

TLE202xM Excalibur 高速低功耗精密运算放大器

1 特性

- 电源电流：300 μ A，最大值
- 高单位带宽增益积：2MHz
- 高压摆率：0.65V/ μ s
- 军用工作温度范围内的电源电流变化： $V_S = \pm 15V$ ，10 μ A 时的结果
- 指定用于 5V 单电源和 $\pm 15V$ 操作
- 相位反转保护
- 高开环增益：6.5V/ μ V (136dB)
- 低失调电压：100 μ V (最大值)
- 偏移电压随时间推移的漂移：0.005 μ V/mo
- 低输入偏置电流：50nA (最大值)
- 低噪声电压：19nV/ $\sqrt{Hz}$

2 说明

TLE2021xM、TLE2022xM 和 TLE2024xM (TLE202xM) 器件是采用全新德州仪器 (TI) Excalibur 工艺的精密、高速、低功耗运算放大器。这些器件将 OP21 的出色特性与经过高度改进的转换率和单位增益带宽相结合。

互补双极性 Excalibur 工艺使用隔离式垂直 pnp 晶体管，与类似器件相比，这些晶体管可以显著改善单位增益带宽和转换率。

将偏置电路的添加与此工艺处理结合，会使参数在时间和温度条件下变得极其稳定。因此，即使温度发生变化且使用年限不断增加，精密器件仍是精密器件。

这些器件出色的直流性能和包括负电源轨在内的共模输入电压范围于一体，非常适合采用单电源或拆分电源配置的低电平信号调节应用。此外，这些器件还提供相位反转保护电路，可在其中一个输入小于负电源轨时消除输出状态的意外变化。

多种可用选项包括陶瓷 DIP 和芯片载波版本，适用于高密度系统应用。

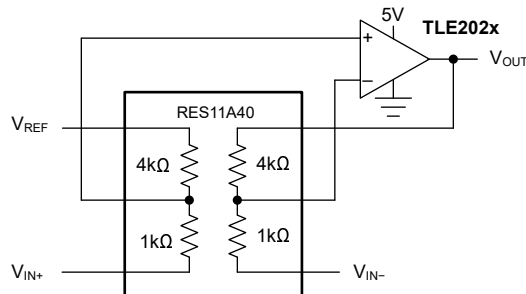
对 M 后缀器件进行表征，以便在军用级完整温度范围 -55 $^{\circ}$ C 至 +125 $^{\circ}$ C 内进行运算。

器件信息

器件型号 ⁽¹⁾	通道数	封装 ⁽²⁾
TLE2021xM	单通道	FK (LCCC, 20)
		JG (CDIP, 8)
TLE2022xM	双通道	FK (LCCC, 20)
		JG (CDIP, 8)
TLE2024xM	四通道	FK (LCCC, 20)
		J (CDIP, 14)

(1) 请参阅节 3。

(2) 有关更多信息，请参阅节 11。



采用 RES11A 的差分放大器电路



内容

1 特性.....	1	5.14 电气特性 TLE2024xM, $V_{CC} = \pm 15V$	12
2 说明.....	1	5.15 工作特性 TLE2024M, $V_{CC} = \pm 15V$	12
3 器件比较表.....	2	5.16 典型特性.....	14
4 引脚配置和功能.....	3	6 参数测量信息.....	26
5 规格.....	5	6.1 典型值.....	27
5.1 绝对最大额定值.....	5	7 详细说明.....	28
5.2 功耗额定值.....	5	7.1 功能方框图.....	28
5.3 建议运行条件.....	5	8 应用和和实施.....	29
5.4 TLE2021xM 电气特性, $V_{CC} = 5V$	6	8.1 应用信息.....	29
5.5 TLE2021M 工作特性, $V_{CC} = 5V$	6	9 器件和文档支持.....	32
5.6 电气特性 TLE2021xM, $V_{CC} = \pm 15V$	7	9.1 接收文档更新通知.....	32
5.7 工作特性 TLE2021M, $V_{CC} = \pm 15V$	7	9.2 支持资源.....	32
5.8 TLE2022xM 电气特性, $V_{CC} = 5V$	8	9.3 商标.....	32
5.9 TLE2022M 工作特性, $V_{CC} = 5V$	8	9.4 静电放电警告.....	32
5.10 电气特性 TLE2022xM, $V_{CC} = \pm 15V$	9	9.5 术语表.....	32
5.11 工作特性 TLE2022M, $V_{CC} = \pm 15V$	9	10 修订历史记录.....	32
5.12 TLE2024xM 电气特性, $V_{CC} = 5V$	11	11 机械、封装和可订购信息.....	32
5.13 TLE2024M 工作特性, $V_{CC} = 5V$	11		

3 器件比较表

表 3-1. TLE2021xM 可用选项

T_A	封装器件		
	在 25°C 时的 V_{IO} 最大值	芯片 载体 (FK)	陶瓷 DIP (JG)
-55°C 至 +125°C	100V μV 500 μV	TLE2021BMFK TLE2021MFK	TLE2021BMJG TLE2021MJG

表 3-2. TLE2022xM 可用选项

T_A	封装器件		
	在 25°C 时的 V_{IO} 最大值	芯片 载体 (FK)	陶瓷 DIP (JG)
-55°C 至 +125°C	150 μV 300 μV 500 μV	— TLE2022AMFK TLE2022MFK	TLE2022BMJG TLE2022AMJG TLE2022MJG

表 3-3. TLE2024xM 可用选项

T_A	封装器件		
	在 25°C 时的 V_{IO} 最大值	芯片 载体 (FK)	陶瓷 DIP (J)
-55°C 至 +125°C	500 μV 750 μV 1000 μV	TLE2024BMFK TLE2024AMFK TLE2024MFK	TLE2024BMJ TLE2024AMJ TLE2024MJ

4 引脚配置和功能

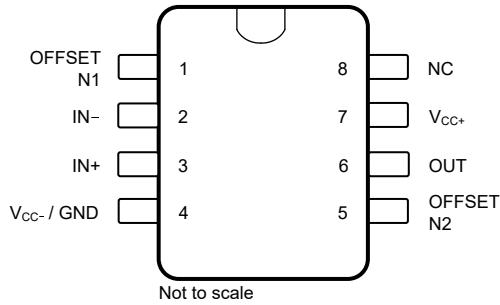


图 4-1. TLE2021xM : JG 封装, 8 引脚 CDIP (俯视图)

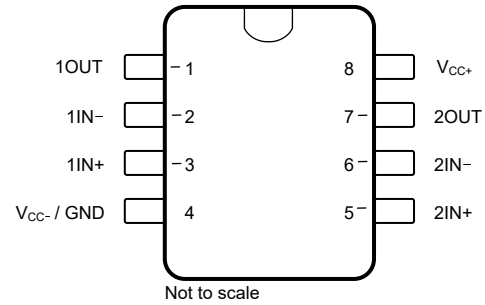


图 4-2. TLE2022xM : JG 封装, 8 引脚 CDIP (俯视图)

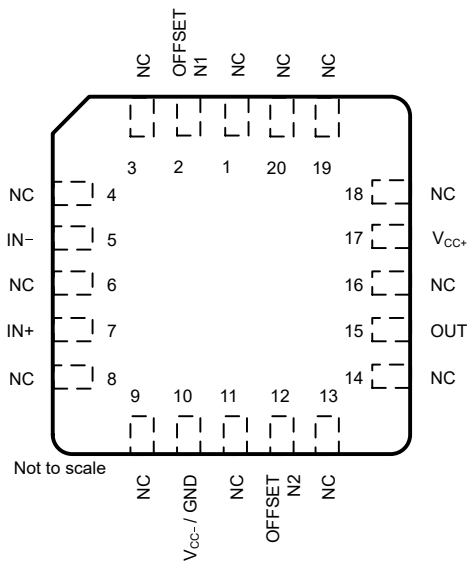


图 4-3. TLE2021xM : FK 封装, 20 引脚 LCCC (俯视图)

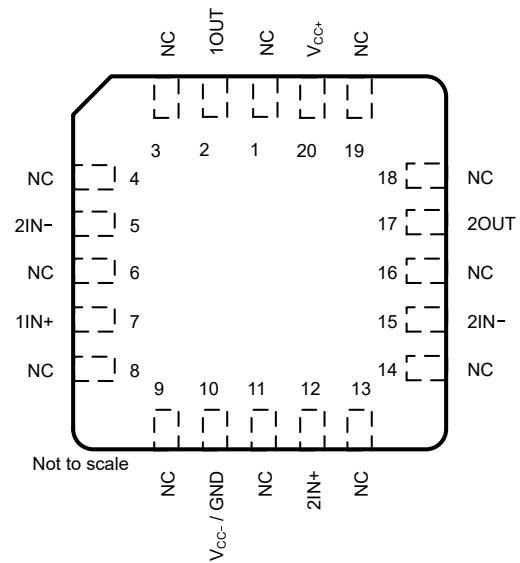


图 4-4. TLE2022xM : FK 封装, 20 引脚 LCCC (俯视图)

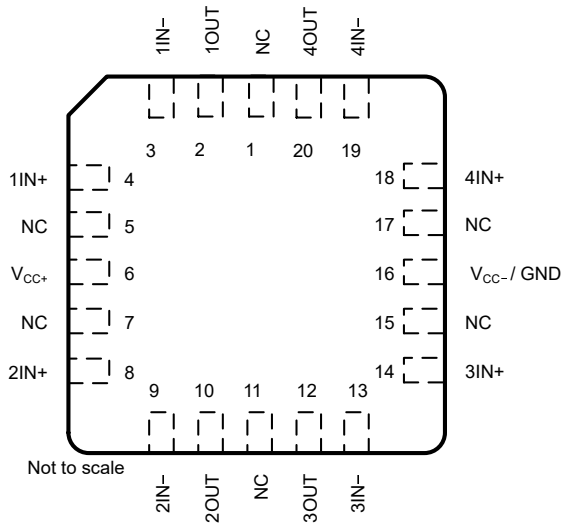


图 4-5. TLE2024xM : FK 封装，20 引脚 LCCC (俯视图)

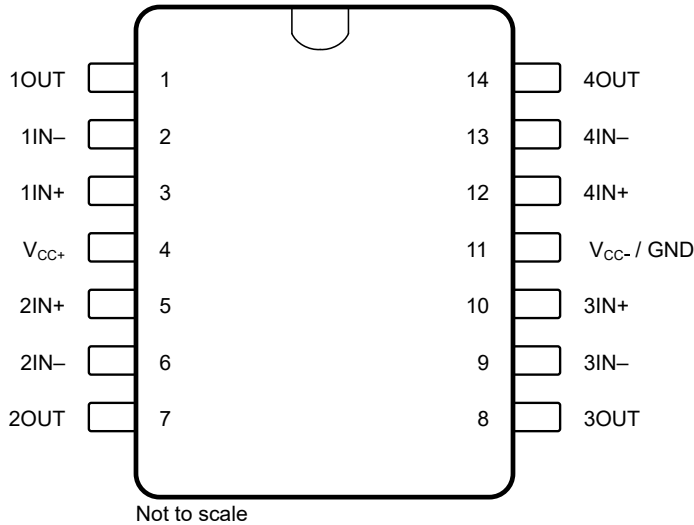


图 4-6. TLE2024xM : J 封装，14 引脚 CDIP (俯视图)

5 规格

5.1 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)

		值	单位
电源电压, V_{CC+} (2)		20	V
电源电压, V_{CC-} (2)		-20	V
差分输入电压, V_{ID} (3)		± 0.6	V
输入电压范围, V_I (任何输入 (2))		$\pm V_{CC}$	
输入电流, I_I (每个输入)		± 1	mA
输出电流, I_O (每个输出) :	TLE2021	± 20	mA
	TLE2022	± 30	
	TLE2024	± 40	
流入 V_{CC+} 的总电流		80	mA
流出 V_{CC-} 的总电流		80	mA
短路电流的持续时间 ($\leq 25^\circ\text{C}$) (4)		无限	
持续总功率耗散		请参阅 功耗等级	
自然通风条件下的工作温度范围, T_A		-55 至 125	$^\circ\text{C}$
贮存温度范围, T_{stg}		-65 至 150	$^\circ\text{C}$
外壳温度 (60 秒内) T_C : FK 封装		260	$^\circ\text{C}$
60 秒内距离外壳 1.6mm (1/16 英寸) 的引线温度 : JG 封装		300	$^\circ\text{C}$

- (1) 应力超出绝对最大额定值下面列出的值时可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅仅是应力额定值, 并不表示器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。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。如果在输入端之间施加超过约 $\pm 600\text{mV}$ 的差动输入电压, 会导致电流过大, 除非使用了一些限制电阻。
- (4) 输出端能够短接到任一电源。将温度、电源电压或两者限制为不超过最大额定耗散电压。

5.2 功耗额定值

封装	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ 额定功率	降额因子 高于 $T_A = 25^\circ\text{C}$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ 额定功率	$T_A = 85^\circ\text{C}$ 额定功率	$T_A = 125^\circ\text{C}$ 额定功率
FK	1375mW	11.0mW/ $^\circ\text{C}$	880mW	715mW	275mW
J-14	1375mW	11.0mW/ $^\circ\text{C}$	880mW	715mW	275mW
JG-8	1050mW	8.4mW/ $^\circ\text{C}$	672mW	546mW	210mW

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

		M 后缀		单位
		最小值	最大值	
电源电压, V_{CC}		± 2	± 20	V
共模输入电压, V_{IC}	$V_{CC} = \pm 5\text{V}$	0	3.2	V
	$V_{CC} \pm \pm 15\text{V}$	-15	13.2	
自然通风工作温度范围, T_A		-55	125	$^\circ\text{C}$

5.4 TLE2021xM 电气特性， $V_{CC} = 5V$

在指定自然通风温度下， $V_{CC} = 5V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A ⁽¹⁾	TLE2021M			TLE2021BM			单位
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
V_{IO}	输入失调电压	$V_{IC} = 0, R_S = 50 \Omega$	25°C		120	600		80	200	μV
			完整范围			1100			300	
α_{VIO}	输入失调电压的温度系数		完整范围		2			2		$\mu V/^{\circ}C$
	输入失调电压长期漂移 ⁽²⁾		25°C		0.005			0.005		$\mu V/mo$
I_{IO}	输入失调电流		25°C		0.2	6		0.2	6	nA
			完整范围			10			10	
I_{IB}	输入偏置电流		25°C		25	70		25	70	nA
			完整范围			90			90	
V_{ICR}	共模输入电压范围	$R_S = 50 \Omega$	25°C	0 至 3.5	-0.3 至 4		0 至 3.5	-0.3 至 4		V
			完整范围	0 至 3.2			0 至 3.2			
V_{OH}	高电平输出电压	$R_L = 10k \Omega$	25°C		4	4.3		4	4.3	V
			完整范围		3.8			3.8		
V_{OL}	低电平输出电压		25°C		0.7	0.8		0.7	0.8	V
			完整范围			0.95			0.95	
A_{VD}	大信号差分电压放大	$V_O = 1.4V$ 至 $4V$, $R_L = 10k \Omega$	25°C		0.3	1.5		0.3	1.5	$V/\mu V$
			完整范围		0.1			0.1		
$CMRR$	共模抑制比	$V_{IC} = V_{ICRmin}$, $R_S = 50 \Omega$	25°C		85	110		85	110	dB
			完整范围		80			80		
k_{SVR}	电源电压抑制比 ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$)	$V_{CC} = 5V$ 至 $30V$	25°C		105	120		105	120	dB
			完整范围		100			100		
I_{CC}	电源电流	$V_O = 2.5V$, 空载	25°C		170	230		170	230	μA
			完整范围			230			230	
ΔI_{CC}	工作温度范围内的电源电流变化		完整范围		9			9		μA

