

## 带 SPI 串行接口的 2.7V, 4/8 通道 12 位 A/D 转换器

### 特性

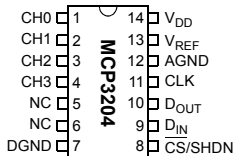
- 12 位分辨率
- $\pm 1$  LSB DNL (最大值)
- $\pm 1$  LSB INL (最大值) (MCP3204/3208-B)
- $\pm 2$  LSB INL (最大值) (MCP3204/3208-C)
- 4 (MCP3204) 或 8 (MCP3208) 路输入通道
- 模拟输入可编程为单端输入或伪差分输入对
- 片上采样和保持电路
- SPI 串行接口 (模式 0,0 和模式 1,1)
- 单电源供电的电压范围: 2.7V 至 5.5V
- 在  $V_{DD} = 5V$  时的最大采样速率为 100 ksp/s
- 在  $V_{DD} = 2.7V$  时的最大采样速率为 50 ksp/s
- 低功耗 CMOS 技术
  - 500nA 典型待机电流, 最大 2  $\mu A$
  - 5V 时, 最大工作电流为 400  $\mu A$
- 工业级温度范围:  $-40^{\circ}C$  至  $+85^{\circ}C$
- 提供 PDIP、SOIC 和 TSSOP 封装

### 应用

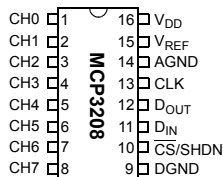
- 传感器接口
- 过程控制
- 数据采集
- 电池供电系统

### 封装类型

#### PDIP、SOIC 和 TSSOP



#### PDIP 和 SOIC

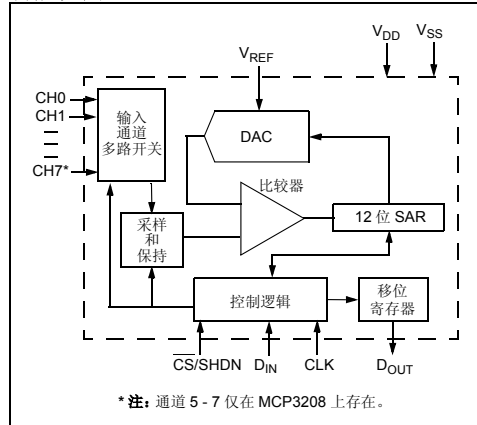


### 说明

Microchip 的 MCP3204/3208 器件是具有片上采样和保持电路的 12 位逐次逼近型模数 (Analog-to-Digital, A/D) 转换器。MCP3204 可被编程为提供 2 组伪差分输入对或 4 个单端输入。MCP3208 可被编程为提供 4 组差分输入对或 8 个单端输入。差分非线性 (DNL) 规范为  $\pm 1$  LSB, 积分非线性 (INL) 为  $\pm 1$  LSB (MCP3204/3208-B) 和  $\pm 2$  LSB (MCP3204/3208-C)。

它使用与 SPI 协议兼容的简单串行端口与器件通信。器件的转换速率可高达 100 ksp/s。MCP3204/3208 器件具有 2.7V 至 5.5V 的宽电压工作范围。低电流设计使它仅消耗 500 nA 和 320  $\mu A$  的典型待机电流和工作电流。MCP3204 以 14 引脚 MSOP、PDIP、TSSOP 和 150 mil SOIC 封装形式提供。MCP3208 以 16 引脚 PDIP 和 SOIC 封装形式提供。

### 功能框图



# MCP3204/3208

## 1.0 电气特性

### 绝对最大值 \*

V <sub>DD</sub> .....	7.0V
所有输入和输出相对于 V <sub>SS</sub> 的电压 .....	-0.6V 至 V <sub>DD</sub> +0.6V
存储温度.....	-65°C 至 +150°C
通电时的环境温度 .....	-65°C 至 +125°C
引脚的焊接温度 (10 秒) .....	+300°C
所有引脚的 ESD 保护.....	> 4 kV

\* 注：如果器件工作条件超过上述“绝对最大值”，可能会对器件造成永久性损坏。上述值仅为运行条件极大值，我们不建议器件在该条件下或该规范规定的范围以外运行。器件长时间工作在最大值条件下，其稳定性会受到影响。

### 引脚功能表

名称	功能
V <sub>DD</sub>	+2.7V 至 5.5V 电源
DGND	数字地
AGND	模拟地
CH0-CH7	模拟输入
CLK	串行时钟
D <sub>IN</sub>	串行数据输入
D <sub>OUT</sub>	串行数据输出
CS/SHDN	片选 / 关断输入
V <sub>REF</sub>	参考电压输入

## 电气规范

电气特性：除非另外声明，否则所有参数均适用于以下条件：V <sub>DD</sub> = 5V，V <sub>SS</sub> = 0V，V <sub>REF</sub> = 5V，T <sub>AMB</sub> = -40°C 至 +85°C，f <sub>SAMPLE</sub> = 100 ksps 和 f <sub>CLK</sub> = 20 * f <sub>SAMPLE</sub>						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>转换速率</b>						
转换时间	t <sub>CONV</sub>	—	—	12	时钟周期	
模拟输入采样时间	t <sub>SAMPLE</sub>	1.5			时钟周期	
吞吐率	f <sub>SAMPLE</sub>	—	—	100	ksps	V <sub>DD</sub> = V <sub>REF</sub> = 5V
		—	—	50	ksps	V <sub>DD</sub> = V <sub>REF</sub> = 2.7V
<b>DC 精度</b>						
分辨率		12			位	
积分非线性误差	INL	—	±0.75 ±1.0	±1 ±2	LSB	MCP3204/3208-B MCP3204/3208-C
差分非线性误差	DNL	—	±0.5	±1	LSB	温度变化时不丢失编码
失调误差		—	±1.25	±3	LSB	
增益误差		—	±1.25	±5	LSB	
<b>动态性能</b>						
总谐波失真		—	-82	—	dB	V <sub>IN</sub> = 0.1V 至 4.9V@1 kHz
信噪比和失真 (SINAD)		—	72	—	dB	V <sub>IN</sub> = 0.1V 至 4.9V@1 kHz
无失真动态范围		—	86	—	dB	V <sub>IN</sub> = 0.1V 至 4.9V@1 kHz
<b>输入参考</b>						
电压范围		0.25	—	V <sub>DD</sub>	V	注 2
漏电流		—	100	150	μA	CS = V <sub>DD</sub> = 5V
		—	0.001	3.0	μA	

注 1：此参数是周期性采样得到的，并未经 100% 测试。

2：请参见相关的 V<sub>REF</sub> 电平线性性能关系曲线图。

3：因为采样电容终将释放电荷，因此低于 10 kHz 的有效时钟速率将对线性性能产生影响，尤其在温度升高的情况下。请参见第 6.2 节“保持最小时钟速率”获得更多相关信息。

## 电气规范 (续)

电气特性: 除非另外声明, 否则所有参数均适用于以下条件: $V_{DD} = 5V$ , $V_{SS} = 0V$ , $V_{REF} = 5V$ , $T_{AMB} = -40^{\circ}C$ 至 $+85^{\circ}C$ , $f_{SAMPLE} = 100$ ksp/s 和 $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>模拟输入</b>						
在单端模式下, CH0 至 CH7 通道的输入电压范围		$V_{SS}$	—	$V_{REF}$	V	
在伪差分模式下, IN+ 的输入电压范围		IN-	—	$V_{REF} + IN-$		
在伪差分模式下, IN- 的输入电压范围		$V_{SS} - 100$	—	$V_{SS} + 100$	mV	
泄漏电流		—	0.001	$\pm 1$	$\mu A$	
开关电阻		—	1000	—	$\Omega$	见图 4-1
采样电容		—	20	—	pF	见图 4-1
<b>数字输入 / 输出</b>						
数据编码格式		标准二进制				
高电平输入电压	$V_{IH}$	$0.7 V_{DD}$	—	—	V	
低电平输入电压	$V_{IL}$	—	—	$0.3 V_{DD}$	V	
高电平输出电压	$V_{OH}$	4.1	—	—	V	$I_{OH} = -1$ mA, $V_{DD} = 4.5V$
低电平输出电压	$V_{OL}$	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 1$ mA, $V_{DD} = 4.5V$
输入泄漏电流	$I_{LI}$	-10	—	10	$\mu A$	$V_{IN} = V_{SS}$ 或 $V_{DD}$
输出泄漏电流	$I_{LO}$	-10	—	10	$\mu A$	$V_{OUT} = V_{SS}$ 或 $V_{DD}$
引脚电容 (所有输入 / 输出引脚)	$C_{IN}, C_{OUT}$	—	—	10	pF	$V_{DD} = 5.0V$ (注 1) $T_{AMB} = 25$ , $f = 1$ MHz
<b>时序参数</b>						
时钟频率	$f_{CLK}$	—	—	2.0	MHz	$V_{DD} = 5V$ (注 3)
		—	—	1.0	MHz	$V_{DD} = 2.7V$ (注 3)
时钟高电平时间	$t_{HI}$	250	—	—	ns	
时钟低电平时间	$t_{LO}$	250	—	—	ns	
CS 下降到 CLK 出现第一个上升沿的时间	$t_{SUCS}$	100	—	—	ns	
数据输入建立时间	$t_{SU}$	—	—	50	ns	
数据输入保持时间	$t_{HD}$	—	—	50	ns	
CLK 下降到输出数据有效的的时间	$t_{DO}$	—	—	200	ns	见图 1-2 和 1-3
CLK 下降到输出使能的时间	$t_{EN}$	—	—	200	ns	见图 1-2 和 1-3
CS 上升到禁止输出的时间	$t_{DIS}$	—	—	100	ns	见图 1-2 和 1-3
CS 禁止时间	$t_{CSH}$	500	—	—	ns	
$D_{out}$ 上升时间	$t_R$	—	—	100	ns	见图 1-2 和 1-3 (注 1)
$D_{out}$ 下降时间	$t_F$	—	—	100	ns	见图 1-2 和 1-3 (注 1)
<b>电源要求</b>						
工作电压	$V_{DD}$	2.7	—	5.5	V	
工作电流	$I_{DD}$	—	320 225	400 —	$\mu A$	$V_{DD} = V_{REF} = 5V$ , $D_{OUT}$ 空载 $V_{DD} = V_{REF} = 2.7V$ , $D_{OUT}$ 空载
待机电流	$I_{DSS}$	—	0.5	2.0	$\mu A$	$CS = V_{DD} = 5.0V$

注 1: 此参数是周期性采样得到的, 并未经 100% 测试。

2: 请参见相关的  $V_{REF}$  电平线性性能关系曲线图。

3: 因为采样电容终将释放电荷, 因此低于 10 kHz 的有效时钟速率将对线性性能产生影响, 尤其在温度升高的情况下。请参见第 6.2 节“保持最小时钟速率”获得更多相关信息。

# MCP3204/3208

## 电气规范 (续)

**电气特性:** 除非另外声明, 否则所有参数均适用于以下条件:  $V_{DD} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $V_{REF} = 5V$ ,  $T_{AMB} = -40^{\circ}C$  至  $+85^{\circ}C$ ,  $f_{SAMPLE} = 100 \text{ kSPS}$  和  $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>温度范围</b>						
指定温度范围	$T_A$	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
工作温度范围	$T_A$	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
存储温度范围	$T_A$	-65	—	+150	$^{\circ}C$	
<b>封装热阻</b>						
热阻, 14L-PDIP	$\theta_{JA}$	—	70	—	$^{\circ}C/W$	
热阻, 14L-SOIC	$\theta_{JA}$	—	108	—	$^{\circ}C/W$	
热阻, 14L-TSSOP	$\theta_{JA}$	—	100	—	$^{\circ}C/W$	
热阻, 16L-PDIP	$\theta_{JA}$	—	70	—	$^{\circ}C/W$	
热阻, 16L-SOIC	$\theta_{JA}$	—	90	—	$^{\circ}C/W$	

