

## 带有 I<sup>2</sup>C™ 接口的低功耗 10 位 A/D 转换器

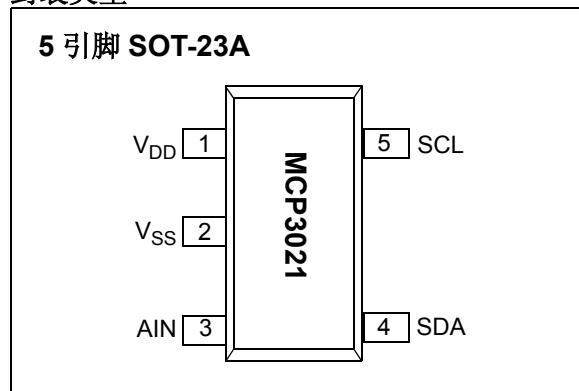
### 特性

- 10 位分辨率
- $\pm 1$  LSB DNL,  $\pm 1$  LSB INL (最大值)
- 250  $\mu$ A 最大转换电流
- 5 nA 典型待机电流, 1  $\mu$ A (最大值)
- 兼容 I<sup>2</sup>C™ 串行接口
  - 100 kHz I<sup>2</sup>C 标准模式
  - 400 kHz I<sup>2</sup>C 快速模式
- 一条双线总线上最多可连接 8 个器件
- I<sup>2</sup>C 快速模式下的转换速率为 22.3 ksp/s
- 单端模拟输入通道
- 片上采样和保持电路
- 片上转换时钟模块
- 单电源供电的规范工作电压: 2.7V 至 5.5V
- 温度范围:
  - 扩展级: -40°C 至 +125°C
- 小型 SOT-23 封装

### 应用

- 数据记录
- 多区域监视
- 手持便携式应用
- 由电池供电的测试设备
- 远程或遥控的数据采集

### 封装类型



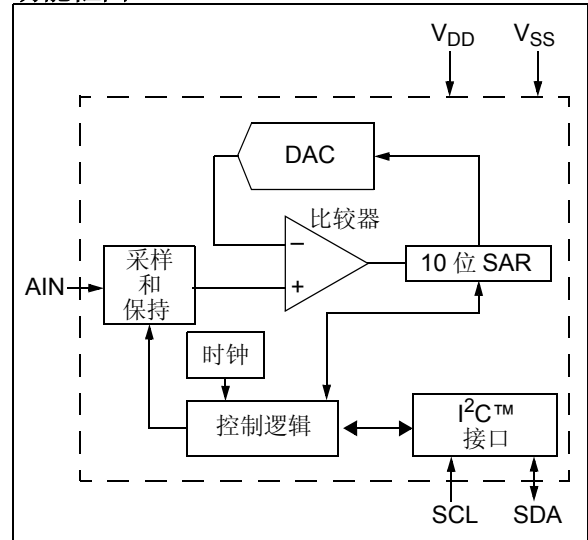
### 说明

Microchip Technology Inc. 的 MCP3021 是一款具有 10 位分辨率的逐次逼近型 A/D 转换器 (ADC)。其封装形式为 SOT-23, 此器件提供一个单端输入且具有很低的功耗。基于先进的 CMOS 技术, MCP3021 可分别提供低至 250  $\mu$ A 和 1  $\mu$ A 的最大转换电流和待机电流。由于其电流消耗很低, 且采用小型 SOT-23 封装形式, 故此器件非常适用于电池供电和远程数据采集应用。

使用与 2 线 I<sup>2</sup>C 兼容的接口与 MCP3021 进行通信。此器件具有标准 (100 kHz) 和快速 (400 kHz) I<sup>2</sup>C 模式。片上转换时钟为 I<sup>2</sup>C 和转换时钟提供相互独立的时序。此器件还可以被寻址, 因此允许在一条双线总线上最多连接 8 个器件。

MCP3021 由单电源供电, 电源电压范围为 2.7V 至 5.5V。此器件还提供极佳的差分非线性 (differential non-linearity, DNL) 误差和积分非线性 (integral non-linearity, INL) 误差, 误差的最大值均为  $\pm 1$  LSB。

### 功能框图



# MCP3021

## 1.0 电气特性

### 绝对最大值 †

V <sub>DD</sub> .....	7.0V
模拟输入引脚相对于 V <sub>SS</sub> 的电压 .....	-0.6V 至 V <sub>DD</sub> +0.6V
SDA 和 SCL 引脚相对于 V <sub>SS</sub> 的电压.....	-0.6V 至 V <sub>DD</sub> +1.0V
存储温度 .....	-65°C 至 +150°C
通电时的环境温度 .....	-65°C 至 +125°C
最大结点温度.....	150°C
所有引脚上的 ESD 保护 (HBM) .....	≥ 4 kV

† 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
V <sub>SS</sub>	地
AIN	模拟输入
SDA	串行数据输入 / 输出
SCL	串行时钟输入

## 直流电气规范

电气特性: 除非另外指明, 否则所有参数均在以下条件下测得: V <sub>DD</sub> = 5.0V, V <sub>SS</sub> = GND, R <sub>PU</sub> = 2 kΩ T <sub>A</sub> = -40°C 至 +85°C, I <sup>2</sup> C 快速模式时序: f <sub>SCL</sub> = 400 kHz (注 3)						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>直流精度</b>						
分辨率			10		位	
积分非线性误差	INL	—	±0.25	±1	LSB	
差分非线性误差	DNL	—	±0.25	±1	LSB	不丢失编码
失调误差		—	±0.75	±3	LSB	
增益误差		—	-1	±3	LSB	
<b>动态性能</b>						
总谐波失真	THD	—	-70	—	dB	V <sub>IN</sub> = 0.1V 至 4.9V @ 1 kHz
信噪比和失真	SINAD	—	60	—	dB	V <sub>IN</sub> = 0.1V 至 4.9V @ 1 kHz
无失真动态范围	SFDR	—	74	—	dB	V <sub>IN</sub> = 0.1V 至 4.9V @ 1 kHz
<b>模拟输入</b>						
输入电压范围		V <sub>SS</sub> -0.3	—	V <sub>DD</sub> +0.3	V	2.7V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 5.5V
泄漏电流		-1	—	+1	μA	
<b>SDA/SCL (开漏输出)</b>						
数据编码格式			标准二进制			
高电平输入电压	V <sub>IH</sub>	0.7 V <sub>DD</sub>	—	—	V	
低电平输入电压	V <sub>IL</sub>	—	—	.3 V <sub>DD</sub>	V	
低电平输出电压	V <sub>OL</sub>	—	—	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 3 mA, R <sub>PU</sub> = 1.53 kΩ
施密特触发器输入迟滞电压	V <sub>HYST</sub>	—	0.05V <sub>DD</sub>	—	V	仅 f <sub>SCL</sub> = 400 kHz

- 注 1: 采样时间为将字节地址发送到转换器后前后两次转换之间的时间间隔。请参见图 5-6。  
 注 2: 该参数是周期性采样得到的, 并未经过 100% 测试。  
 注 3: R<sub>PU</sub> 是 SDA 和 SCL 上的上拉电阻。  
 注 4: 在 400 kHz 下, SDA 和 SCL 上的电平范围为 V<sub>SS</sub> 至 V<sub>DD</sub>。  
 注 5: t<sub>ACQ</sub> 和 t<sub>CONV</sub> 取决于内部振荡器时序。它们与 SCL 的关系, 请参见图 5-5 和图 5-6。

## 直流电气规范 (续)

电气特性: 除非另外指明, 否则所有参数均在以下条件下测得: $V_{DD} = 5.0V$ , $V_{SS} = GND$ , $R_{PU} = 2\text{ k}\Omega$ $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+85^\circ\text{C}$ , I <sup>2</sup> C 快速模式时序: $f_{SCL} = 400\text{ kHz}$ (注 3)						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
输入泄漏电流	$I_{LI}$	-1	—	+1	$\mu\text{A}$	$V_{IN} = V_{SS}$ 至 $V_{DD}$
输出泄漏电流	$I_{LO}$	-1	—	+1	$\mu\text{A}$	$V_{OUT} = V_{SS}$ 至 $V_{DD}$
引脚电容 (所有输入 / 输出)	$C_{IN}$ , $C_{OUT}$	—	—	10	$\text{pF}$	$T_{AMB} = 25^\circ\text{C}$ , $f = 1\text{ MHz}$ ; (注 2)
总线电容	$C_B$	—	—	400	$\text{pF}$	SDA 驱动低电压 0.4V
<b>电源要求</b>						
工作电压	$V_{DD}$	2.7	—	5.5	V	
转换电流	$I_{DD}$	—	175	250	$\mu\text{A}$	
待机电流	$I_{DDS}$	—	0.005	1	$\mu\text{A}$	SDA 和 SCL = $V_{DD}$
活动总线电流	$I_{DDA}$	—	—	120	$\mu\text{A}$	注 4
<b>转换速率</b>						
转换时间	$t_{CONV}$	—	8.96	—	$\mu\text{s}$	注 5
模拟输入采集时间	$t_{ACQ}$	—	1.12	—	$\mu\text{s}$	注 5
采样速率	$f_{SAMP}$	—	—	22.3	ksp/s	$f_{SCL} = 400\text{ kHz}$ (注 1)

- 注 1: 采样时间为将字节地址发送到转换器后前后两次转换之间的时间间隔。请参见图 5-6。  
 注 2: 该参数是周期性采样得到的, 并未经过 100% 测试。  
 注 3:  $R_{PU}$  是 SDA 和 SCL 上的上拉电阻。  
 注 4: 在 400 kHz 下, SDA 和 SCL 上的电平范围为  $V_{SS}$  至  $V_{DD}$ 。  
 注 5:  $t_{ACQ}$  和  $t_{CONV}$  取决于内部振荡器时序。它们与 SCL 的关系, 请参见图 5-5 和图 5-6。

## 温度规范

电气特性: 所有参数在整个工作电压范围内适用。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>温度范围</b>						
扩展级温度范围:	$T_A$	-40	—	+125	$^\circ\text{C}$	
工作温度范围	$T_A$	-40	—	+125	$^\circ\text{C}$	
存储温度范围	$T_A$	-65	—	+150	$^\circ\text{C}$	
<b>封装热阻</b>						
热电阻, 5L-SOT23A	$\theta_{JA}$	—	256	—	$^\circ\text{C/W}$	

