

## 高精度缓冲参考电压

### 特性

- 最大温度系数：50 ppm/°C (-40°C至+125°C)
- 初始精度：0.1%
- 工作温度范围：-40°C至+125°C
- 低工作电流典型值：140 μA
- 线路稳定度：最大为50 ppm/V
- 负载稳定度：最大为40 ppm/mA
- 8种电压可供选择：
  - 1.024V
  - 1.250V
  - 1.800V
  - 2.048V
  - 2.500V
  - 3.000V
  - 3.300V
  - 4.096V
- 输出噪声（10 Hz至10 kHz）：< 0.1 μV<sub>P-P</sub>

### 应用

- 高精度数据采集系统
- 高分辨率数据转换器
- 医疗设备应用
- 工业控制
- 电池供电设备

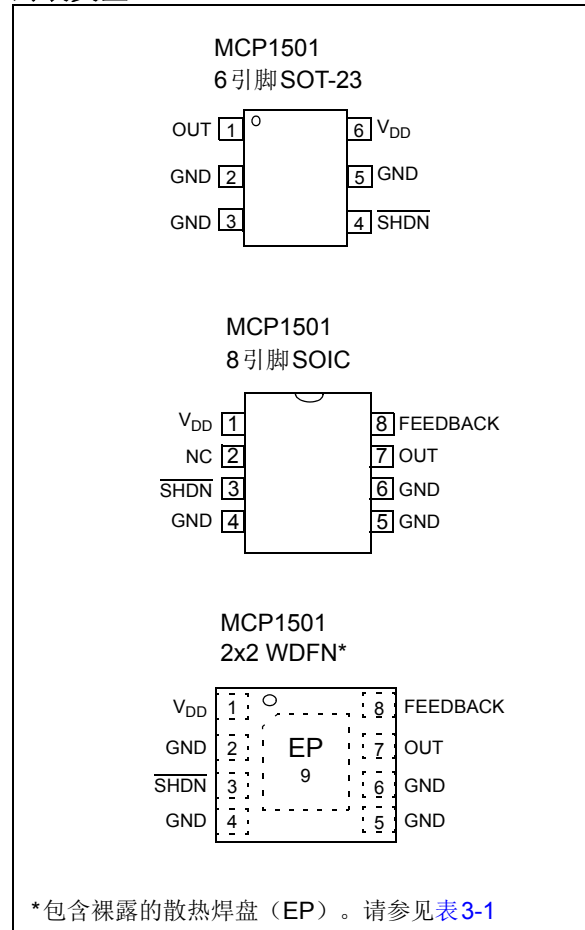
### 简介

MCP1501是一款具有20 mA灌/拉电流能力的缓冲参考电压器件。该器件是一种基于带隙的低漂移参考电压器件。带隙使用基于斩波的放大器，可将漂移有效降低为零。

MCP1501提供以下封装：

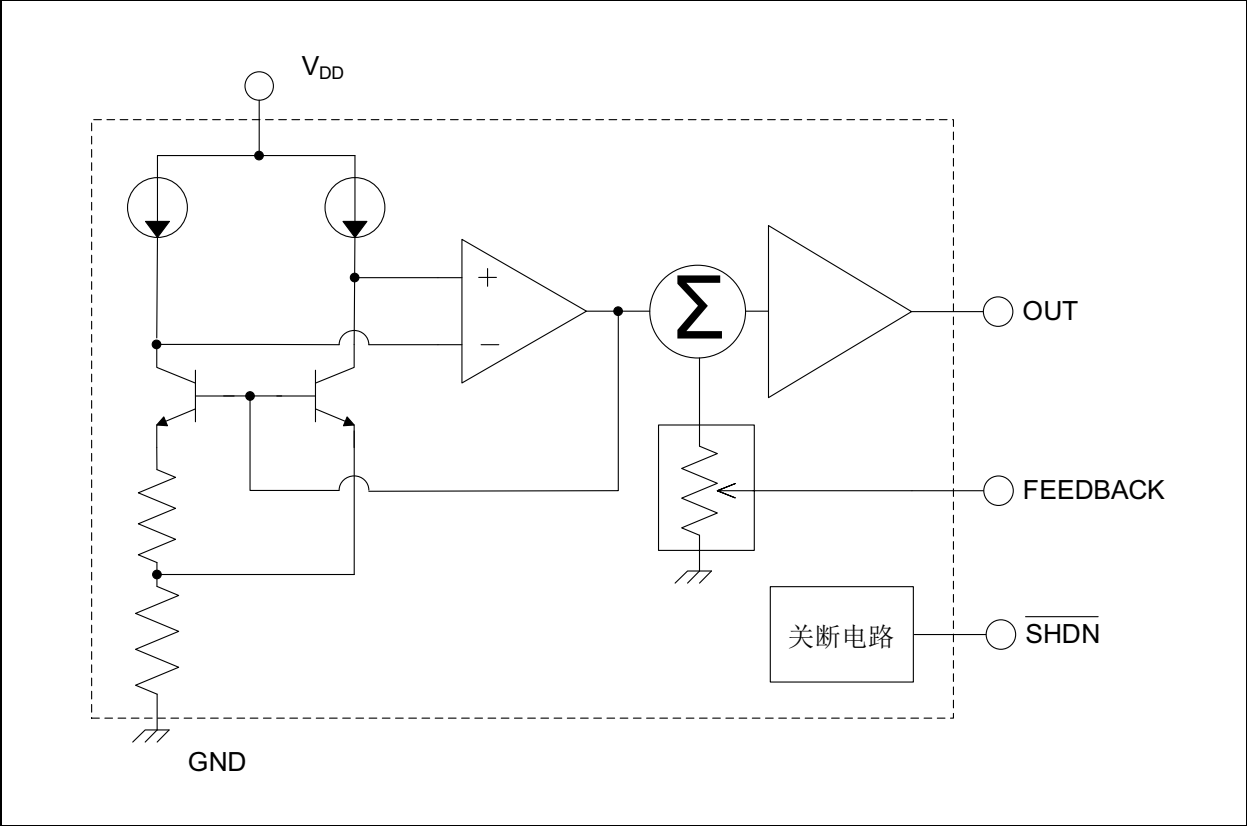
- 6引脚SOT-23
- 8引脚SOIC
- 8引脚2 mm x 2 mm WDFN

### 封装类型



# MCP1501

框图



## 1.0 电气特性

### 绝对最大值 (†)

$V_{DD}$ .....	5.5V
流入 $V_{DD}$ 引脚的最大电流.....	30 mA
钳位电流 $I_K$ ( $V_{PIN} < 0$ 或 $V_{PIN} > V_{DD}$ ).....	$\pm 20$ mA
OUTPUT引脚的最大输出灌电流.....	30 mA
OUTPUT引脚的最大输出拉电流.....	30 mA
(HBM:CDM:MM).....	(2 kV: $\pm 1.5$ kV:200V)

†注：如果器件的工作条件超过上述“绝对最大值”，可能对器件造成永久性损坏。上述数值仅是工作条件最大值，我们建议不要使器件工作在最大值甚至超过最大值的条件下。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

表1-1： 直流特性

电气特性：除非另外说明，否则 $V_{DD(MIN)} \leq V_{DD} \leq 5.5V$ ，温度范围为 $-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ 。							
特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件	
电源电压	$V_{DD}$	1.65	—	5.5	V	MCP1501-10	
	$V_{DD}$	1.7	—	5.5	V	MCP1501-12	
	$V_{DD}$	2.0	—	5.5	V	MCP1501-18	
	$V_{DD}$	2.25	—	5.5	V	MCP1501-20	
	$V_{DD}$	2.70	—	5.5	V	MCP1501-25	
	$V_{DD}$	3.2	—	5.5	V	MCP1501-30	
	$V_{DD}$	3.5	—	5.5	V	MCP1501-33	
	$V_{DD}$	4.3	—	5.5	V	MCP1501-40	
上电复位释放电压	$V_{POR}$	—	1.45	—	V		
上电复位重新激活电压	—	—	0.8	—	V		
输出电压	MCP1501-10	$V_{OUT}$	1.0232	1.024	1.0248	V	
	MCP1501-12		1.2490	1.250	1.2510	V	
	MCP1501-18		1.7985	1.800	1.8015	V	
	MCP1501-20		2.0460	2.048	2.0500	V	
	MCP1501-25		2.4980	2.500	2.5020	V	
	MCP1501-30		2.9975	3.000	3.0025	V	
	MCP1501-33		3.2975	3.300	3.3025	V	
	MCP1501-40		4.0925	4.096	4.0995	V	
温度系数	MCP1501-XX	$T_C$	—	10	50	ppm/ $^\circ C$	
线路稳定度		$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}}$	—	—	50	ppm/V	
负载稳定度		$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{OUT}}$	—	—	40 ppm ——灌 电流 70 ppm ——拉 电流	ppm/mA	$-5 \text{ mA} < I_{LOAD} < +5 \text{ mA}$
压差		$V_{DO}$	—	—	200	mV	$-5 \text{ mA} < I_{LOAD} < +2 \text{ mA}$
电源抑制比		PSRR		94 dB			1.024V选项, $V_{IN} = 5.5V$ , 100 mV <sub>P-P</sub> 时为1 kHz

# MCP1501

**表1-1: 直流特性 (续)**

电气特性: 除非另外说明, 否则 $V_{DD(MIN)} \leq V_{DD} \leq 5.5V$ , 温度范围为 $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$ 。							
特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件	
关断	$V_{IL}$		1.35			$V_{IN} = 5.5V$	
	$V_{IH}$		3.80				
输出电压滞后	$\Delta V_{OUT\_HYST}$		300 $\mu V$			有关测试条件的更多详细信息, 请参见第1.1.10节“输出电压滞后”。	
输出噪声	MCP1501-10	$e_N$	—	0.1	—	$\mu V_{P-P}$	0.1 Hz至10 Hz, $T_A = +25^{\circ}C$
			—	5	—		10 Hz至10 kHz, $T_A = +25^{\circ}C$
	MCP1501-20	$e_N$	—	0.1	—	$\mu V_{P-P}$	0.1 Hz至10 Hz, $T_A = +25^{\circ}C$
			—	10	—		10 Hz至10 kHz, $T_A = +25^{\circ}C$
	MCP1501-40	$e_N$	—	0.1	—	$\mu V_{P-P}$	0.1 Hz至10 Hz, $T_A = +25^{\circ}C$
			—	20	—		10 Hz至10 kHz, $T_A = +25^{\circ}C$
最大负载电流	$I_{LOAD}$	—	$\pm 20$	—	mA	$T_A = +25^{\circ}C$ 2.048V选项	
电源电流		$I_{DD}$	—	140	550	$\mu A$	无负载
			—	—	350		无负载, $T_A = +25^{\circ}C$
关断电流	MCP1501-10	$I_{SHDN}$		205		nA	$T_A = +25^{\circ}C$
	MCP1501-20			185			
	MCP1501-40			185			

