



钜地半导体
Tudi Semiconductor

Product Specification

TUDI-LM2904

双路运算放大器

网址 www.sztdbdt.com Q

用芯智造 · 卓越品质

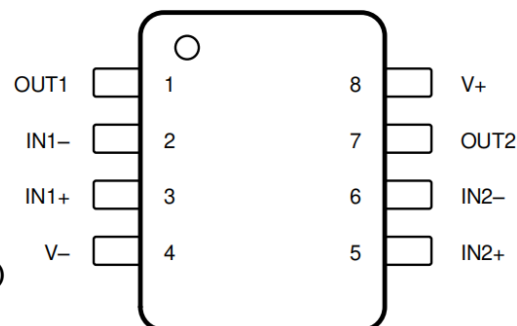
**semiconductor device
manufacturer**

- Design
- research and development
- production
- and sales



特性

- 符合面向汽车应用的 AEC Q-100 标准
 - 温度等级 1：-40 °C 至 +125 °C
 - 器件 HBM ESD 分类等级 2
 - 器件 CDM ESD 分类等级 C5
- 3V 至 36V 的宽电源电压范围 (LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1)
- 每通道电源电流为 300 μ A (LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1, 典型值)
- 单位增益带宽为 1.2 MHz (LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1)
- 共模输入电压范围包括接地, 支持近地直接感测
- 低输入失调电压在 25 °C 时为 2mV (LM2904BA-Q1, 最大值)
- 低输入失调电压在 25 °C 时为 3mV (LM2904B-Q1, 最大值)
- 内部射频和 EMI 滤波器 (LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1)
- 提供功能安全
 - 有助于进行功能安全系统设计的文档



D、DGK 和 PW 封装
8 引脚 SOIC、VSSOP 和 TSSOP

应用

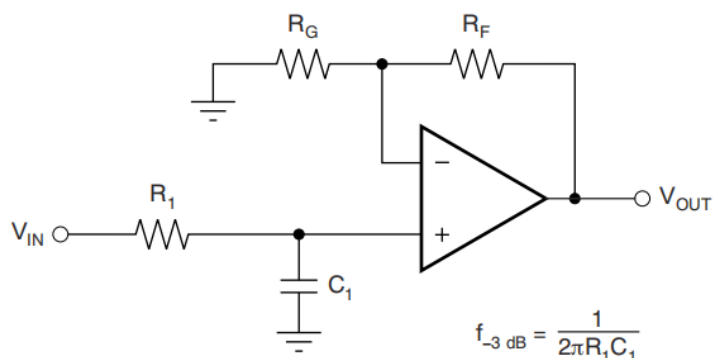
- 汽车照明
- 车身电子装置
- 汽车音响主机
- 远程信息处理控制单元
- 紧急呼叫 (eCall)
- 被动安全：制动系统
- 电动汽车/混合动力电动汽车：
 - 逆变器和电机控制
 - 车载充电器 (OBC) 和无线充电器
 - 电池管理系统 (BMS)

说明

LM2904-Q1、LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1 是符合 AEC-Q100 规范的业界通用运算放大器, 适合汽车应用。LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1 是 LM2904-Q1 的下一代版本, 包含两个高电压 (36V) 运算放大器。

LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1 为成本敏感型应用提供了卓越的价值, 其特性包括低失调电压 (最大值分别为 3mV 和 2mV)、对地共模输入范围和高差分输入电压能力。

LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1 利用单位增益稳定性、更低的失调电压（0.3mV，典型值）和更低的静态电流（300 μA，典型值）等增强型特性简化了电路设计。得益于高 ESD（2kV，HBM）及集成 EMI 和射频滤波器，LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1 器件可用于汽车市场中要求最为严苛、极具环境挑战性的应用。



$$\frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}}} = \left(1 + \frac{R_F}{R_G}\right) \left(\frac{1}{1 + sR_1 C_1}\right)$$

单极低通滤波器

表 6-1. 引脚功能

引脚 ⁽¹⁾		I/O	说明
名称	编号		
IN1 -	2	I	负输入
IN1+	3	I	正输入
IN2 -	6	I	负输入
IN2+	5	I	正输入
OUT1	1	O	输出
OUT2	7	O	输出
V -	4	—	负（最低）电源或接地（对于单电源供电）
V+	8	—	正（最高）电源