# MCP3021

## 时序规范

电气特性：所有参数均在以下条件下测得： $V_{DD} = 2.7V - 5.5V$ ， $V_{SS} = GND$ ， $T_A = -40^{\circ}C$  至  $+85^{\circ}C$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>I<sup>2</sup>C 标准模式</b>						
时钟频率	$f_{SCL}$	0	—	100	kHz	
时钟高电平时间	$T_{HIGH}$	4000	—	—	ns	
时钟低电平时间	$T_{LOW}$	4700	—	—	ns	
SDA 和 SCL 上升时间	$T_R$	—	—	1000	ns	从 $V_{IL}$ 到 $V_{IH}$ (注 1)
SDA 和 SCL 下降时间	$T_F$	—	—	300	ns	从 $V_{IL}$ 到 $V_{IH}$ (注 1)
START 条件保持时间	$T_{HD:STA}$	4000	—	—	ns	
START 条件建立时间	$T_{SU:STA}$	4700	—	—	ns	
数据输入建立时间	$T_{SU:DAT}$	250	—	—	ns	
STOP 条件建立时间	$T_{SU:STO}$	4000	—	—	ns	
STOP 条件保持时间	$T_{HD:STD}$	4000	—	—	ns	
时钟输出有效时间	$T_{AA}$	—	—	3500	ns	
总线空闲时间	$T_{BUF}$	4700	—	—	ns	注 2
输入滤波器尖峰抑制	$T_{SP}$	—	—	50	ns	SDA 和 SCL 引脚 (注 1)
<b>I<sup>2</sup>C 快速模式</b>						
时钟频率	$F_{SCL}$	0	—	400	kHz	
时钟高电平时间	$T_{HIGH}$	600	—	—	ns	
时钟低电平时间	$T_{LOW}$	1300	—	—	ns	
SDA 和 SCL 上升时间	$T_R$	$20 + 0.1C_B$	—	300	ns	从 $V_{IL}$ 到 $V_{IH}$ (注 1)
SDA 和 SCL 下降时间	$T_F$	$20 + 0.1C_B$	—	300	ns	从 $V_{IL}$ 到 $V_{IH}$ (注 1)
START 条件保持时间	$T_{HD:STA}$	600	—	—	ns	
START 条件建立时间	$T_{SU:STA}$	600	—	—	ns	
数据输入保持时间	$T_{HD:DAT}$	0	—	0.9	ms	
数据输入建立时间	$T_{SU:DAT}$	100	—	—	ns	
STOP 条件建立时间	$T_{SU:STO}$	600	—	—	ns	
STOP 条件保持时间	$T_{HD:STD}$	600	—	—	ns	
时钟输出有效时间	$T_{AA}$	—	—	900	ns	
总线空闲时间	$T_{BUF}$	1300	—	—	ns	注 2
输入滤波器尖峰抑制	$T_{SP}$	—	—	50	ns	SDA 和 SCL 引脚 (注 1)

注 1：此参数是周期性采样得到的，并未经过 100% 测试。

注 2：在开始新的发送之前，总线必须处于空闲的时间。

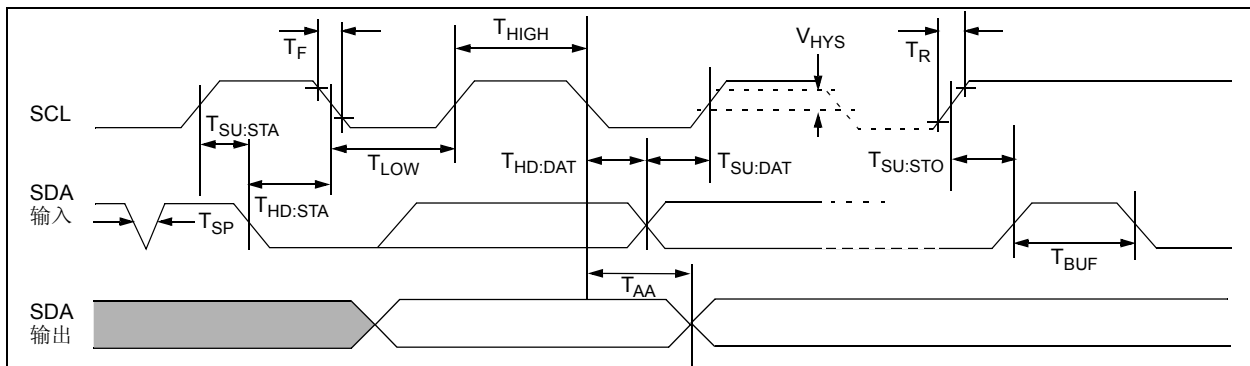


图 1-1：标准和快速模式总线时序数据

## 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。

**注意：** 除非另外指明，否则工作条件如下： $V_{DD} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ， $I^2C$  快速模式时序（ $SCL = 400\text{ kHz}$ ），连续转换模式（ $f_{SAMP} = 22.3\text{ kpsps}$ ）， $T_A = +25^\circ C$ 。

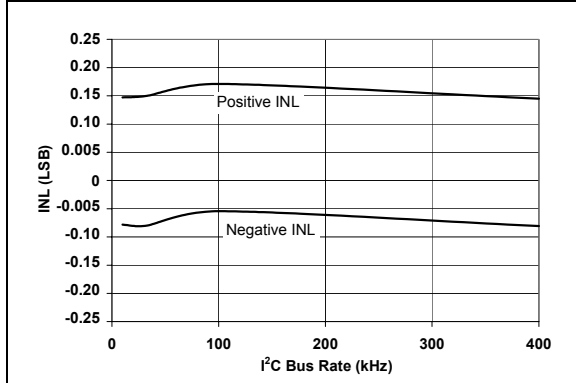


图 2-1: INL—时钟速率关系曲线

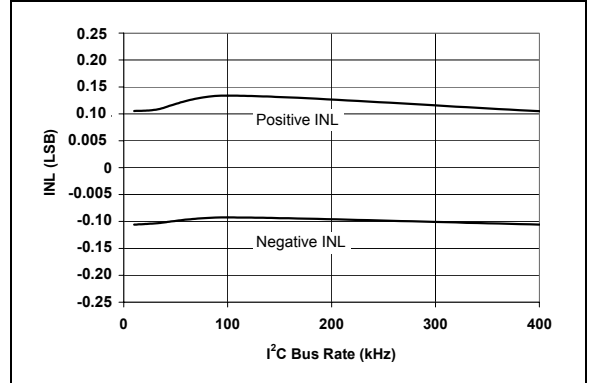


图 2-4: INL—时钟速率关系曲线  
( $V_{DD} = 2.7V$ )

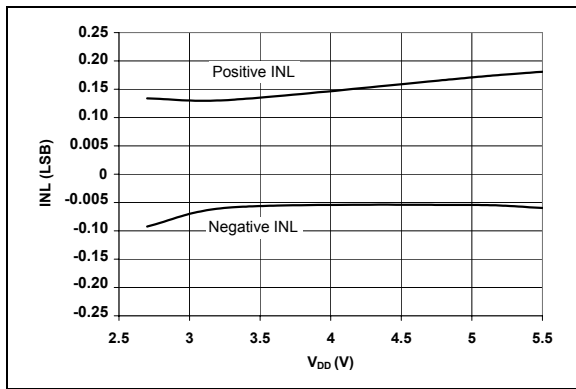


图 2-2: INL— $V_{DD}$  关系曲线  
 $I^2C$  标准模式 ( $f_{SCL} = 100\text{ kHz}$ )

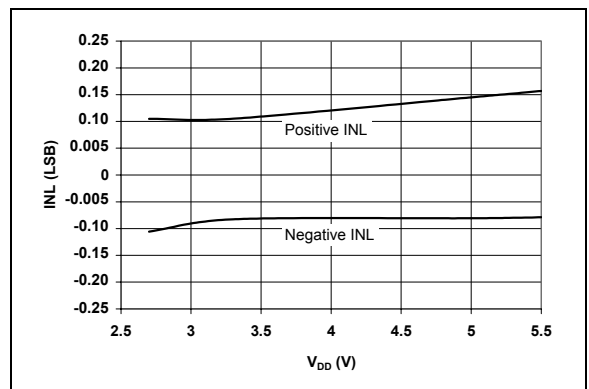


图 2-5: INL— $V_{DD}$  关系曲线  
 $I^2C$  快速模式 ( $f_{SCL} = 400\text{ kHz}$ )

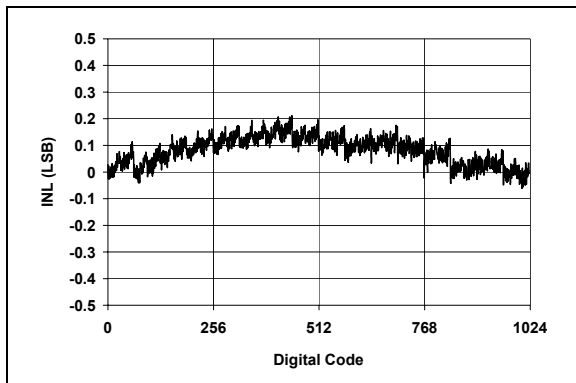


图 2-3: INL—编码关系曲线（典型部分）

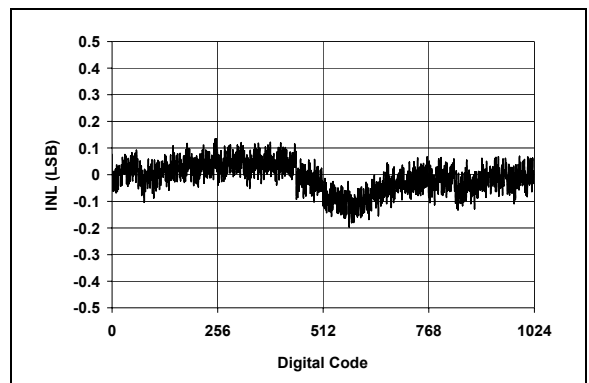


图 2-6: INL—编码关系曲线（典型部分， $V_{DD} = 2.7V$ ）

# MCP3021

注意：除非另外指明，否则工作条件如下： $V_{DD} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ， $I^2C$  快速模式时序（ $SCL = 400\text{ kHz}$ ），连续转换模式（ $f_{SAMP} = 22.3\text{ kps}$ ）， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。

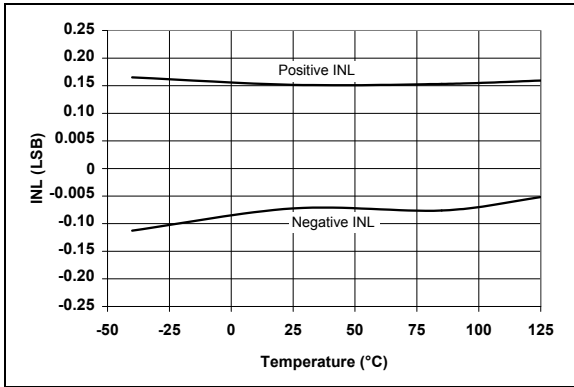


图 2-7: INL—温度关系曲线

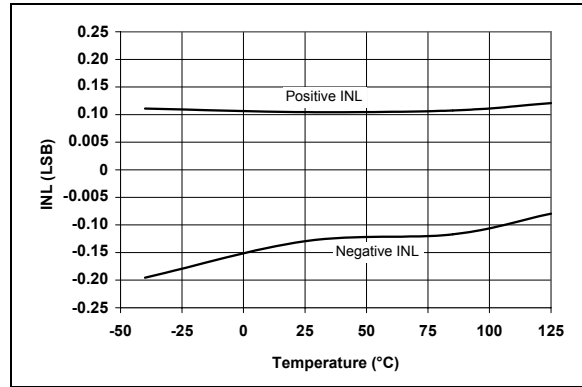


图 2-10: INL—温度关系曲线  
( $V_{DD} = 2.7V$ )