**表1-2: 温度规范**

电气规范: 除非另外说明, 否则所有参数的适用条件均为 $AV_{DD}$ 和 $DV_{DD} = 2.7$ 至 $3.6V$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>温度范围</b>						
工作温度范围	$T_A$	-40	—	+125	$^{\circ}C$	
存储温度范围	$T_A$	-65	—	+150	$^{\circ}C$	
<b>封装热阻</b>						
SOT-23-6的热阻	$\theta_{JA}$	—	+190.5	—	$^{\circ}C/W$	
SOIC-8的热阻	$\theta_{JA}$	—	+149.5	—	$^{\circ}C/W$	
DFN-8的热阻	$\theta_{JA}$	—	+141.3	—	$^{\circ}C/W$	

## 1.1 术语

### 1.1.1 输出电压

输出电压是指OUT引脚上提供的参考电压。

### 1.1.2 输入电压

输入电压 ( $V_{IN}$ ) 是指可施加到  $V_{DD}$  引脚上且仍能使器件在OUT引脚上生成指定输出电压的电压范围。

### 1.1.3 温度系数 ( $TC_{OUT}$ )

输出温度系数或电压漂移用于衡量输出电压因环境温度变化而相对于其初始值的变化。电气规范中规定的值按公式1-1所示测量。

#### 公式1-1: $TC_{OUTPUT}$ 计算

$$TC_{OUT} = \frac{OUT_{MAX} - OUT_{MIN}}{\Delta T \times OUT_{NOM}} \times 10^6 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$$

其中:

- $OUT_{MAX}$  = 整个温度范围内的最大输出电压
- $OUT_{MIN}$  = 整个温度范围内的最小输出电压
- $OUT_{NOM}$  = 整个温度范围内的平均输出电压
- $\Delta T$  = 数据收集过程中的温度范围

### 1.1.4 压差

压差的定义为带负载时  $V_{DD}$  和  $V_{OUT}$  之间的电压差。公式1-2用于计算压差。

#### 公式1-2:

$$V_{DO} = V_{IN} - V_{OUT} | I_{OUT} = \text{常量}$$

### 1.1.5 线路稳定度

无论输入电压如何变化, 理想的参考电压器件都将维持恒定的输出电压。但对于实际的器件, 如果输入电压发生变化, 输出上可能会测量到微小误差。

线路稳定度的定义为输出电压变化 ( $\Delta V_{OUT}$ ) 与输入电压变化 ( $\Delta V_{IN}$ ) 之间的关系, 用百分比表示, 如公式1-3所示。

#### 公式1-3:

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \times 100\% = \text{线路稳定度百分比}$$

线路稳定度也可表示为%/V或ppm/V, 分别如公式1-4和公式1-5所示。

#### 公式1-4:

$$\frac{\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{OUT(NOM)}} \right)}{\Delta V_{IN}} \times 100\% = \frac{\%}{V} \text{ 线路稳定度}$$

#### 公式1-5:

$$\frac{\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{OUT(NOM)}} \right)}{\Delta V_{IN}} \times 10^6 = \frac{\text{ppm}}{V} \text{ 线路稳定度}$$

例如, 如果设计中采用MCP1501-20, 在输入变化250 mV时测得输出电压变化了2  $\mu$ V, 则用%、ppm、%/V和ppm/V表示的误差分别如公式1-6–公式1-9所示。

#### 公式1-6:

$$\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \times 100\% \right) \times \left( \frac{2 \mu\text{V}}{250 \text{ mV}} \times 100\% \right) = .0008\%$$

#### 公式1-7:

$$\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \times 10^6 \right) \times \left( \frac{2 \mu\text{V}}{250 \text{ mV}} \times 10^6 \right) = 8 \text{ ppm}$$

#### 公式1-8:

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \times 100\% = \left( \frac{\left( \frac{2 \mu\text{V}}{2.048 \text{ V}} \right)}{250 \text{ mV}} \right) \times 100\% = 0.000390625 \frac{\%}{V}$$

#### 公式1-9:

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} \times 10^6 = \left( \frac{\left( \frac{2 \mu\text{V}}{2.048 \text{ V}} \right)}{250 \text{ mV}} \right) \times 10^6 = 3.90625 \frac{\text{ppm}}{V}$$

# MCP1501

## 1.1.6 负载稳定度

无论负载的电流需求如何，理想的参考电压器件都将维持指定的输出电压。但实际器件在带有负载时，其输出电压会与指定的输出电压之间存在微小误差。

负载稳定度定义为无负载条件下 ( $V_{OUT} @ I_{OUT|0}$ ) 与最大负载条件下 ( $V_{OUT} @ I_{OUT|MAX}$ ) 的电压差，用百分比表示，如公式 1-10 所示。

### 公式 1-10:

$$\frac{V_{OUT} @ I_{OUT|0} - V_{OUT} @ I_{OUT|MAX}}{V_{OUT} @ I_{OUT|MAX}} \times 100\% = \text{负载稳定度百分比}$$

与线路稳定度相似，负载稳定度也可表示为 %/mA 或 ppm/mA，分别如公式 1-11 和公式 1-12 所示。

### 公式 1-11:

$$\frac{\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{OUT(NOM)}} \right)}{\Delta I_{OUT}} \times 100\% = \frac{\%}{mA} \text{ 线路稳定度}$$

### 公式 1-12:

$$\frac{\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{OUT(NOM)}} \right)}{\Delta I_{OUT}} \times 10^6 = \frac{ppm}{mA} \text{ 负载稳定度}$$

例如，如果设计中采用 MCP1501-20，在输入变化 2 mA 时测得输出电压变化了 10  $\mu$ V，则用 %、ppm、%/V 和 ppm/V 表示的误差分别如公式 1-13–公式 1-16 所示。

### 公式 1-13:

$$\frac{2.048V - 2.04799V}{2.04799V} \times 100\% = .0004882\%$$

### 公式 1-14:

$$\frac{2.048V - 2.04799V}{2.04799V} \times 10^6 = \left( \frac{2.048V - 2.04799V}{2.04799V} \times 10^6 \right) = 4.882 \text{ ppm}$$

### 公式 1-15:

$$\frac{\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{V_{OUT(NOM)}} \right)}{\Delta I_{OUT}} \times 100\% = \left( \frac{\left( \frac{10 \mu V}{2.048V} \right)}{2 mA} \right) \times 100\% = 0.2441 \frac{\%}{mA}$$

### 公式 1-16:

$$\frac{\left( \frac{\Delta V_{OUT}}{V_{OUT(MAX)}} \right)}{\Delta I_{OUT}} \times 10^6 = \left( \frac{\left( \frac{10 \mu V}{2.048V} \right)}{2 mA} \right) \times 10^6 = 0.2441 \frac{ppm}{mA}$$

## 1.1.7 输入电流

输入电流（工作电流）是指输出引脚上没有负载电流时从 $V_{IN}$ 灌入GND的电流。该电流受温度、输入电压、输出电压和负载电流的影响。

## 1.1.8 电源抑制比

电源抑制比（Power Supply Rejection Ratio, PSRR）用于衡量不同频率下输出电压变化（ $\Delta V_{OUT}$ ）相对于输入电压变化（ $\Delta V_{IN}$ ）的情况。

## 1.1.9 长期漂移

长期输出稳定度的测量条件：将器件暴露于+25°C环境温度（如图2-18所示）下并采用如图1-1所示的电路配置。在本测试中，器件的所有电气规范均在+25°C的温度下定期测量。

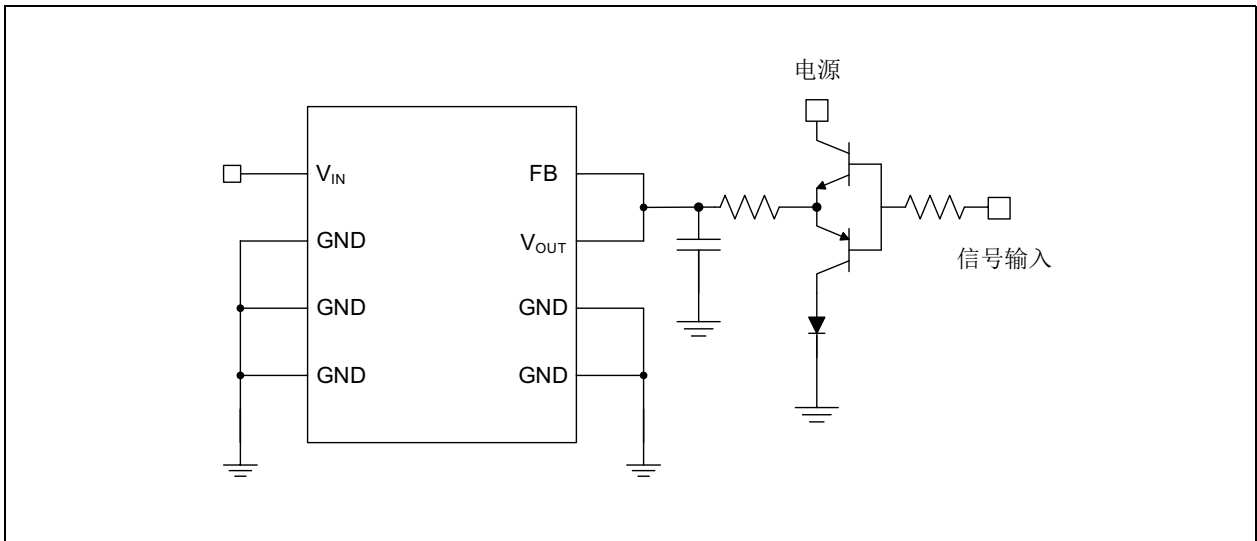


图1-1： 长期漂移测试电路

## 1.1.10 输出电压滞后

输出电压滞后用于衡量上电器件在整个工作温度范围内温度变化后的输出电压误差。滞后量可通过在下列两种情况下测量+25°C输出电压的变化量来进行量化：温度从+25°C上升到+125°C再回到+25°C以及温度从+25°C下降到-40°C再回到+25°C。

# MCP1501

---

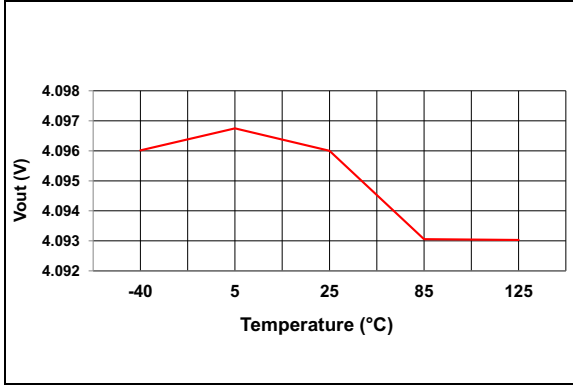
注:



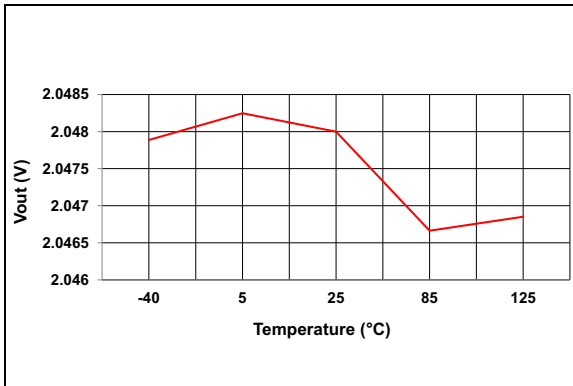
## 2.0 典型工作曲线

**注：** 以下图表为基于有限数量样本的统计结果，仅供参考。此处列出的特性未经测试，不做任何担保。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（例如，超出了规定的电源范围），因此不在担保范围内。

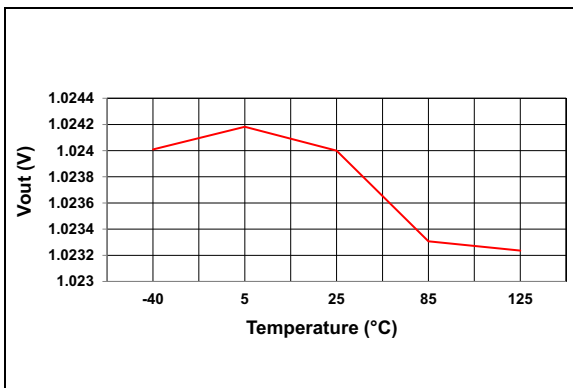
**注：** 除非另外说明，否则： $V_{DD(MIN)} \leq V_{DD} \leq 5.5V$ ， $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$ 。



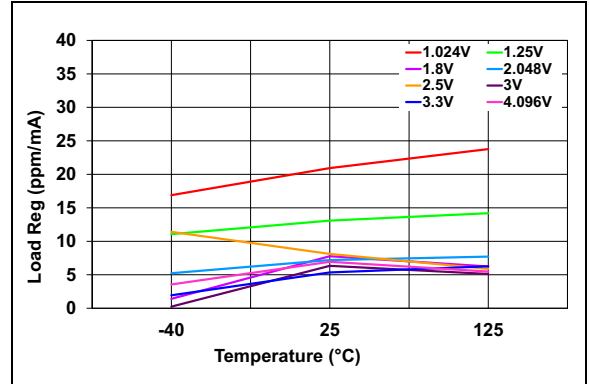
**图2-1：**  $V_{OUT}$ —温度曲线（无负载，4.096V选项）



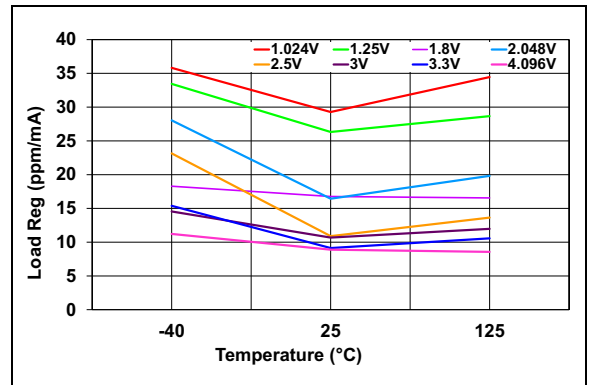
**图2-2：**  $V_{OUT}$ —温度曲线（无负载，2.048V选项）



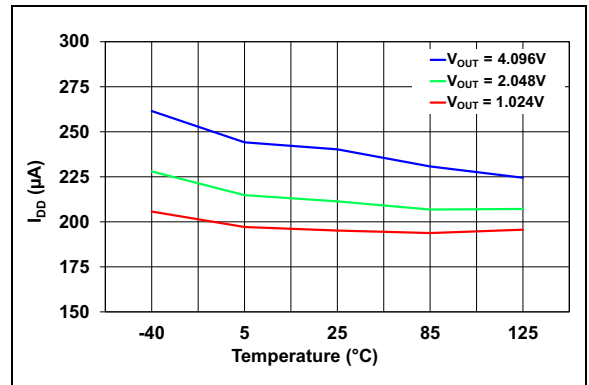
**图2-3：**  $V_{OUT}$ —温度曲线（无负载，1.024V选项）



**图2-4：** 负载稳定度—温度曲线（ $I_{LOAD}$  5 mA 灌电流）



**图2-5：** 负载稳定度—温度曲线（ $I_{LOAD}$  5 mA 拉电流）



**图2-6：**  $I_{DD}$ —温度曲线（所有选项）

# MCP1501

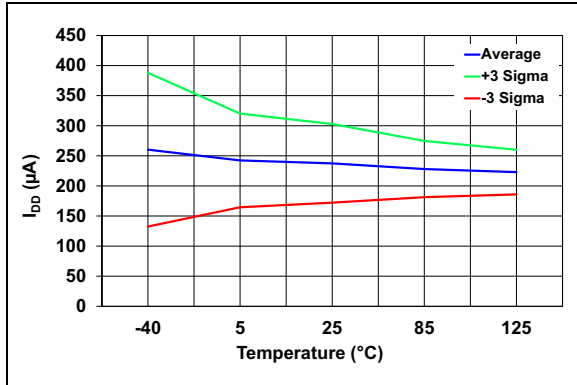


图2-7:  $V_{OUT}$  对应的  $I_{DD}$ —温度曲线 (50 个器件, 无负载, 4.096V 选项)

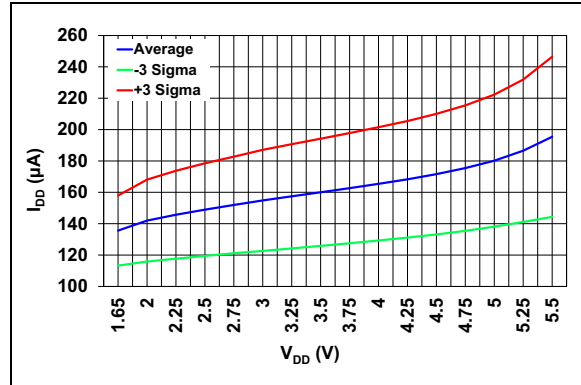


图2-10:  $I_{DD}$ — $V_{DD}$  曲线 ( $V_{OUT} = 1.024V$ , 50 个器件, 无负载)

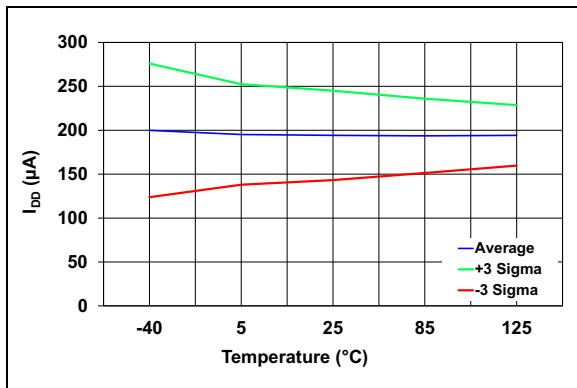


图2-8:  $V_{OUT}$  对应的  $I_{DD}$ —温度曲线 (50 个器件, 无负载, 1.024V 选项)

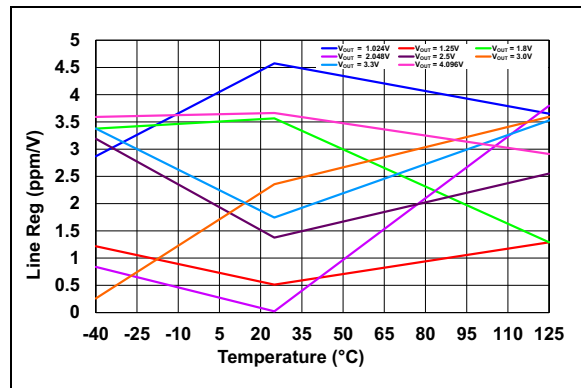


图2-11: 线路调整度—温度曲线

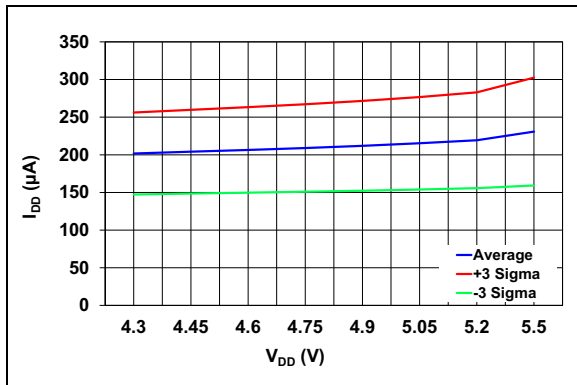


图2-9:  $I_{DD}$ — $V_{DD}$  曲线 ( $V_{OUT} = 4.096V$ , 50 个器件, 无负载)

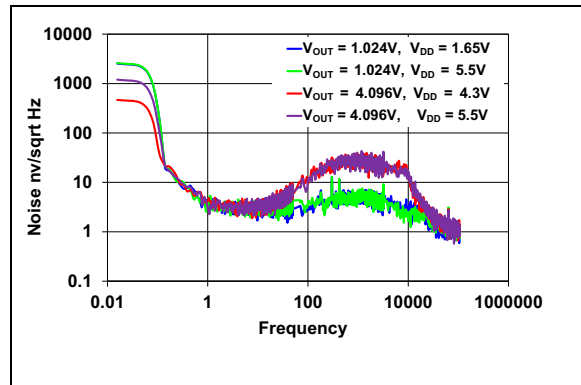


图2-12: 噪声—频率曲线 (无负载,  $T_A = +25^\circ C$ )

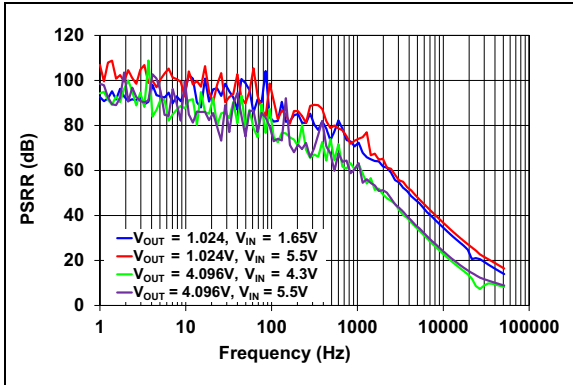


图2-13: PSRR—频率曲线 (无负载,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ )

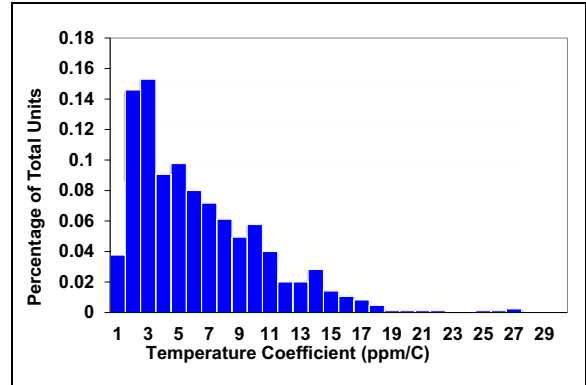


图2-16: 温度系数分布 (无负载,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 2.7\text{V}$ , 50个器件)