(1) 有关器件列表及器件采用的具体封装，请参阅节 5。

7 规格

7.1 绝对最大额定值

在工作环境温度范围内（除非另外注明）⁽¹⁾

			最小值	最大值	单位
电源电压, $V_S = (V_+ - V_-)$		LM2904B-Q1、LM2904BA-Q1		40	V
		LM2904V-Q1、LM2904AV-Q1		32	
		LM2904-Q1		26	
差分输入电压, V_{ID} ⁽²⁾		LM2904B-Q1、LM290BA-Q1、 LM2904V-Q1、LM2904AV-Q1	-32	32	V
		LM2904-Q1	- 26	26	
输入电压, V_I	任一输入	LM2904B-Q1、LM2904BA-Q1	-0.3	40	V
		LM2904V-Q1、LM2904AV-Q1	- 0.3	32	
		LM2904-Q1	-0.3	26	
输出对 V_- 短路 (一个放大器) 的持续时间 (在或低于 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_S \leq 15\text{V}$ 的条件下) ⁽³⁾			无限		s
工作环境温度, T_A			-40	125	$^{\circ}\text{C}$
运行虚拟结温, T_J				150	$^{\circ}\text{C}$
贮存温度, T_{stg}			-65	150	$^{\circ}\text{C}$

(1) 超出绝对最大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。长时间处于最大绝对额定情况下会影响设备的可靠性。

(2) 差分电压是相对于 IN_- 的 IN_+ 上的值。

(3) 从输出到电源引脚的短路会导致过热，并且最终会发生损坏。

7.2 ESD 等级

		值	单位
LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1			
V _(ESD) 静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 标准 ⁽¹⁾	±2000	V
	充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011	±1500	
LM2904-Q1、LM2904AV-Q1 和 LM2904V-Q1			
V _(ESD) 静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 标准 ⁽¹⁾	±1000	V
	充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011	±500	

(1) AEC Q100-002 指示 HBM 应力测试应当符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范。



7.3 建议运行条件

在工作环境温度范围内测得 (除非另外注明)

		最小值	最大值	单位	
V _S	电源电压, V _S = (V ₊ - V ₋)	LM2904B-Q1、LM2904BA-Q1	3	36	V
		LM2904AV-Q1、LM2904V-Q1	3	30	
		LM2904-Q1	3	26	
V _{CM}	共模电压	V -	(V ₊) - 2		V
T _A	工作环境温度	-40	125		°C

7.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		LM2904-Q1、LM2904AV-Q1、LM2904B-Q1、LM2904BA-Q1、LM2904V-Q1 ⁽²⁾			单位
		D (SOIC)	DGK (VSSOP)	PW (TSSOP)	
		8 引脚	8 引脚	8 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	124.7	186.1	171.7	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	66.9	77.1	68.8	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	67.9	107.7	99.2	°C/W
ψ _{JT}	结至顶部特征参数	19.2	17.2	11.5	°C/W
ψ _{JB}	结至电路板特征参数	67.2	106.1	97.9	°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](#)。