(1) 完整范围为 $-55^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。

(2) 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偏移电压移位，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。

5.5 TLE2021M 工作特性， $V_{CC} = 5V$

在 $T_A 25^{\circ}C$ 且 $V_{CC} = 5V$ 时测得 (除非额外注明)

参数		测试条件	T_A	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
SR	单位增益下的压摆率	$V_O = 1V$ 至 $3V$ ，请参阅 图 6-1	25°C		0.5		$V/\mu s$
V_n	等效输入噪声电压 (请参阅 图 6-2)	$f = 10Hz$	25°C		21		$nV/\sqrt{Hz}$
		$f = 1kHz$	25°C		17		
$V_{N(PP)}$	峰值间等效输入噪声电压	$f = 0.1Hz$ 至 $1Hz$	25°C		0.16		μV
		$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$	25°C		0.47		
I_n	等效输入噪声电流		25°C		0.9		$pA/\sqrt{Hz}$
B_1	单位增益带宽	请参阅 图 6-3	25°C		1.2		MHz
ϕ_m	单位增益下的相位裕度	请参阅 图 6-3	25°C		42°		

5.6 电气特性 TLE2021xM, $V_{CC} = \pm 15V$

在指定自然通风温度下, $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A ⁽¹⁾	TLE2021M			TLE2021BM			单位
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
V_{IO}	输入失调电压	$V_{IC} = 0, R_S = 50 \Omega$	25°C		120	500		40	100	μV
			完整范围			1000			200	
α_{VIO}	输入失调电压的温度系数		完整范围		2			2		$\mu V/^\circ C$
	输入失调电压长期漂移 ⁽²⁾		25°C		0.006			0.006		$\mu V/mo$
I_{IO}	输入失调电流		25°C		0.2	6		0.2	6	nA
			完整范围			10			10	
I_{IB}	输入偏置电流		25°C		25	70		25	70	nA
			完整范围			90			90	
V_{ICR}	共模输入电压范围	$R_S = 50 \Omega$	25°C	-15 至 13.5	-15.3 至 14		-15 至 13.5	-15.3 至 14		V
			完整范围	-15 至 13.2			-15 至 13.2			
V_{OM+}	最大正峰值 输出电压摆幅	$R_L = 10k \Omega$	25°C		14	14.3		14	14.3	V
			完整范围		13.8			13.8		
V_{OM-}	最大负峰值 输出电压摆幅		25°C		-13.7	-14.1		-13.7	-14.1	V
			完整范围		-13.6			-13.6		
A_{VD}	大信号差分 电压放大	$V_O = \pm 10V,$ $R_L = 10k \Omega$	25°C		1	6.5		1	6.5	V/ μV
			完整范围		0.5			0.5		
$CMRR$	共模 抑制比	$V_{IC} = V_{ICRmin},$ $R_S = 50 \Omega$	25°C		100	115		100	115	dB
			完整范围		96			96		
k_{SVR}	电源电压 抑制比 ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$)	$V_{CC} = \pm 2.5V$ 至 $\pm 15V$	25°C		105	120		105	120	dB
			完整范围		100			100		
I_{CC}	电源电流	$V_O = 0, \text{空载}$	25°C		200	300		200	300	μA
			完整范围			300			300	
ΔI_{CC}	工作温度范围内的 电源电流变化		完整范围		10			10		μA

(1) 完整范围为 $-55^\circ C$ 至 $+125^\circ C$ 。

(2) 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偏移电压移位, 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。

5.7 工作特性 TLE2021M, $V_{CC} = \pm 15V$

在指定自然通风温度下, $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A ⁽¹⁾	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
SR	单位增益下的压摆率	$V_O = 1V$ 至 $3V$, 请参阅 图 6-1	25°C	0.45	0.65		V/ μs
			完整范围	0.42			
V_n	等效输入噪声电压 (请参阅 图 6-2)	$f = 10Hz$	25°C		19		nV/ $\sqrt{Hz}$
		$f = 1kHz$	25°C		15		
$V_{N(PP)}$	峰值间等效输入噪声电压	$f = 0.1Hz$ 至 $1Hz$	25°C		0.16		μV
		$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$	25°C		0.47		
I_n	等效输入噪声电流		25°C		0.9		pA/ $\sqrt{Hz}$
B_1	单位增益带宽	请参阅 图 6-3	25°C		1.2		MHz
ϕ_m	单位增益下的相位裕度	请参阅 图 6-3	25°C		46°		

(1) 完整范围为 $-55^\circ C$ 至 $+125^\circ C$ 。

5.8 TLE2022xM 电气特性， $V_{CC} = 5V$

在指定自然通风温度下， $V_{CC} = 5V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T _A ⁽¹⁾	TLE2022M			TLE2022AM			TLE2022BM			单位	
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值		
V _{IO}	输入失调电压	V _{IC} = 0 , R _S = 50 Ω	25°C	600			400			250			μV	
			完整范围	800			550			400				
α _{VIO}	输入失调电压的温度系数		完整范围	2			2			2			μV/°C	
	输入偏移电压长期漂移 ⁽²⁾		25°C	0.005			0.005			0.005			μV/mo	
I _{IO}	输入失调电流		25°C	0.5		6	0.4		6	0.3		6	nA	
			完整范围			10			10			10		
I _{IB}	输入偏置电流		25°C	35		70	33		70	30		70	nA	
			完整范围			90			90			90		
V _{ICR}	共模输入电压范围		R _S = 50 Ω	25°C	0 至 3.5	-0.3 至 4		0 至 3.5	-0.3 至 4		0 至 3.5	-0.3 至 4		V
				完整范围	0 至 3.2			0 至 3.2			0 至 3.2			
V _{OH}	高电平输出电压	R _L = 10k Ω	25°C	4	4.3		4	4.3		4	4.3		V	
			完整范围	3.8			3.8			3.8				
V _{OL}	低电平输出电压		25°C	0.7		0.8	0.7		0.8	0.7		0.8	V	
			完整范围	0.95			0.95			0.95				
A _{VD}	大信号差分电压放大	V _O = 1.4V 至 4V , R _L = 10k Ω	25°C	0.3	1.5		0.4	1.5		0.5	1.5		V/μV	
			完整范围	0.1			0.1			0.1				
CMRR	共模抑制比	V _{IC} = V _{ICRmin} , R _S = 50 Ω	25°C	85	100		87	102		90	105		dB	
			完整范围	80			82			85				
k _{SVR}	电源电压抑制比 (Δ V _{CC} / Δ V _{IO})	V _{CC} = 5V 至 30V	25°C	100	115		103	118		105	120		dB	
			完整范围	95			98			100				
I _{CC}	电源电流	V _O = 2.5V , 空载	25°C	450		600	450		600	450		600	μA	
			完整范围	600			600			600				
Δ I _{CC}	工作温度范围内的电源电流变化			完整范围	37			37			37			μA

- (1) 完整范围为 $-55^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。
(2) 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偏移电压移位，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。

5.9 TLE2022M 工作特性， $V_{CC} = 5V$

在 $T_A 25^{\circ}C$ 且 $V_{CC} = 5V$ 时测得 (除非额外注明)

参数		测试条件	T_A	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
SR	单位增益下的压摆率	$V_O = 1V$ 至 $3V$ ，请参阅 图 6-1	25°C		0.5		V/ μs
V_n	等效输入噪声电压 (请参阅 图 6-2)	$f = 10Hz$	25°C		21		nV/ $\sqrt{Hz}$
		$f = 1kHz$	25°C		17		
$V_{N(PP)}$	峰值间等效输入噪声电压	$f = 0.1Hz$ 至 $1Hz$	25°C		0.16		μV
		$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$	25°C		0.47		
I_n	等效输入噪声电流		25°C		0.1		pA/ $\sqrt{Hz}$
B_1	单位增益带宽	请参阅 图 6-3	25°C		1.7		MHz
ϕ_m	单位增益下的相位裕度	请参阅 图 6-3	25°C		47°		

5.10 电气特性 TLE2022xM, $V_{CC} = \pm 15V$

在指定自然通风温度下, $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	$T_A^{(1)}$	TLE2022M			TLE2022AM			TLE2022BM			单位
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
V_{IO}	输入失调电压	$V_{IC} = 0$, $R_S = 50\ \Omega$	25°C		150	500		120	300		70	150	μV
			完整范围			700			450			300	
α_{VIO}	输入失调电压的温度系数		完整范围		2			2			2		$\mu V/^{\circ}C$
	输入偏移电压 长期漂移 ⁽²⁾		25°C		0.006			0.006			0.006		$\mu V/mo$
I_{IO}	输入失调电流		25°C		0.5	6		0.4	6		0.3	6	nA
			完整范围			10			10			10	
I_{IB}	输入偏置电流		25°C		35	70		33	70		30	70	nA
			完整范围			90			90			90	
V_{ICR}	共模输入电压范围	$R_S = 50\ \Omega$	25°C	-15 至 13.5	-15.3 至 14		-15 至 13.5	-15.3 至 14		-15 至 13.5	-15.3 至 14		V
			完整范围	-15 至 13.2			-15 至 13.2			-15 至 13.2			
V_{OM+}	最大正峰值 输出电压摆幅	$R_L = 10k\ \Omega$	25°C	14	14.3		14	14.3		14	14.3		V
			完整范围	13.9			13.9			13.9			
V_{OM-}	最大负峰值 输出电压摆幅		25°C	-13.7	-14.1		-13.7	-14.1		-13.7	-14.1		V
			完整范围	-13.6			-13.6			-13.6			
A_{VD}	大信号差分 电压放大	$V_O = \pm 10V$, $R_L = 10k\ \Omega$	25°C	0.8	4		1	7		1.5	10		V/ μV
			完整范围	0.8			1			1.5			
CMRR	共模 抑制比	$V_{IC} = V_{ICRmin}$, $R_S = 50\ \Omega$	25°C	95	106		97	109		100	112		dB
			完整范围	91			93			96			
k_{SVR}	电源电压 抑制比 ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$)	$V_{CC} = \pm 2.5V$ 至 $\pm 15V$	25°C	100	115		103	118		105	120		dB
			完整范围	95			98			100			
I_{CC}	电源电流	$V_O = 0$, 空载	25°C		550	700		550	700		550	700	μA
			完整范围			700			700			700	
ΔI_{CC}	工作温度 范围内的 电源电流变化		完整范围		60			60			60		μA

(1) 完整范围为 -55°C 至 +125°C。

(2) 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偏移电压移位, 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。

5.11 工作特性 TLE2022M, $V_{CC} = \pm 15V$

在指定自然通风温度下, $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	$T_A^{(1)}$	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
SR	单位增益下的压摆率	$V_O = 1V$ 至 $3V$, 请参阅 图 6-1	25°C	0.45	0.65		V/ μs
			完整范围	0.4			
V_n	等效输入噪声电压 (请参阅 图 6-2)	$f = 10Hz$	25°C		19		nV/ $\sqrt{Hz}$
		$f = 1kHz$	25°C		15		
$V_{N(PP)}$	峰值间等效输入噪声电压	$f = 0.1Hz$ 至 $1Hz$	25°C		0.16		μV
		$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$	25°C		0.47		
I_n	等效输入噪声电流		25°C		0.1		pA/ $\sqrt{Hz}$
B_1	单位增益带宽	请参阅 图 6-3	25°C		2.8		MHz

在指定自然通风温度下， $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A ⁽¹⁾	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
ϕ_m	单位增益下的相位裕度	请参阅 图 6-3	25°C	52°			

(1) 完整范围为 - 55°C 至 +125°C。

5.12 TLE2024xM 电气特性, $V_{CC} = 5V$

在指定自然通风温度下, $V_{CC} = 5V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A ⁽¹⁾	TLE2024M			TLE2024AM			TLE2024BM			单位
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
V_{IO}	输入失调电压	$V_{IC} = 0, R_S = 50 \Omega$	25°C			1100			850			600	μV
			完整范围			1300			1050			800	
α_{VIO}	输入失调电压的温度系数		完整范围		2			2			2		$\mu V/^{\circ}C$
	输入偏移电压长期漂移 ⁽²⁾		25°C		0.005			0.005			0.005		$\mu V/mo$
I_{IO}	输入失调电流		25°C		0.6	6		0.5	6		0.4	6	nA
			完整范围			10			10			10	
I_{IB}	输入偏置电流		25°C		45	70		40	70		35	70	nA
			完整范围			90			90			90	
V_{ICR}	共模输入电压范围	$R_S = 50 \Omega$	25°C	0 至 3.5	-0.3 至 4		0 至 3.5	-0.3 至 4		0 至 3.5	-0.3 至 4		V
			完整范围	0 至 3.2			0 至 3.2			0 至 3.2			
V_{OH}	高电平输出电压	$R_L = 10k \Omega$	25°C	3.9	4.2		3.9	4.2		4	4.3		V
			完整范围	3.7			3.7			3.8			
V_{OL}	低电平输出电压		25°C		0.7	0.8		0.7	0.8		0.7	0.8	V
			完整范围			0.95			0.95			0.95	
A_{VD}	大信号差分电压放大	$V_O = 1.4V$ 至 $4V$, $R_L = 10k \Omega$	25°C	0.2	1.5		0.3	1.5		0.4	1.5		V/ μV
			完整范围	0.1			0.1			0.1			
$CMRR$	共模抑制比	$V_{IC} = V_{ICRmin}$, $R_S = 50 \Omega$	25°C	80	90		82	92		85	95		dB
			完整范围	80			82			85			
k_{SVR}	电源电压抑制比 ($\Delta V_{CC} / \Delta V_{IO}$)	$V_{CC} = 5V$ 至 $30V$	25°C	98	112		100	115		103	117		dB
			完整范围	93			95			98			
I_{CC}	电源电流	$V_O = 2.5V$, 空载	25°C		800	1200		800	1200		800	1200	μA
			完整范围			1200			1200			1200	
ΔI_{CC}	工作温度范围内的电源电流变化		完整范围		50			50			50		μA

(1) 完整范围为 $-55^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。

(2) 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偏移电压移位, 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。

5.13 TLE2024M 工作特性, $V_{CC} = 5V$

在 $T_A 25^{\circ}C$ 且 $V_{CC} = 5V$ 时测得 (除非额外注明)

参数		测试条件	T_A	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
SR	单位增益下的压摆率	$V_O = 1V$ 至 $3V$, 请参阅 图 6-1	25°C		0.5		V/ μs
V_n	等效输入噪声电压 (请参阅 图 6-2)	$f = 10Hz$	25°C		21		nV/ $\sqrt{Hz}$
		$f = 1kHz$	25°C		17		
$V_{N(PP)}$	峰值间等效输入噪声电压	$f = 0.1Hz$ 至 $1Hz$	25°C		0.16		μV
		$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$	25°C		0.47		
I_n	等效输入噪声电流		25°C		0.1		pA/ $\sqrt{Hz}$
B_1	单位增益带宽	请参阅 图 6-3	25°C		1.7		MHz
ϕ_m	单位增益下的相位裕度	请参阅 图 6-3	25°C		47°		