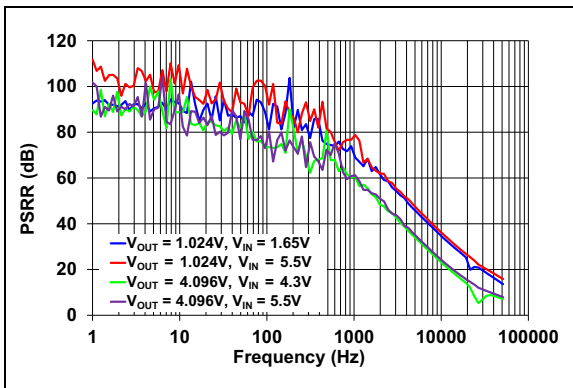


图2-14: PSRR—频率曲线 (1 kΩ 负载,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ )

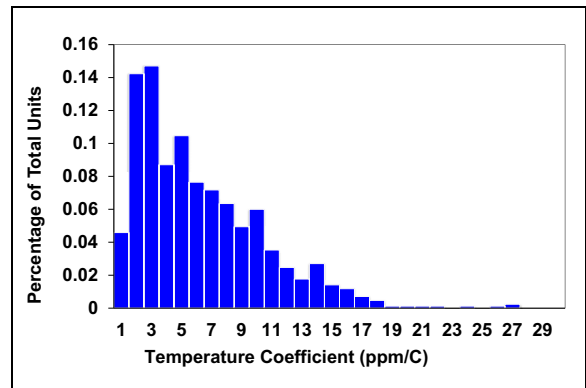


图2-17: 温度系数分布 (无负载,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 5.5\text{V}$ , 50个器件)

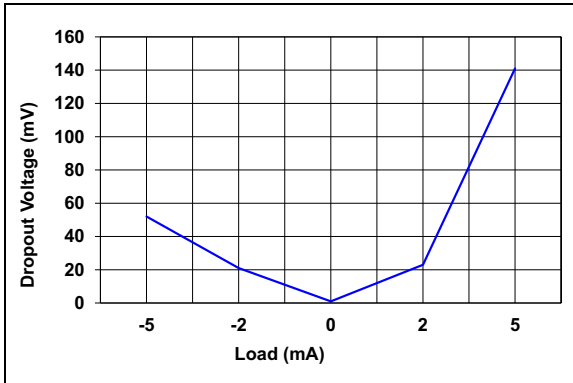


图2-15: 压差—负载曲线 ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , 2.048V 选项)

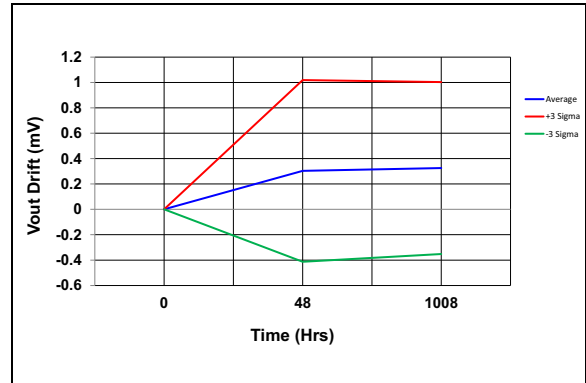


图2-18:  $V_{OUT}$  漂移—时间曲线 ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , 无负载, 800个器件)

# MCP1501

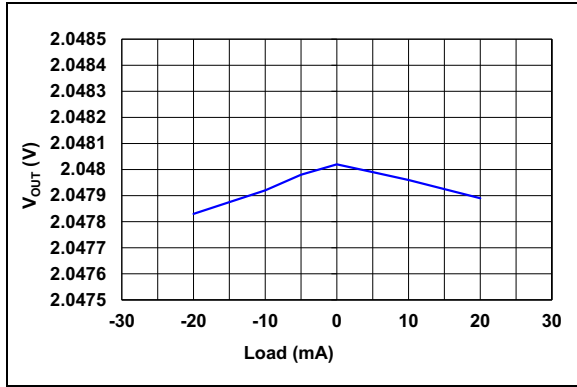


图2-19:  $V_{OUT}$ —负载曲线 ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , 2.048V选项)

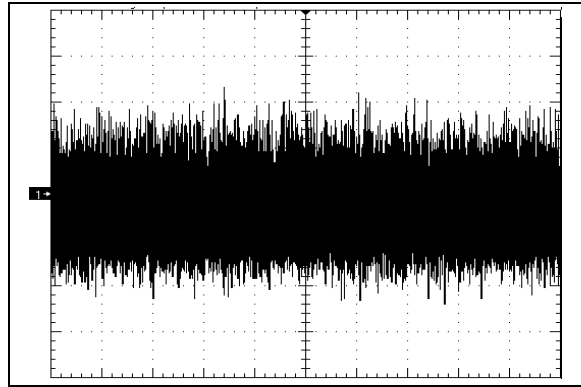


图2-22: 噪声—时间曲线 ( $V_{DD} = 5.5\text{V}$ ,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , 2.048V选项, 无负载,  $2\ \mu\text{V}/\text{div}$ ,  $100\ \text{ms}/\text{div}$ )

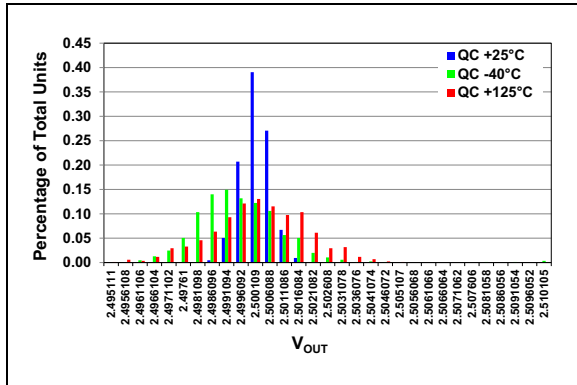


图2-20:  $V_{DDMIN}$ 时的 $V_{OUT}$ 分布 ( $V_{DD} = 2.7\text{V}$ , 800个器件, 2.5V选项, 无负载)

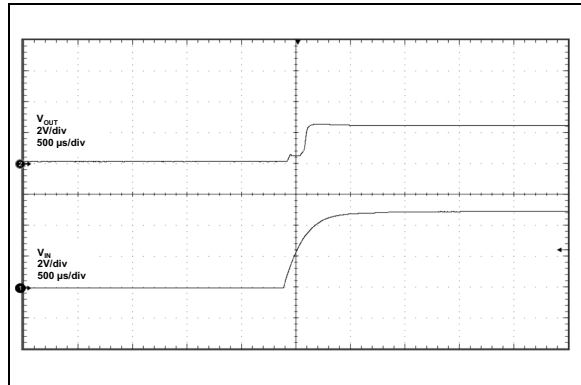


图2-23: 导通瞬态曲线 ( $V_{DD} = 5.5\text{V}$ ,  $V_{IN} = 2.048\text{V}$ 选项, 无负载)

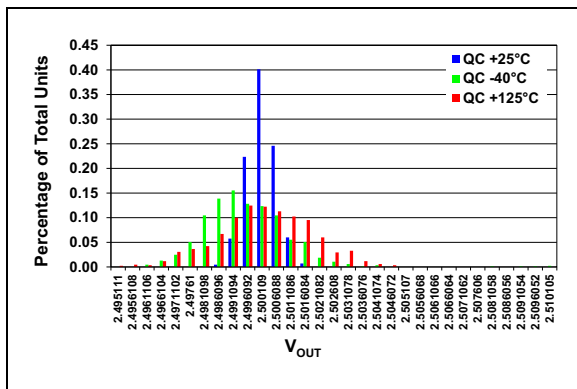


图2-21:  $V_{DDMAX}$ 时的 $V_{OUT}$ 分布 ( $V_{DD} = 5.5\text{V}$ , 800个器件, 2.5V选项, 无负载)

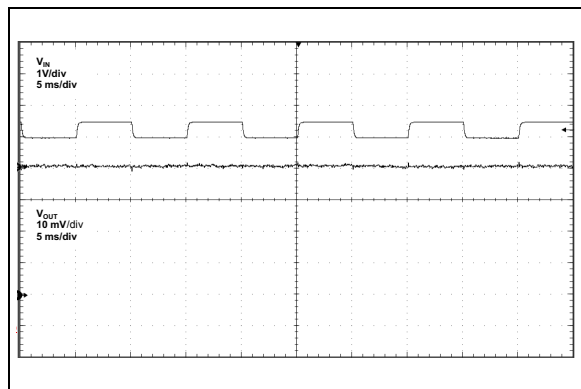


图2-24: 线路瞬态曲线 ( $V_{DD} = 5.5\text{V}$ ,  $V_{IN} = 500\ \text{mV}_{PP}$  @  $5\text{V}_{DC}$ , 2.048V选项, 无负载)

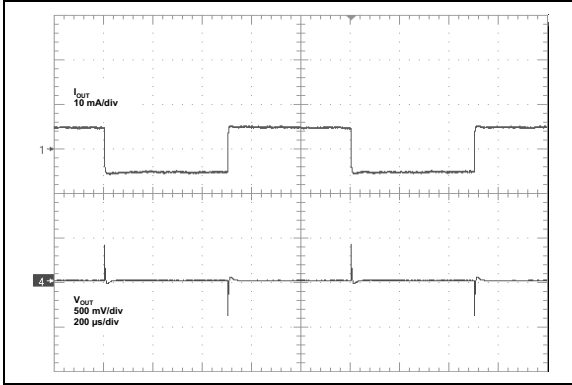


图2-25: 线路瞬态曲线 ( $V_{DD} = 5.5V$ ,  $V_{IN} = 2.5V$ , 2.048V选项)

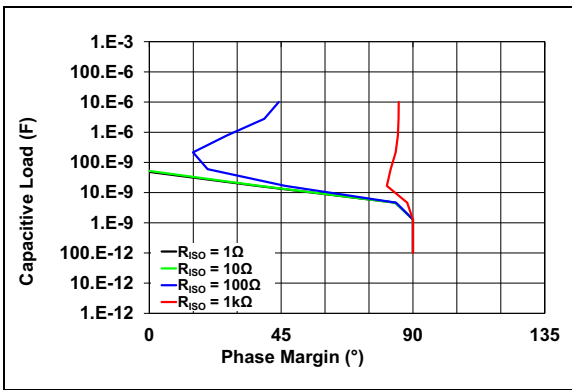


图2-26:  $R_{ISO}$ — $C_{LOAD}$  曲线 (4.096V选项, 无负载)

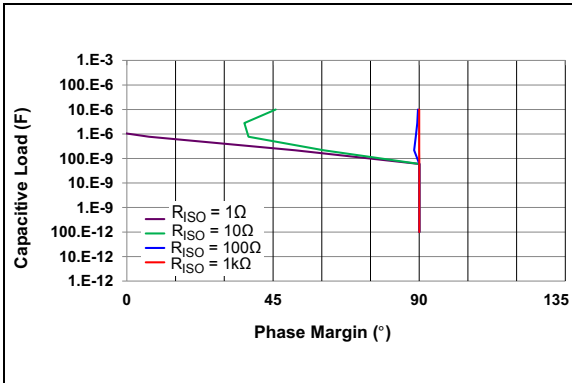


图2-27:  $R_{ISO}$ — $C_{LOAD}$  曲线 (4.096V选项, 带负载)