- 注**
- 1: 此参数是周期性采样得到的, 并未经 100% 测试。
  - 2: 请参见相关的  $V_{REF}$  电平线性性能关系曲线图。
  - 3: 因为采样电容终将释放电荷, 因此低于 10 kHz 的有效时钟速率将对线性性能产生影响, 尤其在温度升高的情况下。请参见第 6.2 节 “保持最小时钟速率” 获得更多相关信息。

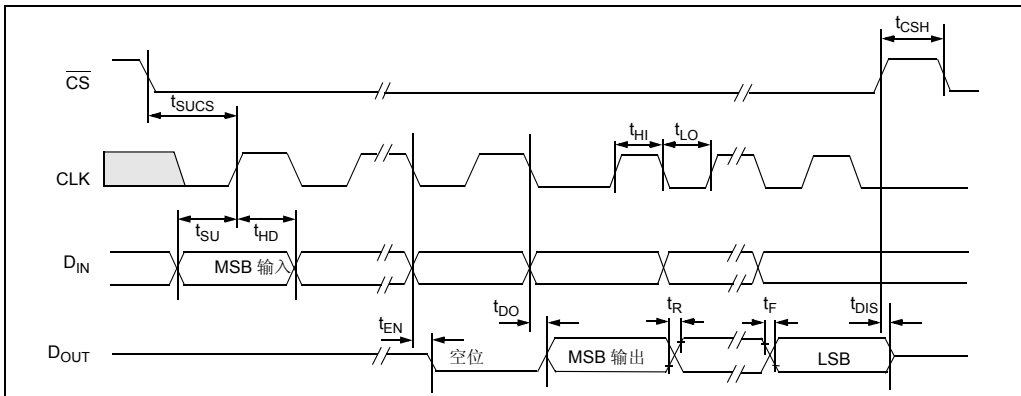


图 1-1: 串行接口时序

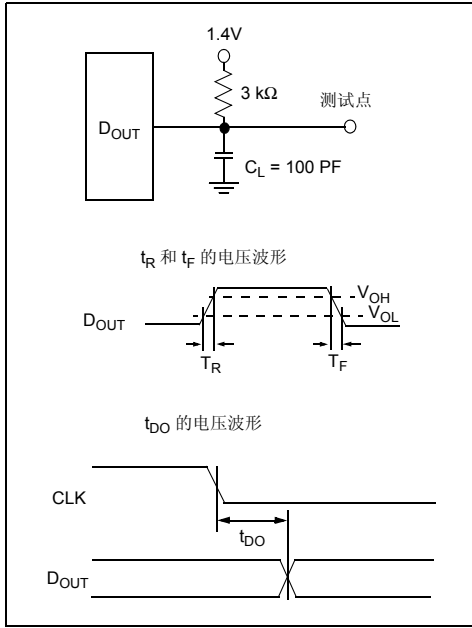


图 1-2:  $t_R$ ,  $t_F$  和  $t_{DO}$  的负载电路

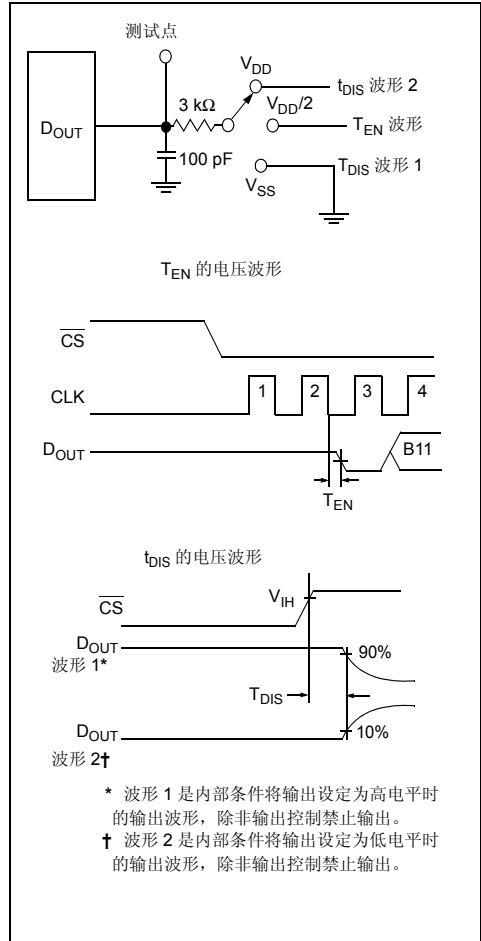


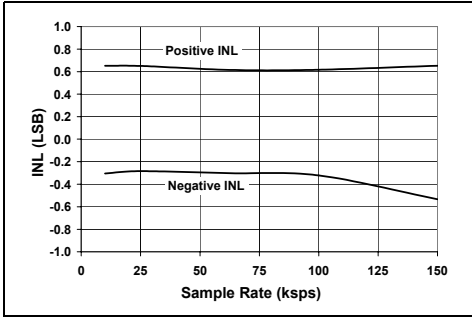
图 1-3:  $t_{DIS}$  和  $t_{EN}$  的负载电路

# MCP3204/3208

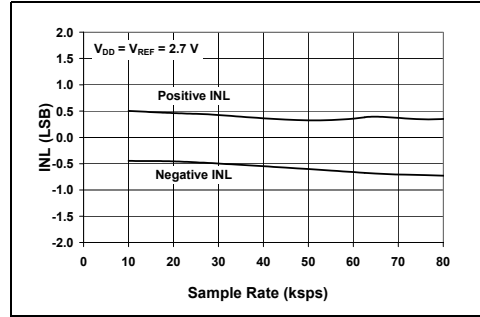
## 2.0 典型性能曲线

**注：** 以下图表来自有限数量样本的统计结果，仅供参考。所列出的性能特性未经测试，不做任何保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（例如，超出了规定的电源电压范围），因此不在担保范围内。

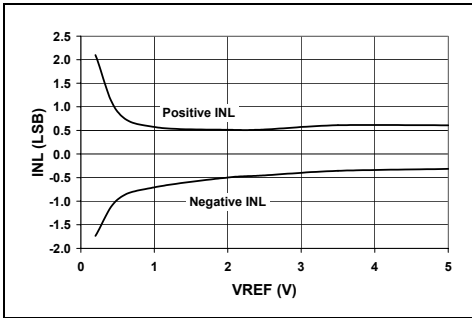
**注：** 除非另外声明，否则工作条件如下： $V_{DD} = V_{REF} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ， $f_{SAMPLE} = 100 \text{ kpsps}$ ， $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$  和  $T_A = 25^\circ C$ 。



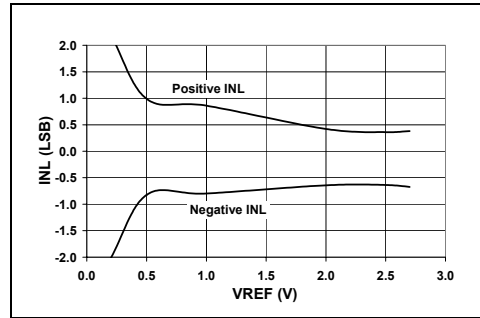
**图 2-1：** 积分非线性 (INL) — 采样速率关系曲线



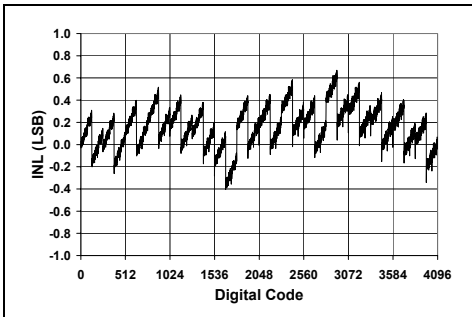
**图 2-4：** 积分非线性 (INL) — 采样速率关系曲线 ( $V_{DD} = 2.7V$ )



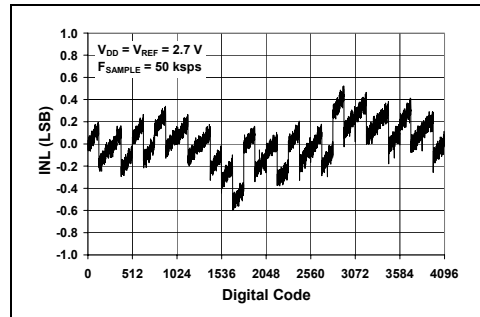
**图 2-2：** 积分非线性 (INL) —  $V_{REF}$  关系曲线



**图 2-5：** 积分非线性 (INL) —  $V_{REF}$  关系曲线 ( $V_{DD} = 2.7V$ )



**图 2-3：** 积分非线性 (INL) — 编码关系曲线 (典型部分)



**图 2-6：** 积分非线性 (INL) — 编码关系曲线 (典型部分,  $V_{DD} = 2.7V$ )

注：除非另外声明，否则工作条件如下： $V_{DD} = V_{REF} = 5\text{ V}$ ， $V_{SS} = 0\text{ V}$ ， $f_{SAMPLE} = 100\text{ kpsps}$ ， $f_{CLK} = 20 \cdot f_{SAMPLE}$  和  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

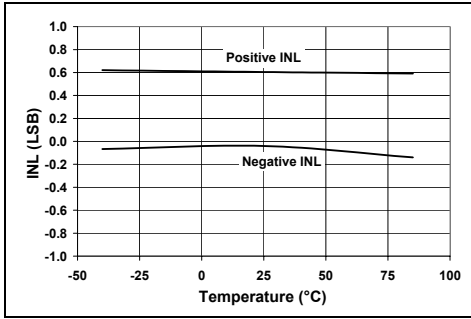


图 2-7: 积分非线性 (INL) — 温度关系曲线

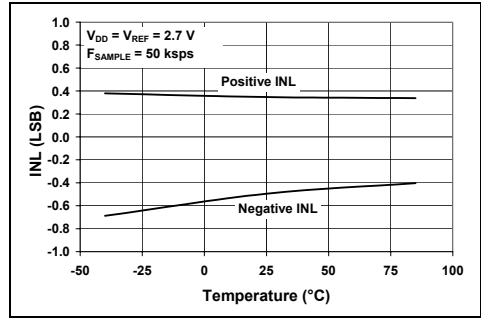


图 2-10: 积分非线性 (INL) — 温度关系曲线 ( $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ )

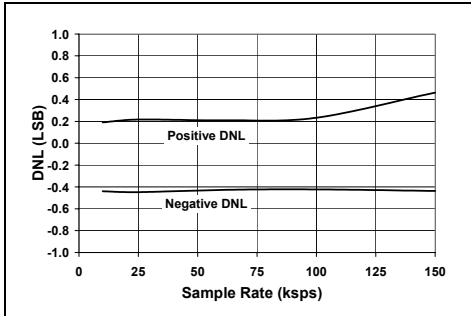


图 2-8: 差分非线性 (DNL) — 采样速率关系曲线

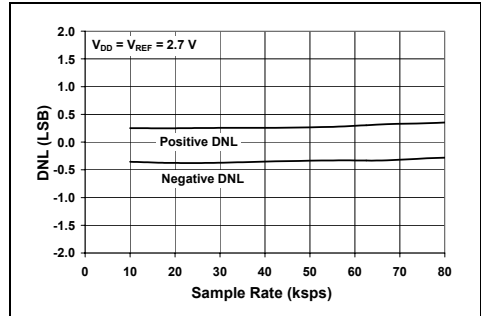


图 2-11: 差分非线性 (DNL) — 采样速率关系曲线 ( $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ )

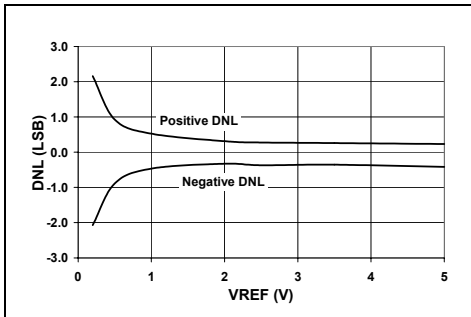


图 2-9: 差分非线性 (DNL) —  $V_{REF}$  关系曲线

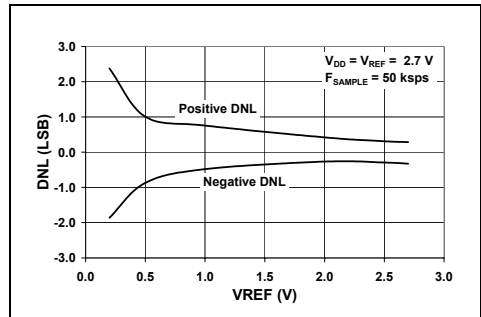


图 2-12: 差分非线性 (DNL) —  $V_{REF}$  关系曲线 ( $V_{DD} = 2.7\text{ V}$ )

# MCP3204/3208

注: 除非另外声明, 否则工作条件如下:  $V_{DD} = V_{REF} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $f_{SAMPLE} = 100 \text{ kpsps}$ ,  $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$  和  $T_A = 25^\circ C$ .

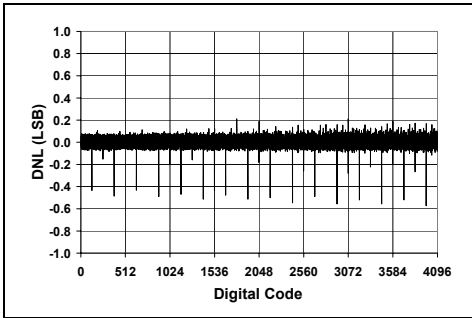


图 2-13: 差分非线性 (DNL) — 编码关系曲线 (典型部分)

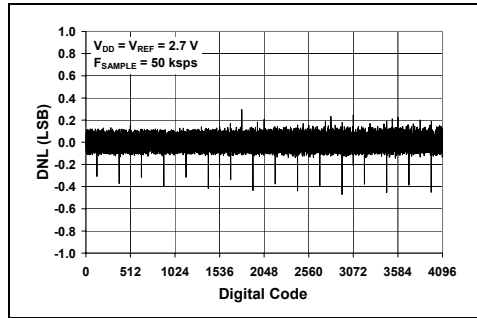


图 2-16: 差分非线性 (DNL) — 编码关系曲线 (典型部分,  $V_{DD} = 2.7V$ )

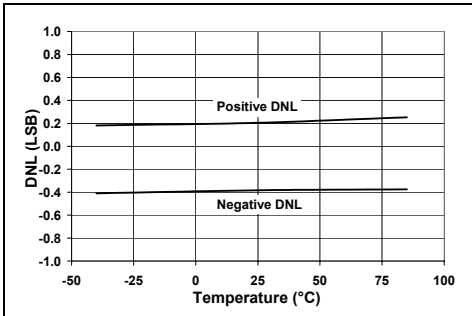


图 2-14: 差分非线性 (DNL) — 温度关系曲线

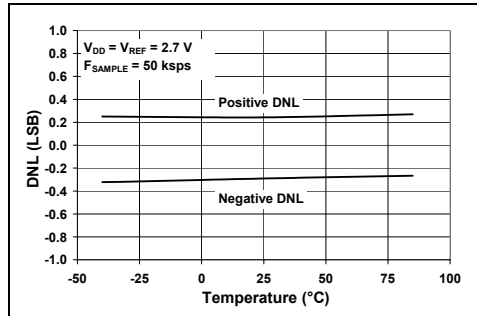


图 2-17: 差分非线性 (DNL) — 温度关系曲线 ( $V_{DD} = 2.7V$ )

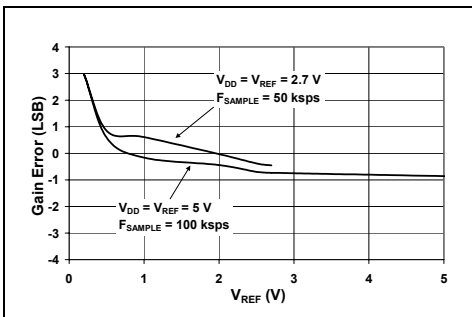


图 2-15: 增益误差— $V_{REF}$  关系曲线

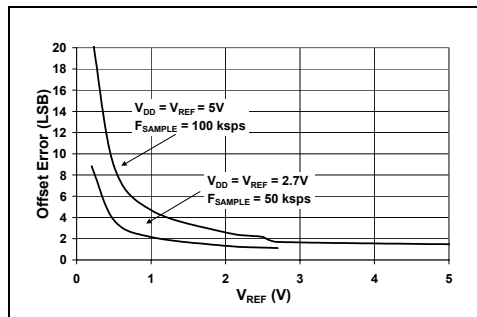


图 2-18: 失调误差— $V_{REF}$  关系曲线



注: 除非另外声明, 否则工作条件如下:  $V_{DD} = V_{REF} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $f_{SAMPLE} = 100 \text{ kpsps}$ ,  $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$  和  $T_A = 25^\circ C$ 。

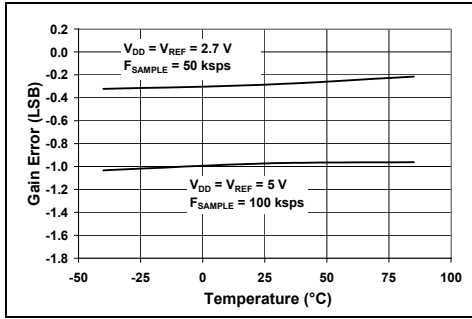


图 2-19: 增益误差—温度关系曲线

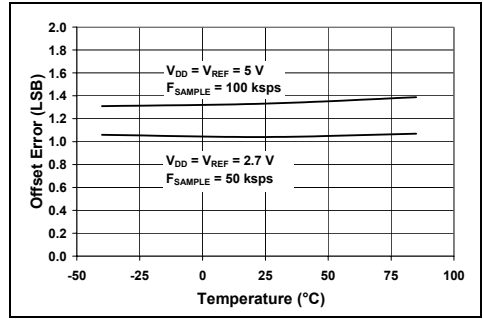


图 2-22: 失调误差—温度关系曲线

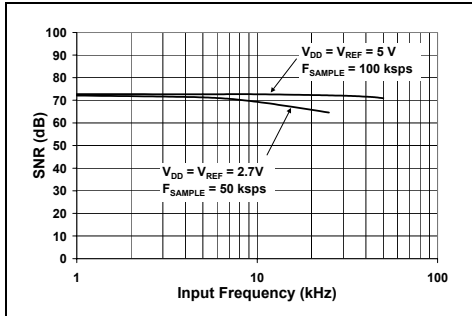


图 2-20: 信噪比 (SNR) —输入频率关系曲线

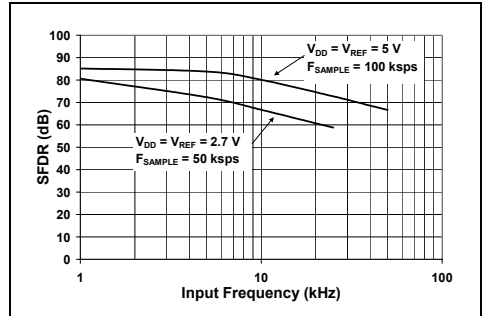


图 2-23: 信噪比和失真 (SINAD) —输入频率关系曲线

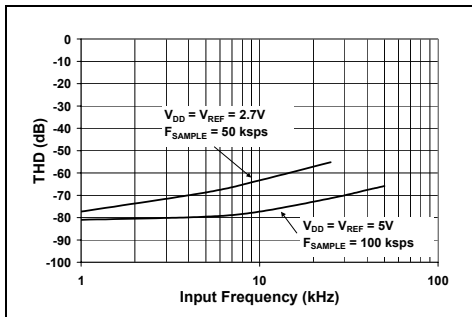


图 2-21: 总谐波失真 (THD) —输入频率关系曲线

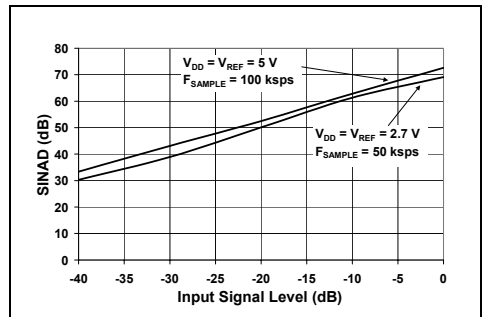


图 2-24: 信噪比和失真 (SINAD) —输入信号电平关系曲线

# MCP3204/3208

注: 除非另外声明, 否则工作条件如下:  $V_{DD} = V_{REF} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $f_{SAMPLE} = 100 \text{ kpsps}$ ,  $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$  和  $T_A = 25^\circ C$ .

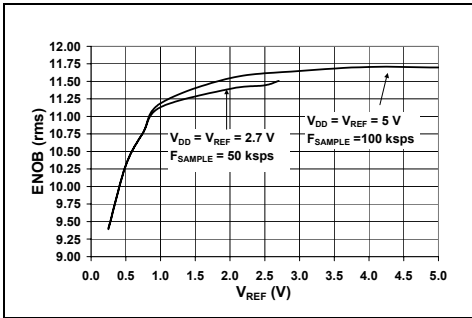


图 2-25: 有效位数 (ENOB) —  $V_{REF}$  关系曲线

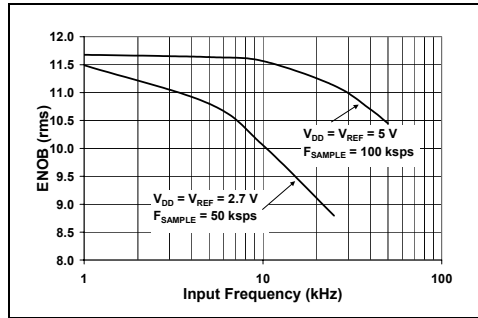


图 2-28: 有效位数 (ENOB) — 输入频率关系曲线

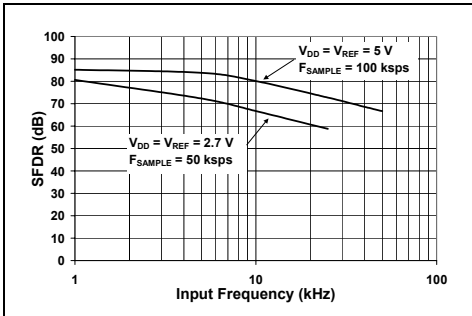


图 2-26: 无失真动态范围 (SFDR) — 输入频率关系曲线

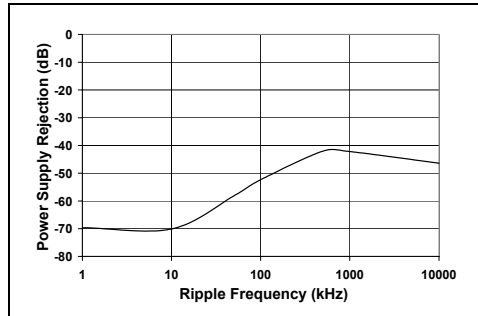


图 2-29: 电源抑制比 (PSR) — 纹波频率关系曲线

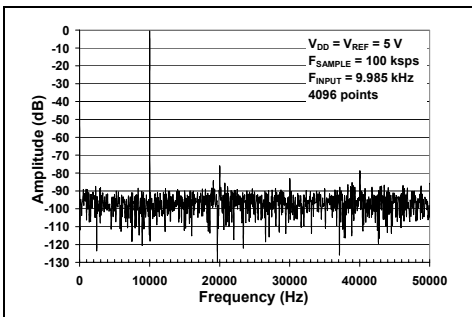


图 2-27: 10 kHz 输入时的频谱 (典型部分)