5.14 电气特性 TLE2024xM, $V_{CC} = \pm 15V$

在指定自然通风温度下, $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A (1)	TLE2024M			TLE2024AM			TLE2024BM			单位
				最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
V_{IO}	输入失调电压	$V_{IC} = 0$, $R_S = 50\ \Omega$	25°C			1000			750			500	μV
			完整范围			1200			950			700	
α_{VIO}	输入失调电压的温度系数		完整范围		2			2			2		$\mu V/^\circ C$
	输入偏移电压 长期漂移(2)		25°C		0.006			0.006			0.006		$\mu V/mo$
I_{IO}	输入失调电流		25°C		0.6	6		0.5	6		0.4	6	nA
			完整范围			10			10			10	
I_{IB}	输入偏置电流		25°C		50	70		45	70		40	70	nA
			完整范围			90			90			90	
V_{ICR}	共模输入电压范围	$R_S = 50\ \Omega$	25°C	-15 至 13.5	-15.3 至 14		-15 至 13.5	-15.3 至 14		-15 至 13.5	-15.3 至 14		V
			完整范围	-15 至 13.2			-15 至 13.2			-15 至 13.2			
V_{OM+}	最大正峰值 输出电压摆幅	$R_L = 10k\ \Omega$	25°C	13.8	14.1		13.9	14.2		14	14.3		V
			完整范围	13.7			13.7			13.8			
V_{OM-}	最大负峰值 输出电压摆幅		25°C	-13.7	-14.1		-13.7	-14.1		-13.7	-14.1		V
			完整范围	-13.6			-13.6			-13.6			
A_{VD}	大信号差分 电压放大	$V_O = \pm 10V$, $R_L = 10k\ \Omega$	25°C	0.4	2		0.8	4		1	7		V/ μV
			完整范围	0.4			0.8			1			
CMRR	共模 抑制比	$V_{IC} = V_{ICRmin}$, $R_S = 50\ \Omega$	25°C	92	102		94	105		97	108		dB
			完整范围	88			90			93			
k_{SVR}	电源电压 抑制比 ($\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$)	$V_{CC} = \pm 2.5V$ 至 $\pm 15V$	25°C	98	112		100	115		103	117		dB
			完整范围	93			95			98			
I_{CC}	电源电流	$V_O = 0$, 空载	25°C		1050	1400		1050	1400		1050	1400	μA
			完整范围			1400			1400			1400	
ΔI_{CC}	工作温度 范围内的 电源电流变化		完整范围		85			85			85		μA

- (1) 完整范围为 $-55^\circ C$ 至 $+125^\circ C$ 。
(2) 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偏移电压移位, 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。

5.15 工作特性 TLE2024M, $V_{CC} = \pm 15V$

在指定自然通风温度下, $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A (1)	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
SR	单位增益下的压摆率	$V_O = 1V$ 至 $3V$, 请参阅 图 6-1	25°C	0.45	0.7		V/ μs
			完整范围	0.42			
V_n	等效输入噪声电压 (请参阅 图 6-2)	$f = 10Hz$	25°C		19		nV/ $\sqrt{Hz}$
		$f = 1kHz$	25°C		15		
$V_{N(PP)}$	峰值间等效输入噪声电压	$f = 0.1Hz$ 至 $1Hz$	25°C		0.16		μV
		$f = 0.1Hz$ 至 $10Hz$	25°C		0.47		
I_n	等效输入噪声电流		25°C		0.1		pA/ $\sqrt{Hz}$
B_1	单位增益带宽	请参阅 图 6-3	25°C		2.8		MHz

在指定自然通风温度下， $V_{CC} = \pm 15V$ (除非另有说明)

参数		测试条件	T_A ⁽¹⁾	M 后缀			单位
				最小值	典型值	最大值	
ϕ_m	单位增益下的相位裕度	请参阅 图 6-3	25°C	52°			

(1) 完整范围为 - 55°C 至 +125°C。

5.16 典型特性

表 5-1. 图形表

			图表
V_{IO}	输入失调电压	经销商	4-1 至 4-3
I_{IB}	输入偏置电流	与共模输入电压的关系 与自然通风温度的关系	4-4 至 4-9
I_I	输入电流	与差分输入电压之间的关系	4-10
V_{OM}	最大峰值输出电压	与输出电流的关系 和自然通风温度的关系	4-11 至 4-14
V_{OH}	高电平输出电压	与高电平输出电流的关系 与自然通风温度的关系	4-15 至 4-17
V_{OL}	低电平输出电压	与低电平输出电流的关系 与自然通风温度的关系	4-18、4-19
$V_{O(PP)}$	最大峰值间输出电压	与频率间的关系	4-20、4-21
A_{VD}	大信号差分电压放大和相移	与频率间的关系	4-22
	大信号差分电压放大	与自然通风温度间的关系	4-23 至 4-25
I_{OS}	短路输出电流	与电源电压的关系 与自然通风温度的关系	4-26 至 4-33
I_{CC}	电源电流	与电源电压的关系 与自然通风温度的关系	4-34 至 4-39
CMRR	共模抑制比	与频率间的关系	4-40 至 4-42
SR	压摆率	与自然通风温度间的关系	4-43 至 4-45
	电压输出器小信号脉冲响应		4-46、4-47
	电压输出器大信号脉冲响应		4-48 至 4-53
$V_{N(PP)}$	峰值间等效输入噪声电压	0.1Hz 至 1Hz 0.1Hz 至 10Hz	4-54、4-55
V_n	等效输入噪声电压	与频率间的关系	4-56
B_1	单位增益带宽	与电源电压的关系 与自然通风温度的关系	4-57 至 4-60
ϕ_m	相位裕度	与电源电压的关系 与电容的关系 与自然通风温度的关系	4-61 至 4-66
	相移	与频率间的关系	4-22

5.16 典型特性 (续)

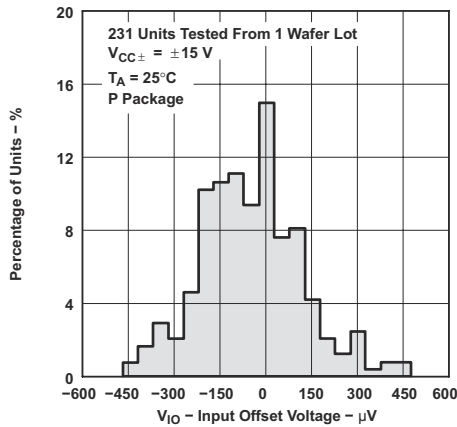


图 5-1. TLE2021xM 输入偏移电压的分布

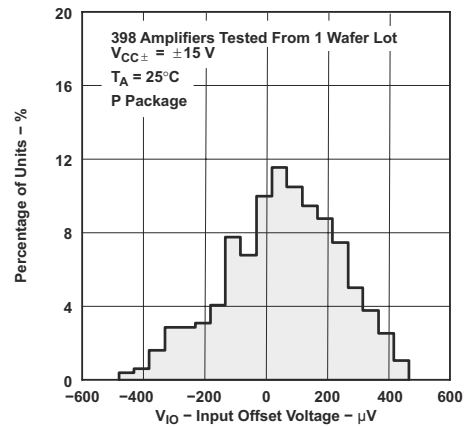


图 5-2. TLE2022xM 输入偏移电压的分布

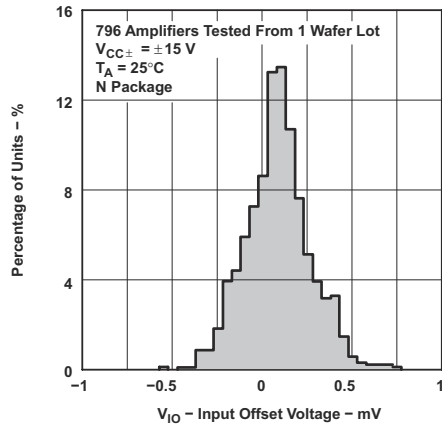


图 5-3. TLE2024xM 输入偏移电压的分布

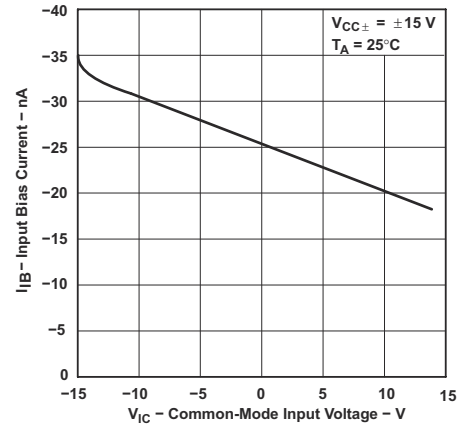


图 5-4. TLE2021xM 输入偏置电流与共模输入电压间的关系

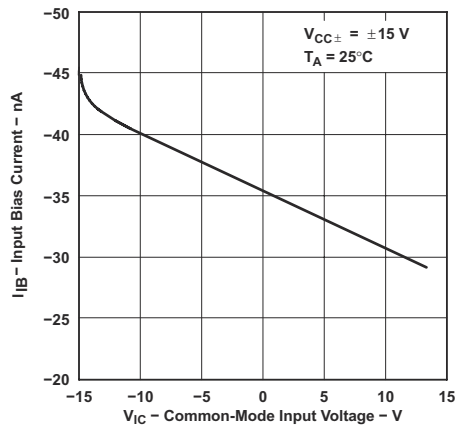


图 5-5. TLE2022xM 输入偏置电流与共模输入电压间的关系

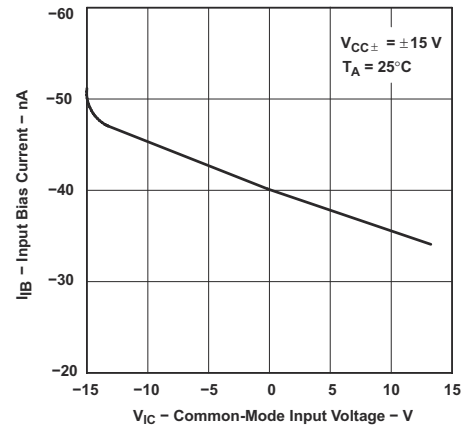
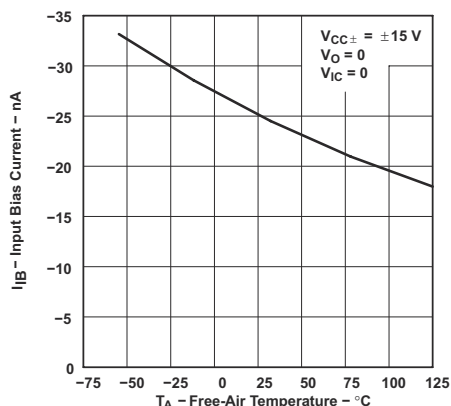


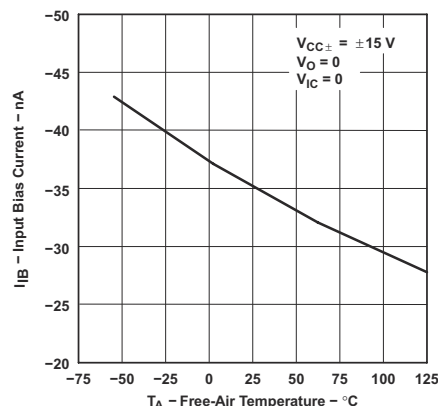
图 5-6. TLE2024xM 输入偏置电流与共模输入电压间的关系

5.16 典型特性 (续)



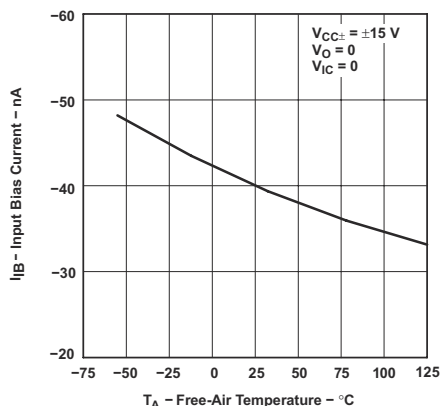
高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内

图 5-7. TLE2021xM 输入偏置电流与自然通风温度间的关系



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 5-8. TLE2022xM 输入偏置电流与自然通风温度间的关系



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 5-9. TLE2024xM 输入偏置电流与自然通风温度间的关系

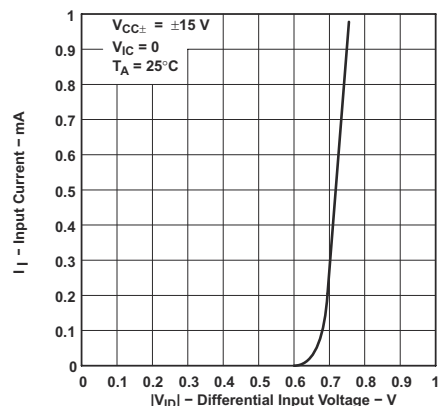


图 5-10. 输入电流与差分输入电压间的关系

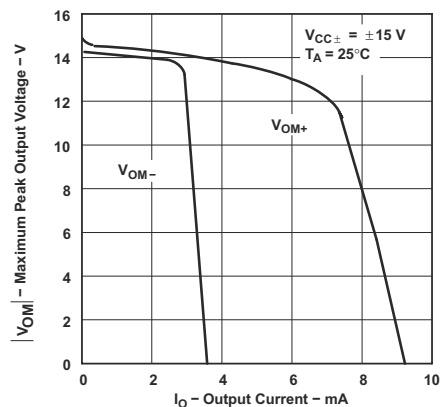


图 5-11. TLE2021xM 最大峰值输出电压与输出电流间的关系

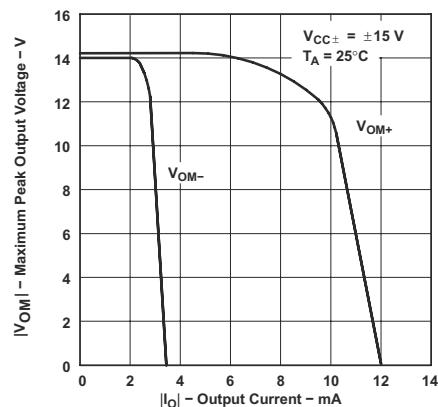


图 5-12. TLE2022xM 最大峰值输出电压与输出电流间的关系

5.16 典型特性 (续)

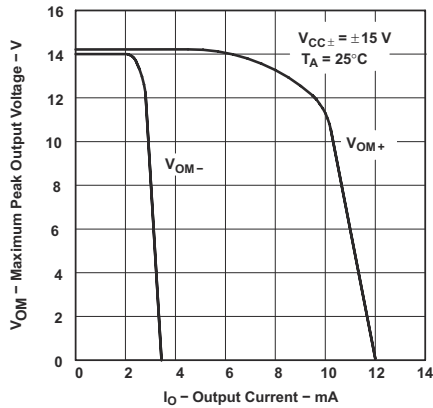
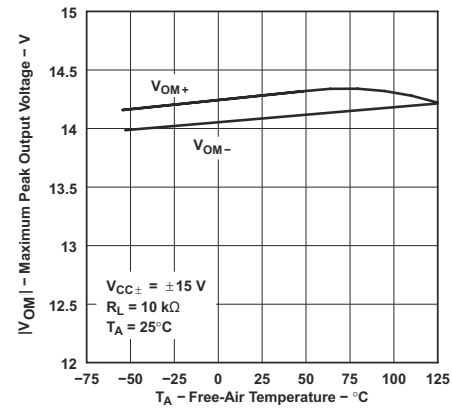


