

带 I²C™ 接口和片内参考电压的 16 位模数转换器

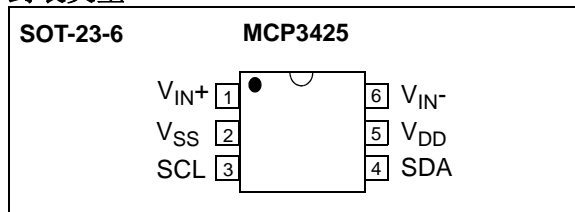
特性

- 采用 SOT-23-6 封装的 16 位 $\Delta\Sigma$ ADC
- 差分输入操作
- 每次转换都进行内部失调电压和增益自校准
- 片内参考电压：
 - 精度：2.048V \pm 0.05%
- 片内可编程增益放大器（Programmable Gain Amplifier, PGA）：
 - 增益为 1、2、4 或 8
- 片内振荡器
- INL: FSR 的 10 ppm (FSR = 4.096V/PGA)
- 可编程数据转换速率选项：
 - 15 SPS (16 位)
 - 60 SPS (14 位)
 - 240 SPS (12 位)
- 单次或连续转换选项
- 低电流消耗：
 - 典型值 145 μ A (V_{DD}= 3V, 连续转换)
- 单次转换 (1 SPS), V_{DD} = 3V:
 - 16 位模式下典型值为 9.7 μ A
 - 14 位模式下典型值为 2.4 μ A
 - 12 位模式下典型值为 0.6 μ A
- 支持 I²C 串行接口：
 - 标准、快速和高速模式
- 单电源操作：2.7V 至 5.5V
- 扩展级温度范围：-40°C 至 125°C

典型应用

- 便携式仪表
- 电子秤和电量计
- 使用 RTD、热敏电阻和热电偶的温度检测
- 测量压力、应变和力的电桥

封装类型



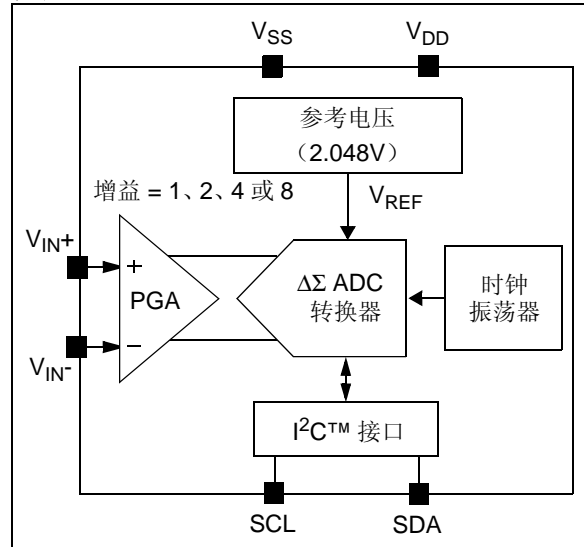
说明

MCP3425 是采用小型 SOT-23-6 封装的单通道低噪声、高精度、差分输入 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器，分辨率最高 16 位。片内精密 2.048V 参考电压使得差分输入电压范围为 ± 2.048 V (Δ 电压 = 4.096V)。器件可使用 2 线 I²C 兼容串行接口，并采用 2.7V 至 5.5V 的单电源供电。

用户通过 2 线 I²C 串行接口对可控制的配置位进行设置，从而 MCP3425 器件可按每秒 15、60 或 240 次采样 (samples per second, SPS) 的速率执行转换。此器件具有片内可编程增益放大器 (PGA)，用户可在模数转换开始之前，选择 PGA 增益为 x1、x2、x4 或 x8。这允许 MCP3425 器件以较高的分辨率转换较小的输入信号。该器件有两种转换模式：(a) 连续转换模式和 (b) 单次转换模式。在单次转换模式下，器件在一次转换之后自动进入低电流待机模式，这样可以显著降低空闲期间的电流消耗。

MCP3425 器件可用于各种要求设计简单、低功耗和小体积的高精度模数数据转换应用中。

框图



MCP3425

注:

1.0 电气特性

1.1 绝对最大额定值 †

V _{DD}	7.0V
所有输入和输出相对于 V _{SS} 的电压.....	-0.3V 至 V _{DD} +0.3V
差分输入电压.....	V _{DD} - V _{SS}
输出短路电流.....	连续
输入引脚上的电流.....	±2 mA
输出引脚和电源引脚上的电流.....	±10 mA
存储温度.....	-65°C 至 +150°C
施加电源时的环境温度.....	-55°C 至 +125°C
所有引脚上的 ESD 保护.....	≥ 6 kV HBM, ≥ 400V MM
最大结温 (T _J).....	+150°C