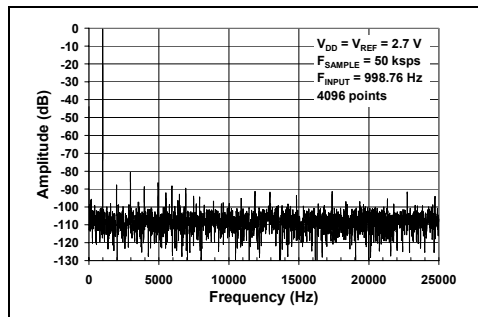


图 2-30: 1 kHz 输入时的频谱关系曲线 (典型部分,  $V_{DD} = 2.7V$ )

注: 除非另外声明, 否则工作条件如下:  $V_{DD} = V_{REF} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $f_{SAMPLE} = 100$  ksp/s,  $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$  和  $T_A = 25^\circ C$ .

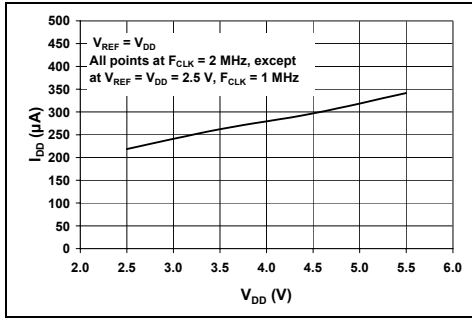


图 2-31:  $I_{DD} - V_{DD}$  关系曲线

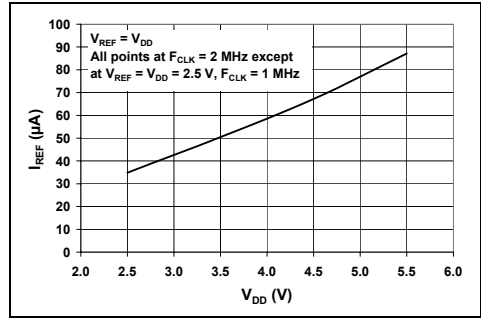


图 2-34:  $I_{REF} - V_{DD}$  关系曲线

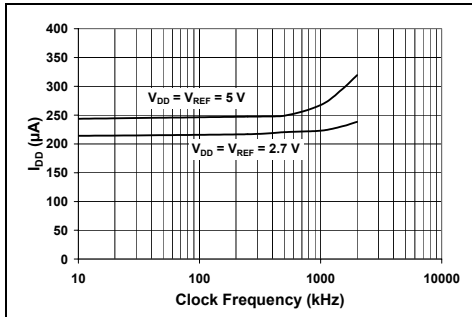


图 2-32:  $I_{DD}$  - 时钟频率关系曲线

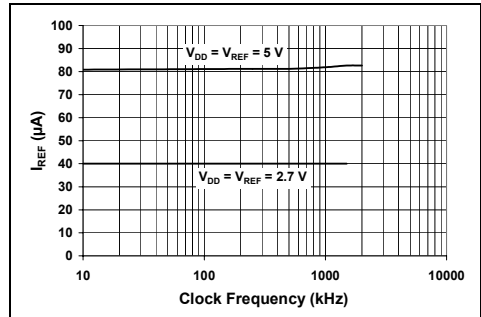


图 2-35:  $I_{REF}$  - 时钟频率关系曲线

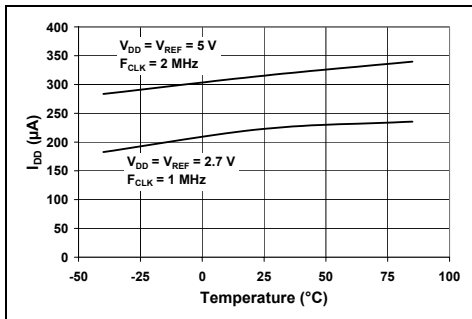


图 2-33:  $I_{DD}$  - 温度关系曲线

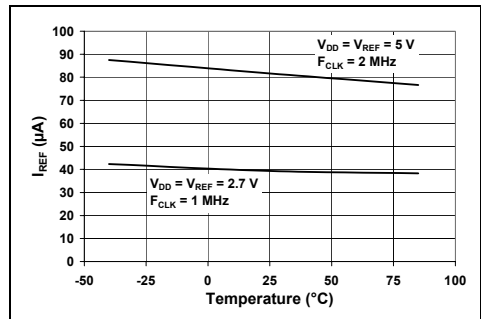


图 2-36:  $I_{REF}$  - 温度关系曲线

# MCP3204/3208

注: 除非另外声明, 否则工作条件如下:  $V_{DD} = V_{REF} = 5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $f_{SAMPLE} = 100 \text{ kpsps}$ ,  $f_{CLK} = 20 * f_{SAMPLE}$  和  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

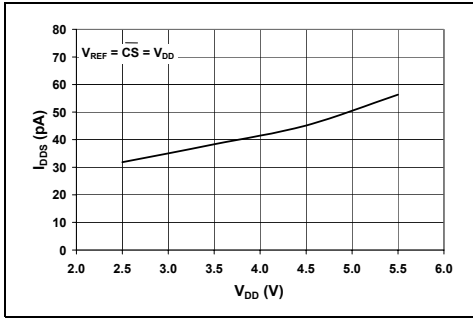


图 2-37:  $I_{DDS} - V_{DD}$  关系曲线

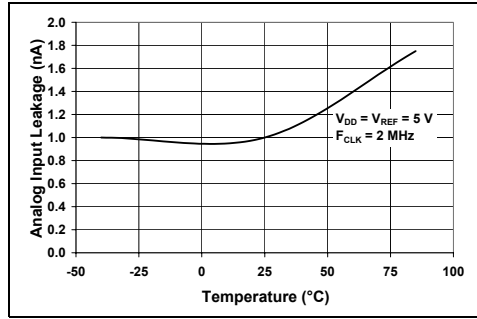


图 2-39: 模拟输入泄漏电流—温度关系曲线

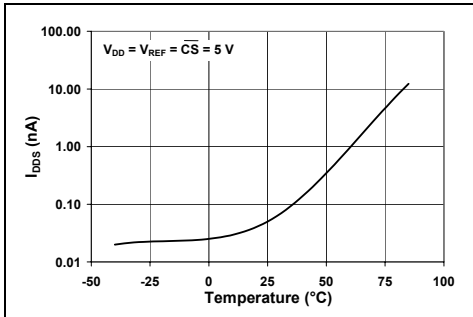


图 2-38:  $I_{DDS}$ —温度关系曲线

### 3.0 引脚说明

表 3-1 中列出了引脚说明。

**表 3-1: 引脚功能表**

名称	功能
V <sub>DD</sub>	+2.7V 至 5.5V 电源
DGND	数字地
AGND	模拟地
CH0-CH7	模拟输入
CLK	串行时钟
D <sub>IN</sub>	串行数据输入
D <sub>OUT</sub>	串行数据输出
CS/SHDN	片选 / 关断输入
V <sub>REF</sub>	参考电压输入

#### 3.1 DGND

数字地与内部数字电路连接。

#### 3.2 AGND

模拟地与内部模拟电路连接。

#### 3.3 CH0 - CH7

通道0至通道7的模拟输入，同时也是多路开关的输入。可通过编程将每组通道对用作：单端模式下的两个独立通道或一组伪差分输入对；此时一个通道为 IN<sup>+</sup>，另一个通道为 IN<sup>-</sup>。请参见第 4.1 节“模拟输入”和第 5.0 节“串行通信”获得更多有关编程通道配置的信息。

#### 3.4 串行时钟 (CLK)

SPI 时钟引脚用于启动转换，并在转换发生时为输出转换结果提供时钟。请参见第 6.2 节“保持最小时钟速率”，获得更多相关信息。

#### 3.5 串行数据输入 (D<sub>IN</sub>)

SPI 端口的串行数据输入引脚用于将通道配置数据装入器件。

#### 3.6 串行数据输出 (D<sub>OUT</sub>)

SPI 串行数据输出引脚用于移出 A/D 转换的结果。转换发生时数据总是在每个时钟的下降沿改变。

#### 3.7 片选 / 关断 ( $\overline{\text{CS}}/\text{SHDN}$ )

将  $\overline{\text{CS}}/\text{SHDN}$  引脚拉为低电平时可启动与器件的通信，而将其拉为高电平时可终止转换并使器件进入低功耗待机模式。在两次转换之间，必须将 CS/SHDN 引脚拉为高电平。

### 4.0 器件工作原理

MCP3204/3208 A/D 转换器使用传统的 SAR 架构。在此架构下，接收到启动位后，在串行时钟的第四个上升沿开始由内部采样保持电容对信号采集 1.5 个时钟周期。采样结束后，打开转换器的输入开关，器件使用内部采样保持电容收集的电荷产生一个 12 位的串行数字输出编码。MCP3204/3208 的转换速率可达 100 ksp/s。请参见第 6.2 节“保持最小时钟速率”，获得更多相关信息。通过一个 4 线 SPI 兼容接口实现与器件的通信。

#### 4.1 模拟输入

MCP3204/3208 器件提供了两种选择，可将模拟输入通道配置为单端输入或伪差分输入对。可配置 MCP3204 使之提供两组伪差分输入对或 4 个单端输入，而可将 MCP3208 配置为提供 4 组伪差分输入对或 8 个单端输入。此配置操作作为串口命令的一部分在转换开始之前完成。当各通道对（即，CH0 和 CH1，CH2 和 CH3 等）用于伪差分模式时，它们被编程为 IN<sup>+</sup> 和 IN<sup>-</sup> 输入，此操作是发送给器件的命令串的一部分。IN<sup>+</sup> 输入的变化范围从 IN<sup>-</sup> 至 V<sub>REF</sub> + IN<sup>-</sup>。而 IN<sup>-</sup> 输入被限定在 V<sub>SS</sub> 满幅值 ±100 mV 的范围内，IN<sup>-</sup> 输入可用于消除 IN<sup>+</sup> 和 IN<sup>-</sup> 输入端都存在的小信号共模噪声。