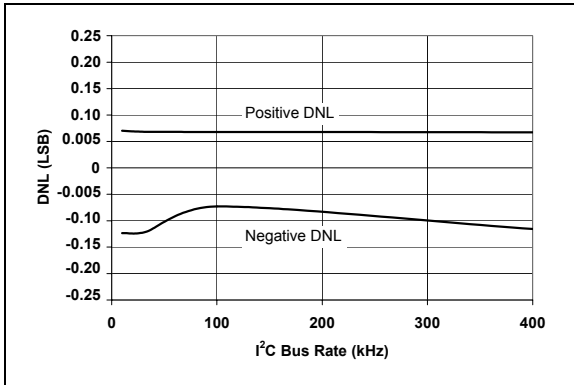


图 2-8: DNL—时钟速率关系曲线

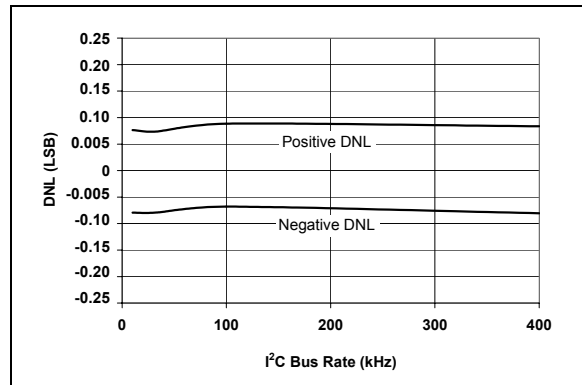


图 2-11: DNL—时钟速率关系曲线  
( $V_{DD} = 2.7V$ )

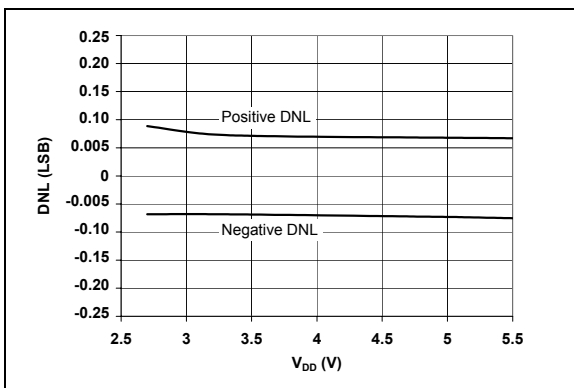


图 2-9: DNL— $V_{DD}$  关系曲线  
 $I^2C$  标准模式 ( $f_{SCL} = 100\text{ kHz}$ )

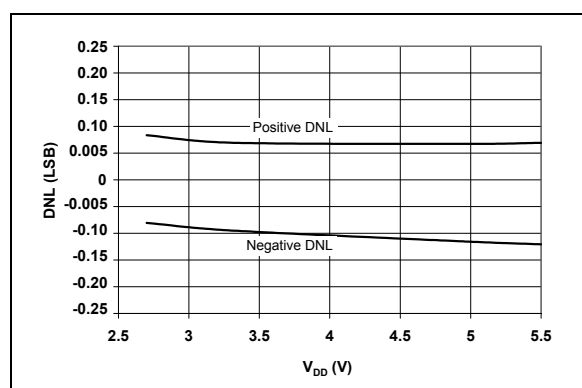


图 2-12: DNL— $V_{DD}$  关系曲线  
 $I^2C$  快速模式 ( $f_{SCL} = 400\text{ kHz}$ )

注意：除非另外指明，否则工作条件如下： $V_{DD} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ，I<sup>2</sup>C 快速模式时序（ $SCL = 400\text{ kHz}$ ），连续转换模式（ $f_{SAMP} = 22.3\text{ ksps}$ ）， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。

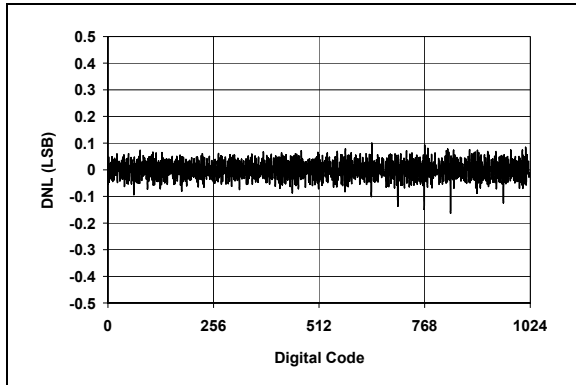


图 2-13: DNL—编码关系曲线（典型部分）

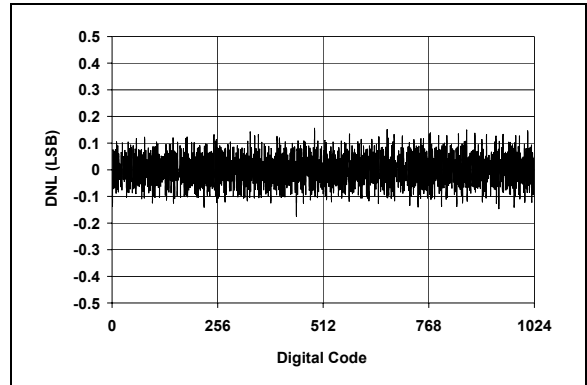


图 2-16: DNL—编码关系曲线（典型部分， $V_{DD} = 2.7V$ ）

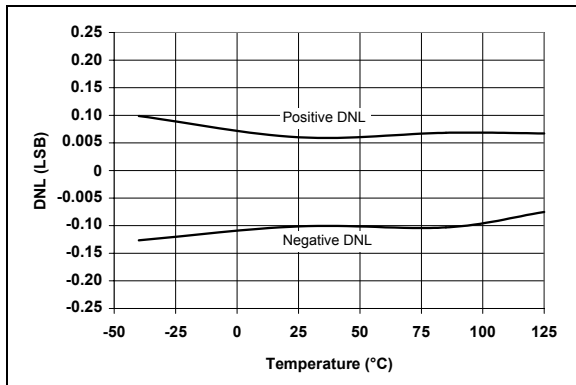


图 2-14: DNL—温度关系曲线

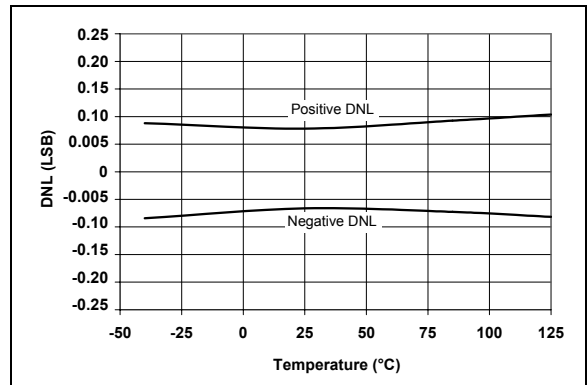


图 2-17: DNL—温度关系曲线（ $V_{DD} = 2.7V$ ）

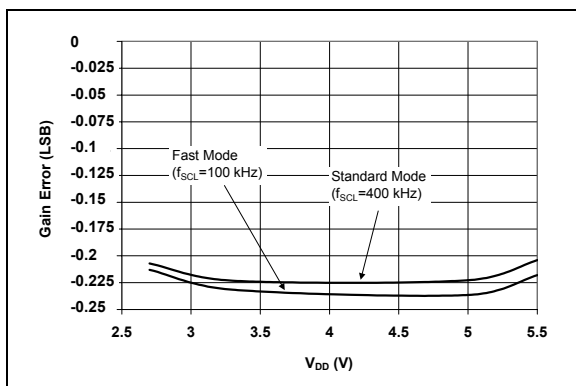


图 2-15: 增益误差— $V_{DD}$  关系曲线

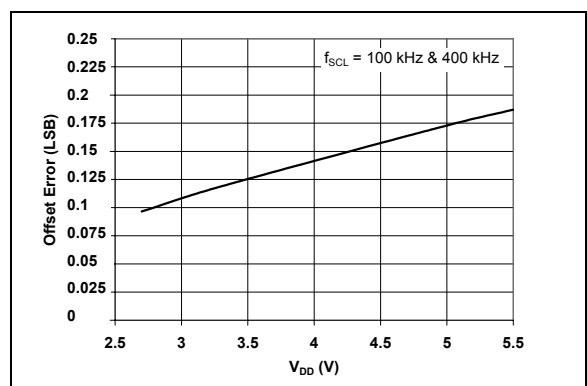


图 2-18: 失调误差— $V_{DD}$  关系曲线

# MCP3021

注意：除非另外指明，否则工作条件如下： $V_{DD} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ， $I^2C$  快速模式时序（ $SCL = 400\text{ kHz}$ ），连续转换模式（ $f_{SAMP} = 22.3\text{ kps}$ ）， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。