图 5-13. TLE2024xM 最大峰值输出电压与输出电流间的关系



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 5-14. 最大峰值输出电压与自然通风温度间的关系

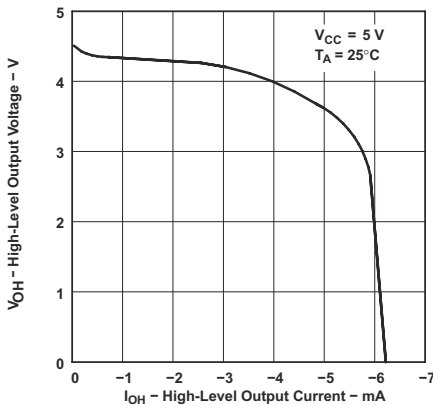


图 5-15. TLE2021xM 高电平输出电压与高电平输出电流间的关系

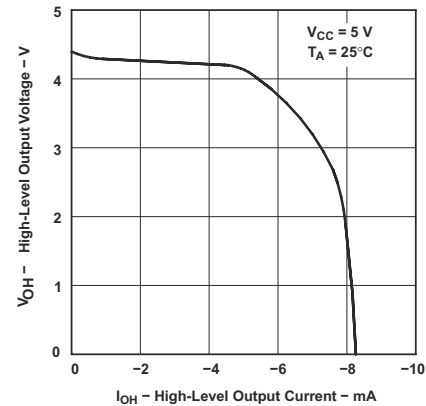
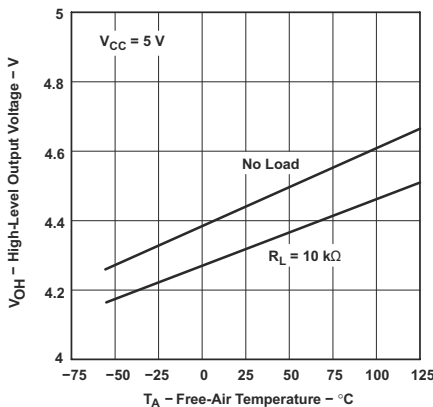


图 5-16. TLE2022xM 和 TLE2024xM 高电平输出电压与高电平输出电流间的关系



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 5-17. 高电平输出电压与自然通风温度间的关系

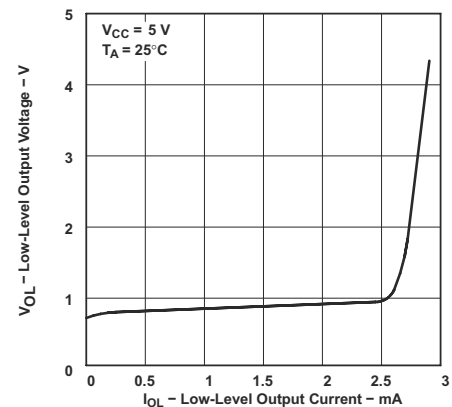
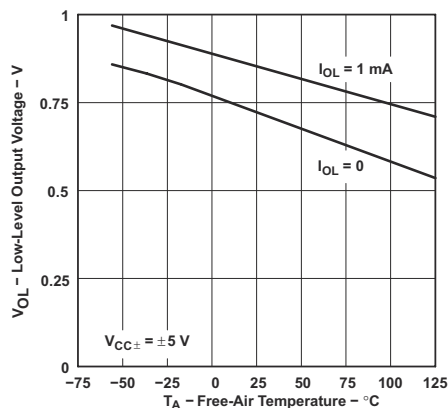


图 5-18. 低电平输出电压与低电平输出电流间的关系

5.16 典型特性 (续)



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 5-19. 低电平输出电压与自然通风温度间的关系

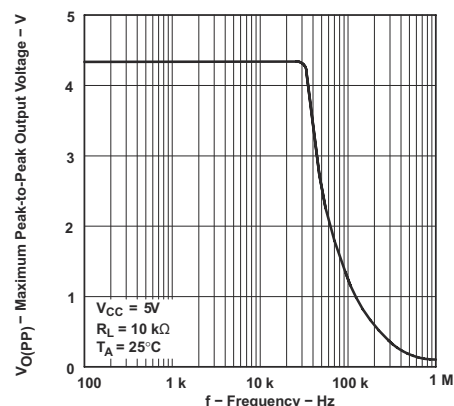


图 5-20. 最大峰值间输出电压与频率间的关系

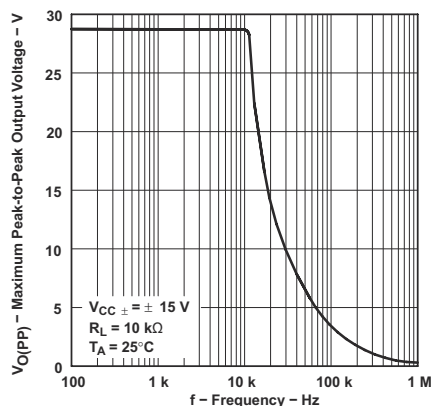


图 5-21. 最大峰值间输出电压与频率间的关系

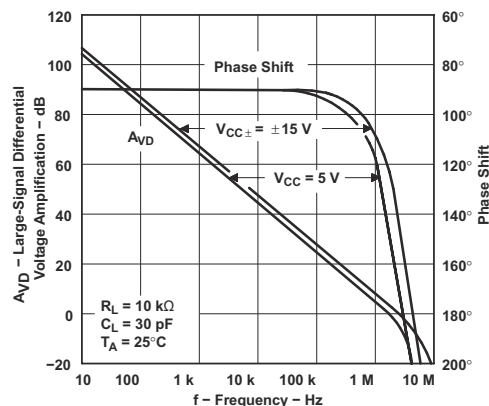
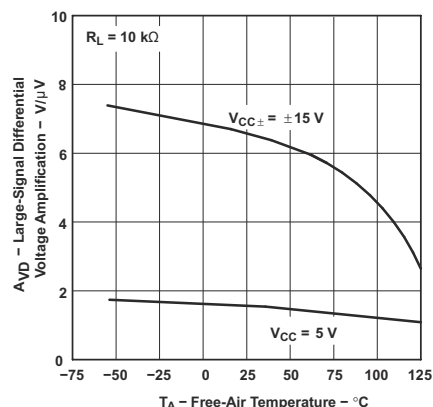
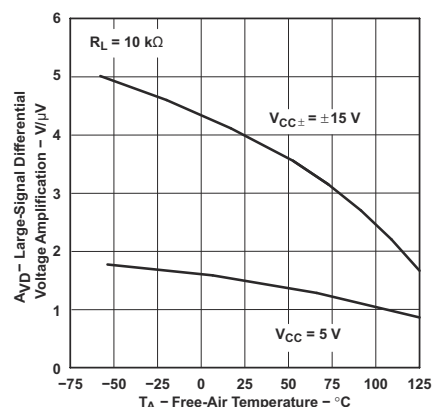


图 5-22. 大信号差分电压放大和相移与频率间的关系



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

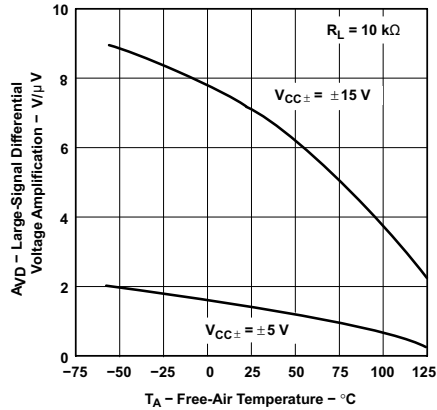
图 5-23. TLE2021xM 大比例差分电压放大与自然通风温度间的关系



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 5-24. TLE2022xM 大信号差分电压放大与自然通风温度间的关系

5.16 典型特性 (续)



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 5-25. TLE2024xM 大比例差分电压放大与自然通风温度间的关系

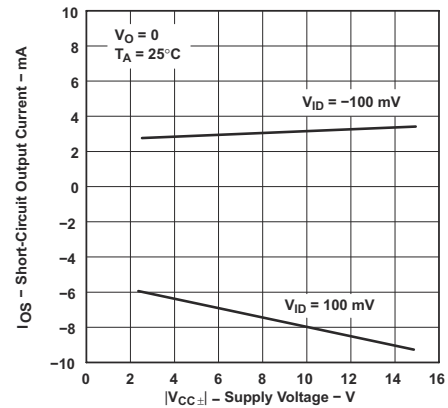


图 5-26. TLE2021xM 短路输出电流与电源电压间的关系

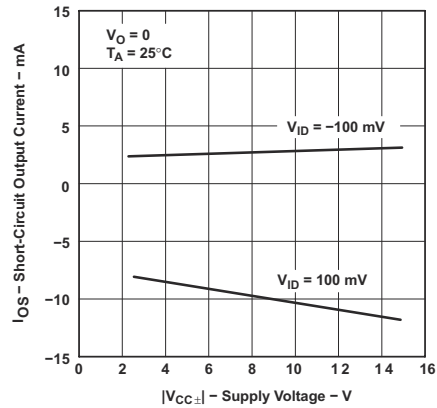


图 5-27. TLE2022xM 和 TLE2024xM 短路输出电流与电源电压间的关系

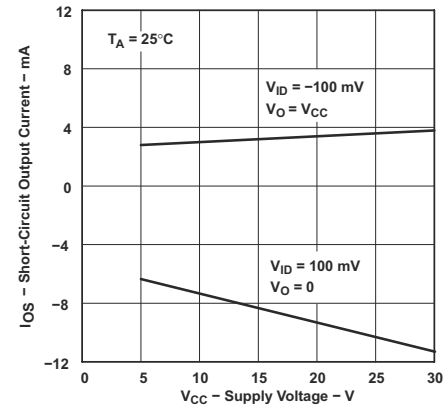


图 5-28. TLE2021xM 短路输出电流与电源电压间的关系

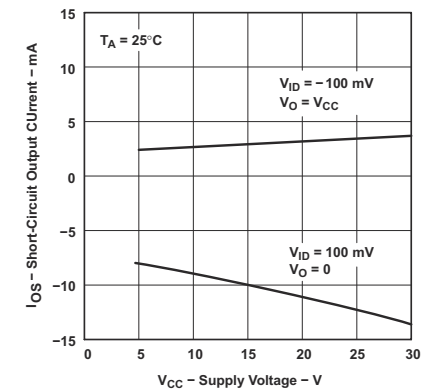
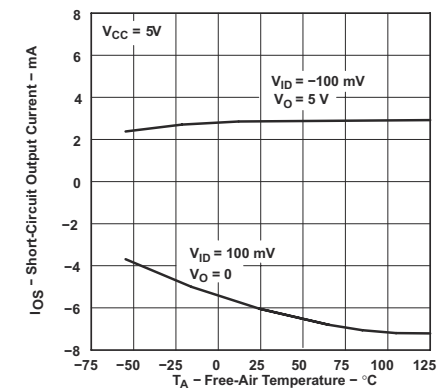


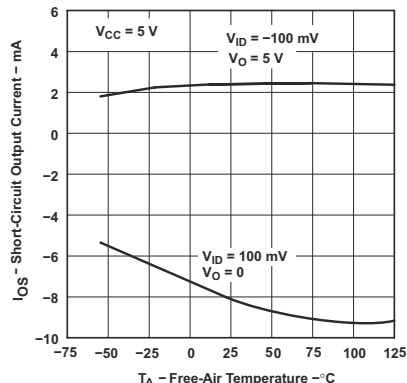
图 5-29. TLE2022xM 和 TLE2024xM 短路输出电流与电源电压间的关系



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

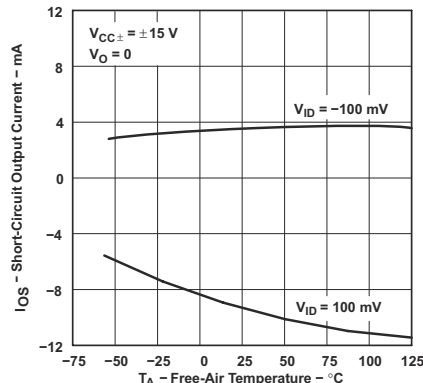
图 5-30. TLE2021xM 短路输出电流与自然通风温度间的关系

5.16 典型特性 (续)



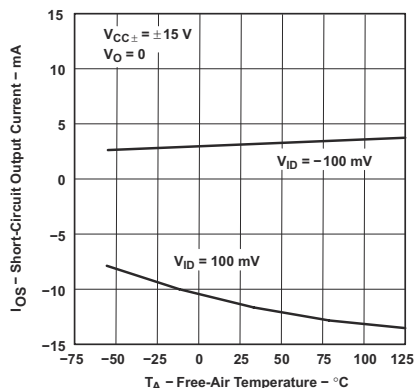
高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内

图 5-31. TLE2022xM 和 TLE2024xM 短路输出电流与自然通风温度间的关系



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 5-32. TLE2021xM 短路输出电流与自然通风温度间的关系



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 5-33. TLE2022xM 和 TLE2024xM 短路输出电流与自然通风温度间的关系

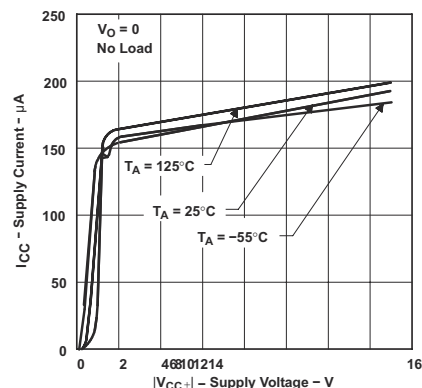


图 5-34. TLE2021xM 电源电流与电源电压间的关系

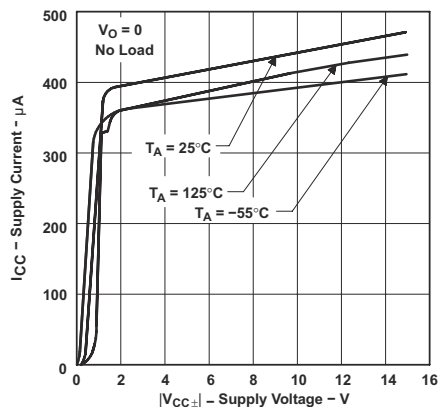


图 5-35. TLE2022xM 电源电流与电源电压间的关系

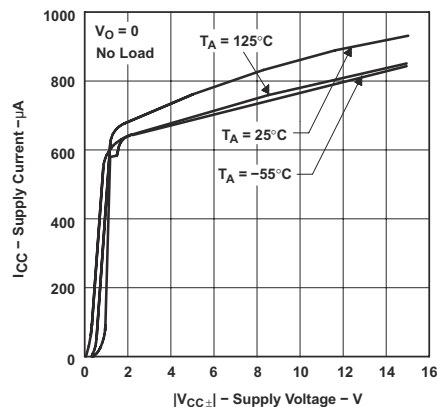
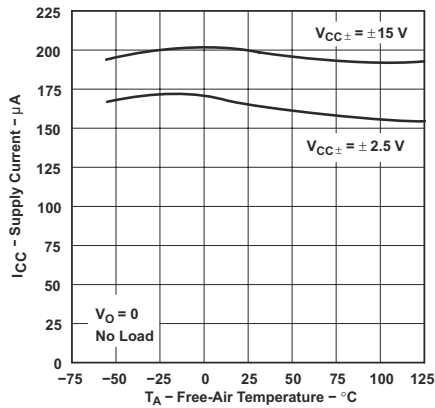


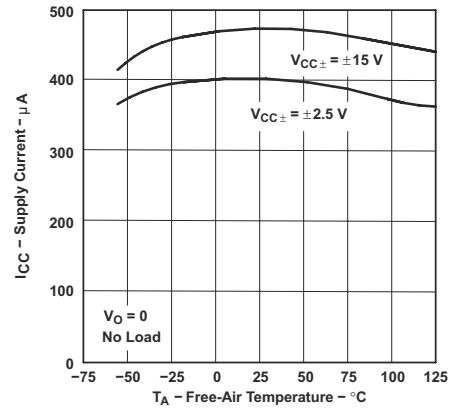
图 5-36. TLE2024xM 电源电流与电源电压间的关系

5.16 典型特性 (续)