当工作在伪差分模式时，如果 IN<sup>+</sup> 的电平等于或小于 IN<sup>-</sup>，则结果编码为 000h。如果 IN<sup>+</sup> 的电压等于或大于  $\{[V_{\text{REF}} + (\text{IN}^-)] - 1 \text{ LSB}\}$ ，则输出编码为 FFFh。如果 IN<sup>-</sup> 的电平比 V<sub>SS</sub> 低 1 个 LSB 以上，则 IN<sup>+</sup> 端的输入电平必须小于 V<sub>SS</sub>，才能输出 000h 编码。反之，如果 IN<sup>-</sup> 比 V<sub>SS</sub> 高 1 个 LSB 以上，则 IN<sup>+</sup> 输入电平必须高于 V<sub>REF</sub>，才能输出 FFFh 编码。

为了使 A/D 转换器能够符合规范，在 1.5 个时钟周期的采样时间内必须给电荷保持电容 (C<sub>SAMPLE</sub>) 足够的时间以采集到 12 位精度的电平。图 4-1 给出了模拟输入模型。

# MCP3204/3208

该框图说明了源阻抗 ( $R_S$ ) 和内部采样开关阻抗 ( $R_{SS}$ ) 直接影响电容 ( $C_{sample}$ ) 充电所需的时间。因此, 较大的源阻抗会增加转换的失调误差、增益误差和积分线性误差 (见图 4-2)。

## 4.2 参考电压输入

对于此系列器件, 参考电压输入 ( $V_{REF}$ ) 决定了模拟输入电压的范围。随着参考电压的减小, LSB 的大小也会相应的减小。理论上 A/D 转换器的数字输出编码是模拟输入信号和参考电压输入的函数, 如下所示。

### 公式

$$\text{数字输出编码} = \frac{4096 \times V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$V_{IN} = \text{模拟输入电压}$$

$$V_{REF} = \text{参考电压}$$

当使用外部参考电压器件时, 系统设计人员应始终参考生产厂商推荐的电路布线方法。参考电压器件工作过程中的任何不稳定状态都将直接影响 A/D 转换器的工作。

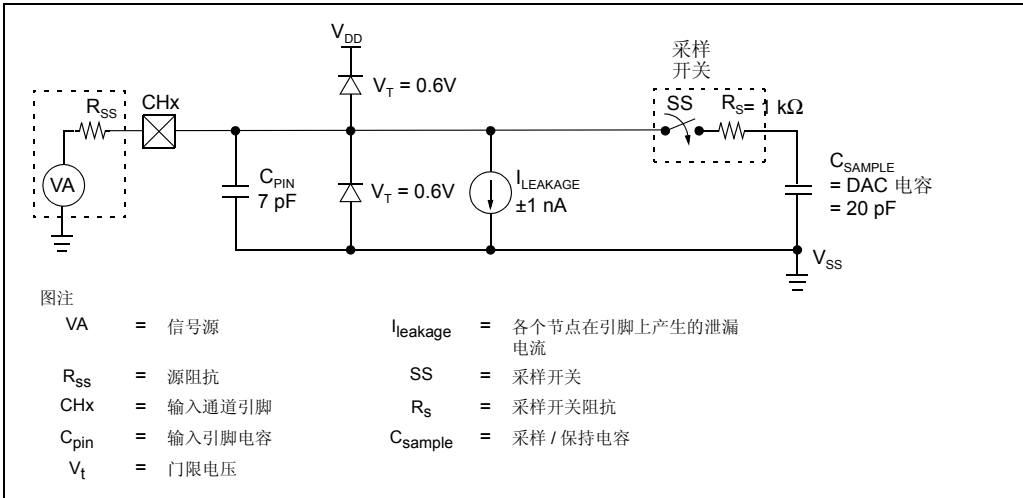


图 4-1: 模拟输入模型

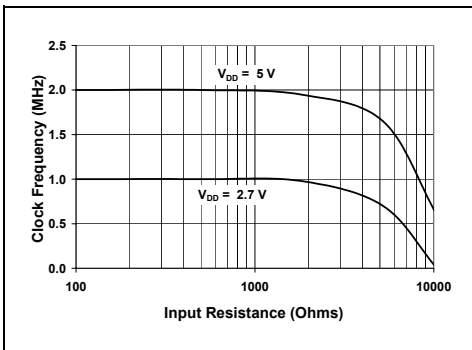


图 4-2: 最大时钟频率—输入阻抗 ( $R_S$ ) 关系曲线 (保持实际的 INL 与标称条件下 INL 的偏差不得超过 0.1 LSB)

## 5.0 串行通信

通过标准的SPI兼容串行接口实现与MCP3204/3208的通信。将CS线拉为低电平可以启动与器件之间的通信（见图5-1）。如果在引脚CS为低电平时给器件上电，则首先必须将此引脚拉高，然后再拉低才能启动通信。在CS为低电平且D<sub>IN</sub>为高电平时接收到的第一个时钟构成启动位。启动位后跟的SGL/DIFF位用于确定使用单端还是差分输入模式进行转换。之后的三位（D0、D1和D2）用于选择输入通道配置。表5-1和表5-2分别给出了MCP3204和MCP3208的配置位。器件将在接收到启动位后的第四个时钟上升沿开始对模拟输入信号进行采样。采样周期在启动位后的第五个时钟下降沿结束。

输入D0后，需要经过一个额外的时钟脉冲才能结束采样和保持周期（此时钟内，“忽略”D<sub>IN</sub>）。在下一个时钟下降沿处，器件将输出一个低电平空位。随后的12个时钟脉冲将以首先发送最高位的格式输出转换结果，如图5-1所示。器件总是在时钟的下降沿输出数据。所有12个数据位发送完毕后，如果器件继续接收时钟脉冲，且CS保持为低电平，则器件将以首先发送最低位的格式输出该转换结果，如图5-2所示。如果在CS仍为低电平时继续向器件提供时钟（以首先发送最低位格式发送数据结束后），器件将继续输出零。

需要时，可将CS拉为低电平，在启动位之前通过D<sub>IN</sub>线输入前导零。上述操作通常用于必须一次性发送8位数据的基于单片机的SPI端口。欲知更多有关硬件SPI端口与MCP3204/3208器件通信的使用信息，请参见第6.1节。

表 5-1: MCP3204 的配置位

控制位选项				输入配置	通道选择
Single/Diff	D2*	D1	D0		
1	X	0	0	单端	CH0
1	X	0	1	单端	CH1
1	X	1	0	单端	CH2
1	X	1	1	单端	CH3
0	X	0	0	差分	CH0 = IN+ CH1 = IN-
0	X	0	1	差分	CH0 = IN- CH1 = IN+
0	X	1	0	差分	CH2 = IN+ CH3 = IN-
0	X	1	1	差分	CH2 = IN- CH3 = IN+

\* 将忽略 D2。MCP3204

表 5-2: MCP3208 的配置位

控制位选项				输入配置	通道选择
Single/Diff	D2	D1	D0		
1	0	0	0	单端	CH0
1	0	0	1	单端	CH1
1	0	1	0	单端	CH2
1	0	1	1	单端	CH3
1	1	0	0	单端	CH4
1	1	0	1	单端	CH5
1	1	1	0	单端	CH6
1	1	1	1	单端	CH7
0	0	0	0	差分	CH0 = IN+ CH1 = IN-
0	0	0	1	差分	CH0 = IN- CH1 = IN+
0	0	1	0	差分	CH2 = IN+ CH3 = IN-
0	0	1	1	差分	CH2 = IN- CH3 = IN+
0	1	0	0	差分	CH4 = IN+ CH5 = IN-
0	1	0	1	差分	CH4 = IN- CH5 = IN+
0	1	1	0	差分	CH6 = IN+ CH7 = IN-
0	1	1	1	差分	CH6 = IN- CH7 = IN+

# MCP3204/3208

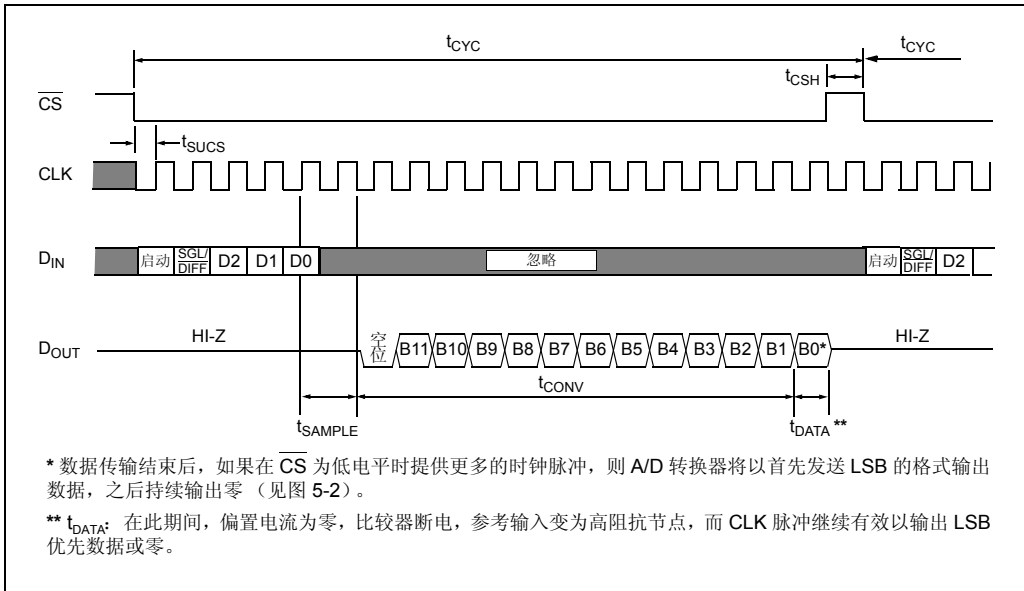


图 5-1: 与 MCP3204 或 MCP3208 通信

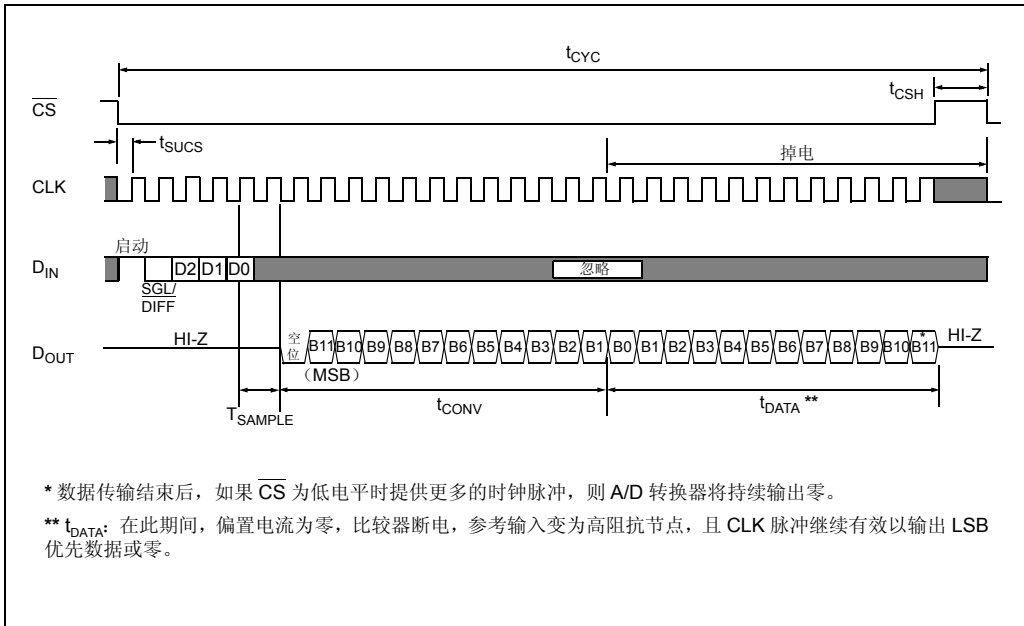


图 5-2: 使用 LSB 优先格式与 MCP3204 或 MCP3208 通信



## 6.0 应用信息

### 6.1 MCP3204/3208 与单片机（MCU） SPI 端口通信

大多数单片机的 SPI 端口都要求以 8 位数据为一组来收发数据。还需要将该端口配置成在时钟下降沿输出数据，在时钟上升沿锁存数据。因为与 MCP3204/3208 器件通信所需的时钟数可能不是 8 的倍数，故有必要提供多于实际需要的时钟数。此操作通常是通过在启动位之前发送前导零实现的。图 6-1 和图 6-2 显示了 MCP3204/3208 与带有硬件 SPI 端口的 MCU 的接口示例。图 6-1 描绘了 SPI 模式 0,0 的工作原理，此时要求来自 MCU 的 SCLK 时钟的空闲状态为“低电平”；而图 6-2 描绘了 SPI 模式 1,1 的工作原理，此时要求时钟的空闲状态为“高电平”。

