} \right) + \frac{R_2}{R_1} \left(\frac{R_6}{R_4} \right) \right] \quad (2)$$

$$-V_{IO1} \left[\frac{R_3}{R_1} \left(\frac{R_7}{R_5 + R_7} \right) \left(1 + \frac{R_6}{R_4} \right) + \frac{R_6}{R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \right] + V_{IO3} \left(1 + \frac{R_6}{R_4} \right) \quad (3)$$

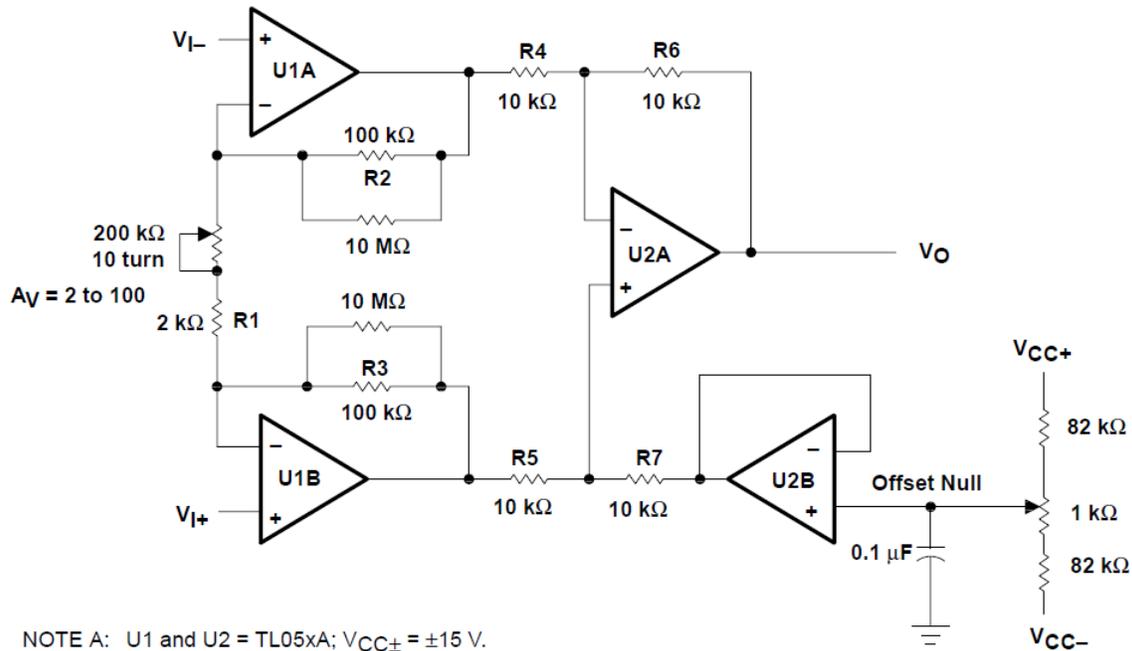


图 5-4. 仪表放大器

6 器件和文档支持

TI 提供广泛的开发工具。下面列出了用于评估器件性能、生成代码和开发解决方案的工具和软件。

6.1 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

6.2 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

6.3 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

6.4 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

6.5 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (February 2003) to Revision B (January 2026)	Page
• 删除了“可提供高精度等级 (1.5mV , TL051A) ”	1
• 将 BIFET 更改为 FET	1
• 删除了“在不增加功耗的情况下，实现更快的压摆率 (20V/μs 典型值) ”	1
• 将 JFET 更改为 FET	1
• 删除了修调功能详细信息	1
• 删除了双极和 CMOS 功耗对比	1
• 引脚 1 和引脚 5 从 OFFSET1 和 OFFSET2 更新为 NC	3
• 组合了单通道、双通道和四通道电气特性。	6
• 5V 时的输入失调电流值从 4pA 更改为 10pA；15V 时的输入失调电流值从 5pA 更改为 10pA	6
• 10Hz 时的输入噪声从 70nV/√Hz 更改为 50nV/√Hz；1kHz 时的输入噪声从 18nV/√Hz 更改为 10.8nV/√Hz	6
• 串扰衰减值从 120dB 更改为 106dB	6
• 更新了“大信号差分电压放大”部分的值。	6
• 组合了单通道、双通道和四通道电气特性。	9
• 更新了“大信号差分电压放大”部分的值。	9

8 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
TL051ACD	Obsolete	Production	SOIC (D) 8	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	051AC
TL051ACP	Obsolete	Production	PDIP (P) 8	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	TL051ACP
TL051CD	Obsolete	Production	SOIC (D) 8	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	TL051C
TL051CDR	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL051C
TL051CDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL051C
TL051CP	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL051CP
TL051CP.A	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL051CP
TL051CPE4	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	-	Call TI	Call TI	0 to 70	
TL052ACD	Obsolete	Production	SOIC (D) 8	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	052AC
TL052ACDR	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	052AC
TL052ACDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	052AC
TL052ACP	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL052ACP
TL052ACP.A	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL052ACP
TL052AID	Obsolete	Production	SOIC (D) 8	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 85	052AI
TL052AIDR	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	052AI
TL052AIDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	052AI
TL052AIP	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL052AIP
TL052AIP.A	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL052AIP
TL052CD	Obsolete	Production	SOIC (D) 8	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	TL052C
TL052CDR	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL052C
TL052CDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL052C
TL052CDRE4	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL052C
TL052CDRG4	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL052C
TL052CP	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL052CP
TL052CP.A	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL052CP
TL052CPSR	Active	Production	SO (PS) 8	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	T052
TL052CPSR.A	Active	Production	SO (PS) 8	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	T052
TL052ID	Obsolete	Production	SOIC (D) 8	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 85	TL052I
TL052IDR	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL052I