†注: 如果器件运行条件超过上述各项“绝对最大额定值”,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规范规定的范围以外运行。器件长时间工作在最大额定值条件下,其可靠性会受到影响。

电气特性

电气规范: 除非另外声明, 否则所有参数均适合以下条件: T _A = -40°C 至 +85°C, V _{DD} = +5.0V, V _{SS} = 0V, V _{IN+} = V _{IN-} = V _{REF} /2。所有 ppm 单位均使用 2*V _{REF} 作为满量程范围。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
模拟输入						
差分输入范围		—	±2.048/PGA	—	V	V _{IN} = V _{IN+} - V _{IN-}
共模电压范围 (绝对值) (注 1)		V _{SS} -0.3	—	V _{DD} +0.3	V	
差分输入阻抗 (注 2)	Z _{IND} (f)	—	2.25/PGA	—	MΩ	正常工作模式期间
共模输入阻抗	Z _{INC} (f)	—	25	—	MΩ	PGA = 1、2、4 和 8
系统性能						
分辨率和无丢失码 (注 8)		12	—	—	位	DR = 240 SPS
		14	—	—	位	DR = 60 SPS
		16	—	—	位	DR = 15 SPS
数据转换速率 (注 3)	DR	176	240	328	SPS	S1,S0 = 00 (12 位模式)
		44	60	82	SPS	S1,S0 = 01 (14 位模式)
		11	15	20.5	SPS	S1,S0 = 10 (16 位模式)
输出噪声		—	2.5	—	μV _{RMS}	T _A = +25°C, DR = 15 SPS, PGA = 1, V _{IN} = 0
积分非线性 (注 4)	INL	—	10	—	FSR 的 ppm	DR = 15 SPS (注 6)
内部参考电压	V _{REF}	—	2.048	—	V	
增益误差 (注 5)		—	0.1	—	%	PGA = 1, DR = 15 SPS
PGA 增益误差匹配 (注 5)		—	0.1	—	%	任意 2 个 PGA 增益之间
增益误差漂移 (注 5)		—	15	—	ppm/°C	PGA=1, DR = 15 SPS

- 注 1: 任何低于或高于此电压的输入电压都会导致有泄露电流流过输入引脚上的 ESD 二极管。此参数仅为特征值, 未经 100% 测试。
- 2: 此输入阻抗是由内部 3.2 pF 输入采样电容产生的。
- 3: 总转换速度包括失调和增益的自动校准。
- 4: INL 是端点线和量化带宽中点测量码之差。
- 5: 包括来自片内 PGA 和 V_{REF} 的所有误差。
- 6: 满量程范围 (Full Scale Range, FSR) = 2 x 2.048/PGA = 4.096/PGA。
- 7: 此参数仅为特征值, 未经 100% 测试。
- 8: 此参数仅为设计参数, 未经 100% 测试。

MCP3425

电气特性 (续)

电气规范: 除非另外声明, 否则所有参数均适合以下条件: $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = +5.0\text{V}$, $V_{SS} = 0\text{V}$, $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ 。所有 ppm 单位均使用 $2 \cdot V_{REF}$ 作为满量程范围。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
失调误差	V_{OS}	—	30	—	μV	在 $\text{PGA} = 1$, $V_{DD} = 5.0\text{V}$ 且 $\text{DR} = 15 \text{ SPS}$ 时测得
失调漂移 / 温度		—	300	—	$\text{nV}/^{\circ}\text{C}$	$V_{DD} = 5.0\text{V}$
共模抑制比		—	100	—	dB	在直流和 $\text{PGA} = 1$ 时
		—	105	—	dB	在直流、 $\text{PGA} = 8$ 且 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时
增益 N_{DD}		—	5	—	ppm/V	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{V}$ 至 5.5V , $\text{PGA} = 1$
直流时的电源抑制		—	95	—	dB	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2.7\text{V}$ 至 5.5V , $\text{PGA} = 1$
电源要求						
电压范围	V_{DD}	2.7	—	5.5	V	
转换期间的电源电流	I_{DDA}	—	155	190	μA	$V_{DD} = 5.0\text{V}$
		—	145	—	μA	$V_{DD} = 3.0\text{V}$
待机模式下的电源电流	I_{DDS}	—	0.1	0.5	μA	
I²C 数字输入和数字输出						
高电平输入电压	V_{IH}	$0.7 V_{DD}$	—	V_{DD}	V	
低电平输入电压	V_{IL}	—	—	$0.3 V_{DD}$	V	
低电平输出电压	V_{OL}	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 3 \text{ mA}$, $V_{DD} = +5.0\text{V}$
输入端施密特触发器滞后 (注 7)	V_{HYST}	$0.05 V_{DD}$	—	—	V	$f_{SCL} = 100 \text{ kHz}$
I ² C 总线处于活动状态时的电源电流	I_{DDB}	—	—	10	μA	
输入泄露电流	I_{ILH}	—	—	1	μA	$V_{IH} = 5.5\text{V}$
	I_{ILL}	-1	—	—	μA	$V_{IL} = \text{GND}$
引脚电容和 I²C 总线电容						
引脚电容	C_{PIN}	—	—	10	pF	
I ² C 总线电容	C_b	—	—	400	pF	