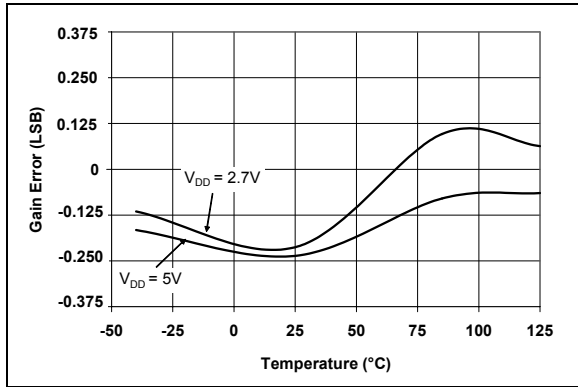


图 2-19: 增益误差—温度关系曲线

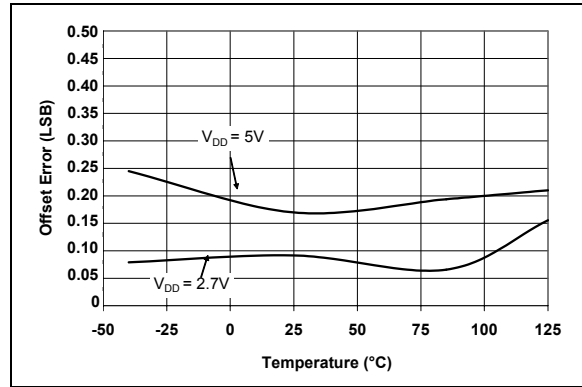


图 2-22: 失调误差—温度关系曲线

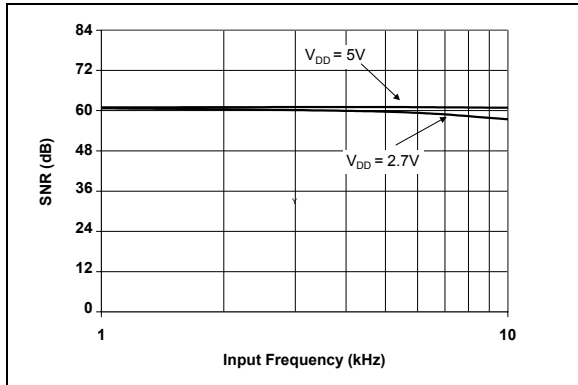


图 2-20: SNR—输入频率关系曲线

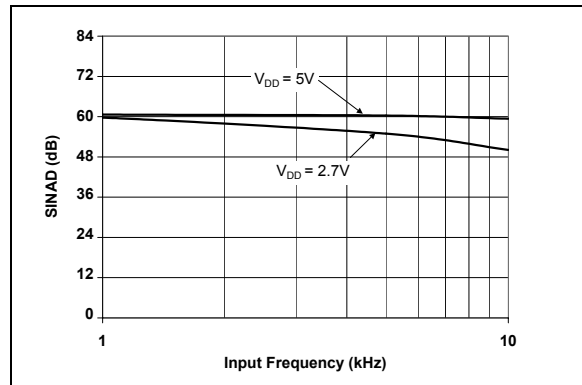


图 2-23: SINAD—输入频率关系曲线

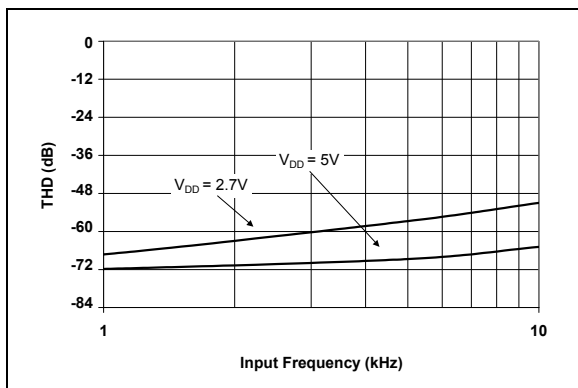


图 2-21: THD—输入频率关系曲线

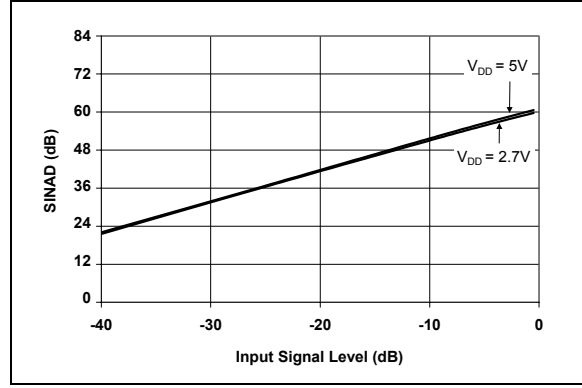


图 2-24: SINAD—输入信号电平关系曲线



注意：除非另外指明，否则工作条件如下： $V_{DD} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ， $I^2C$  快速模式时序（ $SCL = 400\text{ kHz}$ ），连续转换模式（ $f_{SAMP} = 22.3\text{ ksps}$ ）， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。

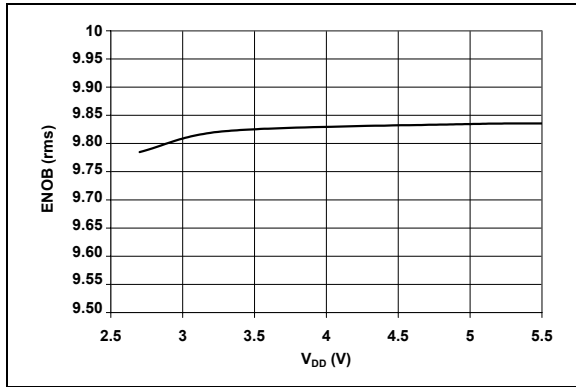


图 2-25:  $ENOB-V_{DD}$  关系曲线

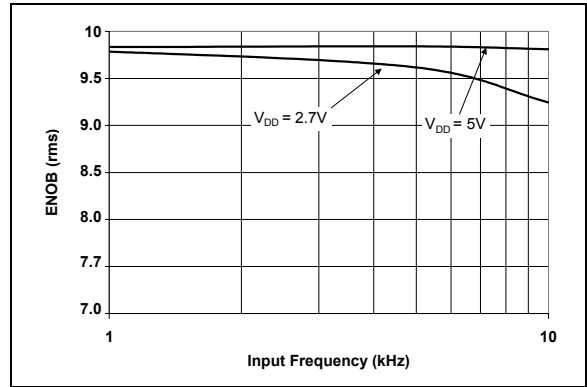


图 2-28:  $ENOB$ —输入频率关系曲线

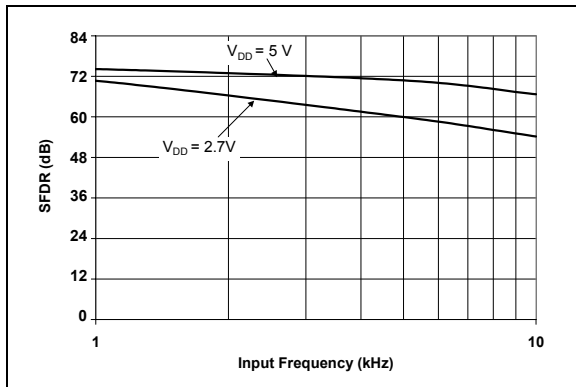


图 2-26:  $SFDR$ —输入频率关系曲线

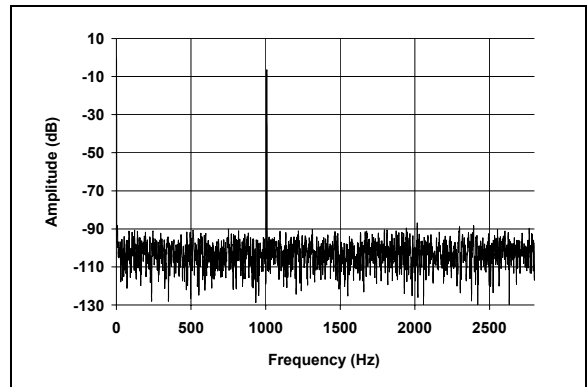


图 2-29: 使用  $I^2C$  标准模式的频谱 (典型部分,  $1\text{ kHz}$  输入频率)

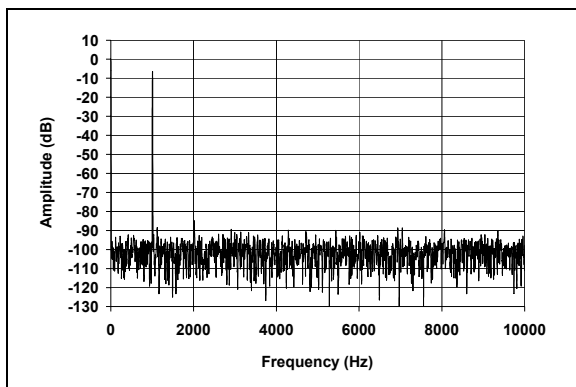


图 2-27: 使用  $I^2C$  快速模式的频谱 (典型部分,  $1\text{ kHz}$  输入频率)

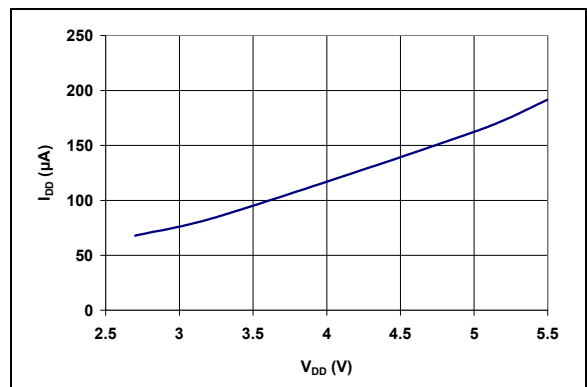


图 2-30:  $I_{DD}$  (转换)— $V_{DD}$  关系曲线

# MCP3021

注意：除非另外指明，否则工作条件如下： $V_{DD} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ， $I^2C$  快速模式时序（ $SCL = 400\text{ kHz}$ ），连续转换模式（ $f_{SAMP} = 22.3\text{ ksps}$ ）， $T_A = +25^\circ\text{C}$ 。