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
TL052IDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL052I
TL052IDRG4	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL052I
TL052IDRG4.A	Active	Production	SOIC (D) 8	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL052I
TL052IP	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL052IP
TL052IP.A	Active	Production	PDIP (P) 8	50 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL052IP
TL054ACD	Obsolete	Production	SOIC (D) 14	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	TL054AC
TL054ACDR	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL054AC
TL054ACDR.A	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL054AC
TL054ACN	Active	Production	PDIP (N) 14	25 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL054ACN
TL054ACN.A	Active	Production	PDIP (N) 14	25 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL054ACN
TL054AID	Obsolete	Production	SOIC (D) 14	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 85	TL054AI
TL054AIDR	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL054AI
TL054AIDR.A	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL054AI
TL054AIDRG4	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL054AI
TL054AIDRG4.A	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL054AI
TL054CD	Obsolete	Production	SOIC (D) 14	-	-	Call TI	Call TI	0 to 70	TL054C
TL054CDR	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL054C
TL054CDR.A	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL054C
TL054CN	Active	Production	PDIP (N) 14	25 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL054CN
TL054CN.A	Active	Production	PDIP (N) 14	25 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	0 to 70	TL054CN
TL054CNSR	Active	Production	SOP (NS) 14	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL054
TL054CNSR.A	Active	Production	SOP (NS) 14	2000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	TL054
TL054ID	Obsolete	Production	SOIC (D) 14	-	-	Call TI	Call TI	-40 to 85	TL054I
TL054IDR	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL054I
TL054IDR.A	Active	Production	SOIC (D) 14	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	TL054I
TL054IN	Active	Production	PDIP (N) 14	25 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL054IN
TL054IN.A	Active	Production	PDIP (N) 14	25 TUBE	Yes	NIPDAU	N/A for Pkg Type	-40 to 85	TL054IN

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

- (2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.
- (3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.
- (4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.
- (5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.
- (6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

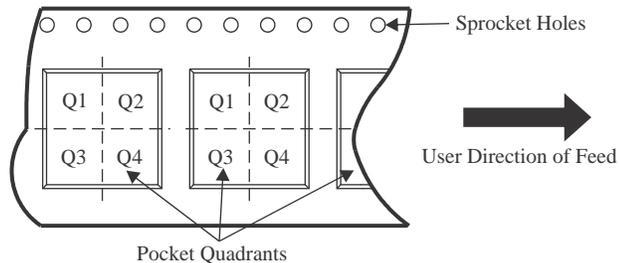
Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION



QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



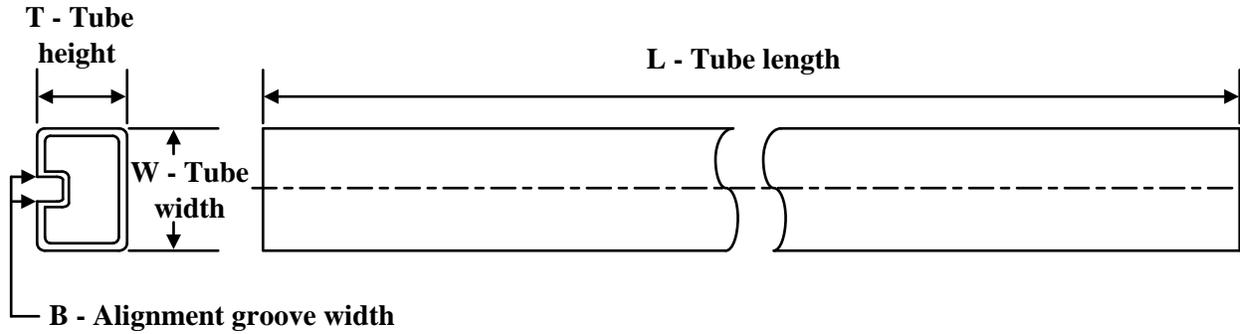
*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TL051CDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TL052ACDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TL052AIDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TL052CDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TL052CPSR	SO	PS	8	2000	330.0	16.4	8.35	6.6	2.4	12.0	16.0	Q1
TL052IDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TL052IDRG4	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
TL054ACDR	SOIC	D	14	2500	330.0	16.4	6.5	9.0	2.1	8.0	16.0	Q1
TL054AIDR	SOIC	D	14	2500	330.0	16.4	6.5	9.0	2.1	8.0	16.0	Q1
TL054AIDRG4	SOIC	D	14	2500	330.0	16.4	6.5	9.0	2.1	8.0	16.0	Q1
TL054CDR	SOIC	D	14	2500	330.0	16.4	6.5	9.0	2.1	8.0	16.0	Q1
TL054CNSR	SOP	NS	14	2000	330.0	16.4	8.1	10.4	2.5	12.0	16.0	Q1
TL054IDR	SOIC	D	14	2500	330.0	16.4	6.5	9.0	2.1	8.0	16.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TL051CDR	SOIC	D	8	2500	353.0	353.0	32.0
TL052ACDR	SOIC	D	8	2500	353.0	353.0	32.0
TL052AIDR	SOIC	D	8	2500	353.0	353.0	32.0
TL052CDR	SOIC	D	8	2500	353.0	353.0	32.0
TL052CPSR	SO	PS	8	2000	353.0	353.0	32.0
TL052IDR	SOIC	D	8	2500	353.0	353.0	32.0
TL052IDRG4	SOIC	D	8	2500	353.0	353.0	32.0
TL054ACDR	SOIC	D	14	2500	340.5	336.1	32.0
TL054AIDR	SOIC	D	14	2500	340.5	336.1	32.0
TL054AIDRG4	SOIC	D	14	2500	353.0	353.0	32.0
TL054CDR	SOIC	D	14	2500	353.0	353.0	32.0
TL054CNSR	SOP	NS	14	2000	353.0	353.0	32.0
TL054IDR	SOIC	D	14	2500	340.5	336.1	32.0