如图 6-1 所示，A/D 转换器发送的第一个字节中包含了启动位和位于其之前的 5 个前导零。安排发送前导零是为了使产生的 12 位输出数据位于便于 MCU 操作的位置。A/D 转换器在第 12 个时钟的下降沿时输出数据的最高位。器件接收完第 2 个 8 位时钟后，MCU 接收缓冲器中将包含三个未知位（在前两个时钟内输出为高阻态）、空位和转换结果的最高 4 位。将第三个字节发送给器件后，接收寄存器中将包含转换结果的最低 8 位。使用此方法可以简化对转换结果的处理。

图 6-2 显示了在 SPI 模式 1,1 下的类似情形，此时要求时钟空闲时为高电平。与模式 0,0 相同，A/D 转换器在时钟的下降沿输出数据，且 MCU 在时钟的上升沿锁存来自 A/D 转换器的数据。

# MCP3204/3208

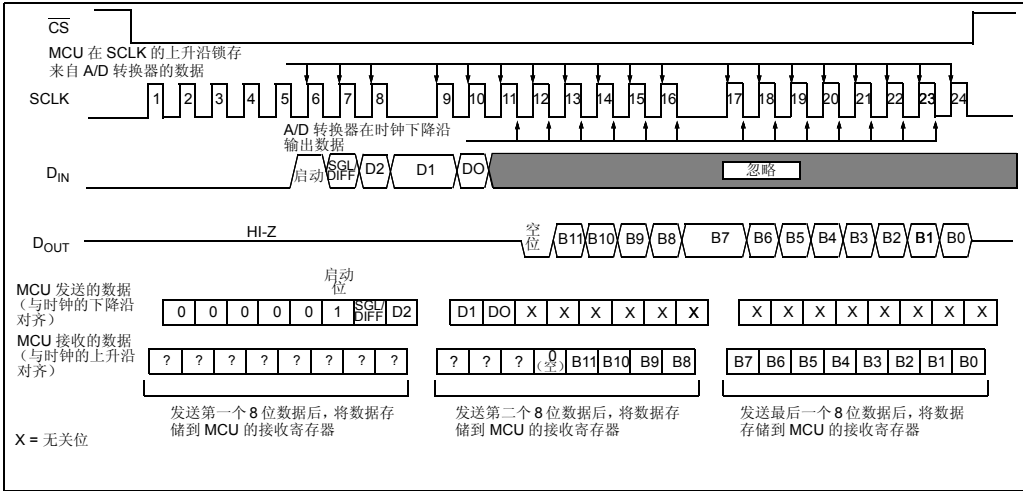


图 6-1: 使用 8 位分段的 SPI 通信 (模式 0,0, SCLK 空闲状态为低电平)

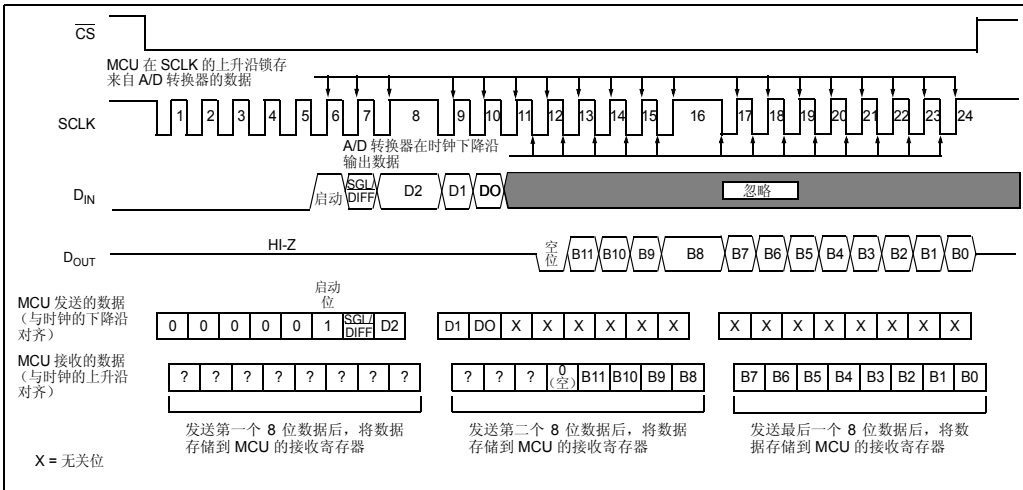


图 6-2: 使用 8 位分段的 SPI 通信 (模式 1,1, SCLK 空闲状态为高电平)

## 6.2 保持最小时钟速率

MCP3204/3208 启动采样后，电荷会储存到采样电容上。采样周期结束后，器件每收到一个时钟脉冲就转换一位。用户必须注意的是，如果采用较慢的时钟速率，采样电容将在转换过程中释放电荷。在 85°C（最差条件）时，器件能够保持采样电容在采样周期结束后至少 1.2 ms 内不会释放电荷。这意味着，从采样周期结束到所有 12 个数据位输出结束之间的时间不能超出 1.2 ms（10 kHz 有效时钟频率条件下）。若无法满足此条件，可能会导致转换过程中的线性误差超出额定规范值。需要注意的是，在整个转换周期内，只要满足所有的时序规范，并不需要为 A/D 转换器提供恒定的时钟速率或占空比。

## 6.3 模拟输入缓冲 / 滤波

如果 A/D 转换器的信号源不是低阻抗源，则必须对它进行缓冲处理，否则将产生不精确的转换结果（见图 4-2）。还推荐使用滤波器来消除任何可能与转换结果混叠的信号，下面的图 6-3 对该滤波器进行了说明，该滤波器使用了一个运算放大器来驱动 MCP3204/3208 的模拟输入端。该放大器的低阻抗输出被用作转换器的输入，并提供了一个用于消除高频噪声的低通滤波器。

可使用 Microchip 的免费 FilterLab™ 交互软件设计低通（抗混叠）滤波器。FilterLab 可计算出电容和电阻的值，并确定应用所需要的极点数。请参见应用笔记 AN699 “Anti-Aliasing Analog Filters for Data Acquisition Systems”，获得有关信号滤波的更多信息。

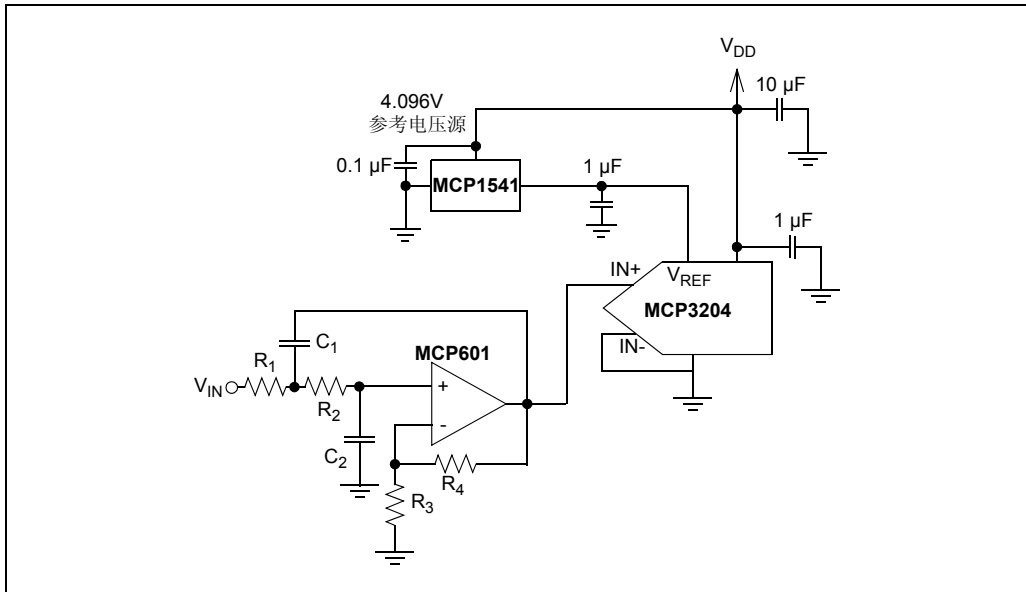


图 6-3: MCP601 运算放大器实现的 2 阶抗混叠滤波器（用于对 MCP3204 的转换信号滤波）

## 6.4 布线注意事项

当在印刷电路板上为模拟元件进行布线时，需要注意应尽可能减少噪声。需要为该器件连接旁路电容，并使该电容尽可能靠近器件的引脚。建议使用  $1\ \mu\text{F}$  的旁路电容。

板上的数字和模拟走线应该尽量分开，在器件和旁路电容的底部不要安排走线。应该采取额外的措施，使传输高频信号的走线（如时钟线）尽可能的远离模拟走线。

建议使用模拟接地层以使电路板上的所有器件具有相同的接地电位。将  $V_{\text{DD}}$  与多个器件之间采用“星型”连接方式也可通过消除电流回路和相关误差来降低噪声（图 6-4）。欲知有关使用 A/D 转换器的更多布线提示信息，请参见 AN688 “Layout Tips for 12-Bit A/D converter Applications”。

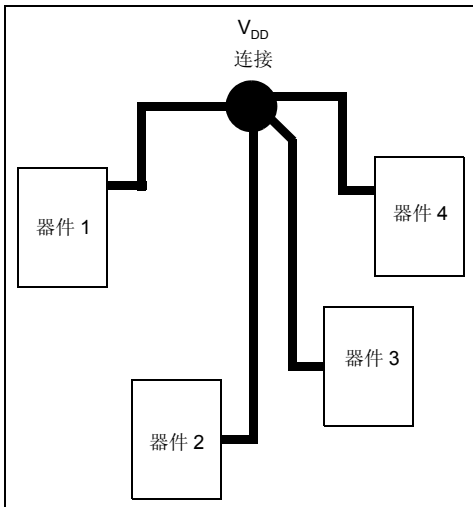


图 6-4: “星型”配置的  $V_{\text{DD}}$  走线用于减少电流回路引入的误差

## 6.5 使用数字地和模拟地引脚

MCP3204/3208 器件具有数字地和模拟地两种连接引脚，提供了另外的降低噪声的方法。如图 6-5 所示，在器件内部模拟和数字电路是分开的，从而降低了器件的数字部分与模拟部分的耦合噪声。模拟地和数字地在内部通过一个阻值为  $5\text{--}10\ \Omega$  的基板相连。