(2) 有关器件列表及器件采用的具体封装, 请参阅 [节 5](#)。



7.5 电气特性：LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1

在 $V_S = (V+) - (V-) = 5V - 36V (\pm 2.5V - \pm 18V)$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$ 、 $R_L = 10k\Omega$ (连接至 $V_S/2$) 条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位	
失调电压								
V _{OS}	输入失调电压	LM2904B-Q1			±0.3	±3.0	mV	
				T _A =-40°C 至 +125°C		±4		
		LM2904BA-Q1				±2.0	mV	
				T _A =-40°C 至 +125°C		±3.0		mV
dV _{OS} /dT	输入失调电压漂移			T _A = - 40°C 至 +125°C ⁽¹⁾		±3.5	12	μV/°C
PSRR	电源抑制比					±2	15	μV/V
	通道分离, 直流	f = 1 kHz 至 20kHz				±1		μV/V
输入电压范围								
V _{CM}	共模电压范围	V _S =3 V 至 36 V			(V -)	(V+) - 1.5	V	
		V _S =5 V 至 36 V		T _A = - 40°C 至 +125°C		(V -)		(V+) - 2
CMRR	共模抑制比	(V -) ≤ V _{CM} ≤ (V+) - 1.5V	V _S =3 V 至 36 V			20	100	μV/V
		(V -) ≤ V _{CM} ≤ (V+) - 2.0V	V _S =5 V 至 36 V	T _A = - 40°C 至 +125°C		25	316	
输入偏置电流								
I _B	输入偏置电流				±10	±35	nA	
				T _A = - 40°C 至 +125°C ⁽¹⁾		±50		
I _{OS}	输入失调电流				0.5	4	nA	
				T _A = - 40°C 至 +125°C ⁽¹⁾		5		
dI _{OS} /dT	输入失调电流漂移			T _A =-40°C 至 +125°C		10		pA/°C
噪声								
E _n	输入电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz				3		μV _{PP}
e _n	输入电压噪声密度	f = 1kHz				40		nV/ √/Hz
输入阻抗								
Z _{ID}	差分					10 0.1		M Ω pF
Z _{IC}	共模					4 1.5		G Ω pF
开环增益								
A _{OL}	开环电压增益	V _S = 15V ; V _O = 1V 至 11V ; R _L ≥ 10kΩ , 连接至 (V-)			70	140	V/mV	
				T _A = - 40°C 至 +125°C		35		
频率响应								
GBW	增益带宽积					1.2		MHz
SR	压摆率	G = +1				0.5		V/μs
θ _m	相位裕度	G = +1 , R _L = 10k Ω , C _L = 20pF				56		°
t _{OR}	过载恢复时间	V _{IN} × 增益 > V _S				10		μs
t _s	建立时间	精度达到 0.1% , V _S = 5V , 2V 阶跃 , G = +1 , C _L = 100pF				4		μs
THD+N	总谐波失真 + 噪声	G = +1 , f = 1kHz , V _O = 3.53V _{RMS} , V _S = 36V , R _L = 100k , I _{OUT} ≤ ±50μA , BW = 80kHz				0.001%		
输出								
V _O	相对于电源轨的电压输出摆幅	正电源轨 (V+)		I _{OUT} = 50μA	1.35	1.42	V	
				输出电流 = 1 mA		1.4		1.48
				I _{OUT} = 5mA ⁽¹⁾		1.5		1.61
		负电源轨 (V-)		I _{OUT} = 50μA	100	150	mV	
				输出电流 = 1 mA		0.75	1	V
				V _S = 5V , R _L ≤ 10kΩ 连接到 (V -)		T _A = - 40°C 至 +125°C	5	20
I _O	输出电流	V _S = 15V ; V _O = V- ; V _{ID} = 1V	拉电流 ⁽¹⁾		-20	-30	mA	
			T _A = - 40°C 至 +125°C		-10			
		V _S = 15V ; V _O = V+ ; V _{ID} = 1V	灌电流 ⁽¹⁾		10	20		
			T _A = - 40°C 至 +125°C		5			
		V _{ID} = -1V ; V _O = (V-) + 200mV				60	100	μ A
I _{SC}	短路电流	V _S = 20V , (V+) = 10V , (V-) = -10V , V _O = 0V				±40	±60	mA



7.5 电气特性：LM2904B-Q1 和 LM2904BA-Q1 (continued)

在 $V_S = (V+) - (V-) = 5V - 36V (\pm 2.5V - \pm 18V)$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $V_{CM} = V_{OUT} = V_S/2$ 、 $R_L = 10k$ (连接至 $V_S/2$) 条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
C_{LOAD}	容性负载驱动			100		pF
R_O	开环输出电阻	$f=1MHz, I_O = 0A$		300		Ω
电源						
I_Q	每个放大器的静态电流	$V_S = 5V, I_O = 0A$		300	460	μA
		$V_S = 36V, I_O = 0A$			800	

(1) 仅由特征确定。



7.6 电气特性：LM2904-Q1、LM2904AV-Q1、LM2904V-Q1

在 $V_S = (V^+) - (V^-) = 5V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $R_L = 10k\Omega$ (连接至 V^-) 条件下测得 (除非另外说明)