TUBE


*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (μm)	B (mm)
TL051CP	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL051CP.A	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052ACP	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052ACP.A	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052AIP	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052AIP.A	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052CP	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052CP.A	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052IP	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL052IP.A	P	PDIP	8	50	506	13.97	11230	4.32
TL054ACN	N	PDIP	14	25	506	13.97	11230	4.32
TL054ACN.A	N	PDIP	14	25	506	13.97	11230	4.32
TL054CN	N	PDIP	14	25	506	13.97	11230	4.32
TL054CN.A	N	PDIP	14	25	506	13.97	11230	4.32
TL054IN	N	PDIP	14	25	506	13.97	11230	4.32
TL054IN.A	N	PDIP	14	25	506	13.97	11230	4.32

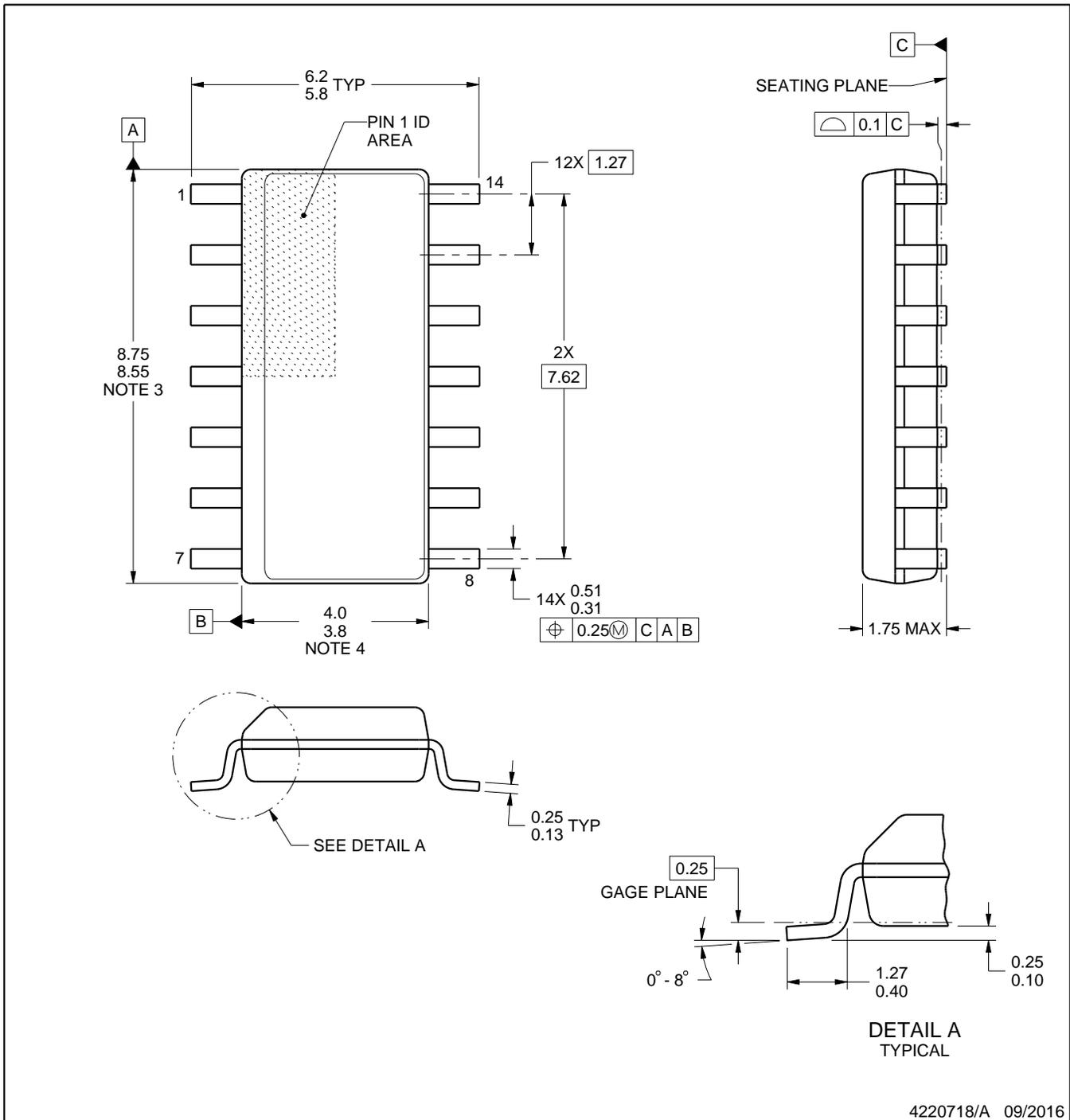
D0014A



PACKAGE OUTLINE

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



4220718/A 09/2016

NOTES:

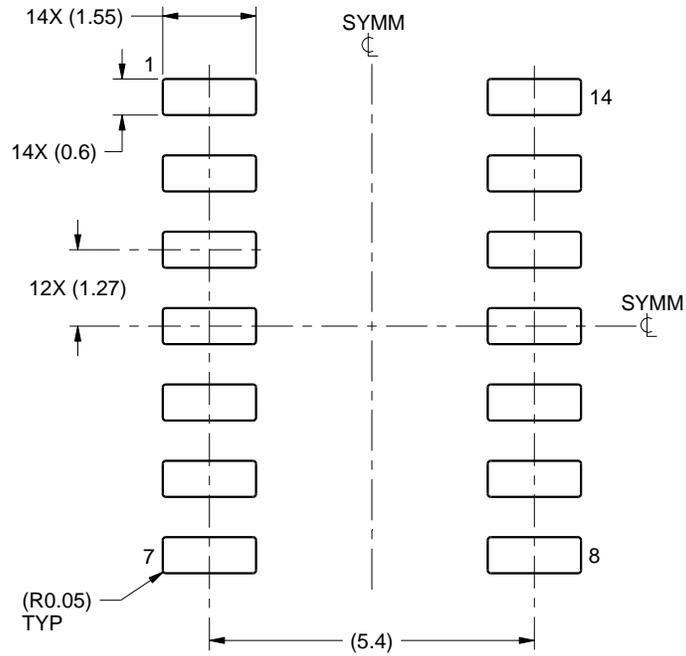
1. All linear dimensions are in millimeters. Dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm, per side.
4. This dimension does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.43 mm, per side.
5. Reference JEDEC registration MS-012, variation AB.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

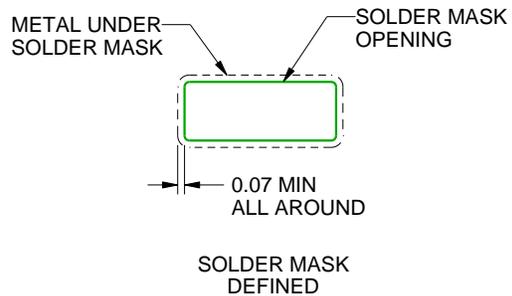
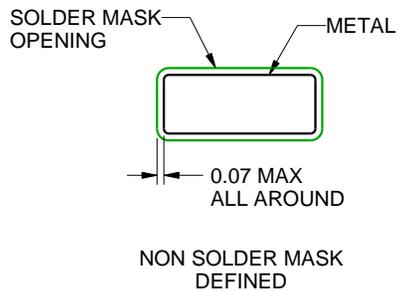
D0014A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:8X



SOLDER MASK DETAILS

4220718/A 09/2016

NOTES: (continued)

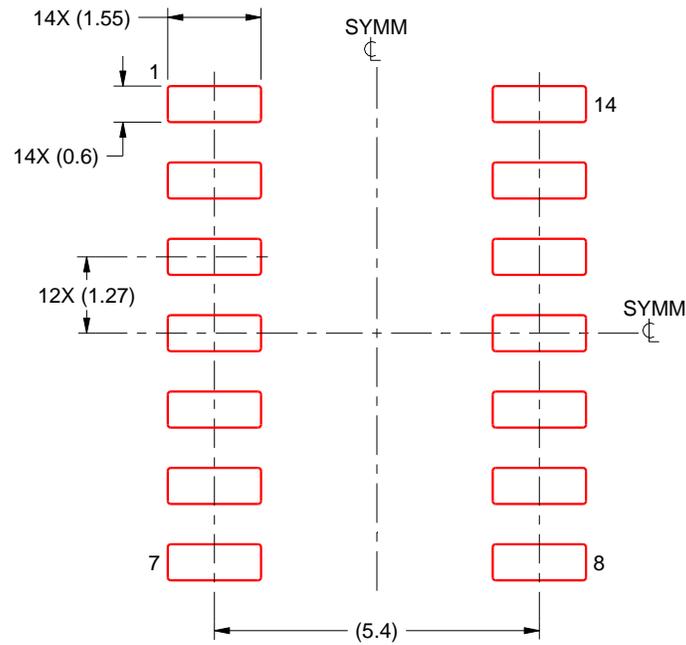
6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

D0014A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:8X

4220718/A 09/2016

NOTES: (continued)