- 注 1: 任何低于或高于此电压的输入电压都会导致有泄露电流流过输入引脚上的 ESD 二极管。此参数仅为特征值, 未经 100% 测试。
- 2: 此输入阻抗是由内部 3.2 pF 输入采样电容产生的。
- 3: 总转换速度包括失调和增益的自动校准。
- 4: INL 是端点线和量化带宽中点测量码之差。
- 5: 包括来自片内 PGA 和 V_{REF} 的所有误差。
- 6: 满量程范围 (Full Scale Range, FSR) = $2 \times 2.048/\text{PGA} = 4.096/\text{PGA}$ 。
- 7: 此参数仅为特征值, 未经 100% 测试。
- 8: 此参数仅为设计参数, 未经 100% 测试。

温度规范

电气特性: 除非另外声明, 否则, $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = +5.0\text{V}$, $V_{SS} = 0\text{V}$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
指定温度范围	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}\text{C}$	
工作温度范围	T_A	-40	—	+125	$^{\circ}\text{C}$	
存储温度范围	T_A	-65	—	+150	$^{\circ}\text{C}$	
热封装阻抗						
热阻, 6L SOT-23	θ_{JA}	—	190.5	—	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	

2.0 典型性能曲线

注： 此“注”后的图表为基于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（如：超出了规定的电源范围），因此不在担保范围内。

注 除非另外声明，否则所有参数均符合以下条件： $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = +5.0\text{V}$ ， $V_{SS} = 0\text{V}$ ， $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ 。