参数		测试条件 ⁽¹⁾		最小值	典型值	最大值	单位
失调电压							
V _{OS}	输入失调电压	V _S = 5V 至最大值； V _{CM} = 0V；V _O = 1.4V	LM2904-Q1、 LM2904V-A1		±3	±7	mV
				T _A = - 40°C 至 125°C		±10	
			LM2904AV-Q1		±1	±2	
				T _A = - 40°C 至 125°C		±4	
dV _{OS} /dT	输入失调电压漂移			T _A = - 40°C 至 125°C	±7		μV/°C
PSRR	输入失调电压与电源电压间的关系 (ΔV _{IO} /ΔV _S)	V _S =5 V 至 30 V			65	100	dB
V _{O1} /V _{O2}	通道分离	f = 1 kHz 至 20kHz			120		dB
输入电压范围							
V _{CM}	共模电压范围	V _S = 5V 至最大值		(V -)	(V+) - 1.5		V
			T _A = - 40°C 至 125°C	(V -)	(V+) - 2		
CMRR	共模抑制比	V _S = 5V 至最大值；V _{CM} = 0V			65	80	dB
输入偏置电流							
I _B	输入偏置电流	V _O = (V -) + 1.4V			-20	-250	nA
			T _A = - 40°C 至 125°C		- 500		
I _{OS}	输入失调电流	V _O = (V -) + 1.4V	LM2904-Q1		2	50	nA
				T _A = - 40°C 至 125°C		300	
			LM2904AV-Q1、 LM2904V-Q1		2	50	
				T _A = - 40°C 至 125°C		150	
dI _{OS} /dT	输入失调电流漂移			T _A = - 40°C 至 125°C	10		pA/°C
噪声							
e _n	输入电压噪声密度	f = 1kHz			40		nV/√Hz
开环增益							
A _{OL}	开环电压增益	V _S = 15V；V _O = (V -) + 1V 至 (V -) + 11V；R _L ≥ 2kΩ， 连接至 (V -)		25	100		V/mV
			T _A = - 40°C 至 125°C	15			
频率响应							
GBW	增益带宽积				0.7		MHz
SR	压摆率	G = +1			0.3		V/μs
输出							
V _O	自电源轨的电压输出摆幅	正电源轨	R _L ≥ 10kΩ		V _S - 1.5		V
				LM2904-Q1	V _S = 最大值； R _L = 2kΩ	4	
			LM2904AV-Q1、 LM2904V-Q1	V _S = 最大值； R _L ≥ 10kΩ	3	2	
				V _S = 最大值； R _L = 2kΩ	6		
		负电源轨	V _S = 最大值； R _L ≥ 10kΩ		5	4	mV
				V _S = 5V； R _L ≤ 10kΩ	5	20	
			T _A = - 40°C 至 125°C				
I _O	输出电流	V _S = 15V；V _O = V - ；V _{ID} = 1V	拉电流		-20	- 30	mA
				T _A = - 40°C 至 125°C	-10		
		V _S = 15V；V _O = V+； V _{ID} = - 1V	灌电流		10	20	
				T _A = - 40°C 至 125°C	5		
		V _{ID} = - 1V；V _O = (V -) + 200mV	LM2904-Q1		30		μA
			LM2904AV-Q1、LM2904V-Q1		12 40		



7.6 电气特性：LM2904-Q1、LM2904AV-Q1、LM2904V-Q1 (continued)

在 $V_S = (V_+) - (V_-) = 5V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 、 $R_L = 10k\Omega$ (连接至 V_-) 条件下测得 (除非另外说明)

参数	测试条件 ⁽¹⁾	最小值	典型值	最大值	单位
I_{SC} 短路电流	$V_S = 10V$; $V_O = V_S/2$		± 40	± 60	mA
电源					
I_Q 每个放大器的静态电流	$V_O = V_S/2$; $I_O = 0A$	$T_A = -40^\circ C$ 至 $125^\circ C$		350	μA
	$V_S = \text{最大值}$; $V_O = \text{最大值}/2$; $I_O = 0A$			500	
				600	
				1000	

(1) 除非另有说明，否则所有特性均在零共模输入电压下测得。对于 LM2904-Q1，用于测试目的的最大 V_S 为 26V，对于 LM2904AV-Q1/LM2904V-Q1 则为 32V。