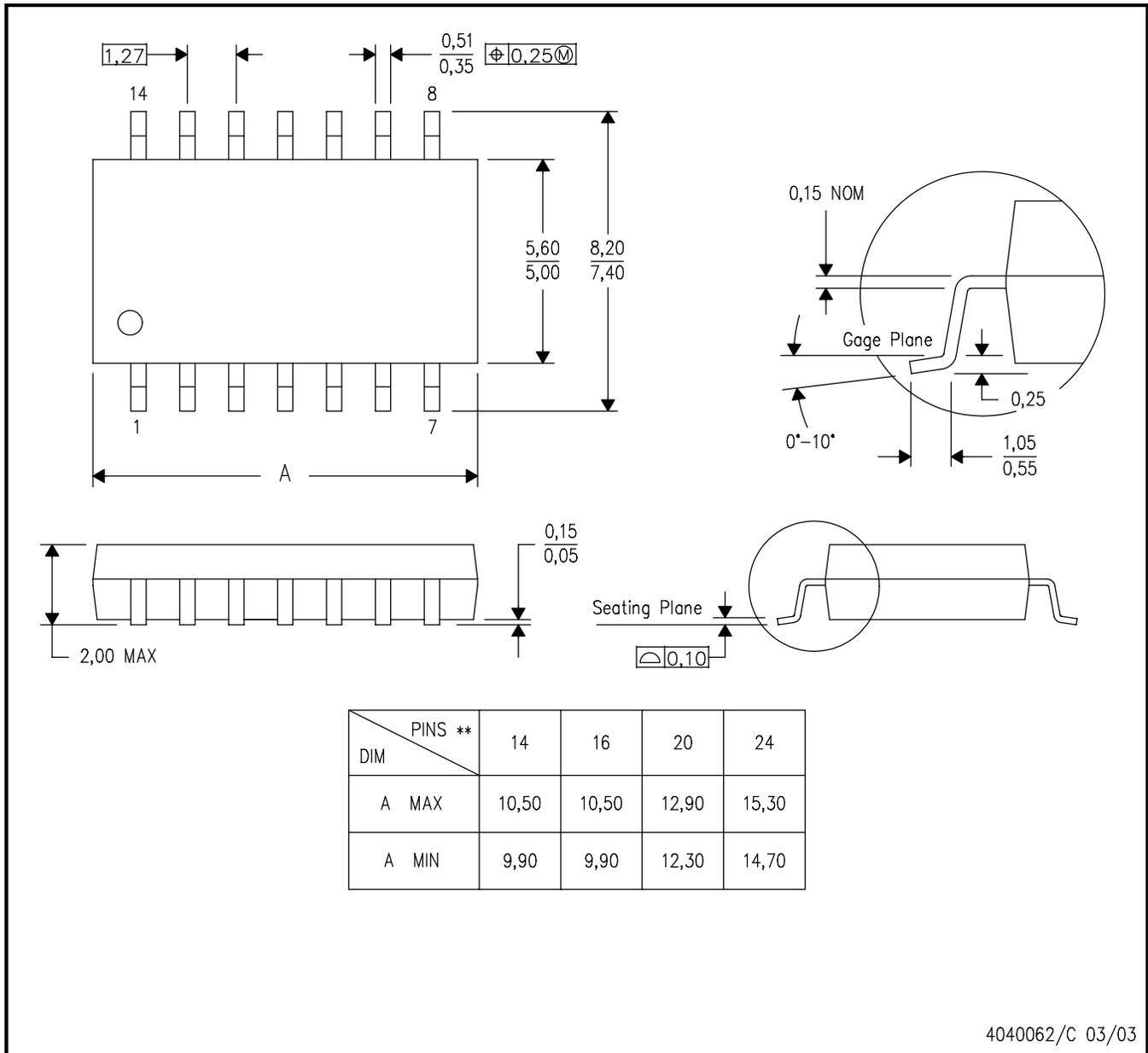
8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

MECHANICAL DATA

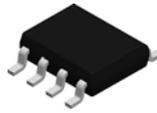
NS (R-PDSO-G**)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

14-PINS SHOWN



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

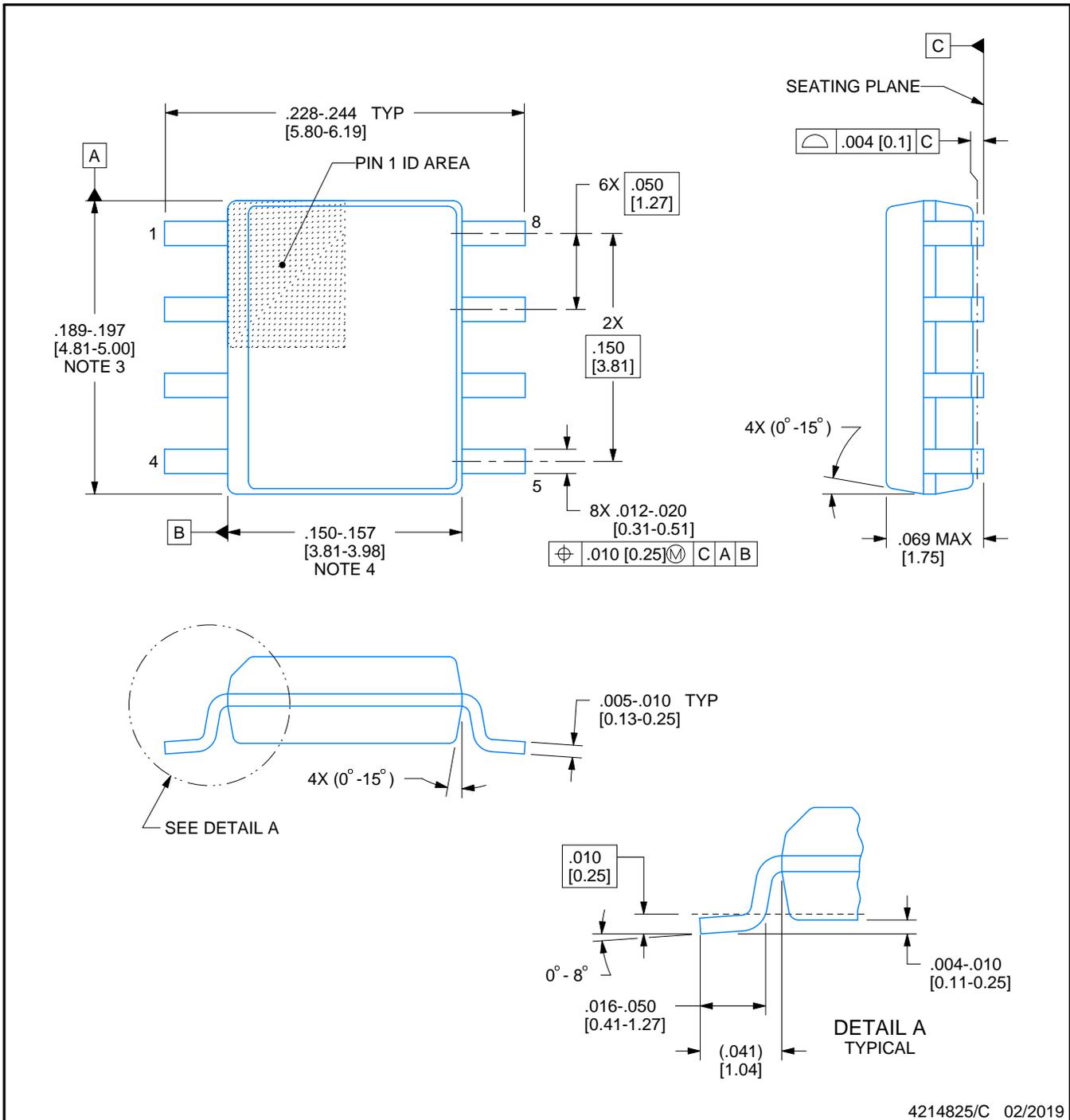


D0008A

PACKAGE OUTLINE

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



4214825/C 02/2019

NOTES:

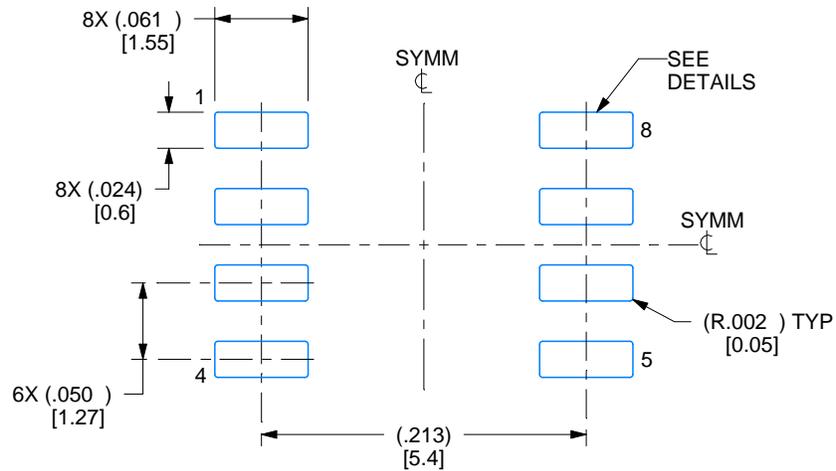
- Linear dimensions are in inches [millimeters]. Dimensions in parenthesis are for reference only. Controlling dimensions are in inches. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
- This drawing is subject to change without notice.
- This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed $.006$ [0.15] per side.
- This dimension does not include interlead flash.
- Reference JEDEC registration MS-012, variation AA.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

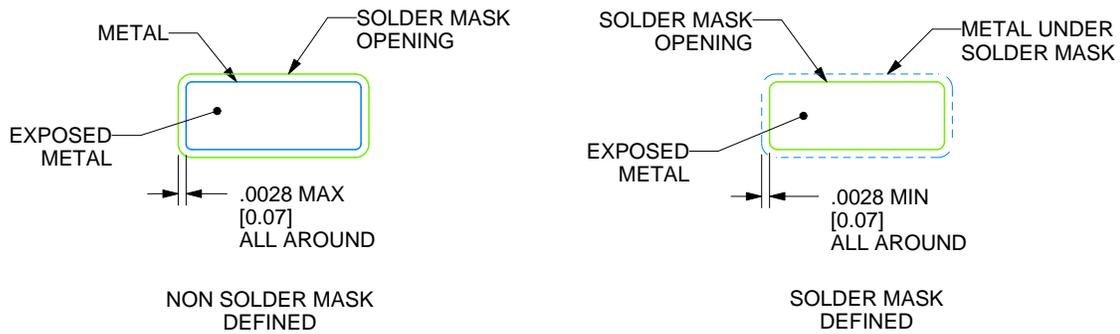
D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:8X



SOLDER MASK DETAILS

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.

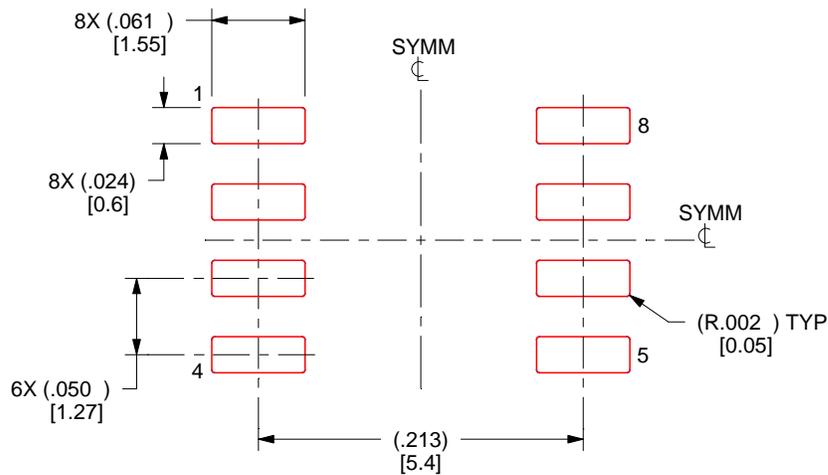
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON .005 INCH [0.125 MM] THICK STENCIL
SCALE:8X