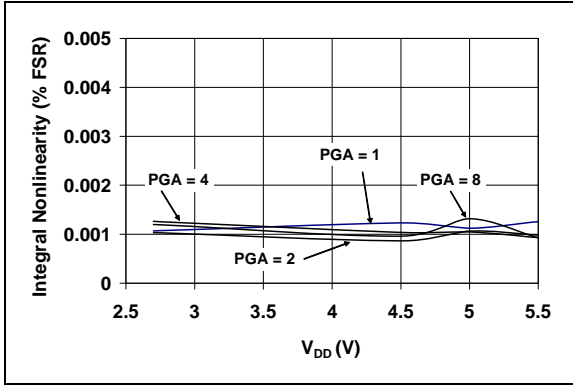


图 2-1: INL—电源电压 (V_{DD}) 曲线

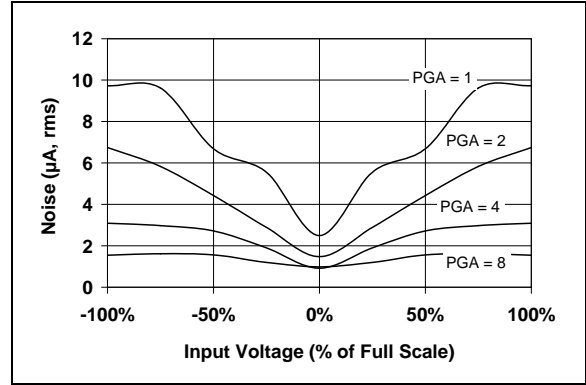


图 2-4: 输出噪声—输入电压曲线

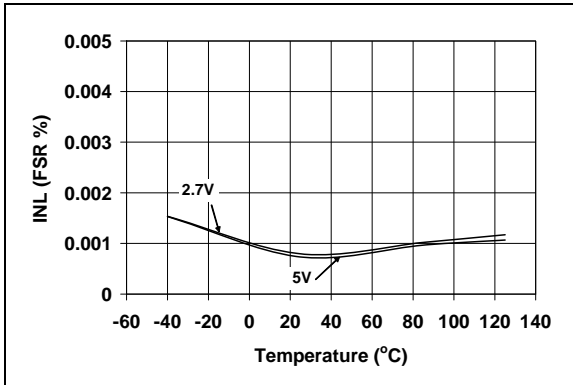


图 2-2: INL—温度曲线

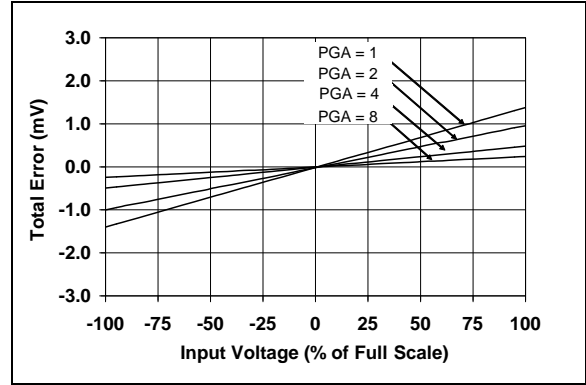


图 2-5: 总误差—输入电压曲线

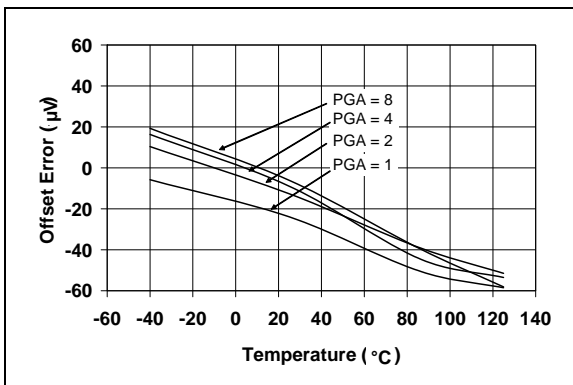


图 2-3: 失调误差—温度曲线

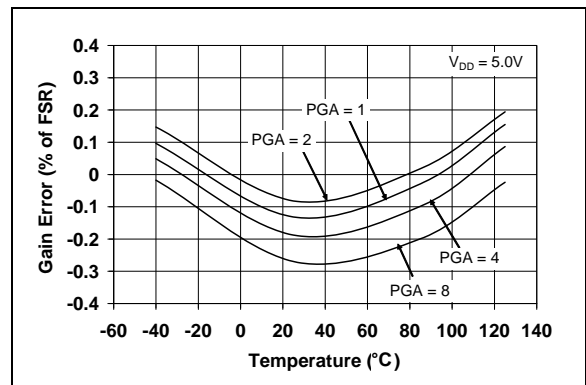


图 2-6: 增益误差—温度曲线

MCP3425

注 除非另外声明, 否则所有参数均符合以下条件: $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = +5.0\text{V}$, $V_{SS} = 0\text{V}$, $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ 。