如果未使用接地层，则模拟地和数字地都必须连接到电路板上的  $V_{\text{SS}}$ 。如果存在接地层，则模拟地和数字地引脚都应连接到模拟接地层。当模拟接地层和数字接地层都存在时，数字地和模拟地引脚都必须连接到模拟接地层。按上述步骤进行操作可以降低电路板上其他电路耦合到 A/D 转换器产生的数字噪声。

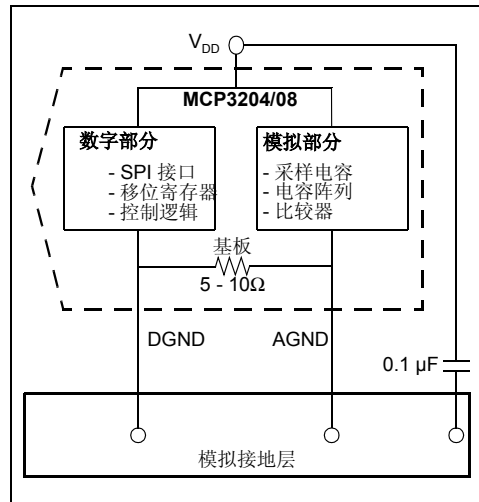
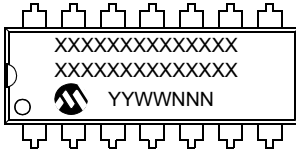


图 6-5: 独立的模拟地和数字地引脚

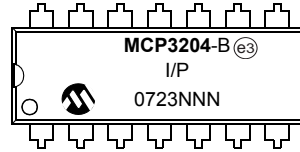
## 7.0 封装信息

### 7.1 封装标识信息

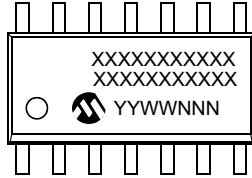
14 引脚 PDIP (300 mil)



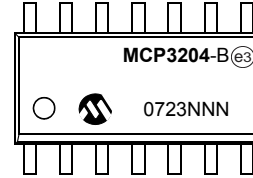
示例



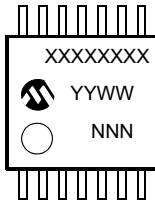
14 引脚 SOIC (150 mil)



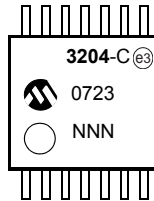
示例



14 引脚 TSSOP (4.4mm) \*



示例



**图注:** XX...X 客户指定信息  
 Y 年份代码 (公历年份的最后一位数字)  
 YY 年份代码 (公历年份的最后两位数字)  
 WW 星期代码 (1月的第一个星期代码是“01”)  
 NNN 按字母数字排序的追踪代码  
 (e3) 无铅 (Sn) 的 JEDEC 无铅标识  
 \* 本封装是无铅的。Pb-free JEDEC 无铅标识 (e3) 标示于此种封装的外包装上。

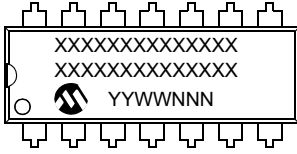
**注:** Microchip 元器件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制客户指定信息的可用字符数。

# MCP3204/3208

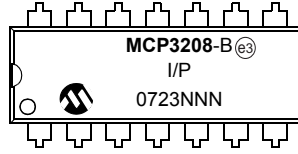
---

## 封装标识信息 (续)

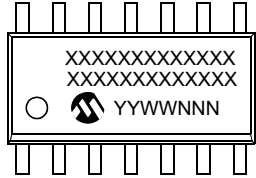
16 引脚 PDIP (300 mil) (MCP3304)



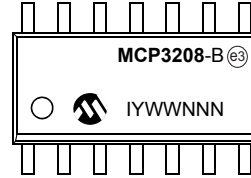
示例



16 引脚 SOIC (150 mil) (MCP3304)

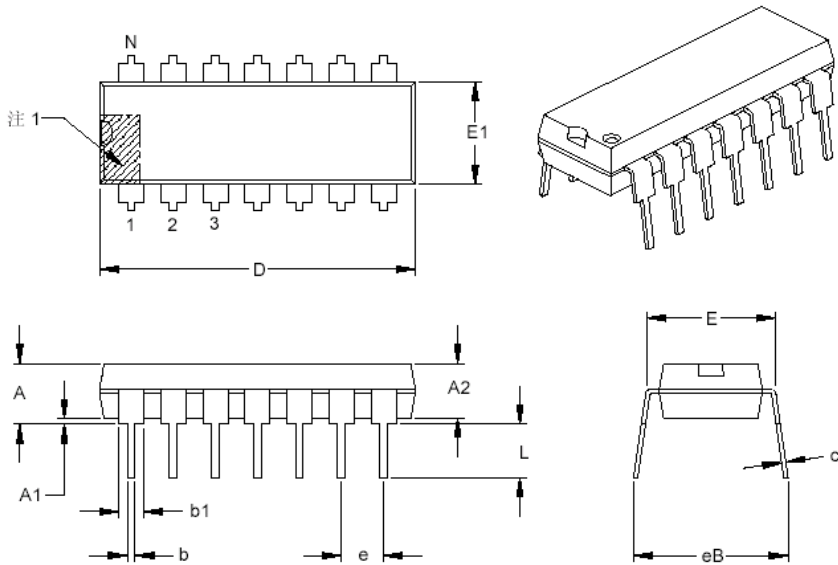


示例



## 14 引脚塑封双列直插式封装 (P) —— 300mil [PDIP]

注： 最新的封装图，请参见 <http://www.microchip.com/packaging> 上的 Microchip 封装规范。



	单位	英寸		
		尺寸范围	最小	正常
引脚数	N		14	
引脚间距	e		.100 BSC	
塑模上部到定位面距离	A	—	—	.210
塑模封装厚度	A2	.115	.130	.195
塑模底部到定位面距离	A1	.015	—	—
肩到肩宽度	E	.290	.310	.325
塑模封装宽度	E1	.240	.250	.280
总长度	D	.735	.750	.775
引脚尖到定位面距离	L	.115	.130	.150
引脚厚度	c	.008	.010	.015
引脚上部宽度	b1	.045	.060	.070
引脚下部宽度	b	.014	.018	.022
两列引脚最大间距	§ eB	—	—	.430

注：

1. 引脚1定位特性可能有变化，但一定位于阴影区域内。
2. § 重要特性。
3. 尺寸D和E1不包括塑模毛边和突起。塑模每侧的毛边和突起不得超过0.010英寸。
4. 尺寸和公差遵循 ASME Y14.5M。

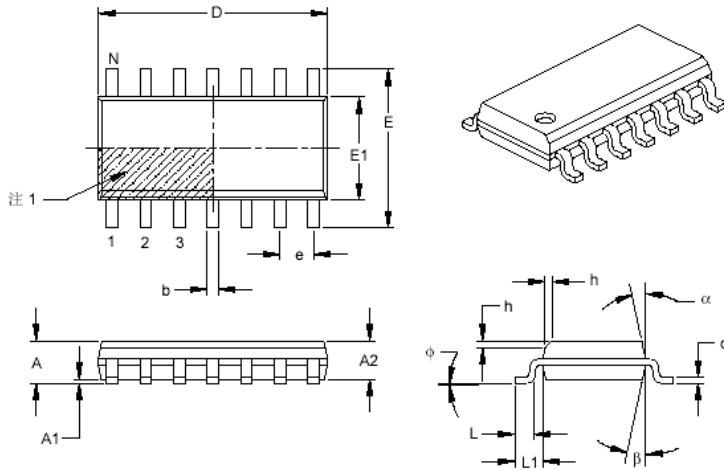
BSC: 基本尺寸。理论精确值，不包括公差。

Microchip Technology 图号 C04-005B

# MCP3204/3208

## 14 引脚塑封小外形封装 (SL) ——窄型, 3.90 mm [SOIC]

注: 最新的封装图, 请参见 <http://www.microchip.com/packaging> 上的 Microchip 封装规范。



单位		毫米		
尺寸范围		最小	正常	最大
引脚数	N	14		
引脚间距	e	1.27 BSC		
总高度	A	-	-	1.75
塑模封装厚度	A2	1.25	-	-
悬空间隙 §	A1	0.10	-	0.25
总宽度	E	6.00 BSC		
塑模封装宽度	E1	3.90 BSC		
总长度	D	8.65 BSC		
塑模斜边投影距离 (可选)	h	0.25	-	0.50
底脚长度	L	0.40	-	1.27
引脚投影长度	L1	1.04 REF		
底脚倾角	φ	0°	-	8°
引脚厚度	c	0.17	-	0.25
引脚宽度	b	0.31	-	0.51
塑模顶部倾角	α	5°	-	15°
塑模底部倾角	β	5°	-	15°

注:

1. 引脚1定位特性可能有变化, 但一定位于阴影区域内。
2. § 重要特性。
3. 尺寸D和E1不包括塑模毛边和突起。塑模每侧的毛边和突起不得超过0.15 mm。
4. 尺寸和公差遵循 ASME Y14.5M。

BSC: 基本尺寸。理论精确值, 不包括公差。

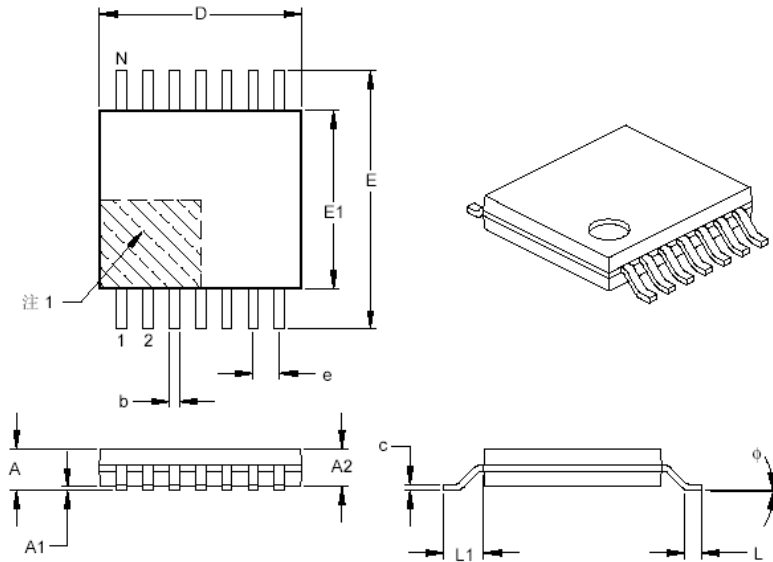
REF: 参考尺寸。仅供参考, 通常不包括公差。

Microchip Technology 图号 C04-065B



## 14 引脚塑封薄型小外形封装 (ST) —— 4.4 mm [TSSOP]

注： 最新的封装图，请参见 <http://www.microchip.com/packaging> 上的 Microchip 封装规范。



尺寸范围	单位	毫米		
		最大	正常	最小
引脚数	N	14		
引脚间距	e	0.65 BSC		
总高度	A	-	-	1.20
塑模封装厚度	A2	0.80	1.00	1.05
悬空间隙	A1	0.05	-	0.15
总宽度	E	6.40 BSC		
塑模封装宽度	E1	4.30	4.40	4.50
塑模封装长度	D	4.90	5.00	5.10
底脚长度	L	0.45	0.60	0.75
引脚投影长度	L1	1.00 REF		
底脚倾角	φ	0°	-	8°
引脚厚度	c	0.09	-	0.20
引脚宽度	b	0.19	-	0.30