# MCP1501

---

注:

### 3.0 引脚功能表

表3-1中介绍了引脚功能。

表3-1: 引脚功能表

SOT-23	SOIC	2 x 2 WDFN	符号	功能
1	8	8	OUT	缓冲 $V_{REF}$ 输出
—	7	7	FEEDBACK	缓冲 $V_{REF}$ 反馈
2、3和5	2、4、5和6	2、4、5和6	GND	系统地
4	3	3	$\overline{\text{SHDN}}$	关断引脚，低电平有效
6	1	1	$V_{DD}$	电源输入
—	—	9	EP	外露散热焊盘

#### 3.1 缓冲 $V_{REF}$ 输出 (OUT)

这是缓冲参考输出。在WDFN和SOIC封装上，该引脚应连接到器件的FEEDBACK引脚。输出驱动器关断时呈三态。

#### 3.2 缓冲 $V_{REF}$ 反馈 (FEEDBACK)

这是缓冲放大器反馈引脚。在WDFN和SOIC封装上，该引脚应连接到器件的OUT引脚。此连接位于SOT-23封装的内部。请注意，如果OUT引脚和FEEDBACK引脚之间存在布线阻抗或IR压降情况，则FEEDBACK引脚能够精确保持输出电压。可在应用中使用该引脚来消除因印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 引起的对输出电压的IR压降影响或者带高电流负载时的互连阻抗。

#### 3.3 系统地 (GND)

这是电源返回引脚，应连接到系统地。

#### 3.4 关断引脚 ( $\overline{\text{SHDN}}$ )

这是将器件置于关断模式的数字输入。该引脚为低电平有效。

#### 3.5 电源输入 ( $V_{DD}$ )

该电源引脚也用作参考电压器件的输入电压引脚。关于具体器件的最小电压，请参见电气特性表来确定。

#### 3.6 外露散热焊盘 (EP)

内部未连接，但建议接地。

# MCP1501

---

注:



## 4.0 工作原理

MCP1501 是一款缓冲参考电压器件，能够在宽输入电源范围内工作，同时还可在该输入电源范围内提供稳定的输出。MCP1501 的基本构件（见框图）是内部带隙参考电路。与所有带隙电路一样，内部参考电路会将具有相反温度系数的两个电压相加，以此让参考电压几乎不受温度的影响。

MCP1501 的带隙基于对二阶温度系数（Temperature Coefficient, TC）进行补偿的带隙电路，该电路可使 MCP1501 在整个电源和环境温度范围内以高初始精度和低温度系数工作。带隙曲率补偿在器件特性化期间确定，并经过微调以实现最优精度。

MCP1501 还包括一个基于斩波的放大器架构，可确保卓越的低噪声工作特性、进一步降低与温度有关的失调（否则该失调会增大 MCP1501 的温度系数）以及显著提高长期漂移性能。此外，该器件还配有一个附加电路，用于消除输出端的斩波频率。

带隙电压得到补偿后将进行放大和缓冲，然后提供给输出驱动电路，该输出驱动电路在灌/拉负载电流（ $\pm 5$  mA）时具有优异的性能。

# MCP1501

---

注:

## 5.0 应用电路

### 5.1 应用技巧

#### 5.1.1 基本应用电路

图5-1给出了MCP1501的基本电路配置图示。

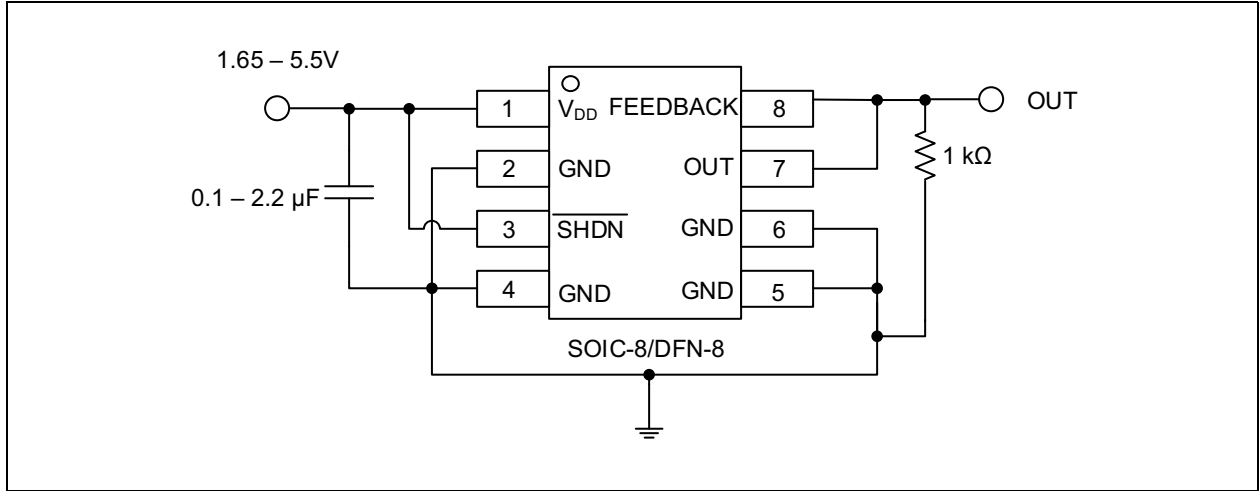


图5-1: 基本电路配置

无需使用输出电容来确保参考电压的稳定性，但可根据情况添加输出电容以提供噪声滤波或者用作开关负载的电荷库，例如逐次逼近寄存器（Successive Approximation Register, SAR）模数转换器（Analog-to-Digital Converter, ADC）。如图所示，输入电压通过一个可选的 $2.2\ \mu\text{F}$ 陶瓷电容连接到器件的 $V_{\text{IN}}$ 输入。如果输入电压的噪声过大，将需要此电容。 $2.2\ \mu\text{F}$ 电容可抑制频率约为 $1\ \text{MHz}$ 至 $2\ \text{MHz}$ 的输入电压噪声。低于此频率的噪声将通过参考电压的输入电压抑制功能充分抑制。频率高于 $2\ \text{MHz}$ 的噪声将超出参考电压的带宽，因此不会从输入引脚经器件发送到输出。

如果这些参考电压的输出噪声对于某个应用而言过高，可通过外部RC滤波器和运算放大器缓冲器轻松将其滤除（见图5-2）。

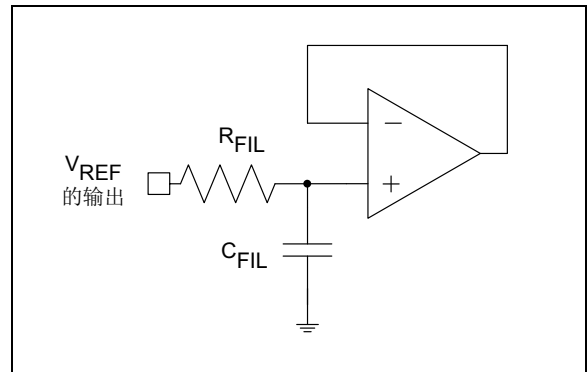


图5-2: 输出降噪滤波器

# MCP1501

---

RC滤波器值针对所需截止频率进行选择，如公式5-1所示。

公式5-1:

$$f_C = \frac{1}{2\pi(R_{FIL}C_{FIL})}$$

图5-2所示的值（10 kΩ 和 1 μF）将在放大器输出端构成一个一阶低通滤波器。此滤波器的截止频率为 15.9 Hz，衰减斜率为 20 dB/十倍频。MCP6021放大器将此低通滤波器的负载与应用电路的其余部分隔离。此放大器还提供额外的驱动，响应时间比参考电压短。

## 5.1.2 负载电容

OUT 与 GND 之间的输出电容用作参考电路的低通噪声滤波器，不得忽略。最大容性负载为 300 pF，但如果将电阻与更大的负载电容串联使用，则可能会实现更大的电容。图5-1给出了 1 kΩ 电阻与 2.2 μF 电容串联的图示。

## 5.1.3 印刷电路板布线注意事项

印刷电路板（PCB）安装操作产生的机械应力会导致输出电压相对于其初始值发生偏移。采用 SOT-23-6 封装的器件通常比采用 WDFN 封装的器件更容易产生装配应力。要减小与应力相关的输出电压偏移，请在 PCB 的低应力区域安装参考电压器件（即，远离 PCB 边缘、螺孔和大型元件）。

## 5.2 典型应用电路

### 5.2.1 负参考电压

负参考电压可使用MCP1501系列中的任意器件产生。典型应用如图5-3所示。在本电路中，电压反相通过MCP6061和两个阻值相同的电阻来实现。MCP1501参考电压器件的输出电压用于驱动R1，而R1与MCP6061

放大器的反相输入连接。由于放大器的同相输入偏置到地，反相输入也将接近地电势。第二个10 kΩ电阻放置在放大器反馈回路周围。由于放大器的反相输入为高阻抗，通过R1产生的电流还将流经R2。因此，对于MCP1501-25，放大器的输出电压等于-2.5V；对于MCP1501-40，放大器的输出电压等于-4.096V。

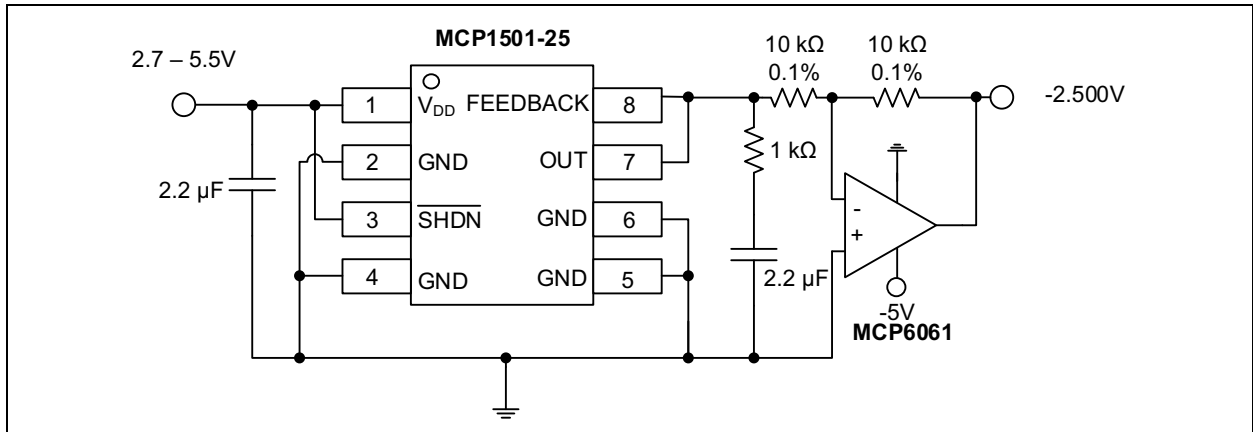


图5-3: 负参考电压

### 5.2.2 模数转换器参考

MCP1501产品系列经过了精心设计，可为Microchip的ADC系列提供高精度、低噪声的参考电压。MCP1501-25经过配置可为12位ADC MCP3201提供参考电压，配置电路如图5-4所示。