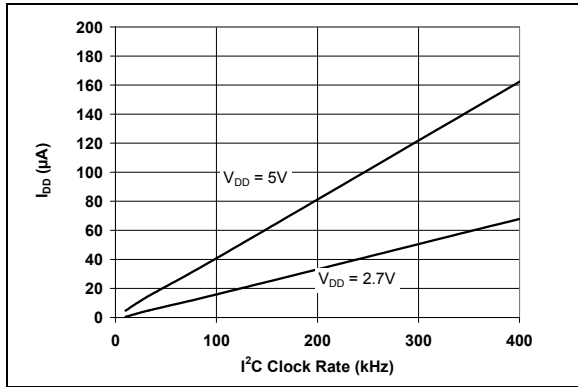


图 2-31:  $I_{DD}$  (转换) 与时钟速率关系曲线

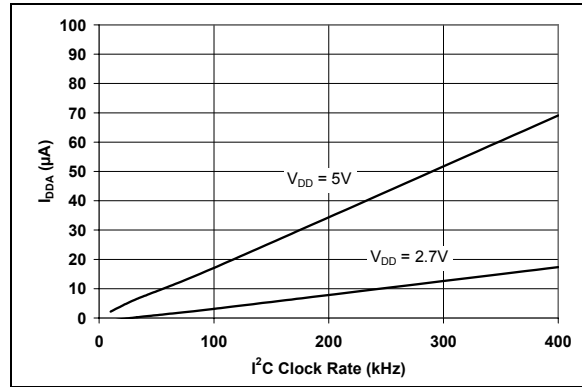


图 2-34:  $I_{DDA}$  (活动总线) 与时钟速率关系曲线

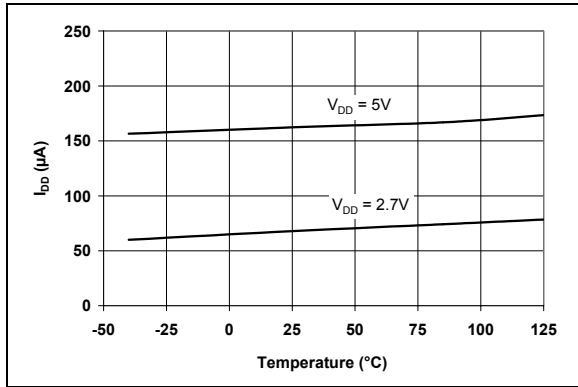


图 2-32:  $I_{DD}$  (转换) 与温度关系曲线

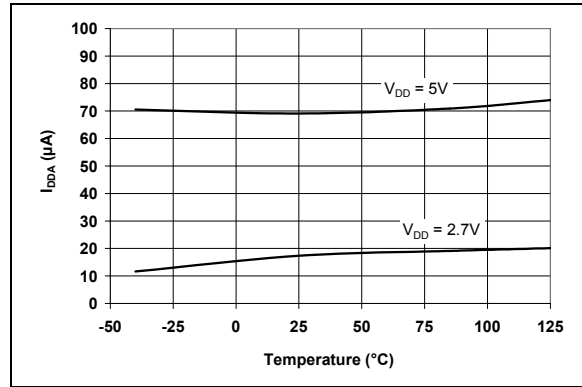


图 2-35:  $I_{DDA}$  (活动总线) 与温度关系曲线

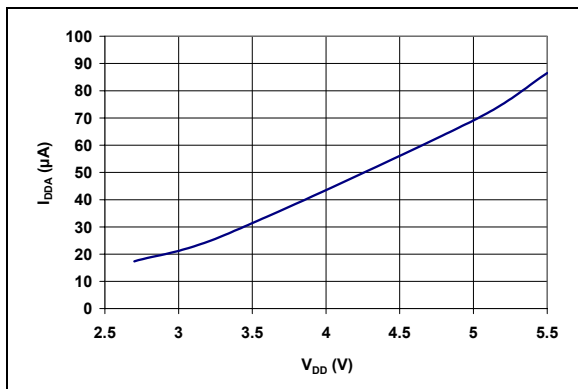


图 2-33:  $I_{DDA}$  (活动总线) 与  $V_{DD}$  关系曲线

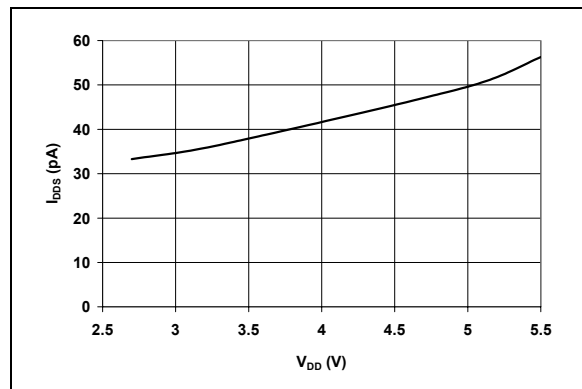


图 2-36:  $I_{DDS}$  (待机) 与  $V_{DD}$  关系曲线

**注意：**除非另外指明，否则工作条件如下： $V_{DD} = 5V$ ， $V_{SS} = 0V$ ，I<sup>2</sup>C 快速模式时序（SCL = 400 kHz），连续转换模式（ $f_{SAMP} = 22.3$  ksps）， $T_A = +25^\circ C$ 。

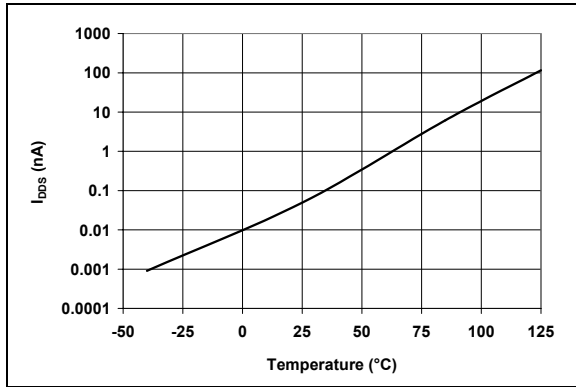


图 2-37:  $I_{DDS}$  (待机) — 温度关系曲线

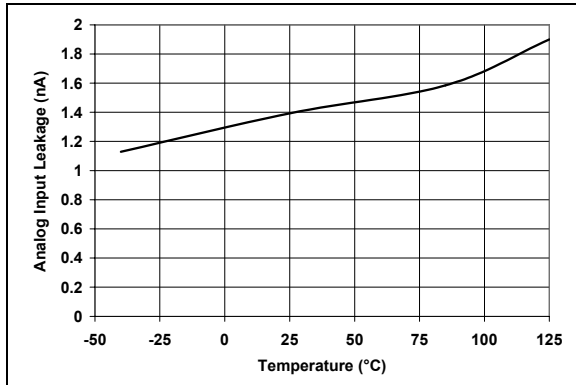


图 2-38: 模拟输入泄漏电流—温度关系曲线

## 2.1 测试电路

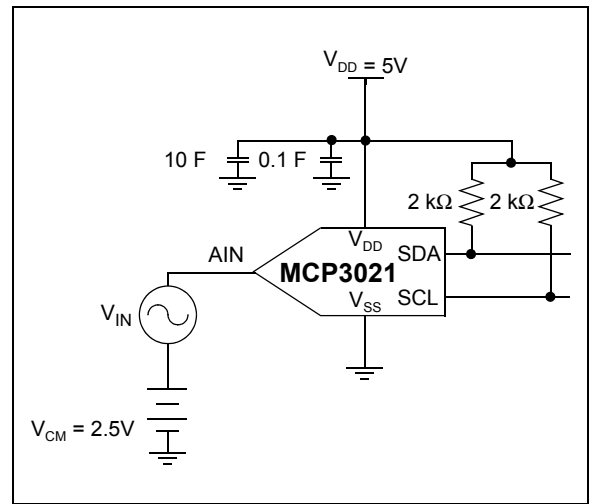


图 2-39: 典型测试配置

# MCP3021

## 3.0 引脚功能

表 3-1: 引脚功能表

名称	功能
V <sub>DD</sub>	+2.7V 到 5.5V 电源
V <sub>SS</sub>	地
AIN	模拟输入
SDA	串行数据输入 / 输出
SCL	串行时钟输入

### 3.1 V<sub>DD</sub> 和 V<sub>SS</sub>

V<sub>DD</sub> 引脚相对于 V<sub>SS</sub> 的电压不但为器件提供电源还提供转换过程的参考电压。请参见第 6.4 节“器件电源和布线注意事项”中关于电源和接地的设计部分。

### 3.2 模拟输入 (AIN)

AIN 是逐次逼近寄存器 (SAR) 转换器的采样和保持电路的输入引脚。驱动该引脚时要非常小心。请参见第 6.1 节“驱动模拟输入”。为了进行正确的转换，该引脚上的电压可以从 V<sub>SS</sub> 变化到 V<sub>DD</sub>。

### 3.3 串行数据 (SDA)

这是一个双向引脚，用于将地址和数据传入/传出器件。该引脚是一个漏极开路端，所以，SDA 总线需要使用一个上拉电阻将电压拉至 V<sub>DD</sub>（对于 SCL 时钟速率为 100 kHz 的情况，典型值为 10 kΩ；对于 400 kHz 的情况，典型值为 2 kΩ）（见第 6.2 节“连接到 I<sup>2</sup>C 总线”）。

在正常传输数据时，只有在 SCL 为低电平时，才允许更改 SDA 电平。当 SCL 为高电平时，改变 SDA 电平用于指示 START 和 STOP 条件（见第 5.1 节“I<sup>2</sup>C 总线特性”）。

### 3.4 串行时钟 (SCL)

SCL 是一个用于同步 SDA 引脚上传入 / 传出器件的数据的输入引脚，它也是一个漏极开路端。所以，SCL 总线也需要用一个上拉电阻将电压拉至 V<sub>DD</sub>（对于 SCL 时钟速率为 100 kHz 的情况，典型值为 10 kΩ；对于 400 kHz 的情况，典型值为 2 kΩ）（见第 6.2 节“连接到 I<sup>2</sup>C 总线”）。

在正常传输数据时，只有在 SCL 为低电平时，才允许更改 SDA。当 SCL 为高电平时，改变 SDA 电平用于指示 START 和 STOP 条件（见第 6.1 节“驱动模拟输入”）。

## 4.0 器件工作

MCP3021 采用了经典的 SAR 架构。发生转换时，该架构使用内部采样保持电容保持模拟输入电平。在采集结束时，打开转换器的输入开关，器件使用内部采样保持电容上收集的电荷产生一个 10 位的串行数字输出编码。采集和转换时间可使用内部时钟自行设定。每次转换完成后，就会将结果存储到一个 10 位寄存器中并可随时读取。

通过一个双线 I<sup>2</sup>C 接口实现与器件之间的通信。在连续转换模式下，若 SCL 时钟速率为 400 kHz，则 MCP3021 可实现的最大采样速率为 22.3 ksps。

### 4.1 数字输出编码

由 MCP3021 产生的数字输出编码是输入信号和电源电压 (V<sub>DD</sub>) 的函数。随着 V<sub>DD</sub> 电平的减小，LSB 的大小也会相应的减少。理论上 LSB 的大小如下所示。

公式

$$LSB \text{大小} = \frac{V_{DD}}{1024}$$

$$V_{DD} = \text{电源电压}$$

MCP3021 以串行的方式发送输出编码，首先发送 MSB。编码的格式为标准二进制格式。

### 4.2 转换时间 (t<sub>CONV</sub>)

转换时间是指从模拟输入与保持电容断开后到得到数字结果的时间。MCP3021 的规定转换时间通常是 8.96 μs。该时间取决于内部振荡器而与 SCL 无关。

### 4.3 采集时间 (t<sub>ACQ</sub>)

采集时间是指采样电容阵列采集电荷所需的时间。

采集时间通常是 1.12 μs。该时间取决于内部振荡器而与 SCL 无关。

### 4.4 采样速率

采样速率是指从第一次转换采集开始到第二次转换采集开始所需要的最大时间的倒数。

可以通过单次或连续转换测得采样速率。单次转换包含一个启动位、一个地址字节、两个数据字节和一个停止位。采样速率是在出现一个启动位到出现下一个启动位之间测得的。

对于连续转换的情形（主机通过在转换后发送应答请求下一次转换），在两次转换之间或全部 18 个时钟周期（两个数据字节和两个应答位）内测得最大采样速率。请参见第 5.2 节“器件寻址”。

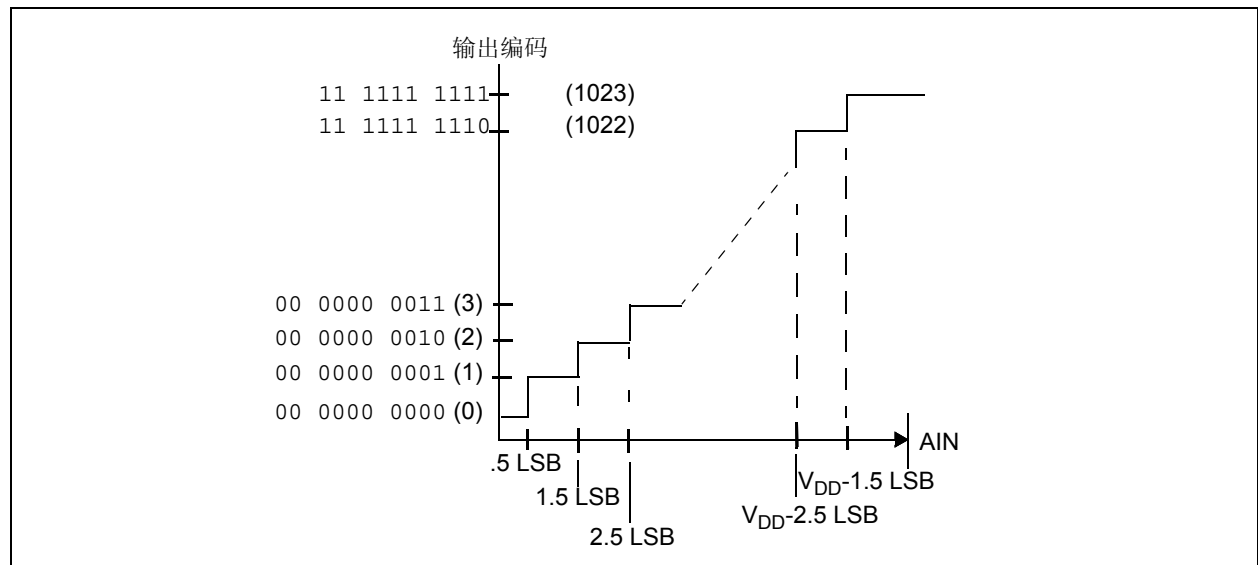


图 4-1: 传递函数

## 4.5 微分非线性误差 (DNL)

在理想 ADC 传递函数中，所有编码都具有统一的宽度。即，从一个编码跳变点到下一个编码跳变点的模拟输入电压差相同。DNL 规定了传递函数中任何编码与理想编码宽度 1 LSB 的偏移量。DNL 是在补偿了所有的增益和失调误差后，将连续的编码跳变点的位置值相减得到的。正 DNL 表明编码的宽度大于理想编码宽度，而负 DNL 表明编码的宽度小于理想编码宽度。