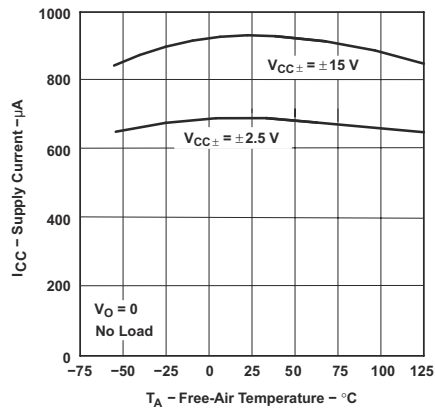
高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内

图 5-37. TLE2021xM 电源电流与自然通风温度间的关系



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 5-38. TLE2022xM 电源电流与自然通风温度间的关系



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 5-39. TLE2024xM 电源电流与自然通风温度间的关系

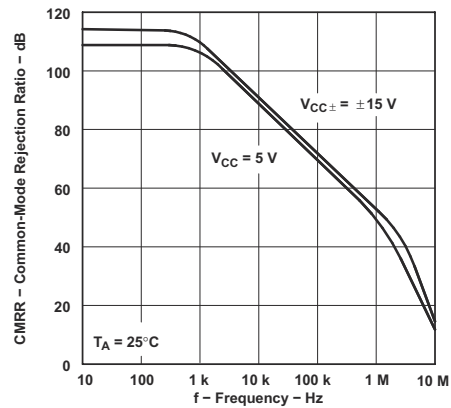


图 5-40. TLE2021xM 共模抑制比与频率间的关系

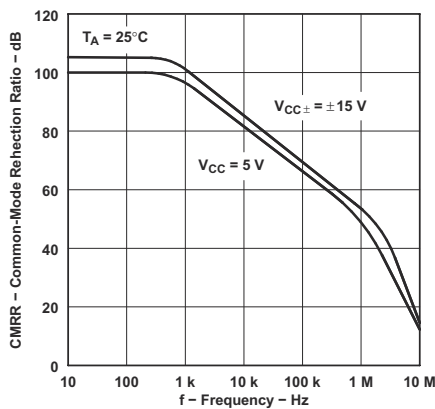


图 5-41. TLE2022xM 共模抑制比与频率间的关系

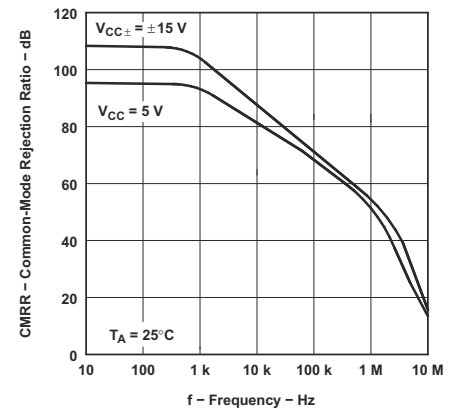
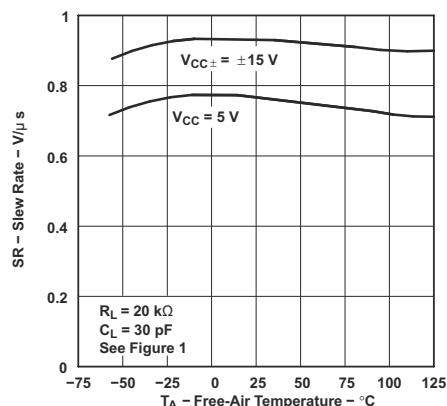


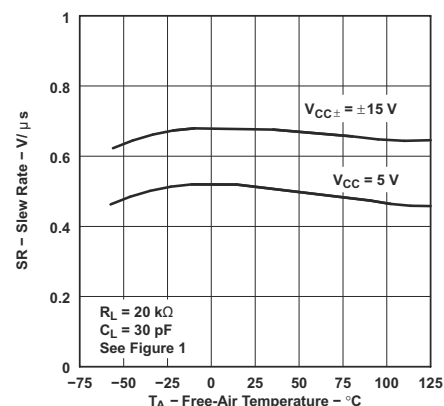
图 5-42. TLE2024xM 共模抑制比与频率间的关系

5.16 典型特性 (续)



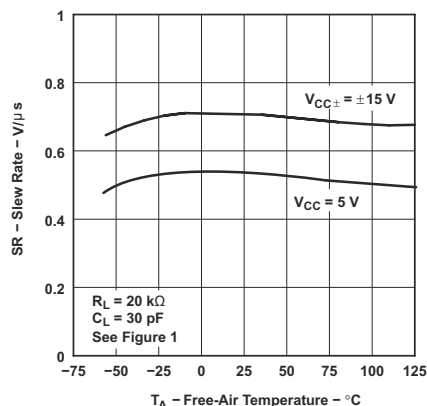
高温和低温下的数据仅适用于各种器件在自然通风条件下的额定工作温度范围内

图 5-43. TLE2021xM 转换率与自然通风温度间的关系



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 5-44. TLE2022xM 转换率与自然通风温度间的关系



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 5-45. TLE2024xM 转换率与自然通风温度间的关系

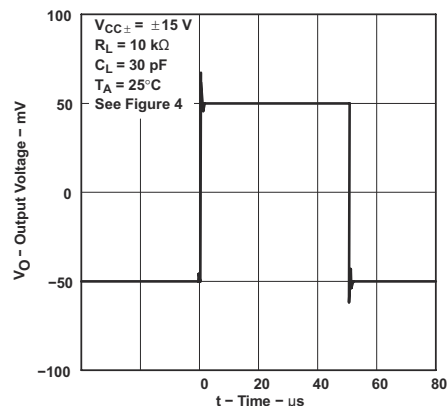


图 5-46. 电压输出器小信号脉冲响应

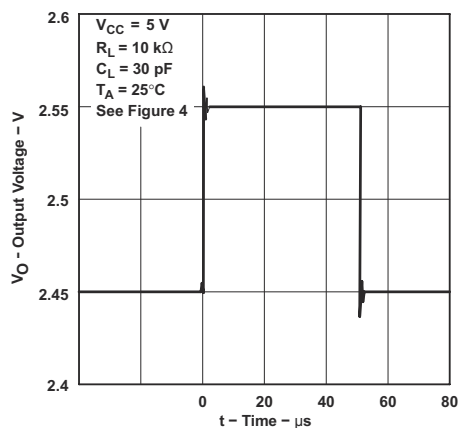


图 5-47. 电压输出器小信号脉冲响应

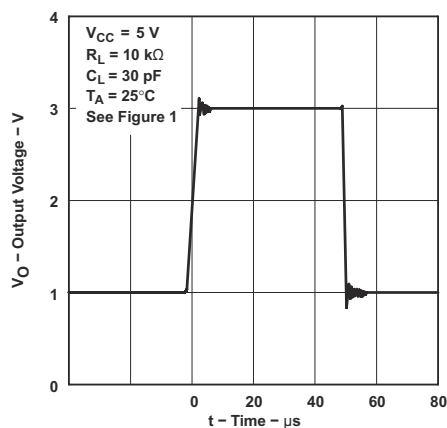


图 5-48. TLE2021xM 电压输出器大信号脉冲响应

5.16 典型特性 (续)

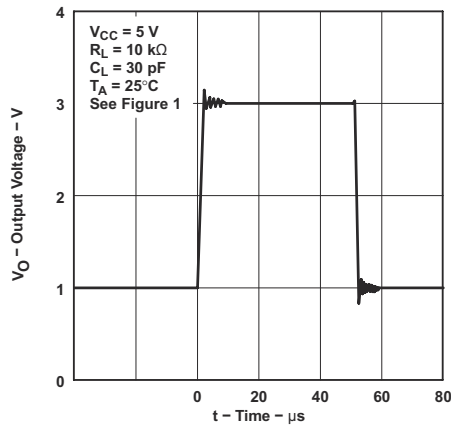


图 5-49. TLE2022xM 电压输出器大信号脉冲响应

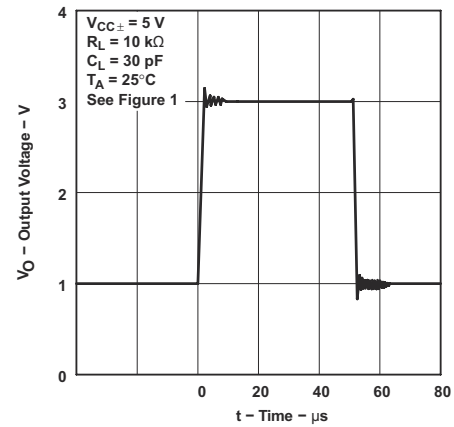


图 5-50. TLE2024xM 电压输出器大比例脉冲响应

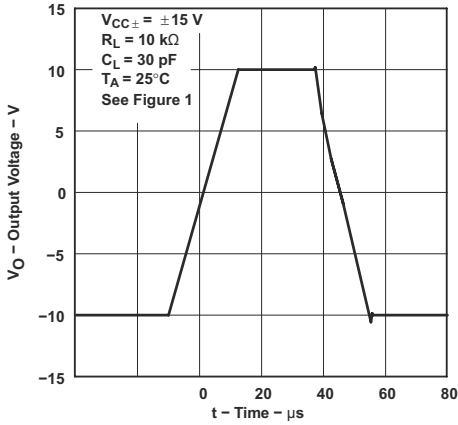


图 5-51. TLE2021xM 电压输出器大信号脉冲响应

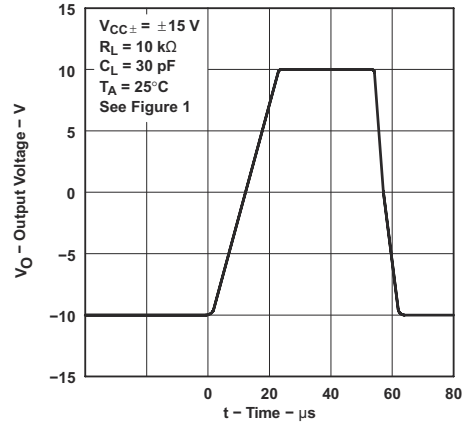


图 5-52. TLE2022xM 电压输出器大信号脉冲响应

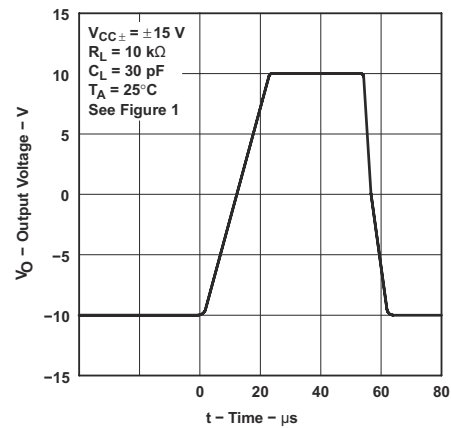


图 5-53. TLE2024xM 电压输出器大信号脉冲响应

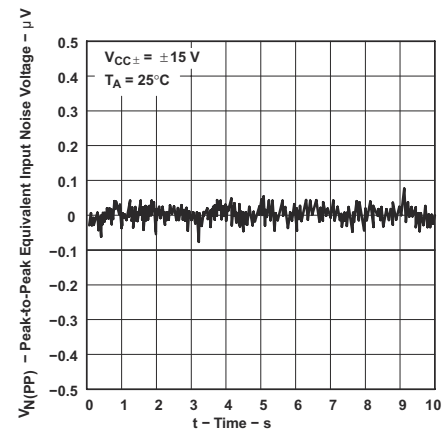


图 5-54. 峰值间等效输入噪声电压, 0.1Hz 至 1Hz

5.16 典型特性 (续)

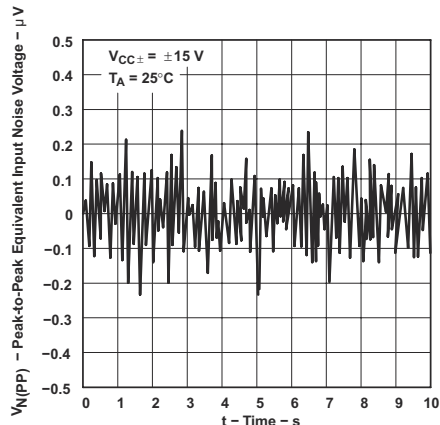


图 5-55. 峰值间等效输入噪声电压, 0.1Hz 至 10Hz

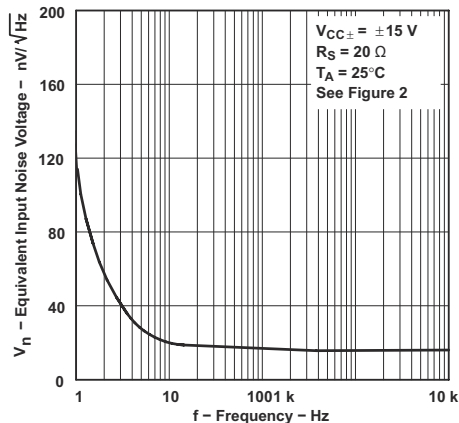


图 5-56. 等效输入噪声电压与频率间的关系

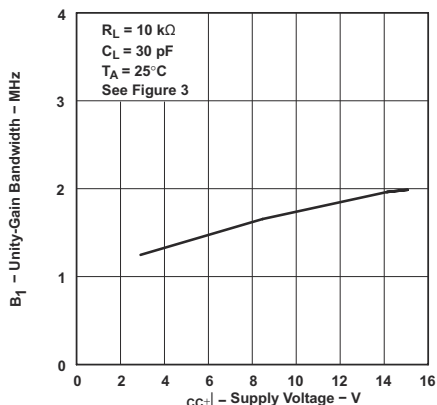


图 5-57. TLE2021xM 单位增益带宽与电源电压间的关系

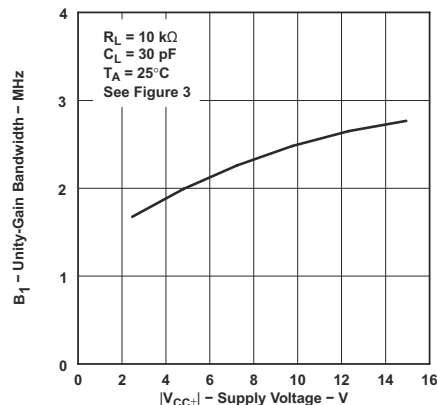
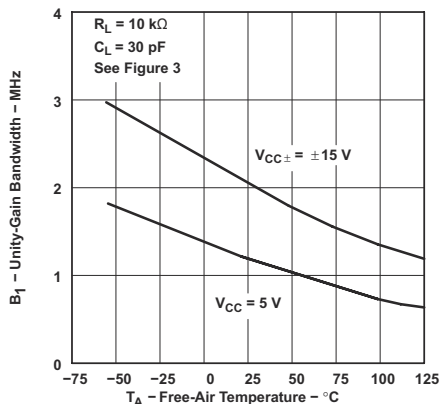
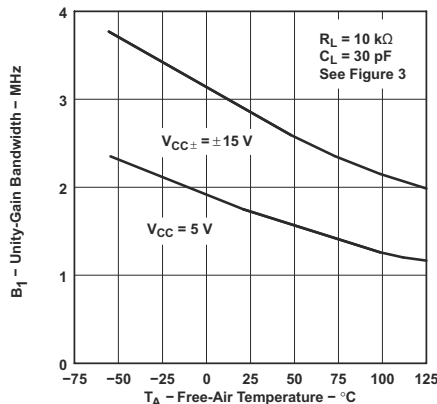