4214825/C 02/2019

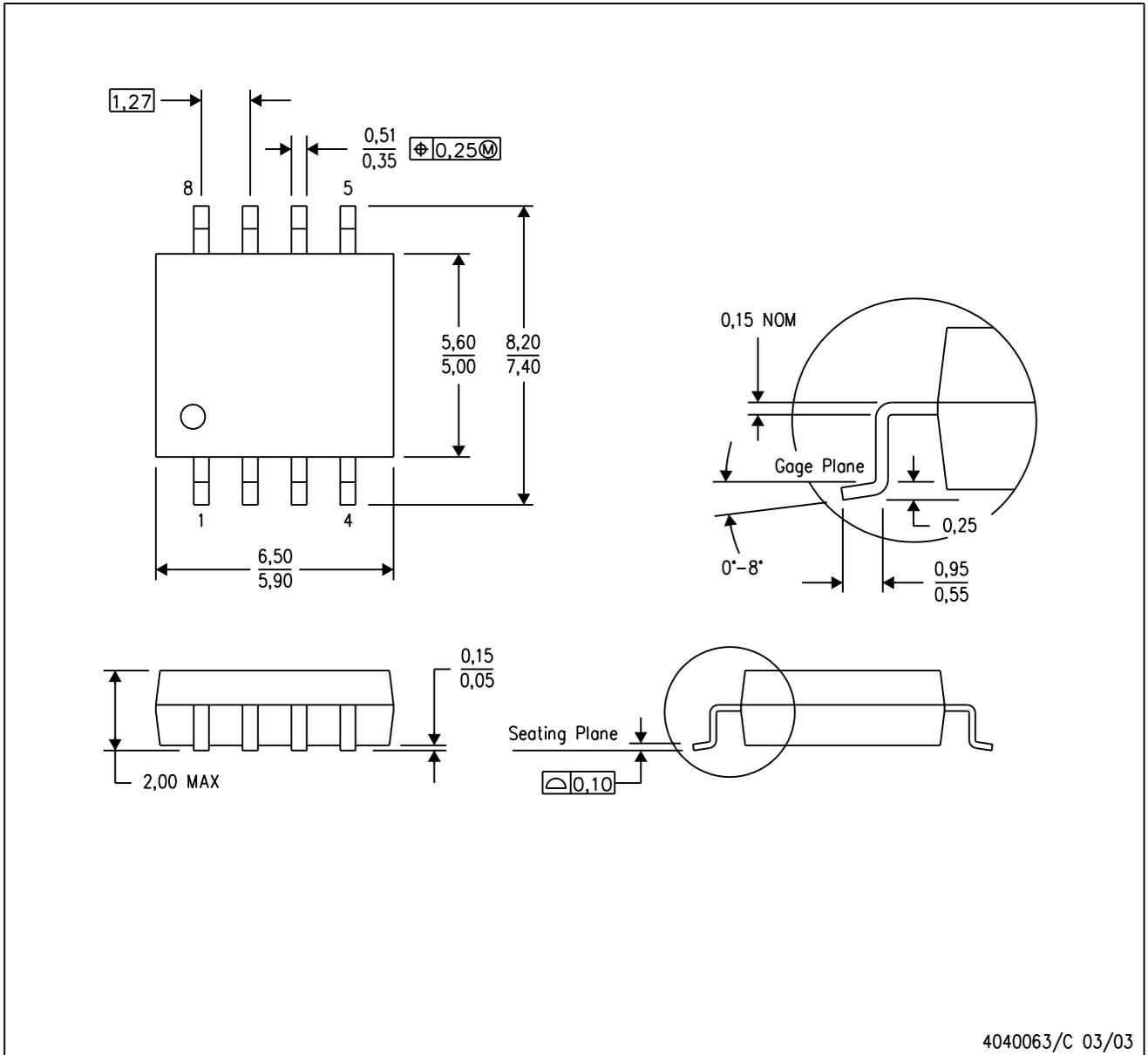
NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

MECHANICAL DATA

PS (R-PDSO-G8)

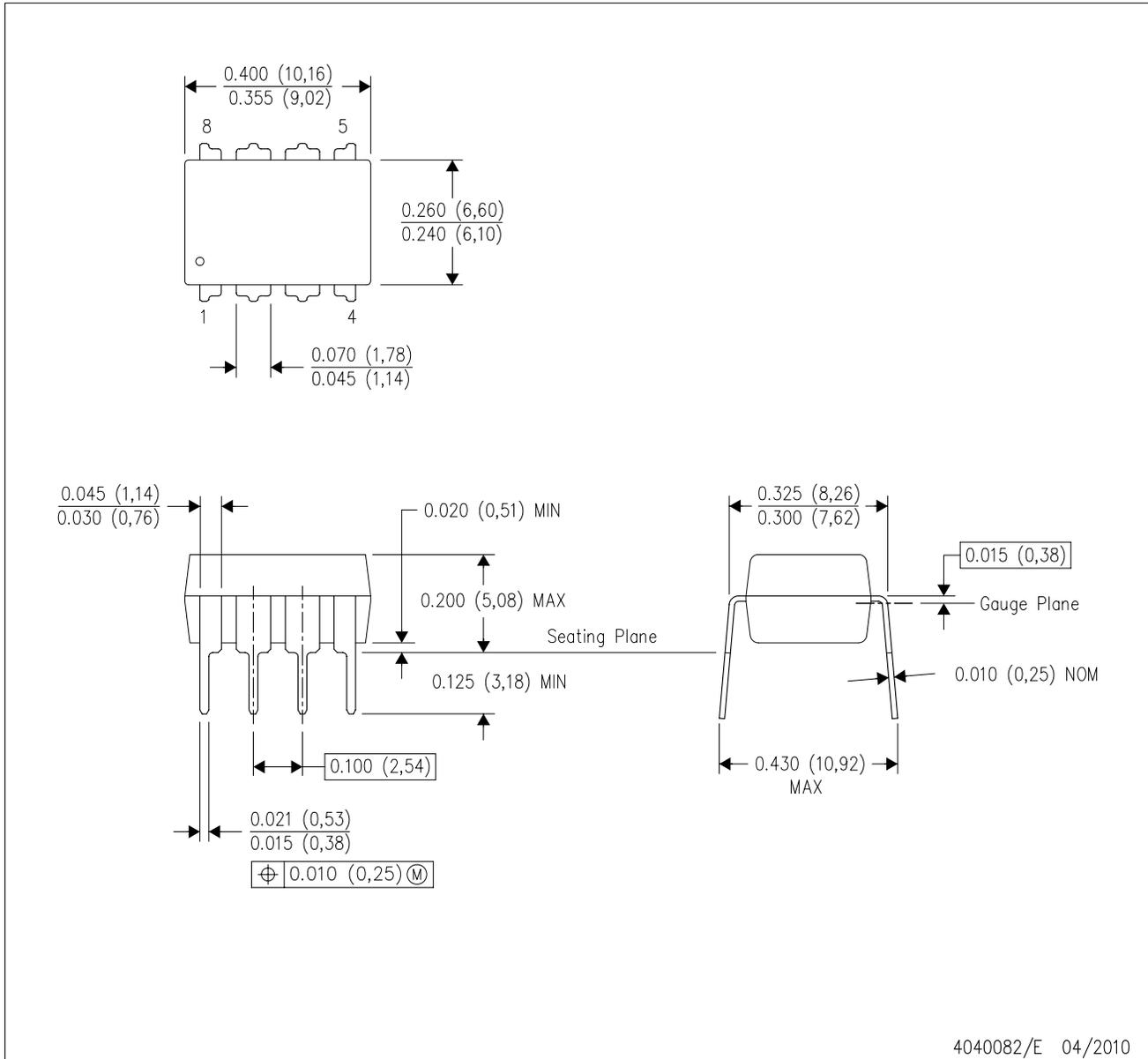
PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