8 参数测量信息

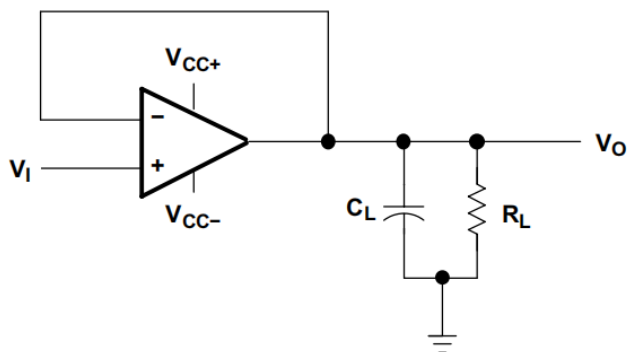


图 8-1. 单位增益放大器

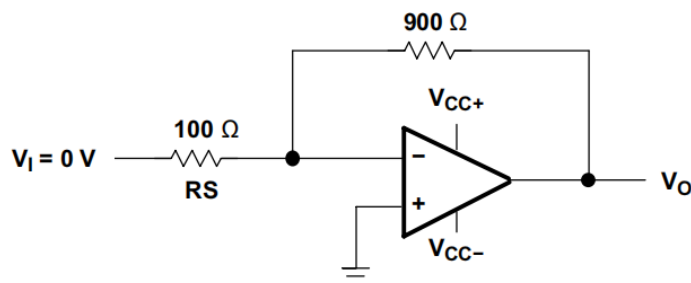


图 8-2. 噪声测试电路

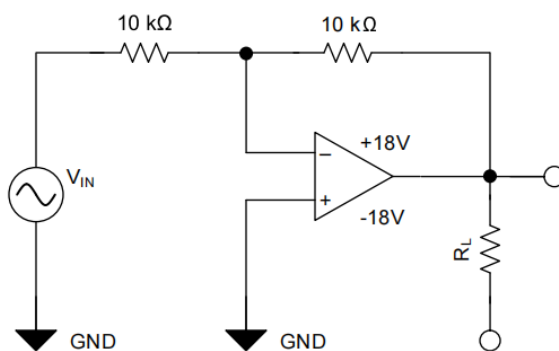


图 8-3. THD+N 和小信号阶跃响应的测试电路 ($G = -1$)

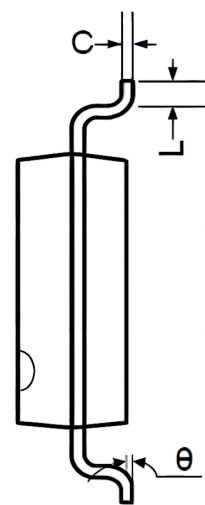
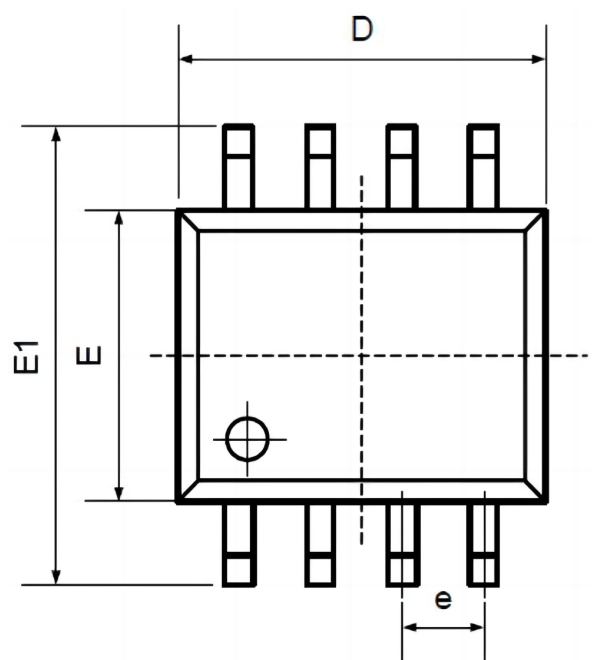