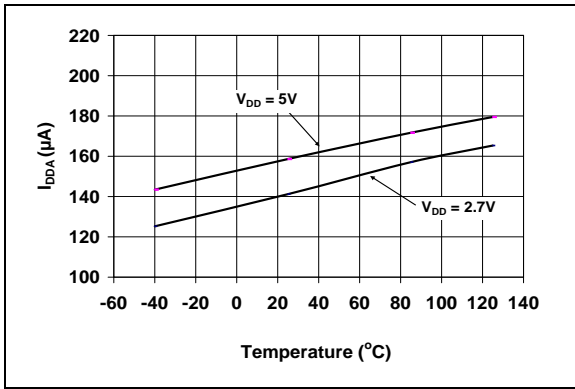


图 2-7: I_{DDA} —温度曲线

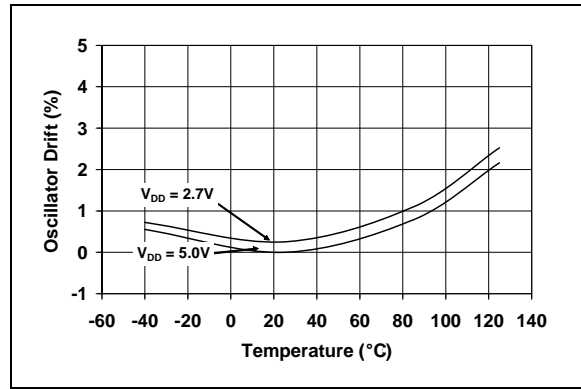


图 2-10: OSC 漂移—温度曲线

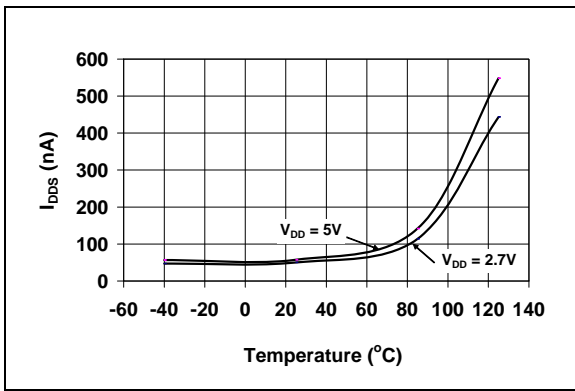


图 2-8: I_{DDS} —温度曲线

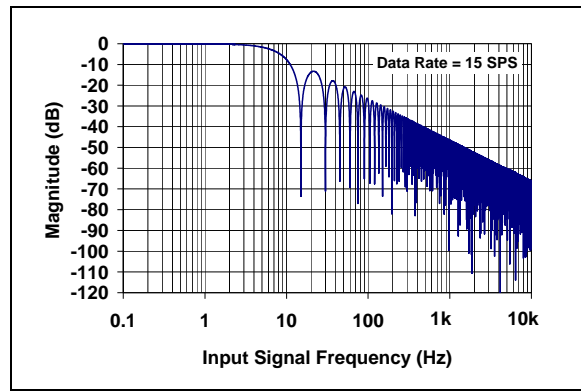


图 2-11: 频率响应

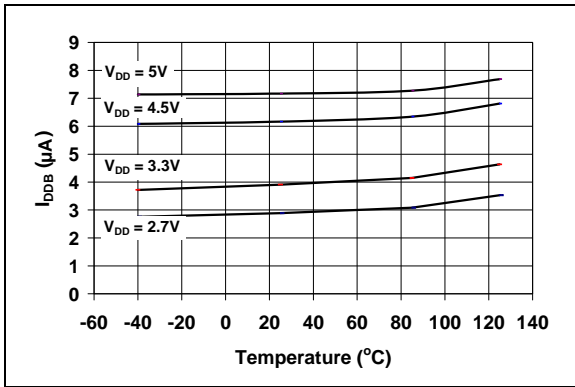


图 2-9: I_{DDB} —温度曲线

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

MCP3425	符号	定义
SOT-23-6		
1	V_{IN+}	同相差分模拟输入引脚
2	V_{SS}	接地引脚
3	SCL	I ² C 接口的串行时钟输入引脚
4	SDA	I ² C 接口的双向串行数据引脚
5	V_{DD}	正电源引脚
6	V_{IN-}	反相差分模拟输入引脚

3.1 模拟输入 (V_{IN+} 和 V_{IN-})

V_{IN+} 和 V_{IN-} 是差分信号输入引脚。MCP3425 器件接受 V_{IN+} 和 V_{IN-} 输入引脚上连接的全差分模拟输入信号。转换的差分电压定义为 $V_{IN} = (V_{IN+} - V_{IN-})$ ，其中 V_{IN+} 为 V_{IN+} 引脚上施加的电压， V_{IN-} 为 V_{IN-} 引脚上施加的电压。在转换之前，输入信号由可编程增益放大器 (PGA) 进行放大。为进行精确测量，差分输入电压不应超过 (V_{REF}/PGA) 的绝对值，其中 V_{REF} 为内部参考电压 (2.048V)，PGA 为 PGA 增益设定值。如果输入电压范围超过 (V_{REF}/PGA)，转换器输出代码将为其饱和值。

每个差分输入引脚上的绝对电压范围为 $V_{SS}-0.3V$ 至 $V_{DD}+0.3V$ 。高于或低于此范围的任何电压都将产生泄露电流，该电流流经输入引脚上的静电放电 (Electrostatic Discharge, ESD) 二极管。此 ESD 电流可导致器件出现无法意料的操作。应当选择恰当的共模模拟输入，使得每个引脚上的差分模拟输入范围和绝对电压范围都在第 1.0 节“电气特性”和第 4.0 节“器件工作说明”中指定的工作范围内。

3.2 电源电压 (V_{DD} 和 V_{SS})

V_{DD} 是该器件的电源引脚。该引脚需要一个大约 0.1 μF 的旁路陶瓷电容接地。推荐另外并联一个 10 μF 的钽电容，以进一步削弱某些应用电路板中的高频噪声。电源电压 (V_{DD}) 必须保持在 2.7V 至 5.5V 的范围内，以进行正常操作。

V_{SS} 是接地引脚和器件的电流返回路径。用户必须通过低阻抗走线将 V_{SS} 引脚连接至地平面。如果在应用 PCB (印刷电路板) 中提供了模拟地路径，强烈推荐将 V_{SS} 引脚连接到模拟地路径或利用电路板上的模拟地平面进行隔离。

3.3 串行时钟引脚 (SCL)