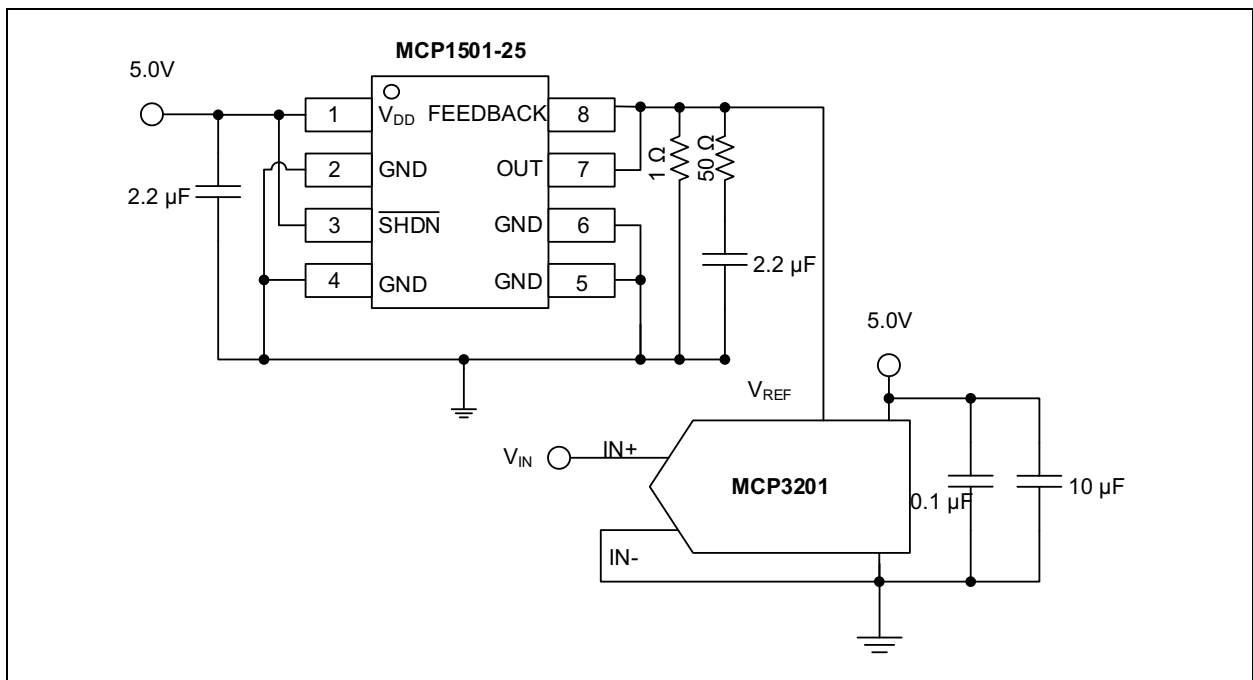


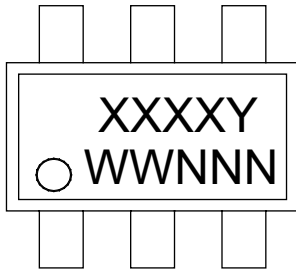
图5-4: ADC 示例电路

# MCP1501

## 6.0 封装信息

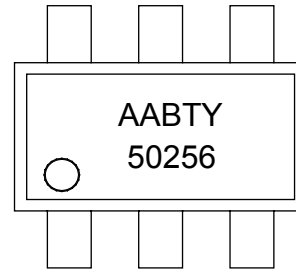
### 6.1 封装标识

6 引脚 SOT-23

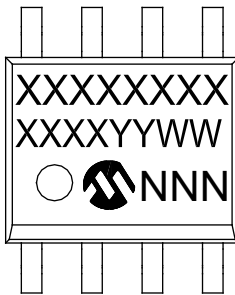


器件	代码
MCP1501T-10E/CHY	AABTY
MCP1501T-12E/CHY	AABUY
MCP1501T-18E/CHY	AABVY
MCP1501T-20E/CHY	AABWY
MCP1501T-25E/CHY	AABXY
MCP1501T-30E/CHY	AABYY
MCP1501T-33E/CHY	AABZY
MCP1501T-40E/CHY	AACAY

示例

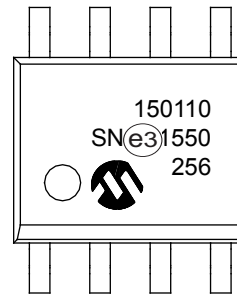


8 引脚 SOIC

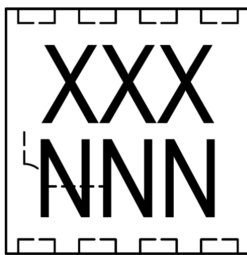


器件	代码
MCP1501T-10E/SN	150110
MCP1501T-12E/SN	150112
MCP1501-18E/SN	150118
MCP1501-20E/SN	150120
MCP1501T-25E/SN	150125
MCP1501T-30E/SN	150130
MCP1501T-33E/SN	150133
MCP1501T-40E/SN	150140

示例



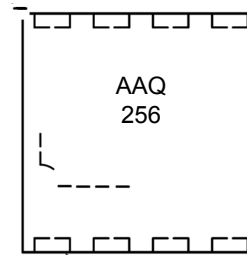
8 引脚 WDFN (2 x2 mm)



引脚1

器件	代码
MCP1501T-10E/RW	AAQ
MCP1501T-12E/RW	AAR
MCP1501-18E/RW	AAS
MCP1501-20E/RW	AAT
MCP1501T-25E/RW	AAU
MCP1501T-30E/RW	AAV
MCP1501T-33E/RW	AAW
MCP1501T-40E/RW	AAx

示例



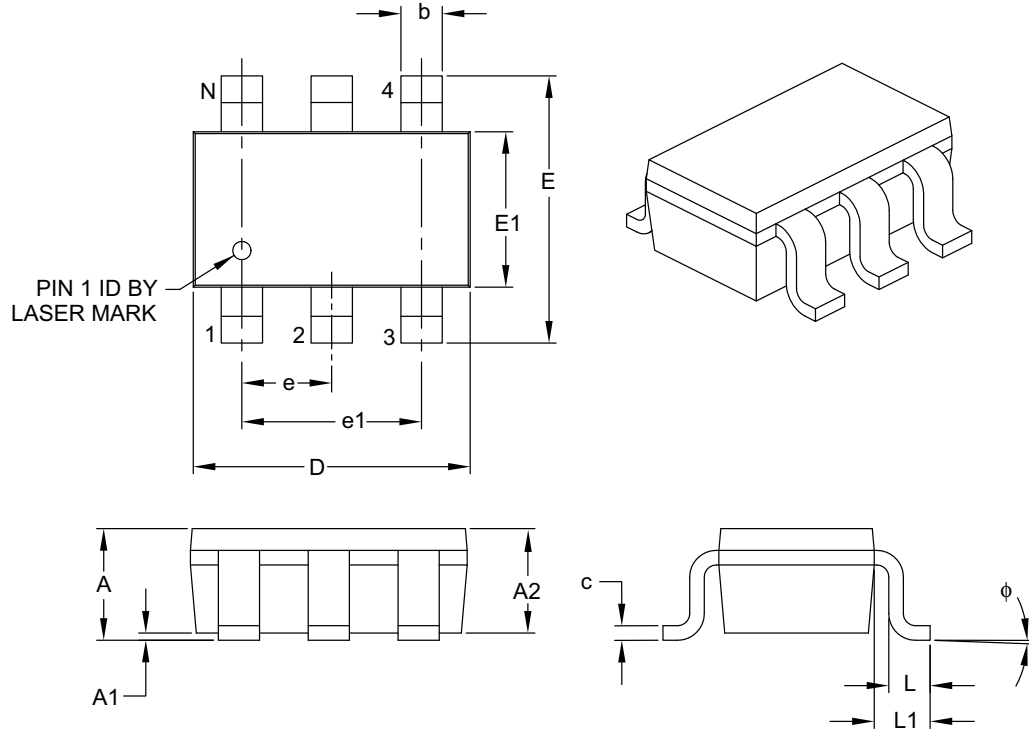
引脚1

**图注:** XX...X 客户指定信息  
 Y 年份代码 (日历年的最后一位数字)  
 YY 年份代码 (日历年的最后两位数字)  
 WW 星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)  
 NNN 以字母数字排序的追踪代码  
 (e3) 雾锡 (Matte Tin, Sn) 的 JEDEC® 无铅标志  
 \* 表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 ((e3)) 标示于此种封装的外包装上。

**注:** Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制表示客户指定信息的字符数。

## 6引脚塑封小外形晶体管（CHY）[SOT-23]

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	6		
Pitch	e	0.95 BSC		
Outside Lead Pitch	e1	1.90 BSC		
Overall Height	A	0.90	–	1.45
Molded Package Thickness	A2	0.89	–	1.30
Standoff	A1	0.00	–	0.15
Overall Width	E	2.20	–	3.20
Molded Package Width	E1	1.30	–	1.80
Overall Length	D	2.70	–	3.10
Foot Length	L	0.10	–	0.60
Footprint	L1	0.35	–	0.80
Foot Angle	φ	0°	–	30°
Lead Thickness	c	0.08	–	0.26
Lead Width	b	0.20	–	0.51

**Notes:**

- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.127 mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

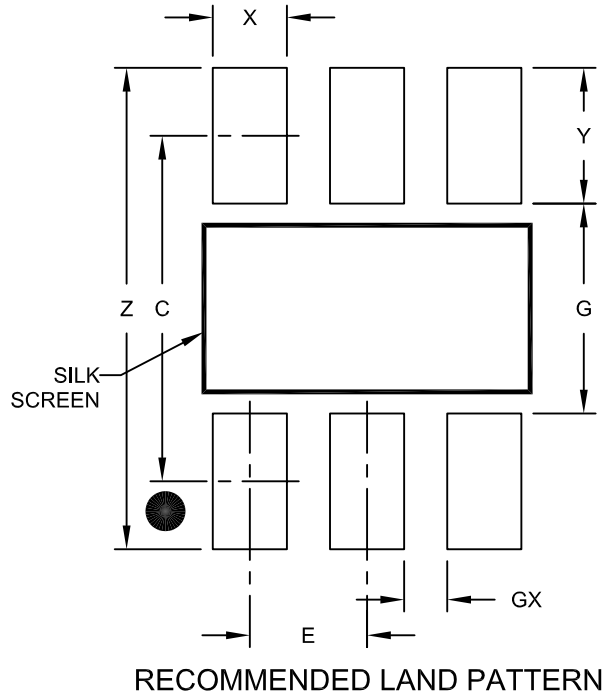
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-028B