ORDERING INFORMATION

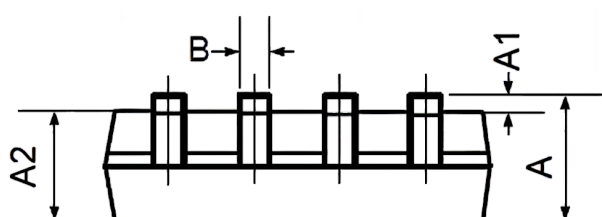
Order Number	Package	Package Quantity	Marking On The park
LM2904AVQDRQ1-TUDI	SOP8	Tape,Reel,2500	2904AVQ
LM2904AVQPWRQ1-TUDI	TSSOP8	Tape,Reel,2500	2904AVQ
LM2904BAQDGKRQ1-TUDI	MSOP8	Tape,Reel,2500	2EMB
LM2904BAQDRQ1-TUDI	SOP8	Tape,Reel,2500	2904BA
LM2904BAQPWRQ1-TUDI	TSSOP8	Tape,Reel,2500	294BAQ
LM2904BQDGKRQ1-TUDI	MSOP8	Tape,Reel,2500	27ZB
LM2904BQDRQ1-TUDI	SOP8	Tape,Reel,2500	2904BQ
LM2904BQPWRQ1-TUDI	TSSOP8	Tape,Reel,2500	2904BQ
LM2904BTQDGKRQ1-TUDI	MSOP8	Tape,Reel,2500	4BTQ
LM2904BTQDRQ1-TUDI	SOP8	Tape,Reel,2500	2904TQ
LM2904BTQPWRQ1-TUDI	TSSOP8	Tape,Reel,2500	2904BT
LM2904QDRQ1-TUDI	SOP8	Tape,Reel,2500	2904Q1
LM2904QPWRQ1-TUDI	TSSOP8	Tape,Reel,2500	2904Q1
LM2904VQDRQ1-TUDI	SOP8	Tape,Reel,2500	2904VQ1
LM2904VQPWRQ1-TUDI	TSSOP8	Tape,Reel,2500	2904VQ



Package SOP8

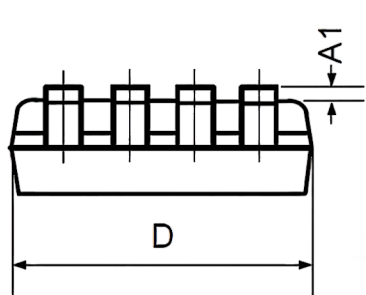
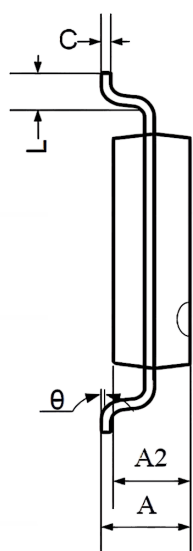
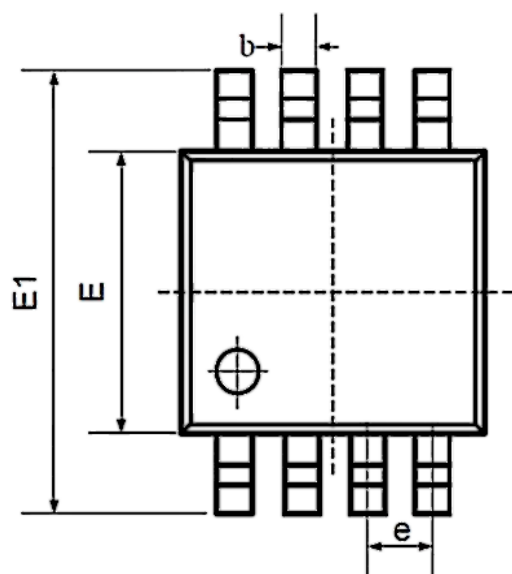


Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
B	0.330	0.510	0.013	0.020
C	0.190	0.250	0.007	0.010
D	4.780	5.000	0.188	0.197
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.300	0.228	0.248
e	1.270TYP		0.050TYP	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°