SCL 是 I²C 接口的串行时钟引脚。MCP3425 仅用作从器件，SCL 引脚仅接受外部串行时钟。来自主器件的输入数据在 SCL 时钟的上升沿移入 SDA 引脚，而在 SCL 时钟的下降沿，MCP3425 通过 SDA 引脚输出数据。SCL 引脚为开漏 N 沟道驱动器。因此， V_{DD} 线与 SCL 引脚之间需要一个上拉电阻。请参见第 5.3 节“I²C 串行通信”，以了解 I²C 串行接口通信的更多详细信息。

3.4 串行数据引脚 (SDA)

SDA 是 I²C 接口的串行数据引脚。SDA 引脚用于输入和输出数据。在读模式下，从 SDA 引脚读 (输出) 转换结果。在写模式下，通过 SDA 引脚写 (输入) 器件配置位。SDA 引脚为开漏 N 沟道驱动器。因此， V_{DD} 线与 SDA 引脚之间需要一个上拉电阻。除了在启动和停止条件下以外，SDA 引脚上的数据必须在时钟信号为高电平期间保持稳定。SDA 引脚的高或低电平状态仅在 SCL 引脚上的时钟信号为低电平时改变。请参见第 5.3 节“I²C 串行通信”，以了解 I²C 串行接口通信的更多详细信息。

MCP3425

注:

4.0 器件工作说明

4.1 概述

MCP3425 是带 I²C 串行接口的低功耗 16 位 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器。该器件具有片内参考电压 (2.048V)、可编程增益放大器 (PGA) 和内部振荡器。用户可以通过设置配置寄存器位来选择 12、14 或 16 位转换。器件可工作在连续转换或单次转换模式下。在连续转换模式下，器件连续地转换输入信号。而在单次转换模式下，器件仅对输入信号进行一次转换，然后便保持为低功耗待机模式，直到接收到另一条进行新转换的命令为止。在待机模式下，器件消耗的电流小于 0.1 μA (典型值)。当器件上电时 (POR 位置 1)，会自动将配置位复位为默认设置。

器件默认设置包括：

- 转换的位分辨率：12 位 (240 sps)
- PGA 增益设置：x1
- 连续转换

器件上电后，用户可随时使用 I²C 串行接口对配置位进行再编程。配置位存储在易失性存储器中。

用户可选择的选项包括：

- 转换的位分辨率：12、14 或 16 位
- PGA 增益选择：x1、x2、x4 或 x8
- 连续转换或单次转换

在连续转换方式下，器件对输入连续进行转换。而在单次转换模式下，器件对输入进行一次转换，然后保持在低功耗待机模式，直到它接收到要进行新转换的另一条命令。在待机模式下，器件消耗的最大电流小于 1 μA 。

4.2 上电复位 (Power-On-Reset, POR)

该器件具有一个用来监视工作时电源电压 (V_{DD}) 的内部上电复位 (POR) 电路。该电路可确保器件在系统上电和掉电时能够正确启动。POR 具有内置的迟滞电路和定时器，对电源上潜在的纹波和噪声有很强的抗干扰性。应在尽可能靠近 V_{DD} 引脚的地方放置一个 0.1 μF 的去耦电容，以提供额外的瞬态抑制。

阈值电压设置为 2.2V，容差约为 $\pm 5\%$ 。如果电源电压低于此阈值，那么器件将保持在复位状态。典型的迟滞值约为 200 mV。

在低功耗待机模式下，POR 电路被关断。一旦发生上电事件，器件在开始转换之前需要一段额外的延迟时间 (约为 300 μs)。在此延迟时间内，所有内部模拟电路都将达到稳定，然后才执行第一个转换。图 4-1 说明了在典型启动条件下上电和掉电事件的条件。

当器件上电时，它自动复位，并将配置位设置为默认设置。默认配置位条件为：PGA 增益为 1 V/V、转换速度为 240 SPS 且工作在连续转换模式下。当器件接收到 I²C 广播呼叫复位命令时，将执行类似于上电复位事件的内部复位。

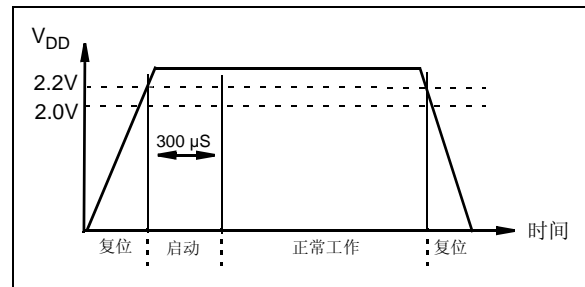


图 4-1: POR 工作过程

4.3 内部参考电压

器件具有一个片内 2.048V 的参考电压。此参考电压仅供内部使用，不能直接测量。参考电压的规范为器件的增益和漂移规范的一部分。因此，没有用于该片内参考电压的单独规范。