图 5-58. TLE2022xM 和 TLE2024xM 单位增益带宽与电源电压间的关系



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 5-59. TLE2021xM 单位增益带宽与自然通风温度间的关系



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 5-60. TLE2022xM 和 TLE2024xM 单位增益带宽与自然通风温度间的关系

5.16 典型特性 (续)

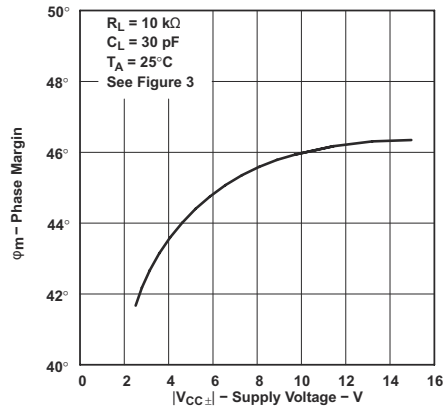


图 5-61. TLE2021xM 相位裕度与电源电压间的关系

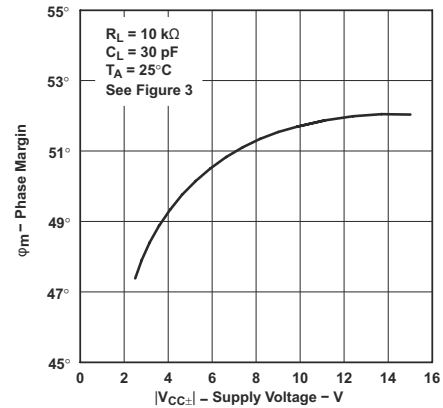


图 5-62. TLE2022xM 和 TLE2024xM 相位裕度与电源电压间的关系

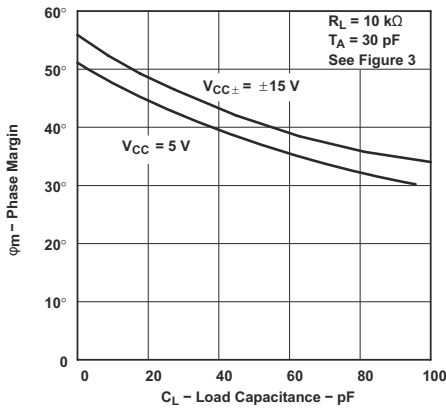


图 5-63. TLE2021xM 相位裕度与负载电容间的关系

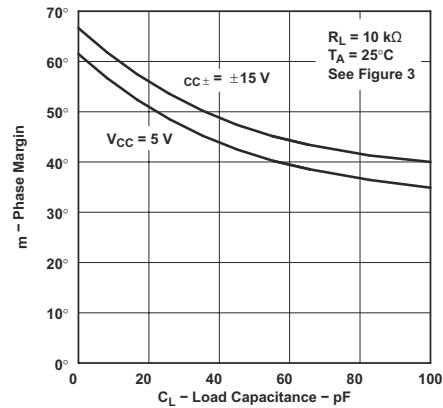
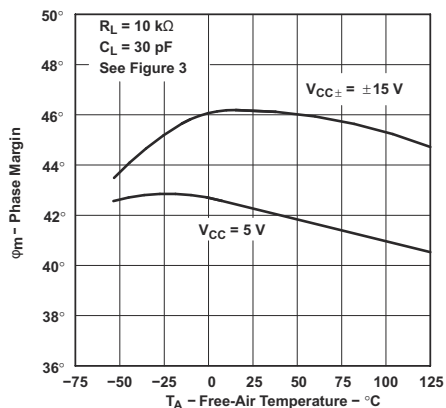
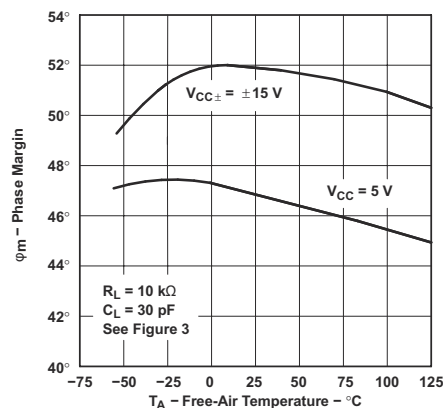


图 5-64. TLE2022xM 和 TLE2024xM 相位裕度与负载电容间的关系



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

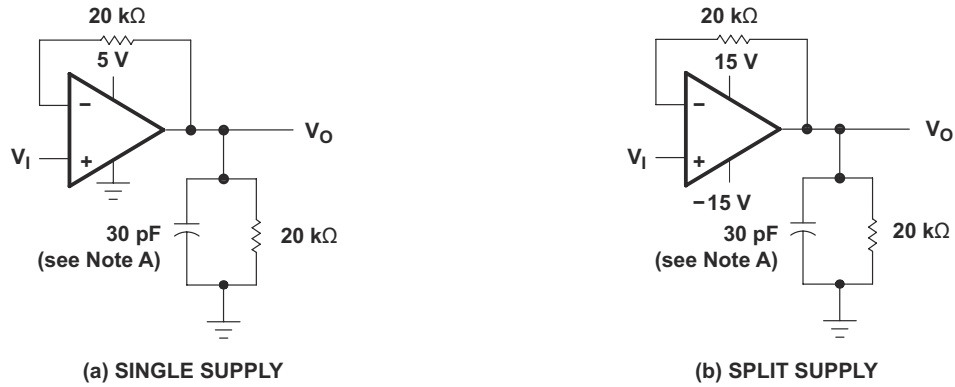
图 5-65. TLE2021xM 相位裕度与自然通风温度间的关系



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 5-66. TLE2022xM 和 TLE2024xM 相位裕度与自然通风温度间的关系

6 参数测量信息



A. C_L 包括夹具电容。

图 6-1. 压摆率测试电路

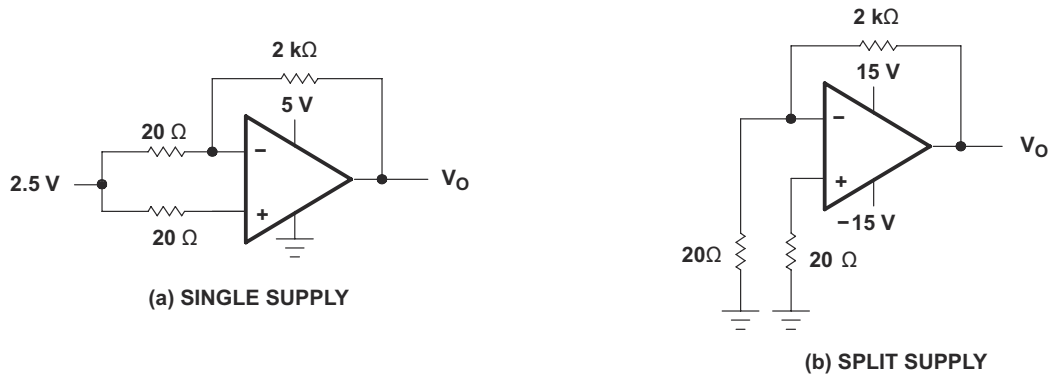
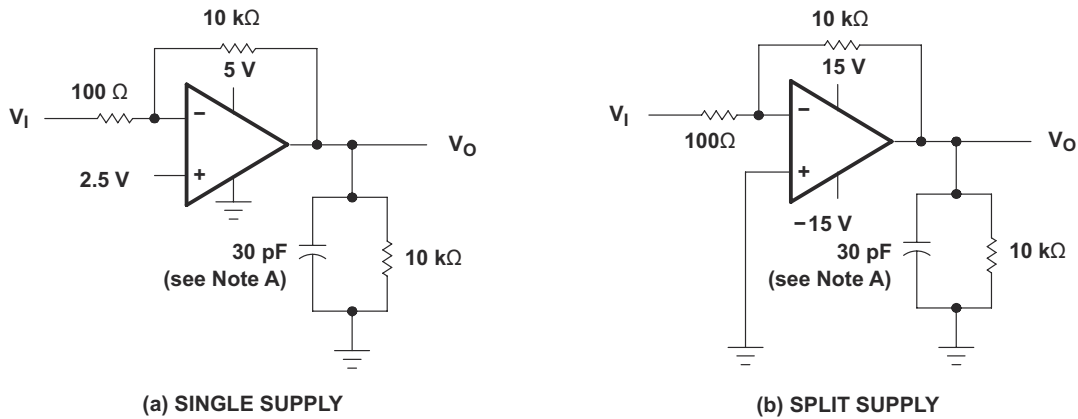
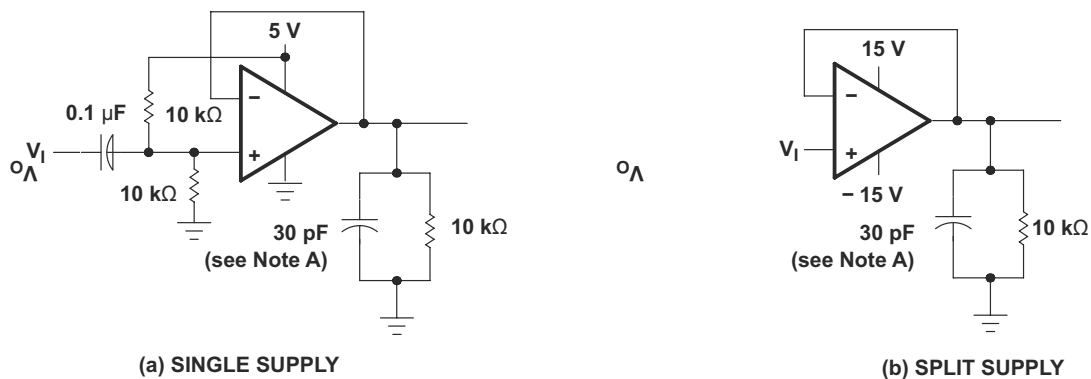


图 6-2. 噪声电压测试电路



A. C_L 包括夹具电容。

图 6-3. 单位增益带宽和相位裕度测试电路



A. C_L 包括夹具电容。

图 6-4. 微小信号脉冲响应测试电路

6.1 典型值

此数据表中所示的典型值表示器件参数性能的中值 (50% 点) 。

7 详细说明

7.1 功能方框图

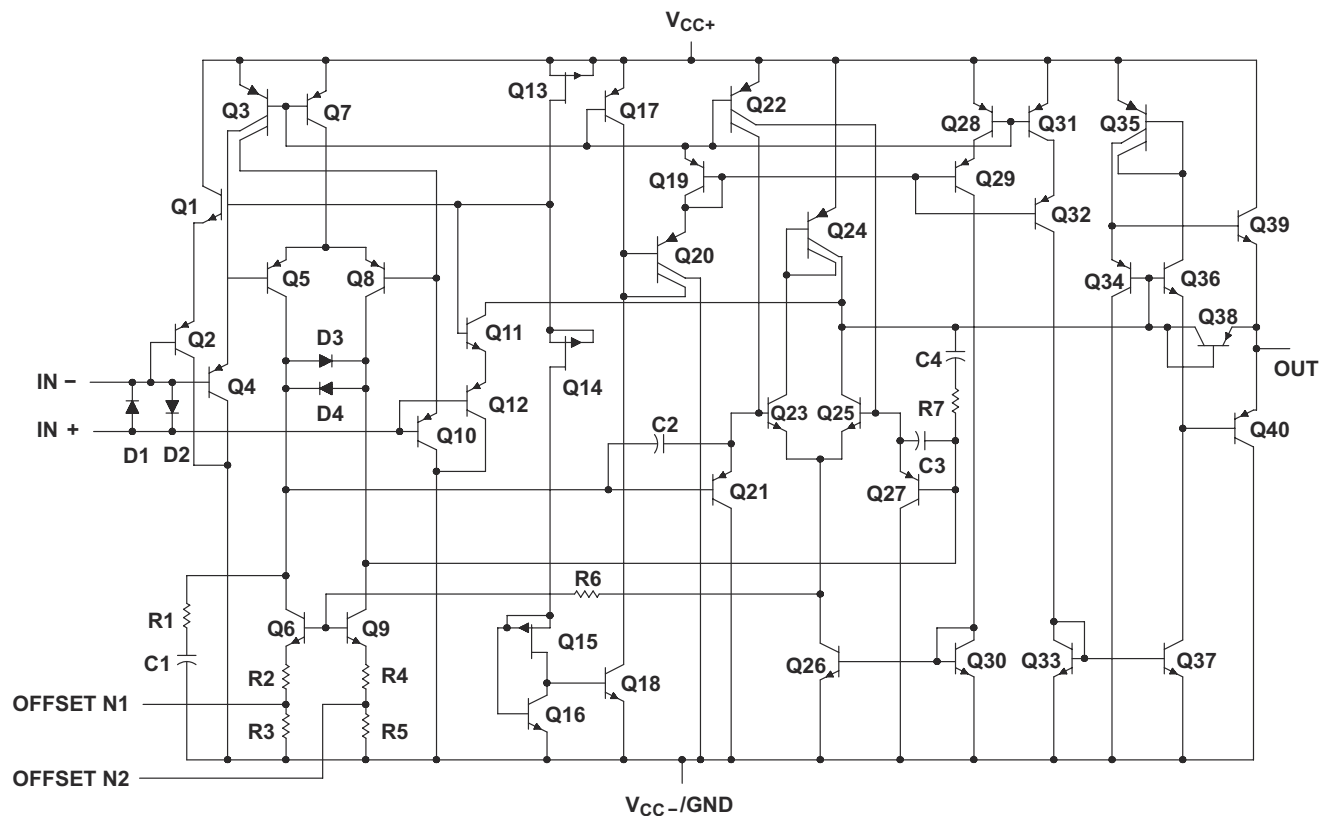


图 7-1. 等效原理图 (每个放大器)

表 7-1. 实际器件元件数量

元件	TLE2021	TLE2022	TLE2024
晶体管	40	80	160
电阻器	7	14	28
二极管	4	8	16
电容器	4	8	16

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

8.1.1 电压输出器应用

TLE202xM 电路包含输入保护二极管，用于限制输入晶体管两端的电压；然而，如果这些二极管处于正向导通状态，电路中并未设计限流措施。当器件在电压输出器配置下运行并由快速的大信号脉冲驱动时，有时会发生这种情况。使用反馈电阻器将电流限制为最大 1mA，以防止器件性能下降。该反馈电阻器与器件的输入电容形成一个极点。如果反馈电阻值大于 10kΩ，该极点会降低放大器的相位裕度。图 8-1 展示了为了解决此问题，可添加一个与反馈电阻器并联的电容器 (20pF 至 50pF)。

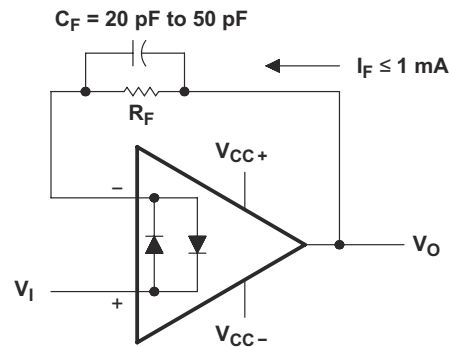


图 8-1. 电压输出器

8.1.2 输入偏移电压归零

TLE202xM 系列提供外部空引脚，其可用于进一步降低输入偏移电压。图 8-2 展示了需要此功能时，如何连接电路。当不需要外部归零时，让归零引脚悬空即可。

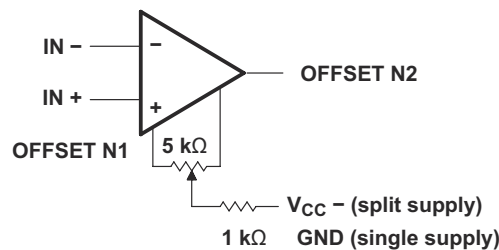


图 8-2. 输入失调电压归零电路

8.1.3 宏模型信息

宏模型信息使用 Microsim Parts™ (与 PSpice™ 配合使用的模型生成软件) 推导得出。Boyle 宏模型¹ (参阅 图 8-3、图 8-4 和 图 8-5 中的子电路) 是根据 TLE202x 在 25°C 时的典型电气特性和工作特性生成的。利用这些信息，以下关键参数的输出仿真结果的容差为 20% (大多数情况下)：