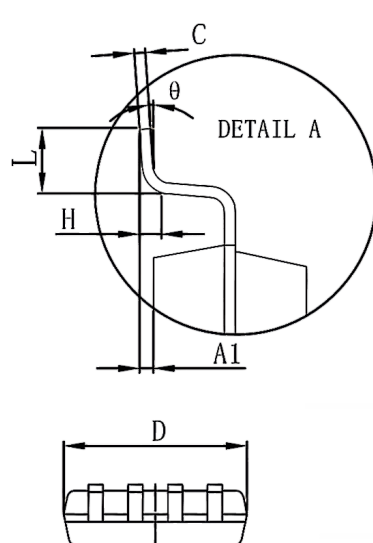
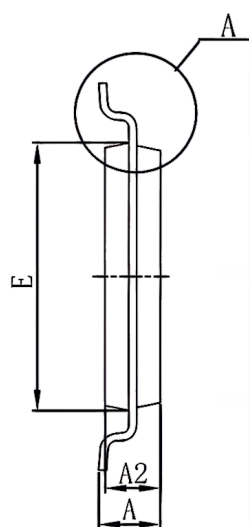
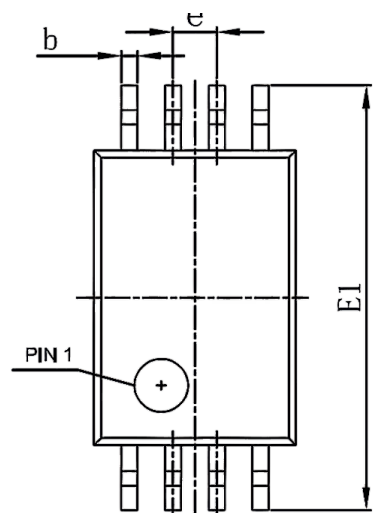


Package MSOP8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.800	1.200	0.031	0.047
A1	0.000	0.200	0.000	0.008
A2	0.760	0.970	0.030	0.038
b	0.30 TYP		0.012 TYP	
C	0.15 TYP		0.006 TYP	
D	2.900	3.100	0.114	0.122
e	0.65 TYP		0.026 TYP	
E	2.900	3.100	0.114	0.122
E1	4.700	5.100	0.185	0.201
L	0.410	0.650	0.016	0.026
θ	0°	6°	0°	6°

Package TSSOP8



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
D	2.900	3.100	0.114	0.122
E	4.300	4.500	0.169	0.177
b	0.190	0.300	0.007	0.012
C	0.090	0.200	0.004	0.008
E1	6.250	6.550	0.246	0.258
A		1.200		0.047
A2	0.800	1.000	0.031	0.039
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
e	0.65(BSC)		0.026(BSC)	
L	0.500	0.700	0.020	0.028
H	0.25(TYP)		0.01(TYP)	
θ	1°		1°	



Important statement:

- TUDI Semiconductor reserves the right to modify the product manual without prior notice! Before placing an order, customers need to confirm whether the obtained information is the latest version and verify the completeness of the relevant information.
- Any semi-guide product is subject to failure or malfunction under specified conditions. It is the buyer's responsibility to comply with safety standards when using TUDI Semiconductor products for system design and whole machine manufacturing. And take the appropriate safety measures to avoid the potential in the risk of loss of personal injury or loss of property situation!
- TUDI Semiconductor products have not been licensed for life support, military, and aerospace applications, and therefore TUDI Semiconductor is not responsible for any consequences arising from the use of this product in these areas.
- If any or all TUDI Semiconductor products (including technical data, services) described or contained in this document are subject to any applicable local export control laws and regulations, they may not be exported without an export license from the relevant authorities in accordance with such laws.
- The specifications of any and all TUDI Semiconductor products described or contained in this document specify the performance, characteristics, and functionality of said products in their standalone state, but do not guarantee the performance, characteristics, and functionality of said products installed in Customer's products or equipment. In order to verify symptoms and conditions that cannot be evaluated in a standalone device, the Customer should ultimately evaluate and test the device installed in the Customer's product device.
- TUDI Semiconductor documentation is only allowed to be copied without any alteration of the content and with the relevant authorization. TUDI Semiconductor assumes no responsibility or liability for altered documents.
- TUDI Semiconductor is committed to becoming the preferred semiconductor brand for customers, and TUDI Semiconductor will strive to provide customers with better performance and better quality products.