4.4 模拟输入通道

差分模拟输入通道具有开关电容结构。通过对内部采样电容 (PGA = 1 时为 3.2 pF) 进行充放电来实现转换。输入采样电容的充放电在每个输入引脚上产生动态输入电流。该电流与差分输入电压有关，与内部采样电容值、采样频率和 PGA 设置成反比。

4.5 输入电压范围

在不考虑 PGA 设置的情况下，输入引脚上的差分电压 (V_{IN}) 和共模电压 (V_{INCOM}) 定义为：

$$V_{IN} = V_{IN+} - V_{IN-}$$

$$V_{INCOM} = \frac{V_{IN+} + V_{IN-}}{2}$$

在 $\Delta\Sigma$ 调制器的前端，由内部可编程增益放大器 (PGA) 对输入信号进行放大。

用户需要考虑输入电压范围的两个条件：(a) 差分输入电压范围和 (b) 绝对最大输入电压范围。

4.5.1 差分输入电压范围

器件使用其内部参考电压 ($V_{REF} = 2.048V$) 执行转换。因此，考虑 PGA 设置时，差分输入电压 (V_{IN}) 的绝对值需要小于内部参考电压。考虑 PGA 设置时，如果输入电压 (V_{IN}) 的绝对值大于内部参考电压 ($V_{REF} = 2.048V$)，器件将输出饱和和输出代码（除符号位外为全 0 或全 1）。输入满量程电压范围为：

公式 4-1：

$$-V_{REF} \leq (V_{IN} \cdot PGA) \leq (V_{REF} - 1LSB)$$

其中：

$$V_{IN} = V_{IN+} - V_{IN-}$$

$$V_{REF} = 2.048V$$

如果输入电压值大于上述极限值，用户可使用分压器将输入电压降到满量程范围内。关于输入电压分压电路的更多信息，请参考图 6-7。

4.5.2 绝对最大输入电压范围

每个输入引脚的输入电压必须满足如下绝对最大输入电压限制：

- 输入电压 $< V_{DD} + 0.3V$
- 输入电压 $> V_{SS} - 0.3V$

超出这一范围的任何输入电压都会使输入 ESD 保护二极管导通，并产生输入泄露电流，导致转换错误，甚至对器件造成永久损坏。

在设置输入电压范围时必须小心，使输入电压不超过绝对最大输入电压范围。

4.6 输入阻抗

器件采用 3.2 pF 采样电容的开关电容输入级。此电容以片内时钟产生的采样频率进行开关（充放电）。差分输入阻抗随 PGA 设置的不同而变化。在正常工作模式期间，典型差分输入阻抗由以下公式给出：

$$Z_{IN}(f) = 2.25 M\Omega / PGA$$

由于采样电容仅在转换过程中切换到输入引脚，因此上述输入阻抗仅在转换周期内有效。在低功耗待机模式下，上述阻抗不会出现在输入引脚上。因此，输入引脚上仅存在由于 ESD 二极管导致的泄漏电流。

当任意外部电路连接到输入引脚时，转换精度将受到输入信号源阻抗的影响。源阻抗与内部阻抗相加，并直接影响内部采样电容充电所需的时间。因此，连接到输入引脚的高输入源阻抗会降低系统性能，例如失调误差、增益误差和积分非线性 (INL) 误差。理想情况下，输入源阻抗应为零。这可以通过使用一个闭环输出阻抗为几十欧姆的运算放大器来实现。

4.7 混叠和抗混叠滤波器

当输入信号中包含随时间变化的信号分量，且其频率大于采样速率一半时会产生混叠。在混叠状态下，器件输出非期望的输出代码。对于工作在电气噪声环境下的应用，随时间变化的信号噪声或高频干扰分量很容易叠加到输入信号中，从而产生混叠。尽管器件有一个内部一阶正弦滤波器，但其滤波器响应（图 2-11）可能无法足够衰减所有的混叠信号分量。要避免混叠，通常在输入引脚使用一个外部抗混叠滤波器，这可以通过一个简单的 RC 低通滤波器来实现。该低通滤波器可去除高频噪声分量，并在输入引脚提供带宽受限的输入信号。

4.8 自校准

器件在每次转换时都执行失调和增益的自校准。这样在温度变化以及电源波动时，可为多次转换提供可靠的转换结果。

4.9 数字输出代码以及转换为实际值

4.9.1 器件的数字输出代码

数字输出代码与输入电压和 PGA 设置成比例。输出数据格式为二进制补码。使用这种代码模式时，MSB 可视为符号指示符。当 MSB 为逻辑 0 时，输入为正值。当 MSB 为逻辑 1 时，输入为负值。以下为输出代码示例：