## 4.6 积分非线性误差 (INL)

INL 是 DNL 误差累积的结果，它指定总传递函数与线性响应的偏离程度。MCP3021 ADC 用来测量 INL 的方法为“终点”方法。

## 4.7 失调误差

失调误差定义为所有输出编码均存在的编码跳变点的偏差。它会使 A/D 传递函数发生整体平移。通过找到第一个编码跳变点的实际位置和理想位置之差测量失调误差。第一个编码跳变点的理想位置应该位于  $V_{SS}$  上面的 1/2 LSB。

## 4.8 增益误差

增益误差决定了 ADC 传递函数的斜率与理想值的偏离量。在确定增益误差之前，要先测量失调误差并将其从转换结果中减去。然后通过找到最后一个编码跳变点的位置并将该位置与理想位置进行比较来确定增益错误。最后一个编码跳变点的理想位置位于满量程或  $V_{DD}$  之下的 1.5 LSB。

## 4.9 转换电流 ( $I_{DD}$ )

在执行 10 位转换所需的时间内的平均电流。

## 4.10 活动总线电流 ( $I_{DDA}$ )

监视 I<sup>2</sup>C 总线所需的时间内的平均电流。任何未被寻址的器件所消耗的电流都被称为活动总线电流。

## 4.11 待机电流 ( $I_{DDs}$ )

当没有转换发生也没有数据输出时所需电流的平均值。（即 SCL 和 SDA 线处于静默状态）。

## 4.12 I<sup>2</sup>C 标准模式时序

当 SCL 频率为 100 kHz 时的 I<sup>2</sup>C 规范。

## 4.13 I<sup>2</sup>C 快速模式时序

当 SCL 频率为 400 kHz 时的 I<sup>2</sup>C 规范。

## 5.0 串行通信

### 5.1 I<sup>2</sup>C 总线特性

下面的总线协议被定义为：

- 只有当总线不忙时才会启动数据传输。
- 传输数据时，每当时钟线为高电平，数据线就必须保持稳定。在时钟线为高电平时改变数据线的电平将被视为 **START** 或 **STOP** 条件。

据此还定义了以下总线条件（见图 5-1）。

#### 5.1.1 总线不忙 (A)

数据和时钟线保持高电平。

#### 5.1.2 启动数据传输 (B)

当时钟 (SCL) 为高电平时，SDA 线上从高到低的跳变定义为 **START** 条件。所有命令必须在 **START** 条件出现后有效。

#### 5.1.3 停止数据传输 (C)

当时钟 (SCL) 为高电平时，SDA 线上从低到高的跳变定义为 **STOP** 条件。所有操作都以 **STOP** 条件结束。

#### 5.1.4 有效数据 (D)

**START** 条件后，如果在时钟信号为高电平期间数据线保持稳定，则此时数据线上的状态代表的是有效数据。

在时钟信号为低电平期间必须更改数据线上的数据。每个数据位均对应一个时钟脉冲。

每次数据传输都以 **START** 条件开始以 **STOP** 条件结束。在 **START** 和 **STOP** 条件之间传输的数据字节数由主器件决定，长度没有限制。

#### 5.1.5 应答

被寻址的接收器件在每接收到一个字节时就必须要产生一个应答位。主器件必须产生一个与应答位相关的额外时钟脉冲。

应答器件要在应答时钟脉冲期间将 SDA 线拉为低电平，即在与应答相关的时钟脉冲为高电平期间保持 SDA 线为低电平。必须将建立和保持时间考虑在内。读操作期间，主器件必须通过在接收到来自从器件的最后一个字节时不产生应答 (NAK) 来向从器件发出数据结束信号。在这种情形下，从器件 (MCP3021) 将释放总线以允许主器件产生 **STOP** 条件。

MCP3021 支持一个双向双线总线和数据传输协议。将数据发送到总线的器件为发送器，而接收数据的器件是接收器。当 MCP3021 作为从器件工作时，必须由主器件控制总线，由其产生串行时钟 (SCL) 控制总线的访问权并产生 **START** 和 **STOP** 条件。主器件和从器件都可以作为发送器或接收器，但由主器件决定工作模式。

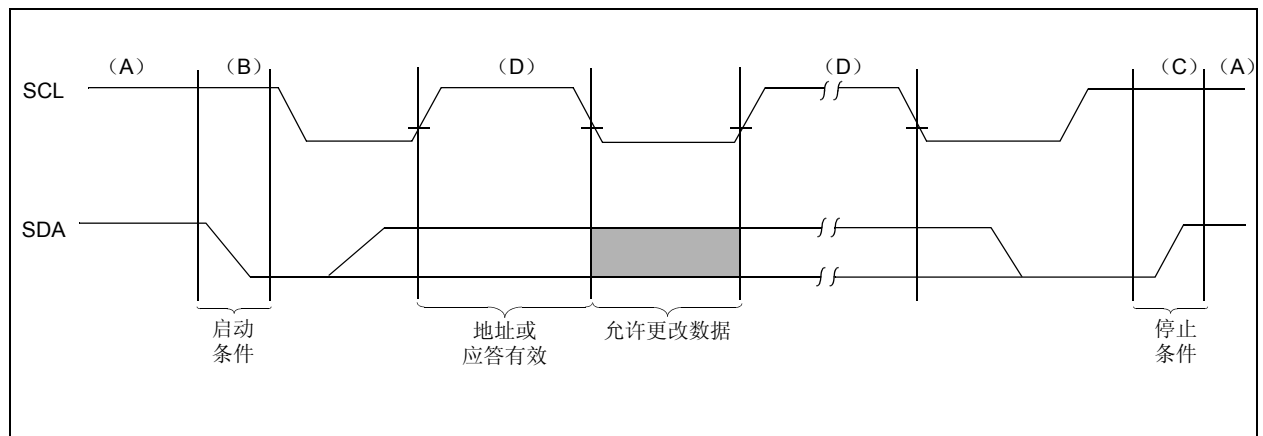


图 5-1: 串行总线上的数据传输序列

# MCP3021

## 5.2 器件寻址

地址字节是 START 条件后从主器件接收到的第一个字节。控制字节的第一部分由 4 位器件代码组成，对于 MCP3021 该代码被设置为 1001。器件代码后跟有三个地址位：A2、A1 和 A0。默认地址位是 101（关于其他地址位选项请与 Microchip 工厂联系）。该地址位允许在同一个总线上连接最多 8 个 MCP3021 器件，并用于确定要访问哪个器件。

从地址的第 8 位决定主器件是要读取转换数据还是对 MCP3021 执行写操作。当该位置 1 时，选择读操作。置 0 时选择写操作。MCP3021 上没有可写入的寄存器，因此必须将该位置 1 以启动转换。

MCP3021 是与双线 I<sup>2</sup>C 串行接口协议兼容的从器件。硬件连接如图 6-2 所示。通过单片机（主器件）启动通信，由单片机先后发送启动位和地址字节。

MCP3021 执行完转换后，必须由单片机发送一个停止位来终止通信。

器件地址字节的最后一位是 R/W 位。当该位为逻辑 1 时，将执行转换。将该位设置为逻辑 0 也将导致 MCP3021 发出“应答”（ACK），然后释放总线。将该位设置为 0 可以用于器件查询（见第 6.3 节“器件查询”）。

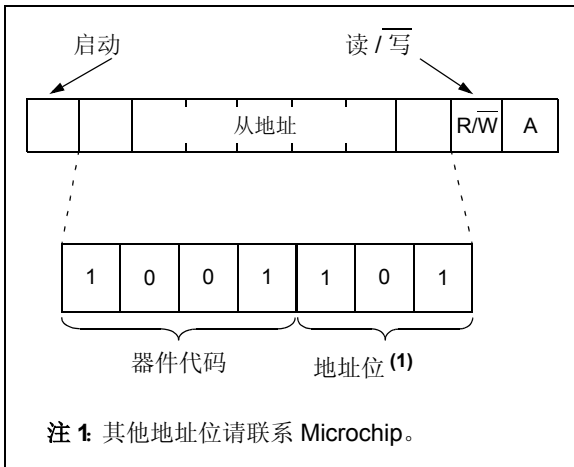


图 5-2: 器件寻址

## 5.3 执行转换

本节将详细介绍与 MCP3021 器件的通信过程。将讨论启动采样和保持采集，读取转换数据和执行多次转换。

### 5.3.1 启动采样和保持

从地址字节 R/W 位的下降沿启动输入信号的采集和转换。从这一刻起，由内部时钟启动采样、保持和转换周期，所有这些都是 ADC 内部实现的。

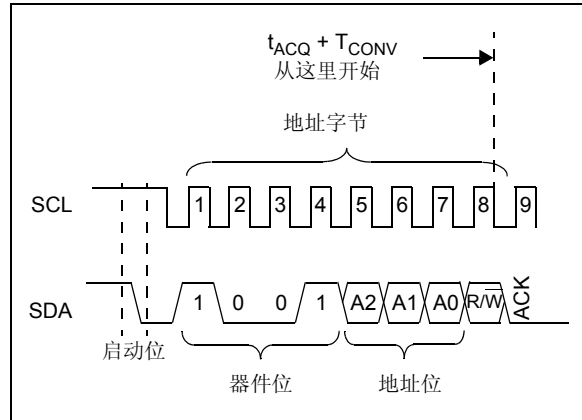


图 5-3: 启动转换，地址字节

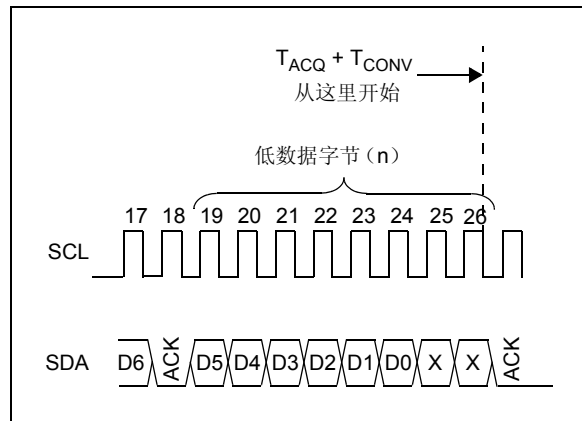


图 5-4: 启动转换，连续转换



在发送了一个为逻辑高电平的 $\overline{R/\overline{W}}$ 位后，在时钟的第一个下降沿开始采样输入信号。此外，ADC将在SCL的上升沿发送一个应答位（ $ACK = 0$ ）。主器件必须在ADC发送应答的时钟脉冲期间释放数据总线，以允许MCP3021将该线拉低（见图5-3）。