# MCP1501

## 6 引脚塑封小外形晶体管 (CHY) [SOT-23]

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.95 BSC		
Contact Pad Spacing	C		2.80	
Contact Pad Width (X6)	X			0.60
Contact Pad Length (X6)	Y			1.10
Distance Between Pads	G	1.70		
Distance Between Pads	GX	0.35		
Overall Width	Z			3.90

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

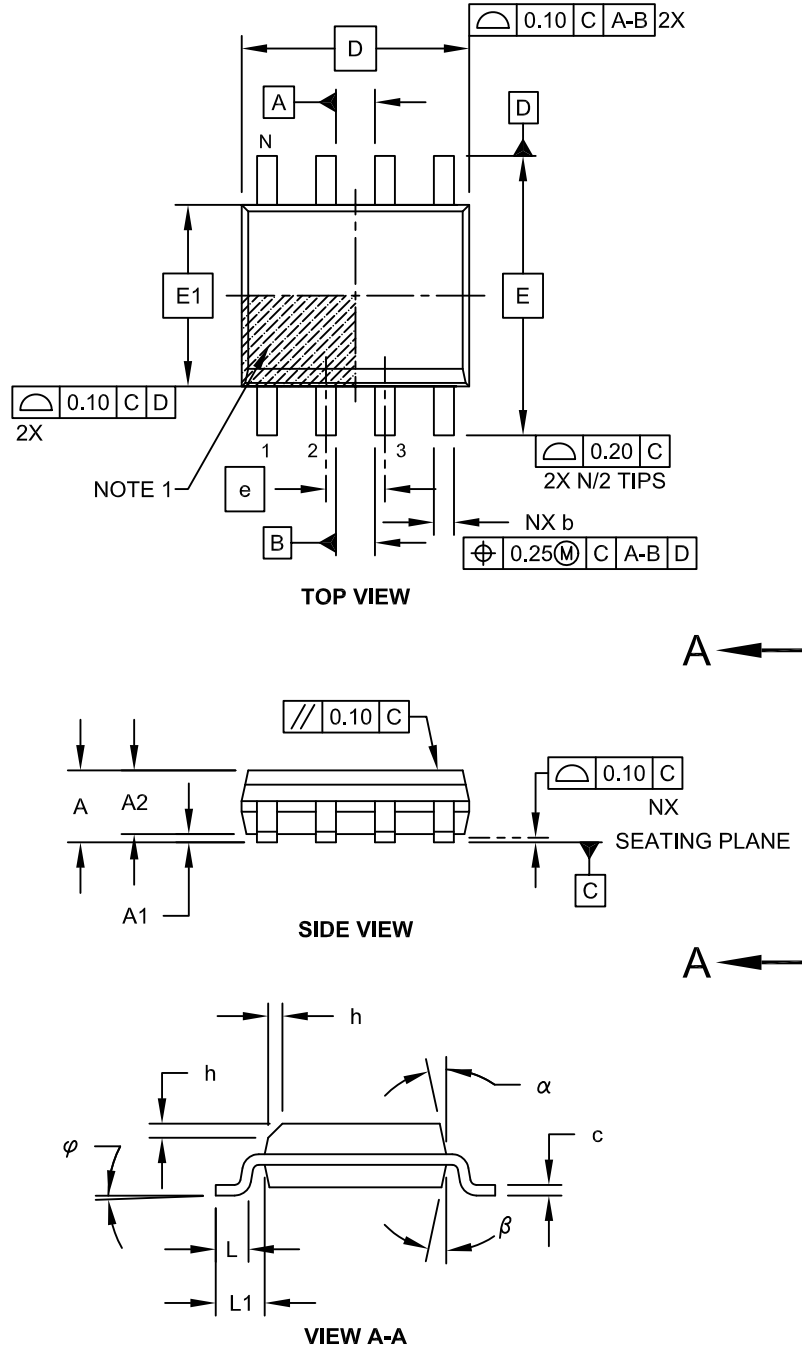
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2028A



## 8引脚塑封窄条小外形封装（SN）——主体3.90 mm [SOIC]

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。

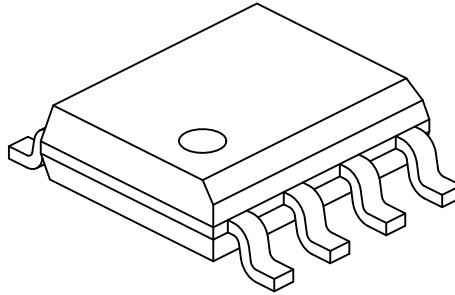


Microchip Technology Drawing No. C04-057C Sheet 1 of 2

# MCP1501

## 8 引脚塑封窄条小外形封装 (SN) —— 主体 3.90 mm [SOIC]

注： 最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



Dimension Limits		Units	MILLIMETERS		
			MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		8		
Pitch	e		1.27 BSC		
Overall Height	A		-	-	1.75
Molded Package Thickness	A2		1.25	-	-
Standoff §	A1		0.10	-	0.25
Overall Width	E		6.00 BSC		
Molded Package Width	E1		3.90 BSC		
Overall Length	D		4.90 BSC		
Chamfer (Optional)	h		0.25	-	0.50
Foot Length	L		0.40	-	1.27
Footprint	L1		1.04 REF		
Foot Angle	φ		0°	-	8°
Lead Thickness	c		0.17	-	0.25
Lead Width	b		0.31	-	0.51
Mold Draft Angle Top	α		5°	-	15°
Mold Draft Angle Bottom	β		5°	-	15°

### Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. § Significant Characteristic
3. Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm per side.
4. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

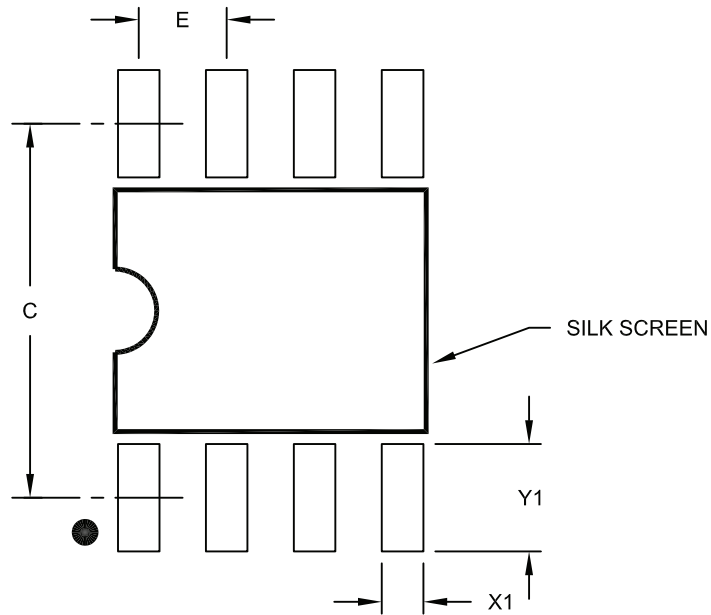
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing No. C04-057C Sheet 2 of 2

## 8 引脚塑封窄条小外形封装 (SN) —— 主体 3.90 mm [SOIC]

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	1.27 BSC		
Contact Pad Spacing	C	5.40		
Contact Pad Width (X8)	X1			0.60
Contact Pad Length (X8)	Y1			1.55

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

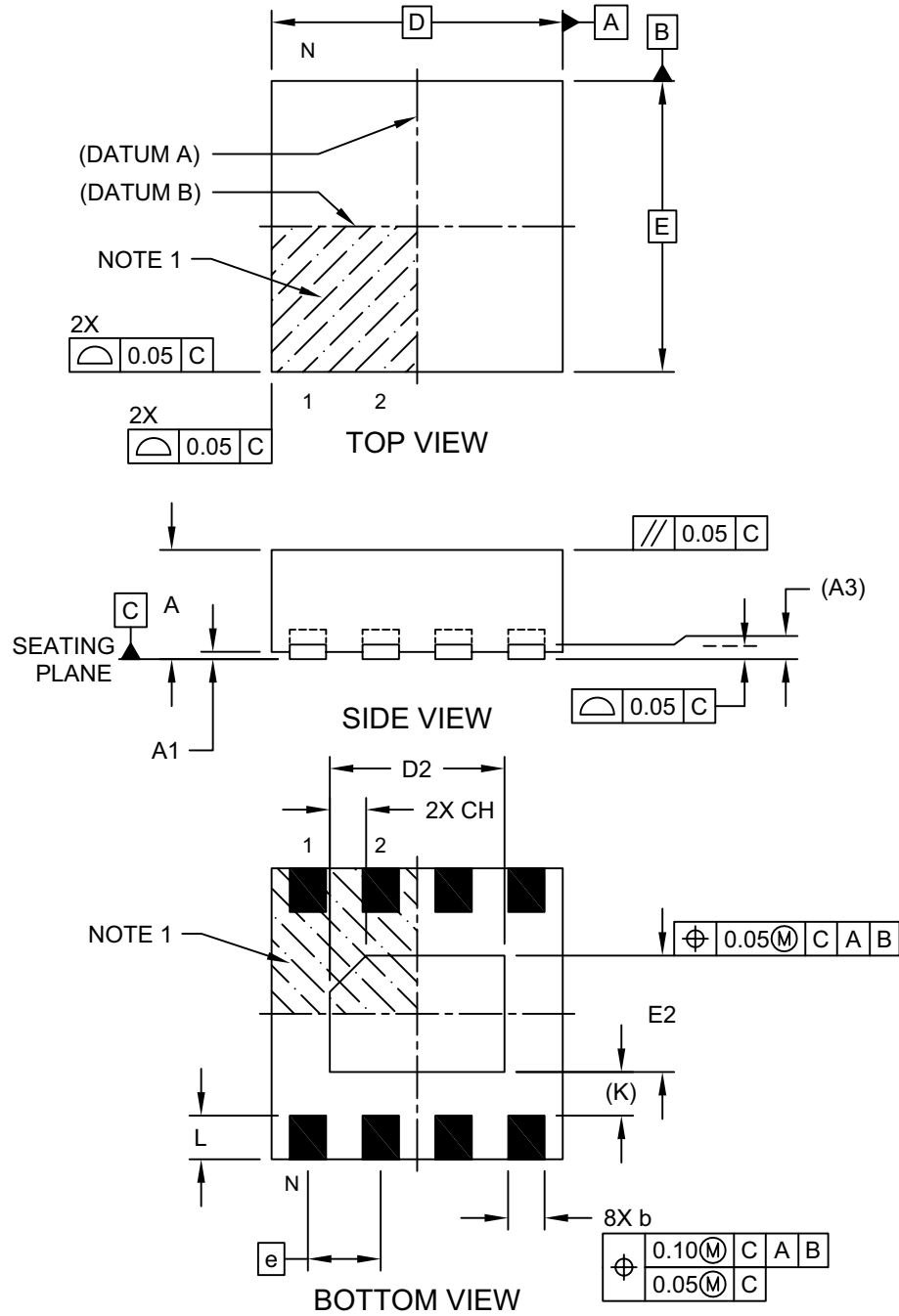
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2057A