P (R-PDIP-T8)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

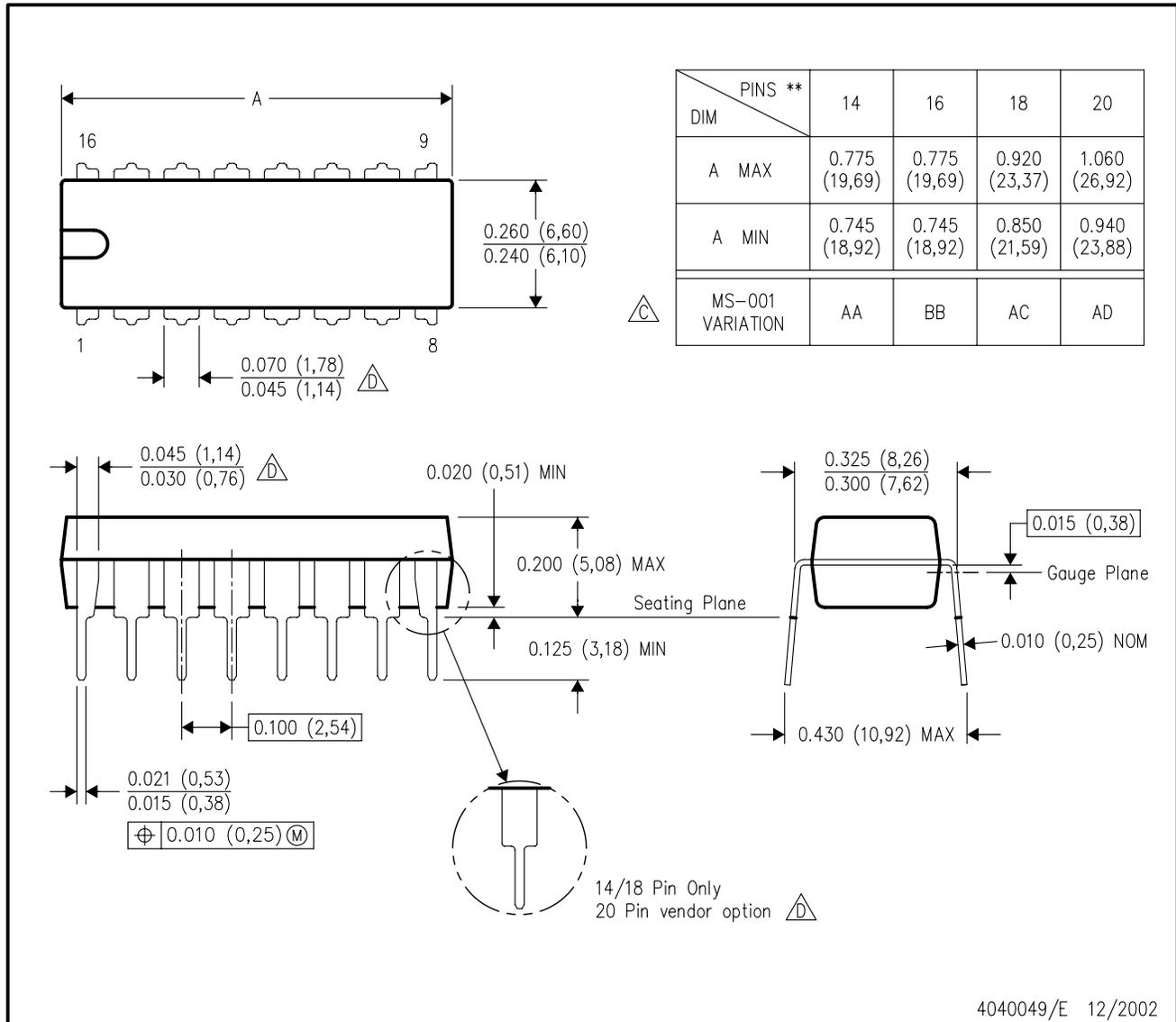


- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Falls within JEDEC MS-001 variation BA.

N (R-PDIP-T**)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN



4040049/E 12/2002

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - $\triangle C$ Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - $\triangle D$ The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月