注：

1. 引脚1定位特性可能有变化，但一定位于阴影区域内。
2. 尺寸D和E1不包括塑模毛边和突起。塑模每侧的毛边和突起不得超过0.15 mm。
3. 尺寸和公差遵循 ASME Y14.5M。

BSC: 基本尺寸。理论精确值，不包括公差。

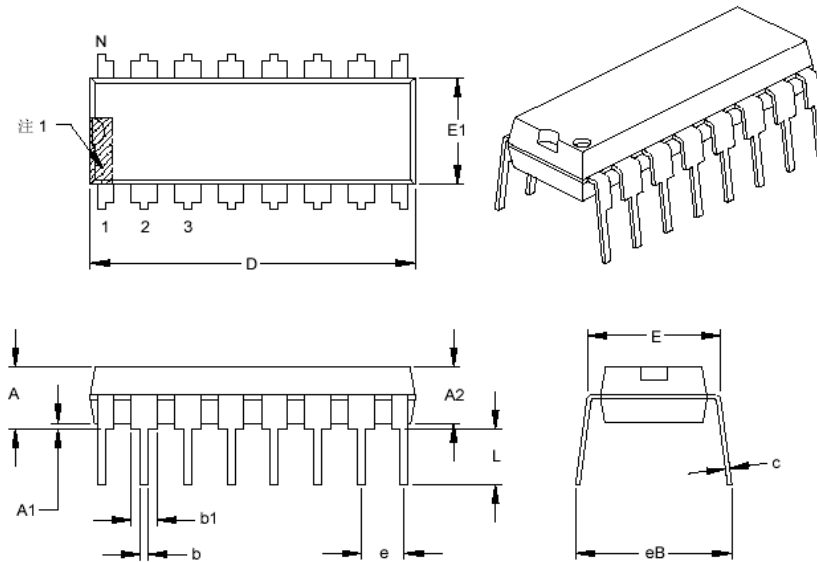
REF: 参考尺寸。仅供参考，通常不包括公差。

Microchip Technology 图号 C04-087B

# MCP3204/3208

## 16 引脚塑封双列直插式封装 (P) —— 300mil [PDIP]

注： 最新的封装图，请参见 <http://www.microchip.com/packaging> 上的 Microchip 封装规范。



	单位 尺寸范围	英寸		
		最小	正常	最大
引脚数	N	16		
引脚间距	e	.100 BSC		
塑模顶部到定位平面距离	A	—	—	.210
塑模封装厚度	A2	.115	.130	.195
塑模底部到定位平面距离	A1	.015	—	—
肩到肩宽度	E	.290	.310	.325
塑模封装宽度	E1	.240	.250	.280
总长度	D	.735	.755	.775
引脚尖到定位平面距离	L	.115	.130	.150
引脚厚度	c	.008	.010	.015
引脚上部宽度	b1	.045	.060	.070
引脚下部宽度	b	.014	.018	.022
两列引脚最大间距	§ eB	—	—	.430

注：

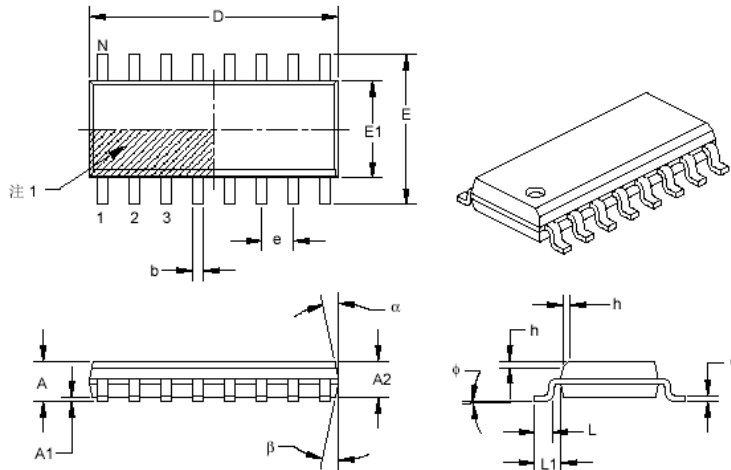
1. 引脚1定位特性可能有变化，但一定位于阴影区域内。
2. § 重要特性。
3. 尺寸D和E1不包括塑模毛边和突起。塑模每侧的毛边和突起不得超过0.010英寸。
4. 尺寸和公差遵循 ASME Y14.5M。

BSC： 基本尺寸。理论精确值，不包括公差。

Microchip Technology 图号 C04-017B

## 16 引脚塑封小外形封装 (SL) —— 窄型, 3.90 mm [SOIC]

注: 最新的封装图, 请参见 <http://www.microchip.com/packaging> 上的 Microchip 封装规范。



	单位	毫米		
		尺寸范围	最小	正常
引脚数	N	16		
引脚间距	e	1.27 BSC		
总高度	A	—	—	1.75
塑模封装厚度	A2	1.25	—	—
悬空间隙 §	A1	0.10	—	0.25
总宽度	E	6.00 BSC		
塑模封装宽度	E1	3.90 BSC		
总长度	D	9.90 BSC		
塑模斜边投影距离 (可选)	h	0.25	—	0.50
底脚长度	L	0.40	—	1.27
引脚投影长度	L1	1.04 REF		
底脚倾角	φ	0°	—	8°
引脚厚度	c	0.17	—	0.25
引脚宽度	b	0.31	—	0.51
塑模顶部倾角	α	5°	—	15°
塑模底部倾角	β	5°	—	15°

注:

1. 引脚1定位特性可能有变化, 但一定位于阴影区域内。
2. § 重要特性。
3. 尺寸D和E1不包括塑模毛边和突起。塑模每侧的毛边和突起不得超过0.15 mm。
4. 尺寸和公差遵循 ASME Y14.5M。

BSC: 基本尺寸。理论精确值, 不包括公差。

REF: 参考尺寸。仅供参考, 通常不包括公差。

Microchip Technology 图号 C04-108B

# MCP3204/3208

---

---

注:

## 附录 A: 版本历史

### 版本 D (2007 年 1 月)

该版本更新了封装部分的信息。

# MCP3204/3208

---

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销售办事处联系。

器件编号	X	X	/XX
器件	等级	温度范围	封装
器件： MCP3204: 4 通道 12 位串行 A/D 转换器 MCP3204T: 4 通道 12 位串行 A/D 转换器 (卷带式封装) MCP3208: 8 通道 12 位串行 A/D 转换器 MCP3208T: 8 通道 12 位串行 A/D 转换器 (卷带式封装)	等级： B = $\pm 1$ LSB INL C = $\pm 2$ LSB INL	温度范围： I = $-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$	封装： P = 14 引脚、16 引脚塑封 DIP (300mil) SL = 14 引脚、16 引脚塑封 SOIC (150mil) ST = 14 引脚塑封 TSSOP (4.4 毫米)
<b>示例：</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) MCP3204-BI/P: <math>\pm 1</math> LSB INL, 工业级温度, PDIP 封装。</li> <li>b) MCP3204-BI/SL: <math>\pm 1</math> LSB INL, 工业级温度, SOIC 封装。</li> <li>c) MCP3204-CI/ST: <math>\pm 2</math> LSB INL, 工业级温度, TSSOP 封装。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) MCP3208-BI/P: <math>\pm 1</math>LSB INL, 工业级温度, PDIP 封装。</li> <li>b) MCP3208-BI/SL: <math>\pm 1</math> LSB INL, 工业级温度, SOIC 封装。</li> <li>c) MCP3208-CI/ST: <math>\pm 2</math> LSB INL, 工业级温度, TSSOP 封装。</li> </ul>			

# MCP3204/08

---

---

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之中。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、适用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。在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

#### 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rfPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Linear Active Thermistor、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、PS 徽标、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICKtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rFLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2007, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe、位于俄勒冈州 Gresham 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PIC® 单片机与 dsPIC® 数字信号控制器、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。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。



**MICROCHIP**

## 全球销售及服务网点

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

### 亚特兰大 Atlanta

Duluth, GA  
Tel: 678-957-9614  
Fax: 678-957-1455

### 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

Farmington Hills, MI  
Tel: 1-248-538-2250  
Fax: 1-248-538-2260

### 科科莫 Kokomo

Kokomo, IN  
Tel: 1-765-864-8360  
Fax: 1-765-864-8387

### 洛杉矶 Los Angeles

Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608

### 圣克拉拉 Santa Clara

Santa Clara, CA  
Tel: 408-961-6444  
Fax: 408-961-6445

### 加拿大多伦多 Toronto

Mississauga, Ontario,  
Canada  
Tel: 1-905-673-0699  
Fax: 1-905-673-6509

### 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: 852-2401-1200  
Fax: 852-2401-3431

### 中国 - 北京

Tel: 86-10-8528-2100  
Fax: 86-10-8528-2104

### 中国 - 成都

Tel: 86-28-8665-5511  
Fax: 86-28-8665-7889

### 中国 - 福州

Tel: 86-591-8750-3506  
Fax: 86-591-8750-3521

### 中国 - 香港特别行政区

Tel: 852-2401-1200  
Fax: 852-2401-3431

### 中国 - 青岛

Tel: 86-532-8502-7355  
Fax: 86-532-8502-7205

### 中国 - 上海

Tel: 86-21-5407-5533  
Fax: 86-21-5407-5066

### 中国 - 沈阳

Tel: 86-24-2334-2829  
Fax: 86-24-2334-2393

### 中国 - 深圳

Tel: 86-755-8203-2660  
Fax: 86-755-8203-1760

### 中国 - 顺德

Tel: 86-757-2839-5507  
Fax: 86-757-2839-5571

### 中国 - 武汉

Tel: 86-27-5980-5300  
Fax: 86-27-5980-5118

### 中国 - 西安

Tel: 86-29-8833-7250  
Fax: 86-29-8833-7256

### 台湾地区 - 高雄

Tel: 886-7-536-4818  
Fax: 886-7-536-4803

### 台湾地区 - 台北

Tel: 886-2-2500-6610  
Fax: 886-2-2508-0102

### 台湾地区 - 新竹

Tel: 886-3-572-9526  
Fax: 886-3-572-6459

### 亚太地区

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

### 印度 India - Bangalore

Tel: 91-80-4182-8400  
Fax: 91-80-4182-8422

### 印度 India - New Delhi

Tel: 91-11-4160-8631  
Fax: 91-11-4160-8632

### 印度 India - Pune

Tel: 91-20-2566-1512  
Fax: 91-20-2566-1513

### 日本 Japan - Yokohama

Tel: 81-45-471-6166  
Fax: 81-45-471-6122

### 韩国 Korea - Gumi

Tel: 82-54-473-4301  
Fax: 82-54-473-4302

### 韩国 Korea - Seoul

Tel: 82-2-554-7200  
Fax: 82-2-558-5932 或  
82-2-558-5934

### 马来西亚 Malaysia - Penang

Tel: 60-4-646-8870  
Fax: 60-4-646-5086

### 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

### 法国 France - Paris

Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

### 德国 Germany - Munich

Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

### 意大利 Italy - Milan

Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

### 荷兰 Netherlands - Drunen

Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

### 西班牙 Spain - Madrid

Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

### 英国 UK - Wokingham

Tel: 44-118-921-5869  
Fax: 44-118-921-5820

12/08/06