# MCP1501

## 8 引脚超薄型塑封双列扁平无脚封装 (RW) —— 主体 2x2 mm [WDFN]

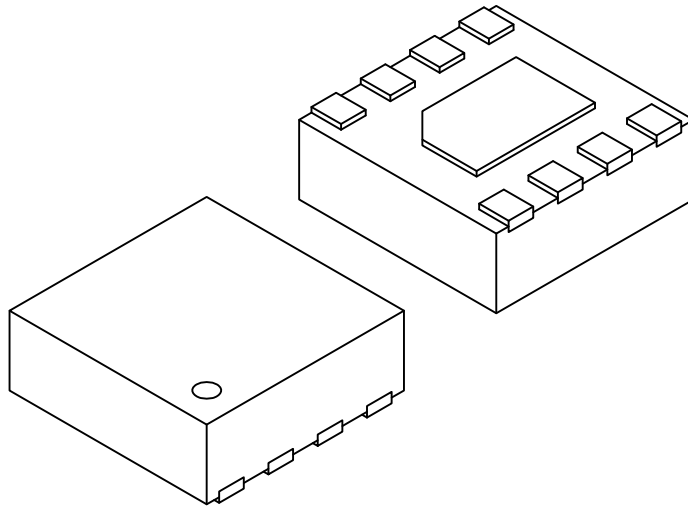
注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Microchip Technology Drawing C04-261A Sheet 1 of 2

## 8 引脚超薄型塑封双列扁平无脚封装 (RW) —— 主体 2x2 mm [WDFN]

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Terminals	N	8		
Pitch	e	0.50 BSC		
Overall Height	A	0.70	0.75	0.80
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Terminal Thickness	(A3)	0.10 REF		
Overall Width	E	2.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	0.70	0.80	0.90
Overall Length	D	2.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	1.10	1.20	1.30
Exposed Pad Chamfer	CH	-	0.25	-
Terminal Width	b	0.20	0.25	0.30
Terminal Length	L	0.25	0.30	0.35
Terminal-to-Exposed-Pad	(K)	0.30	-	-

Notes:

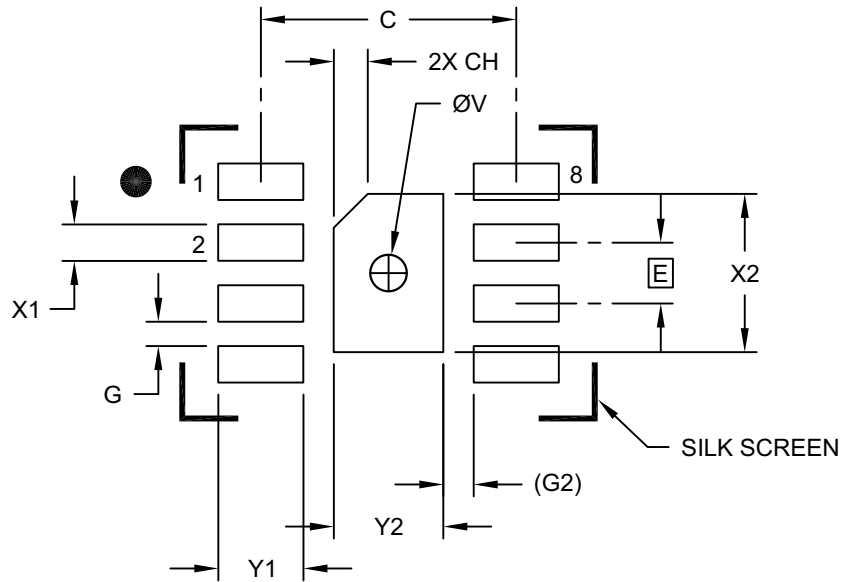
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package is saw singulated
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
  - BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.
  - REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-261A Sheet 2 of 2

# MCP1501

## 8引脚超薄型塑封双列扁平无脚封装（RW）——主体2x2 mm [WDFN]

注：最新封装图请至<http://www.microchip.com/packaging>查看Microchip封装规范。



### RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.50 BSC		
Optional Center Pad Width	Y2			0.90
Optional Center Pad Length	X2			1.30
Contact Pad Spacing	C		2.10	
Center Pad Chamfer	CH		0.28	
Contact Pad Width (X8)	X1			0.30
Contact Pad Length (X8)	Y1			0.70
Contact Pad to Contact Pad (X6)	G1	0.20		
Contact Pad to Center Pad (X8)	G1		0.25 REF	
Thermal Via Diameter	V		0.30	

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerances, for reference only.

Microchip Technology Drawing C04-2261A

## 附录A： 版本历史

### 版本C（2016年5月）

以下是修改清单：

1. 更新了第1.0节，“电气特性”、第4.0节，“工作原理”和第5.0节，“应用电路”
2. 更新了特性部分、简介部分和第3.1节，“缓冲V<sub>REF</sub>输出（OUT）”。
3. 更新了“产品标识体系”部分。
4. 更新了图2-12、图2-20、图2-21、图5-1和图5-4。
5. 更新了公式1-10和公式1-16。
6. 多处打字编辑。

### 版本B（2016年1月）

以下是修改清单：

1. 更新了第6.0节，“封装信息”。
2. 更新了“产品标识体系”部分。
3. 少量打字错误。

### 版本A（2015年12月）

本文档的初始版本。

# MCP1501

---

注:



## 产品标识体系

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

部件编号	[X] <sup>(1)</sup>	X	/XX
器件	卷带式	输出电压选项	封装
<p><b>器件:</b> MCP1501 —— 50 ppm 典型热漂移缓冲参考</p> <p><b>卷带式选项:</b> 空白 = 标准包装 (管式或卷带式) T = 卷带式<sup>(1)</sup></p> <p><b>输出电压选项:</b> 10 = 1.024V 12 = 1.200V 18 = 1.800V 20 = 2.048V 25 = 2.500V 30 = 3.000V 33 = 3.300V 40 = 4.096V</p> <p><b>封装:</b> CHY* = 6 引脚塑封小外形晶体管 (SOT-23) SN = 8 引脚塑封窄条小外形封装, 主体 3.90 mm (SOIC) RW = 8 引脚超薄型塑封双列扁平无脚封装 —— 主体 2 x 2 mm (WDFN) *Y = 镍钎金制造标识。仅 SOT-23 封装提供。</p>			
<p><b>示例:</b></p> <p>a) MCP1501T-10E/CHY: 1.024V, 6 引脚 SOT-23 封装, 卷带式</p> <p>b) MCP1501-12E/SN: 1.2V, 8 引脚 SOIC 封装</p> <p>c) MCP1501T-18E/SN: 1.8V, 8 引脚 SOIC 封装, 卷带式</p> <p>d) MCP1501T-20E/RW: 2.048V, 8 引脚 WDFN 封装, 卷带式</p> <p><b>注 1:</b> 卷带式标识符仅出现在产品目录的部件编号描述中。该标识符用于订货目的, 不会印刷在器件封装上。关于提供卷带式包装的包装选项, 请咨询 Microchip 销售办事处。</p>			

# MCP1501

---

注:

---

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

---

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC<sup>®</sup> MCU 与 dsPIC<sup>®</sup> DSC、KEELOQ<sup>®</sup> 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM**  
**CERTIFIED BY DNV**  
**== ISO/TS 16949 ==**

#### 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2017, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-1244-1



## 全球销售及及服务网点

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

**亚特兰大 Atlanta**  
Duluth, GA  
Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

**奥斯汀 Austin, TX**  
Tel: 1-512-257-3370

**波士顿 Boston**  
Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

**芝加哥 Chicago**  
Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

**达拉斯 Dallas**  
Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

**底特律 Detroit**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**  
Suites 3707-14, 37th Floor  
Tower 6, The Gateway  
Harbour City, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: 852-2943-5100

Fax: 852-2401-3431

**中国 - 北京**  
Tel: 86-10-8569-7000  
Fax: 86-10-8528-2104

**中国 - 成都**  
Tel: 86-28-8665-5511  
Fax: 86-28-8665-7889

**中国 - 重庆**  
Tel: 86-23-8980-9588  
Fax: 86-23-8980-9500

**中国 - 东莞**  
Tel: 86-769-8702-9880

**中国 - 广州**  
Tel: 86-20-8755-8029

**中国 - 杭州**  
Tel: 86-571-8792-8115  
Fax: 86-571-8792-8116

**中国 - 南京**  
Tel: 86-25-8473-2460  
Fax: 86-25-8473-2470

**中国 - 青岛**  
Tel: 86-532-8502-7355  
Fax: 86-532-8502-7205

**中国 - 上海**  
Tel: 86-21-3326-8000  
Fax: 86-21-3326-8021

**中国 - 沈阳**  
Tel: 86-24-2334-2829  
Fax: 86-24-2334-2393

**中国 - 深圳**  
Tel: 86-755-8864-2200  
Fax: 86-755-8203-1760

**中国 - 武汉**  
Tel: 86-27-5980-5300  
Fax: 86-27-5980-5118

**中国 - 西安**  
Tel: 86-29-8833-7252  
Fax: 86-29-8833-7256

**中国 - 厦门**  
Tel: 86-592-238-8138  
Fax: 86-592-238-8130

**中国 - 香港特别行政区**  
Tel: 852-2943-5100  
Fax: 852-2401-3431

### 亚太地区

**中国 - 珠海**  
Tel: 86-756-321-0040  
Fax: 86-756-321-0049

**台湾地区 - 高雄**  
Tel: 886-7-213-7830

**台湾地区 - 台北**  
Tel: 886-2-2508-8600  
Fax: 886-2-2508-0102

**台湾地区 - 新竹**  
Tel: 886-3-5778-366  
Fax: 886-3-5770-955

**澳大利亚 Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733  
Fax: 61-2-9868-6755

**印度 India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444  
Fax: 91-80-3090-4123

**印度 India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631  
Fax: 91-11-4160-8632

**印度 India - Pune**  
Tel: 91-20-3019-1500

**日本 Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160  
Fax: 81-6-6152-9310

**日本 Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770  
Fax: 81-3-6880-3771

**韩国 Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301  
Fax: 82-53-744-4302

**韩国 Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200  
Fax: 82-2-558-5932 或  
82-2-558-5934

**马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-6201-9857  
Fax: 60-3-6201-9859

**马来西亚 Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870  
Fax: 60-4-227-4068

**菲律宾 Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065  
Fax: 63-2-634-9069

**新加坡 Singapore**  
Tel: 65-6334-8870  
Fax: 65-6334-8850

**泰国 Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351  
Fax: 66-2-694-1350

### 欧洲

**奥地利 Austria - Wels**  
Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

**丹麦 Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4450-2828  
Fax: 45-4485-2829

**芬兰 Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

**法国 France - Paris**  
Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

**法国 France - Saint Cloud**  
Tel: 33-1-30-60-70-00

**德国 Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700  
**德国 Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

**德国 Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-67-3636

**德国 Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

**德国 Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

**德国 Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

**以色列 Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

**意大利 Italy - Milan**  
Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

**意大利 Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

**荷兰 Netherlands - Drunen**  
Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

**挪威 Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7289-7561

**波兰 Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

**罗马尼亚 Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

**西班牙 Spain - Madrid**  
Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

**瑞典 Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

**瑞典 Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

**英国 UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820