对于连续采样的情形，在低数据字节的最后一位开始采样。请参见图5-6了解时序图。

### 5.3.2 读取转换数据

MCP3021 应答地址字节之后，发送器将发送 4 个 0 位后跟转换结果的高 4 位。然后主器件使用  $ACK = 0$  来应答该字节。MCP3021 将在随后出现的 6 个时钟脉冲期间发送低 6 位转换结果。最后两个位是“无关位”，它们不包含有效数据。然后主器件发送  $ACK = 1$ ，告知MCP3021 其不再请求更多的数据。最后主器件发送一个停止位终止发送。

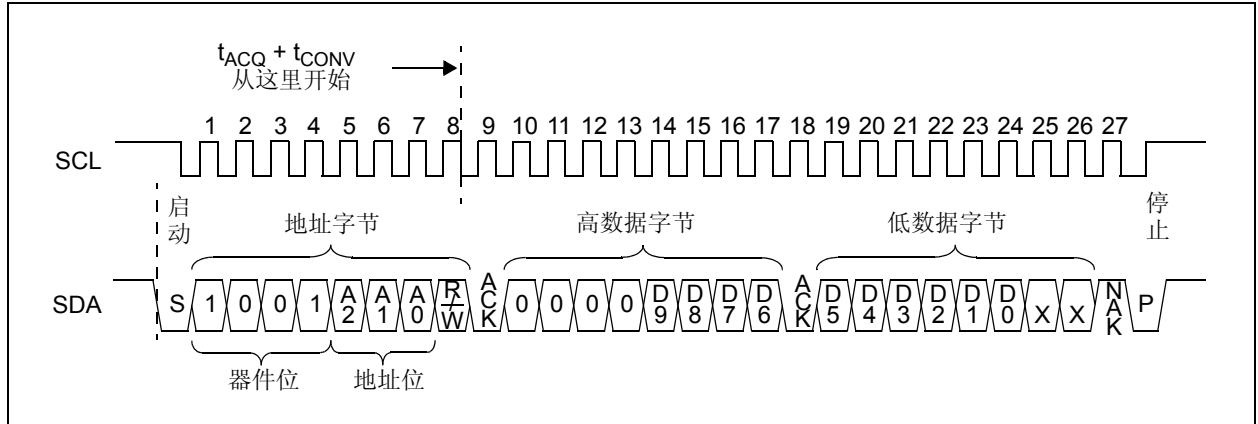


图 5-5: 执行转换

### 5.3.3 连续转换

对于连续采样的情形，在低数据字节最后一位的下降沿开始采样。请参见图5-6了解时序。

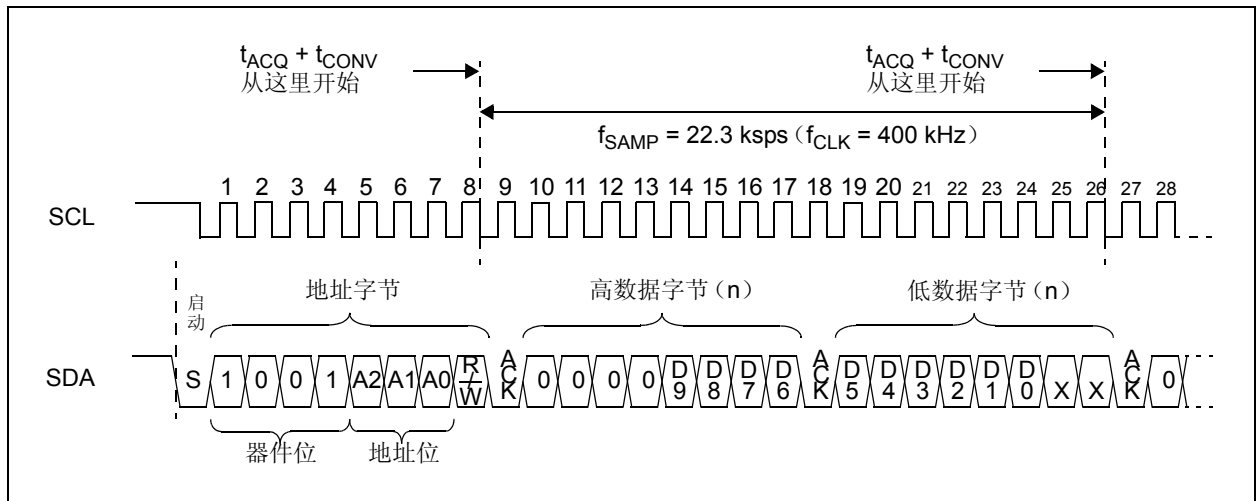


图 5-6: 连续转换

# MCP3021

## 6.0 应用信息

### 6.1 驱动模拟输入

MCP3021 具有一个单端模拟输入 (AIN) 引脚。为了得到正确的转换结果, AIN 引脚的电压必须保持在  $V_{SS}$  和  $V_{DD}$  之间。如果转换器没有失调误差、增益误差、INL 或 DNL 误差并且 AIN 的电平等于或小于  $V_{SS} + 1/2 \text{ LSB}$ , 则结果编码将是 000h。此外, 如果 AIN 上的电压等于或大于  $V_{DD} - 1.5 \text{ LSB}$ , 则输出编码将是 1FFh。

图 6-1 给出了模拟输入模型。图中信号源阻抗 ( $R_{SS}$ ) 与内部采样开关 ( $R_S$ ) 阻抗直接影响给电容 ( $C_{SAMPLE}$ ) 充电所需要的时间。因此, 较大的信号源阻抗会增加转换的失调误差、增益误差和积分线性误差。信号源的理想阻抗应该接近于零。通过使用诸如 MCP6022 等闭环输出阻抗仅为几十欧姆的运放可实现这一点。

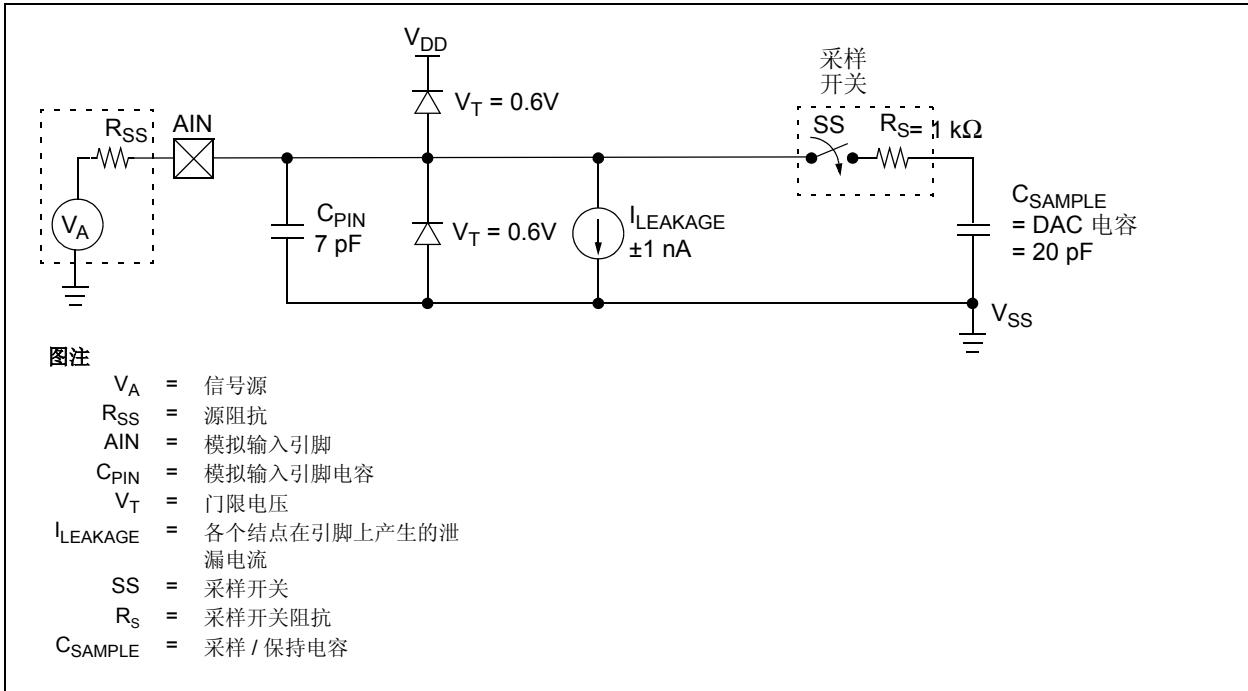


图 6-1: 模拟输入模型, AIN

### 6.2 连接 I<sup>2</sup>C 总线

I<sup>2</sup>C 总线是一个集电极开路的总线, 与 SDA 和 SCL 线相连时需要使用上拉电阻。图 6-2 给出了该配置。

连接到总线的器件的数量仅受最大总线电容 400 pF 限制。图 6-3 给出了使用多个器件的可能配置。

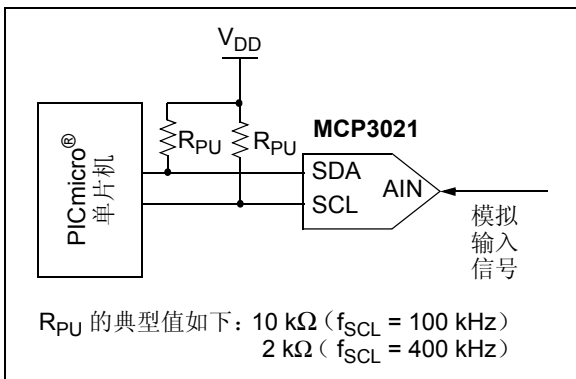


图 6-2: I<sup>2</sup>C 总线上的上拉电阻

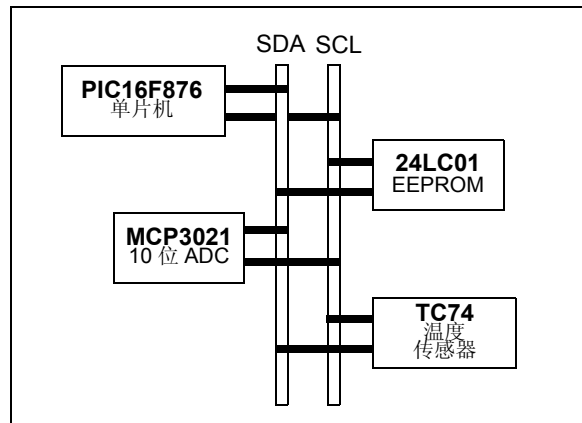


图 6-3: I<sup>2</sup>C 总线上的多个器件

## 6.3 器件查询

在一些实例中，需要在不执行转换的情况下检测 I<sup>2</sup>C 总线上的 MCP3021，请参考图 6-4。这里，将地址字节中的 R/W 位设置为 0，然后 MCP3021 通过在 ACK 时钟期间将 SDA 拉低产生应答，随后释放总线，使之受控于 I<sup>2</sup>C 主器件。然后主器件可以发出停止或重复启动位继续 I<sup>2</sup>C 通信。