- 最大的正极输出电压摆幅
- 最大的负极输出电压摆幅
- 压摆率
- 静态功耗
- 输入偏置电流
- 开环电压放大
- 单位增益频率
- 共模抑制比
- 相位裕度
- 直流输出电阻
- 交流输出电阻
- 短路输出电流限制

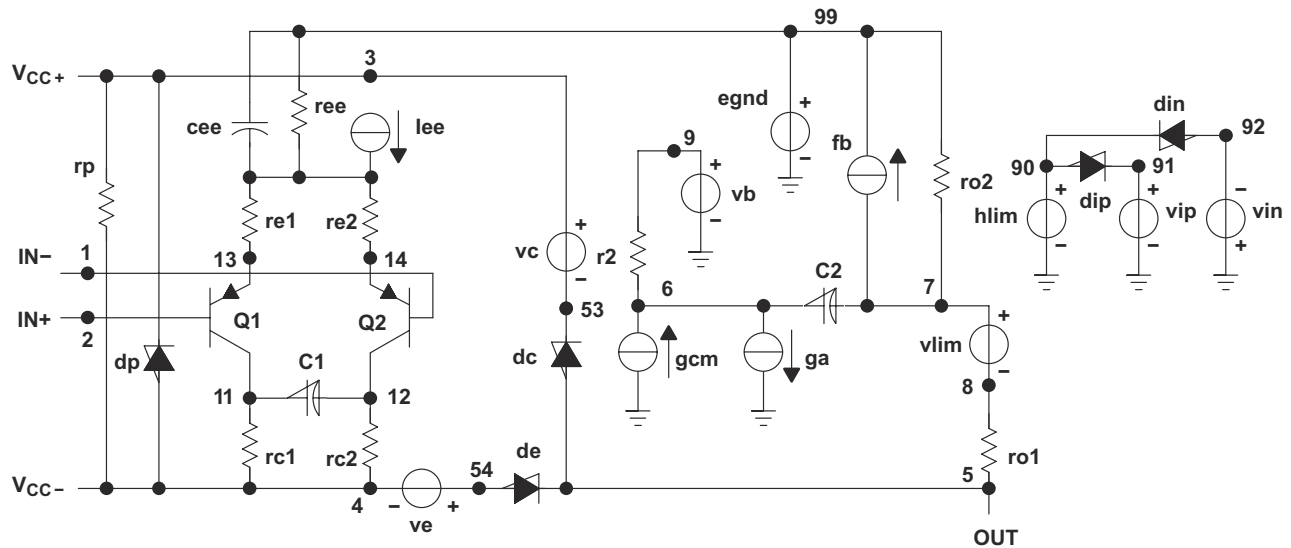


图 8-3. Boyle 子电路

¹ G.R. Boyle, B. M. Cohn, D. O. Pederson 和 J. E. Solomon, “集成电路运算放大器的宏观建模”、*IEEE 固态电路杂志*, SC-9, 353 (1974)。

<pre>.SUBCKT TLE2021 1 2 3 4 5 * c111126.244E ! 12 c26713.4E ! 12 c387010.64E ! 9 cpsr858615.9E ! 9 dcm+8182dx dcm! 8381dx dc553dx de545dx dlp9091dx dln9290dx dp43dx ecmr8499(2 99) 1 egnd990poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5 epsr850poly(1) (3,4) ! 60E! 6 2.0E! 6 ense892poly(1) (88,0) 120E ! 6 1 fb799poly(6) vb vc ve vlp vln vpsr 0 547.3E6 + ! 50E7 50E7 50E7 ! 50E7 547E6 ga6011 12 188.5E ! 6 gcm0610 99 335.2E ! 12 gpsr8586(85,86) 100E ! 6 grc1411(4,11) 1.885E ! 4 grc2412(4,12) 1.885E ! 4 gre11310(13,10) 6.82E ! 4 gre21410(14,10) 6.82E ! 4 hlim900vlim 1k</pre>	<pre>hcmr801poly(2) vcm+ vcm ! 0 1E2 1E2 irp34185E ! 6 iee310dc 15.67E ! 6 iio202E ! 9 i18801E ! 21 q1118913 qx q2128014 qx R269100.0E3 rcm 84811K ree109914.76E6 rn18702.55E8 rn2878811.67E3 ro18562 ro279963 vcm+829913.3 vcm! 8399 ! 14.6 vb90dc 0 vc353dc 1.300 ve544dc 1.500 vlim78dc 0 vlp910dc 3.600 vln092dc 3.600 vpsr086dc 0 .model dx d(is=800.0E! 18) .model qx pnp(is=800.0E! 18 bf=270) .ends</pre>
--	---

图 8-4. TLE2021xM 的 Boyle 宏模型

<pre>.SUBCKT TLE2022 1 2 3 4 5 * c11112 6.814E ! 12 c26720.00E ! 12 dc553 dx de545 dx dlp9091 dx dln9290 dx dp43 dx egnd 990poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5 fb799poly(5) vb vc ve vlp vln 0 + 45.47E6 ! 50E6 50E6 50E6 ! 50E6 ga 6011 12 377.9E ! 6 gcm 0610 99 7.84E ! 10 iee310 DC 18.07E ! 6 hlim 900 vlim 1k q1112 13 qx q2121 14 qx r269 100.0E3</pre>	<pre>rc1411 2.842E3 rc2412 2.842E3 ge11310 (10,13) 31.299E ! 3 ge21410 (10,14) 31.299E ! 3 ree1099 11.07E6 ro185 250 ro2799 250 rp34 137.2E3 vb90 dc 0 vc353 dc 1.300 ve544 dc 1.500 vlim78 dc 0 vlp910 dc 3 vln092 dc 3 .model dxd(is=800.0E ! 18) .model qxpnp(is=800.0E ! 18 bf=257.1) .ends</pre>
---	---

图 8-5. TLE2022xM 的 Boyle 宏模型

9 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。

9.1 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.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。

9.2 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](#)。

9.3 商标

Microsim Parts™ and PSpice™ are trademarks of Cadence Design Systems, Inc..

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.4 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。

9.5 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。

10 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 D (November 2010) to Revision E (July 2025)	Page
• 从数据表中删除了过时的 Y 后缀器件和相关内容.....	1
• 从数据表中删除了 DB 和 PW 封装和相关内容.....	1
• 将 D、DW、N 和 P 器件及相关内容移至 SLVSJD7.....	1
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 在 <i>说明</i> 中添加了应用电路.....	1

11 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)
5962-9088101MPA	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088101MPA TLE2021M
5962-9088102M2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088102M2A TLE2022MFKB
5962-9088102MPA	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088102MPA TLE2022M
5962-9088103M2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088103M2A TLE2024MFKB
5962-9088103MCA	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088103MC A TLE2024MJB
5962-9088104Q2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088104Q2A TLE2021 AMFKB
5962-9088104QPA	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088104QPA TLE2021AM
5962-9088105Q2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088105Q2A TLE2022A MFKB
5962-9088105QPA	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088105QPA TLE2022AM
5962-9088106Q2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088106Q2A TLE2024A MFKB
5962-9088106QCA	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088106QC A TLE2024AMJB

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)
5962-9088107Q2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088107Q2A TLE2021 BMFKB
5962-9088107QPA	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088107QPA TLE2021BM
5962-9088108Q2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088108Q2A TLE2022B MFKB
5962-9088108QPA	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088108QPA TLE2022BM
5962-9088109Q2A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088109Q2A TLE2024 BMFKB
5962-9088109QCA	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088109QC A TLE2024BMJB
TLE2021AMFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088104Q2A TLE2021 AMFKB
TLE2021AMFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088104Q2A TLE2021 AMFKB
TLE2021AMJGB	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088104QPA TLE2021AM
TLE2021AMJGB.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088104QPA TLE2021AM
TLE2021BMFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-	5962- 9088107Q2A TLE2021 BMFKB

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)
TLE2021BMFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088107Q2A TLE2021 BMFKB
TLE2021BMJG	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2021 BMJG
TLE2021BMJG.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2021 BMJG
TLE2021BMJGB	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-	9088107QPA TLE2021BM
TLE2021BMJGB.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088107QPA TLE2021BM
TLE2021MJG	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2021MJG
TLE2021MJG.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2021MJG
TLE2021MJGB	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088101MPA TLE2021M
TLE2021MJGB.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088101MPA TLE2021M
TLE2022AMFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088105Q2A TLE2022A MFKB
TLE2022AMFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088105Q2A TLE2022A MFKB
TLE2022AMJGB	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088105QPA TLE2022AM
TLE2022AMJGB.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088105QPA TLE2022AM
TLE2022BMFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088108Q2A TLE2022B MFKB

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)
TLE2022BMFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088108Q2A TLE2022B MFKB
TLE2022BMJGB	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088108QPA TLE2022BM
TLE2022BMJGB.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088108QPA TLE2022BM
TLE2022MFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088102M2A TLE2022MFKB
TLE2022MFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088102M2A TLE2022MFKB
TLE2022MJG	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2022MJG
TLE2022MJG.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2022MJG
TLE2022MJGB	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088102MPA TLE2022M
TLE2022MJGB.A	Active	Production	CDIP (JG) 8	50 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	9088102MPA TLE2022M
TLE2024AMFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088106Q2A TLE2024A MFKB
TLE2024AMFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962- 9088106Q2A TLE2024A MFKB
TLE2024AMJB	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088106QC A TLE2024AMJB
TLE2024AMJB.A	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088106QC A TLE2024AMJB

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)
TLE2024BMFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088109Q2A TLE2024 BMFKB
TLE2024BMFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088109Q2A TLE2024 BMFKB
TLE2024BMJ	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2024BMJ
TLE2024BMJ.A	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	TLE2024BMJ
TLE2024BMJB	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088109QC A TLE2024BMJB
TLE2024BMJB.A	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088109QC A TLE2024BMJB
TLE2024MFKB	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088103M2A TLE2024MFKB
TLE2024MFKB.A	Active	Production	LCCC (FK) 20	55 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088103M2A TLE2024MFKB
TLE2024MJB	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088103MC A TLE2024MJB
TLE2024MJB.A	Active	Production	CDIP (J) 14	25 TUBE	No	SNPB	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-9088103MC A TLE2024MJB

⁽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.

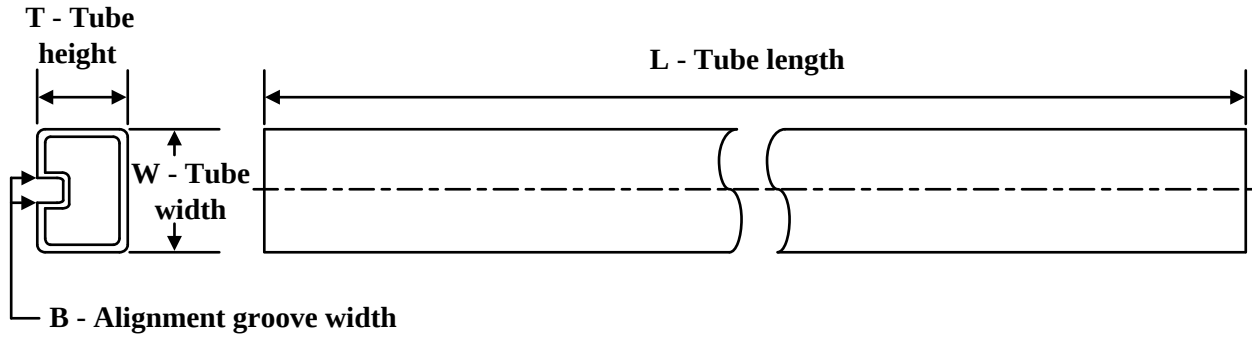
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TLE2021AM, TLE2024AM, TLE2024M :

- Catalog : [TLE2021A](#), [TLE2024A](#), [TLE2024](#)
- Automotive : [TLE2021A-Q1](#), [TLE2024-Q1](#)
- Enhanced Product : [TLE2021A-EP](#), [TLE2024A-EP](#), [TLE2024-EP](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Catalog - TI's standard catalog product
- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects
- Enhanced Product - Supports Defense, Aerospace and Medical Applications

TUBE


*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (μm)	B (mm)
5962-9088102M2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
5962-9088103M2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
5962-9088104Q2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
5962-9088105Q2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
5962-9088106Q2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
5962-9088107Q2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
5962-9088108Q2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
5962-9088109Q2A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2021AMFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2021AMFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2021BMFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2021BMFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2022AMFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2022AMFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2022BMFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2022BMFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2022MFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2022MFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2024AMFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2024AMFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2024BMFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2024BMFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2024MFKB	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA
TLE2024MFKB.A	FK	LCCC	20	55	506.98	12.06	2030	NA