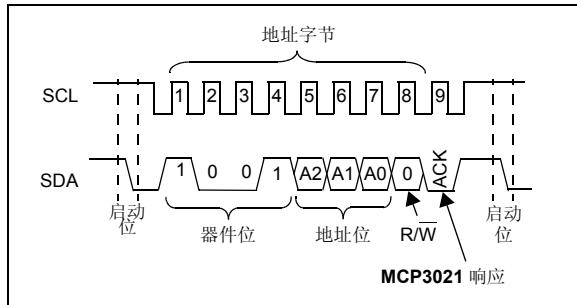


图 6-4: 器件查询

## 6.4 器件电源和布线注意事项

### 6.4.1 为 MCP3021 供电

V<sub>DD</sub> 为器件提供工作电压和参考电压。建议使用 0.1 μF 的旁路电容。在某些系统中还建议在该旁路电容旁边并联一个 10 μF 的电容以衰减高频噪声。

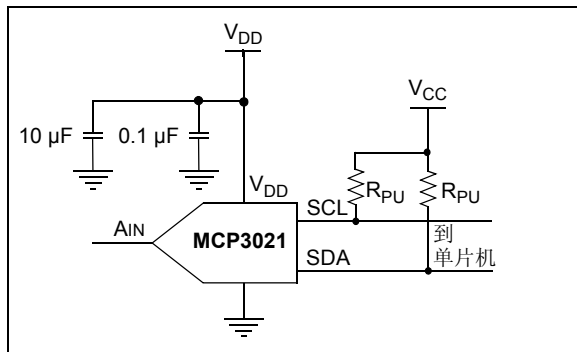


图 6-5: 给 MCP3021 供电

### 6.4.2 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。要在该器件的 V<sub>DD</sub> 引脚和地之间连接旁路电容，并使该电容尽可能靠近器件的引脚。旁路电容的推荐值为 0.1 μF。

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）尽可能得远离模拟走线。

应该将 MCP3021 连接到模拟地及模拟电源走线。上拉电阻应该放置在单片机附近并连接到数字电源或 V<sub>CC</sub>。

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。V<sub>DD</sub> 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 6-6）。欲知有关使用 MCP3021 或其他 ADC 器件的更多布线提示信息，请参见 AN688 “Layout Tips for 12-Bit A/D Converter Applications”。

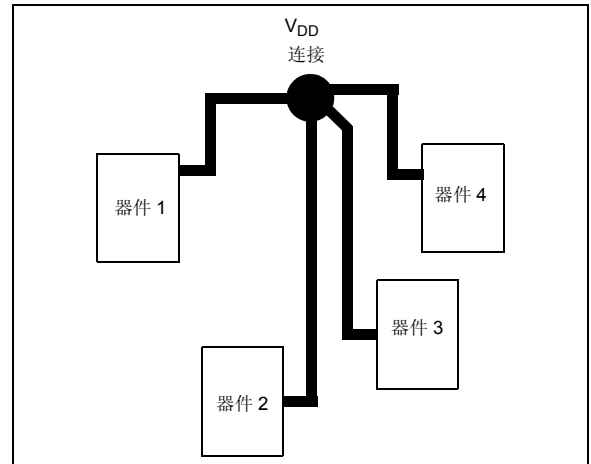


图 6-6: 在“星型”配置中 V<sub>DD</sub> 的走线以减少电流回路引入的误差

### 6.4.3 使用参考电源

MCP3021 使用 V<sub>DD</sub> 作为电源和参考电压。在一些应用中，需要使用稳定的参考电压以达到要求的精度。图 6-7 给出了 MCP1541 作为 4.096V 2% 参考电压源的示例。

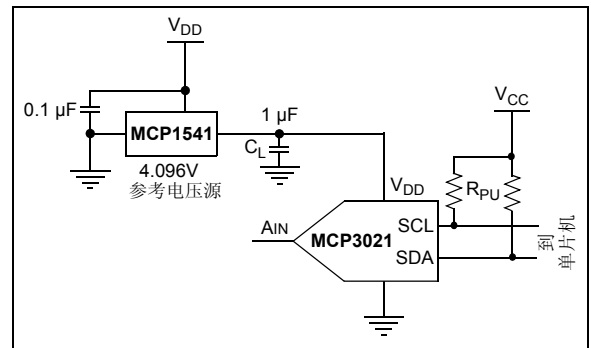


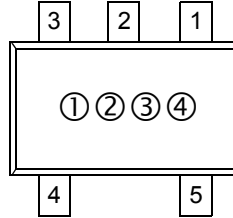
图 6-7: 稳定的电源和参考电压配置

# MCP3021

## 7.0 封装信息

### 7.1 封装标识信息

#### 5 引脚 SOT-23A (EIAJ SC-74) 器件



器件编号	地址选项	SOT-23
MCP3021A0T-E/OT	000	GP
MCP3021A1T-E/OT	001	GS
MCP3021A2T-E/OT	010	GK
MCP3021A3T-E/OT	011	GL
MCP3021A4T-E/OT	100	GM
MCP3021A5T-E/OT	101	GJ *
MCP3021A6T-E/OT	110	GQ
MCP3021A7T-E/OT	111	GR

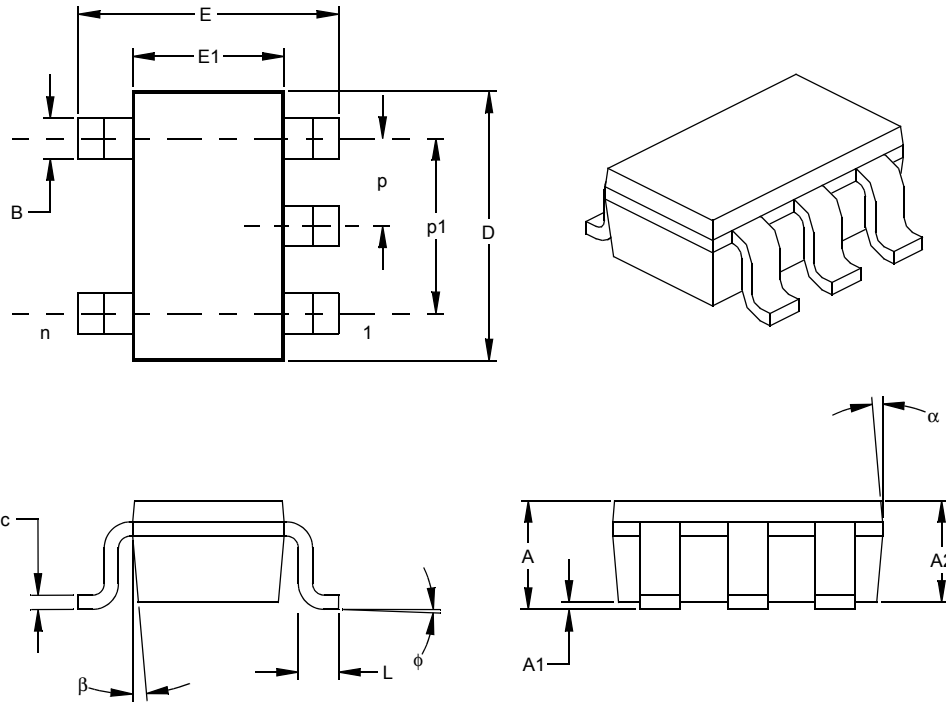
\* 默认选项。其他地址选项请联系 Microchip 生产厂。

<b>图注:</b>	1	器件编码 + 温度范围
	2	器件编码 + 温度范围
	3	年份和工作周
	4	批量标识
<b>注:</b>	Microchip 元器件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制表示客户信息的字符数。	

\* 标准器件标识包括 Microchip 器件编号、年份代码、星期代码和追踪代码。

## 5 引脚塑封小外形晶体管 (OT) (SOT23)

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



尺寸范围	单位	英寸*			毫米		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n		5			5	
引脚间距	p		.038			0.95	
外部引脚间距 (基本)	p1		.075			1.90	
总高度	A	.035	.046	.057	0.90	1.18	1.45
塑模封装厚度	A2	.035	.043	.051	0.90	1.10	1.30
悬空间隙 §	A1	.000	.003	.006	0.00	0.08	0.15
总宽度	E	.102	.110	.118	2.60	2.80	3.00
塑模封装宽度	E1	.059	.064	.069	1.50	1.63	1.75
总长度	D	.110	.116	.122	2.80	2.95	3.10
底脚长度	L	.014	.018	.022	0.35	0.45	0.55
底脚倾角	φ	0	5	10	0	5	10
引脚厚度	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
引脚宽度	B	.014	.017	.020	0.35	0.43	0.50
塑模顶部锥度	α	0	5	10	0	5	10
塑模底部锥度	β	0	5	10	0	5	10

\* 控制参数

§ 重要特性

注:

尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不能超过 0.010 英寸 (0.254 毫米)。

等同于 JEDEC 号: MO-178

图号: C04-091

# MCP3021

---

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	XX	X	/XX
器件	地址选项	温度范围	封装
器件:	MCP3021T: 10 位 2 线 串行 A/D 转换器 (卷带式封装)		
温度范围:	E = -40°C 至 +125°C		
地址选项:	XX	A2	A1 A0
	A0	=	0 0 0
	A1	=	0 0 1
	A2	=	0 1 0
	A3	=	0 1 1
	A4	=	1 0 0
	A5 *	=	1 0 1
	A6	=	1 1 0
	A7	=	1 1 1
	默认选项。其他地址选项请联系 Microchip 工厂。		
封装:	OT = 5 引脚 SOT-23 (卷带式封装)		

### 示例:

- a) MCP3021A0T-E/OT: 扩展级, A0 地址, 卷带式
- b) MCP3021A1T-E/OT: 扩展级, A1 地址, 卷带式
- c) MCP3021A2T-E/OT: 扩展级, A2 地址, 卷带式
- d) MCP3021A3T-E/OT: 扩展级, A3 地址, 卷带式
- e) MCP3021A4T-E/OT: 扩展级, A4 地址, 卷带式
- f) MCP3021A5T-E/OT: 扩展级, A5 地址, 卷带式
- g) MCP3021A6T-E/OT: 扩展级, A6 地址, 卷带式
- h) MCP3021A7T-IE/OT: 扩展级, A7 地址, 卷带式

## 销售和支持

### 数据手册

数据手册所述的产品可能存在勘误表，描述了实际运行与数据手册中记载内容之间存在的细微差异以及建议的变通方法。欲了解某一器件是否存在勘误表，请通过以下方式之一查询：

1. 当地 Microchip 销售办事处
2. Microchip 网站 ([www.microchip.com](http://www.microchip.com))

在联系销售办事处时，请说明您所使用的器件型号、硅片版本和数据手册版本（包括文献编号）。

### 客户通知系统

欲知 Microchip 产品的最新信息，请到我公司网站 ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) 注册。

# MCP3021

---

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<sup>®</sup> 单片机与 dsPIC<sup>®</sup> 数字信号控制器、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**

## 全球销售及服务中心

### 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