GENERIC PACKAGE VIEW

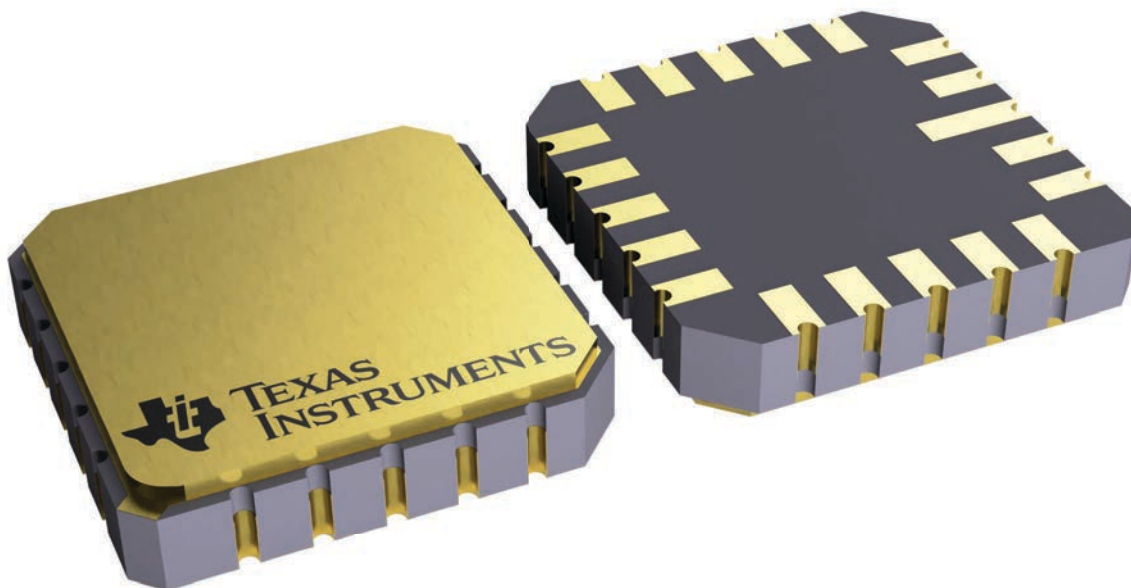
FK 20

LCCC - 2.03 mm max height

8.89 x 8.89, 1.27 mm pitch

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



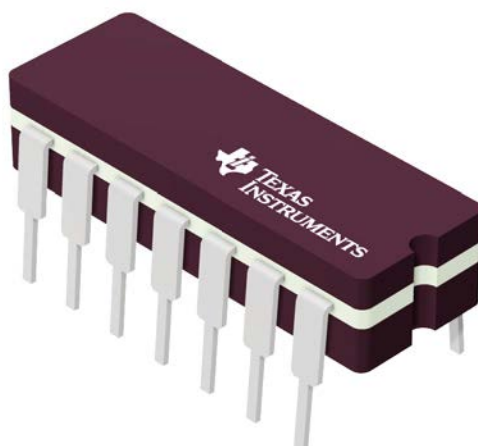
4229370VA\

J 14

GENERIC PACKAGE VIEW

CDIP - 5.08 mm max height

CERAMIC DUAL IN LINE PACKAGE



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

4040083-5/G

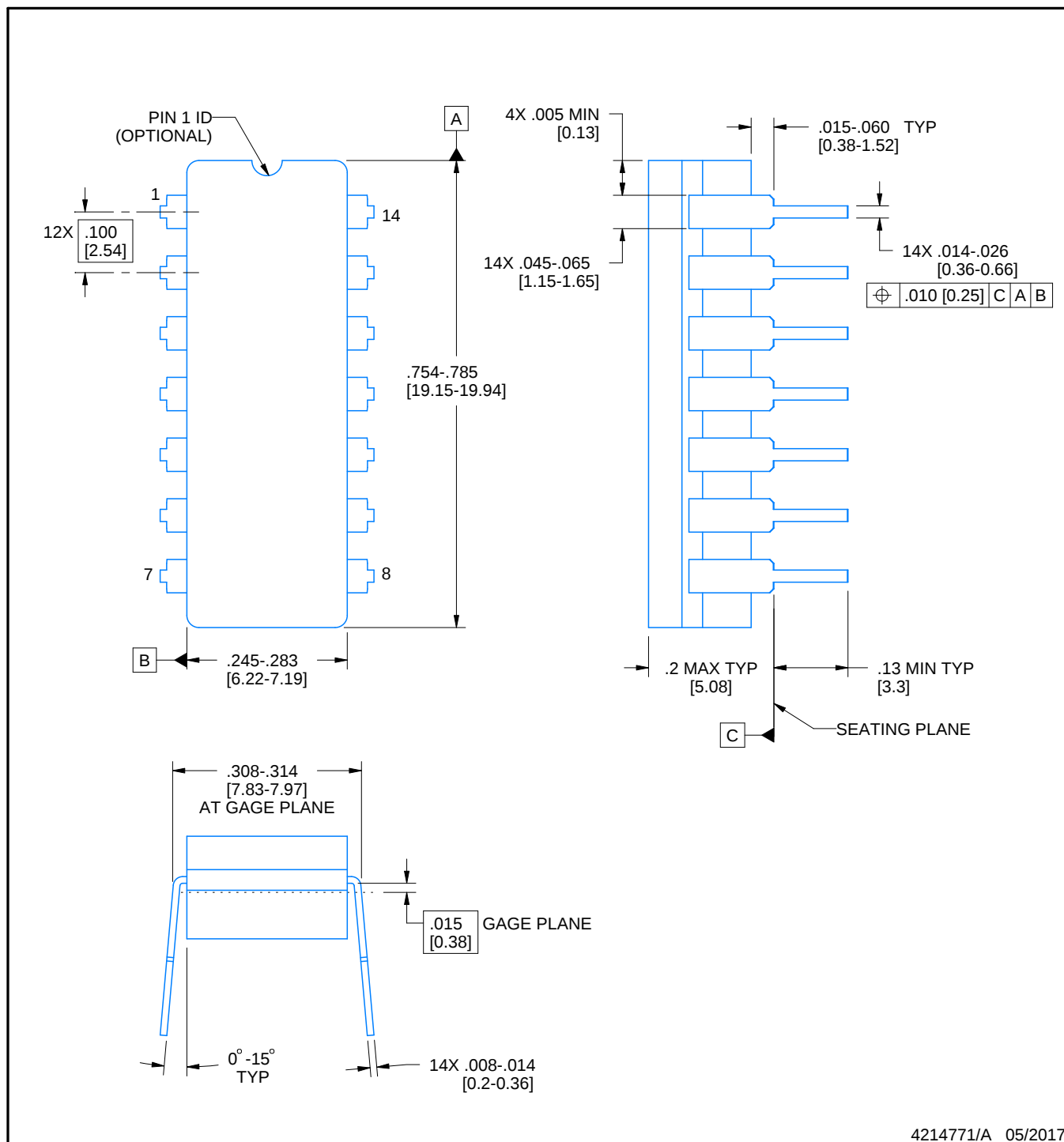


J0014A

PACKAGE OUTLINE

CDIP - 5.08 mm max height

CERAMIC DUAL IN LINE PACKAGE



4214771/A 05/2017

NOTES:

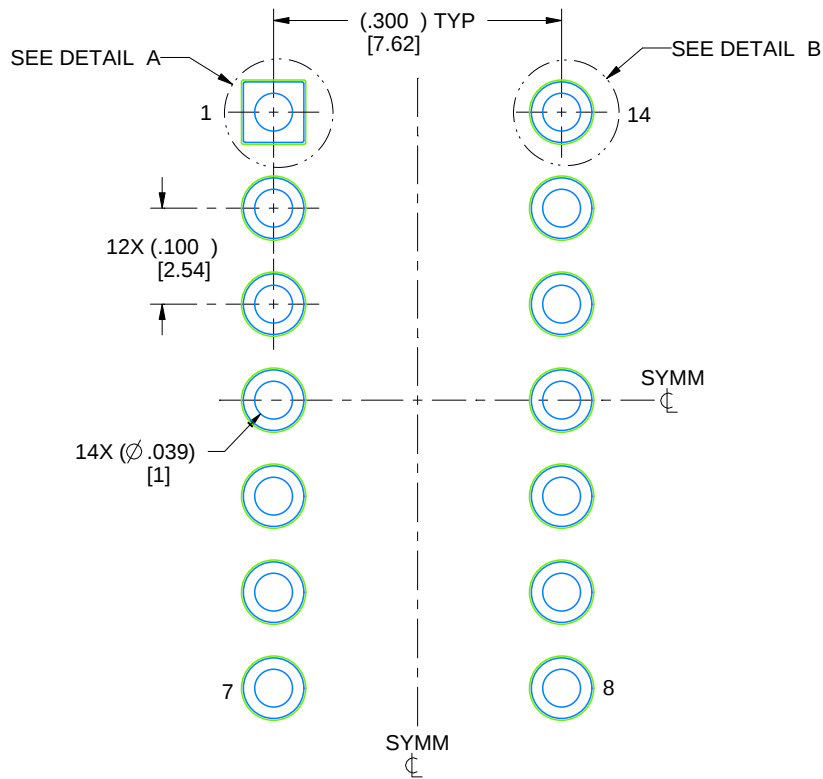
1. All controlling linear dimensions are in inches. Dimensions in brackets are in millimeters. Any dimension in brackets or parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
4. Index point is provided on cap for terminal identification only and on press ceramic glass frit seal only.
5. Falls within MIL-STD-1835 and GDIP1-T14.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

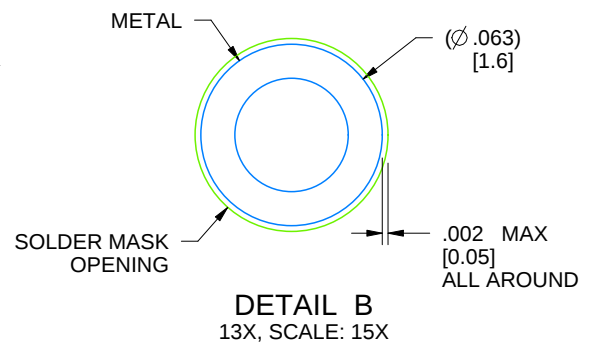
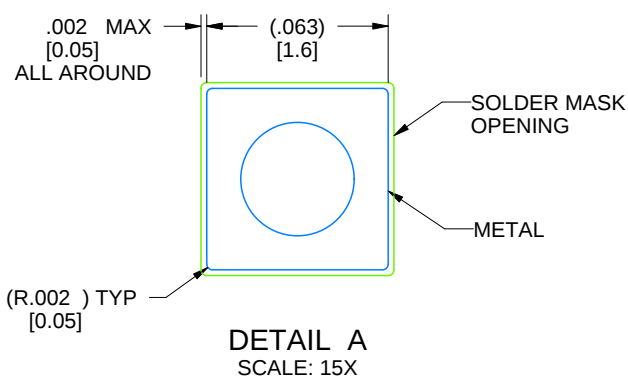
J0014A

CDIP - 5.08 mm max height

CERAMIC DUAL IN LINE PACKAGE



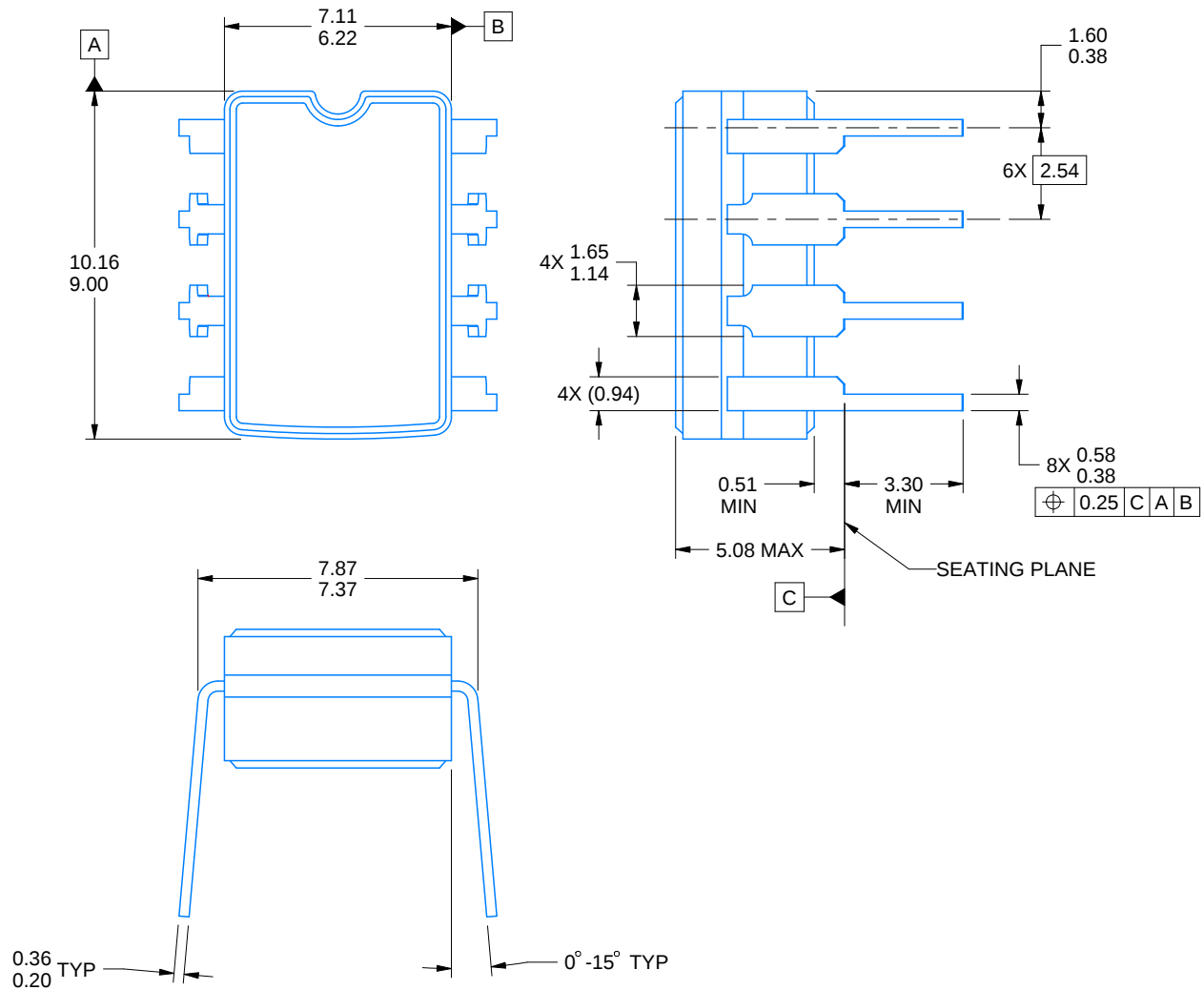
LAND PATTERN EXAMPLE
NON-SOLDER MASK DEFINED
SCALE: 5X



4214771/A 05/2017

JG0008A**PACKAGE OUTLINE****CDIP - 5.08 mm max height**

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



4230036/A 09/2023

NOTES:

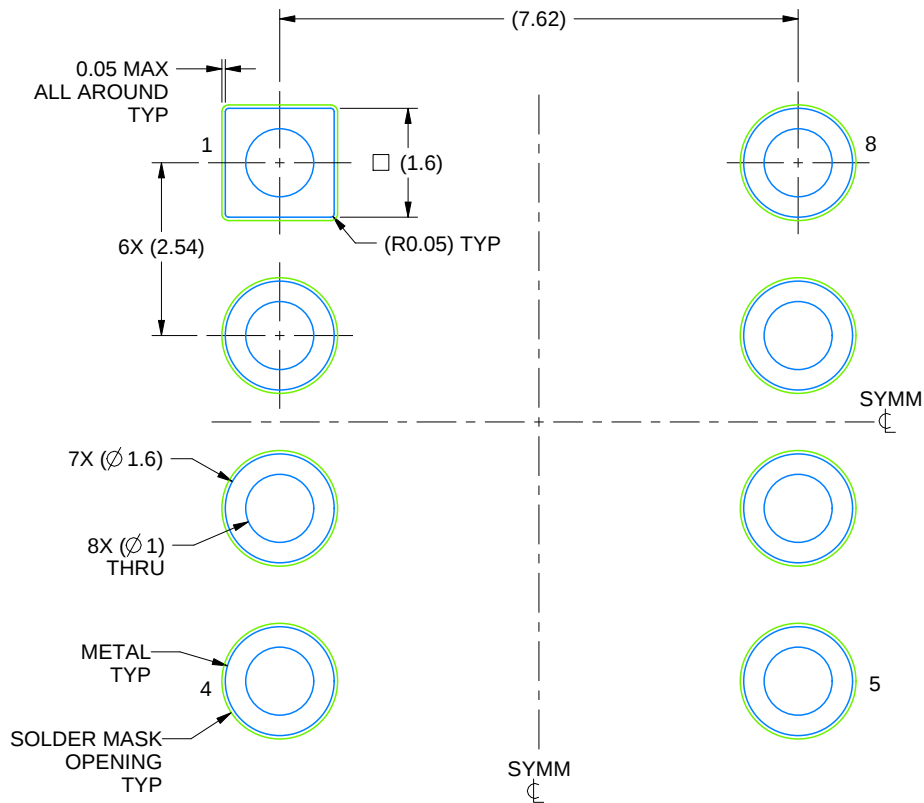
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This package can be hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
4. Index point is provided on cap for terminal identification.
5. Falls within MIL STD 1835 GDIP1-T8

EXAMPLE BOARD LAYOUT

JG0008A

CDIP - 5.08 mm max height

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



LAND PATTERN EXAMPLE
NON SOLDER MASK DEFINED
SCALE: 9X

4230036/A 09/2023

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月