- (a) 对于负满量程输入电压：100...000
示例： $(V_{IN+} - V_{IN-}) \cdot PGA = -2.048V$
- (b) 对于零差分输入电压：000...000
示例： $(V_{IN+} - V_{IN-}) = 0$
- (c) 对于正满量程输入电压：011...111
示例： $(V_{IN+} - V_{IN-}) \cdot PGA = 2.048V$

始终通过 I²C 串行数据线首先发送 MSB（符号位）。根据用户的转换速率选择位设置，每次转换的分辨率可为 16、14 或 12 位。

即使输入电压超过最大输入范围，输出代码也不会溢出返回到初始值。在这种情况下，对于所有大于 $(V_{REF} - 1 \text{ LSB})/PGA$ 的电压，代码将锁定为 0111...11，而对于小于 $-V_{REF}/PGA$ 的电压，代码将锁定为 1000...00。表 4-2 给出了使用 16 位转换模式时各种输入电压下的输出代码示例。表 4-3 给出了各转换速率选项的最小和最大输出代码示例。

输出代码由以下公式给出：

公式 4-2:

输出代码

$$= (\text{最大代码} + 1) \times PGA \times \frac{(V_{IN+} - V_{IN-})}{2.048V}$$
 其中：
 最大代码请参见表 4-3。

数据转换的 LSB 由以下公式给出：

公式 4-3:

$$LSB = \frac{2 \times V_{REF}}{2^N} = \frac{2 \times 2.048V}{2^N}$$

其中：
 N = 用户可编程的位分辨率：12、14 或 16

表 4-1 给出了对应于每种转换速率设置的 LSB 大小。所测的未知输入电压将由输出代码和 LSB 相乘得到。请参见下节了解如何使用输出代码计算输入电压。

表 4-1: 分辨率设置与 LSB

分辨率设置	LSB
12 位	1 mV
14 位	250 μV
16 位	62.5 μV

表 4-2: 16 位输出代码示例

输入电压: $[V_{IN+} - V_{IN-}] \cdot PGA$	数字输出代码
$\geq V_{REF}$	0111111111111111
$V_{REF} - 1 \text{ LSB}$	0111111111111111
2 LSB	0000000000000010
1 LSB	0000000000000001
0	0000000000000000
-1 LSB	1111111111111111
-2 LSB	1111111111111110
$-V_{REF}$	1000000000000000
$< -V_{REF}$	1000000000000000

- 注 1: MSB 为符号指示符：
 0: 正输入 ($V_{IN+} > V_{IN-}$)
 1: 负输入 ($V_{IN+} < V_{IN-}$)
 2: 输出数据为二进制补码格式。

表 4-3: 最小和最大代码

位数	数据转换速率	最小代码	最大代码
12	240 SPS	-2048	2047
14	60 SPS	-8192	8191
16	15 SPS	-32768	32767

- 注: 最大 n 位代码 = $2^{n-1} - 1$
 最小 n 位代码 = $-1 \times 2^{n-1}$

MCP3425

4.9.2 将器件输出代码转换为输入信号电压

用户如第 4.9.1 节“器件的数字输出代码”所述从器件获得数字输出代码后，下一步是将数字输出代码转换为所测输入电压。公式 4-4 给出了将输出代码转换为相应输入电压的示例。

如果符号位 (MSB) 为 0，可通过将输出代码与 LSB 相乘并除以 PGA 设置得到输入电压。

如果符号位 (MSB) 为 1，需要先将输出代码转换为二进制补码，然后将其与 LSB 相乘并除以 PGA 设置。表 4-4 给出了将器件输出代码转换为输入电压的示例。

公式 4-4: 将输出代码转换为输入电压

如果 MSB = 0 (正输出代码):

$$\text{输入电压} = (\text{输出代码}) \cdot \frac{\text{LSB}}{\text{PGA}}$$

如果 MSB = 1 (负输出代码):

$$\text{输入电压} = (\text{输出代码的二进制补码}) \cdot \frac{\text{LSB}}{\text{PGA}}$$

其中:

LSB = 见表 4-1

二进制补码 = 二进制反码 + 1

表 4-4: 将输出代码转换为输入电压的示例 (16 位设置)

输入电压: [V _{IN+} - V _{IN-}] • PGA]	数字输出代码	MSB (符号位)	将输出代码转换为输入电压的示例
≥ V _{REF}	0111111111111111	0	(2 ¹⁴ +2 ¹³ +2 ¹² +2 ¹¹ +2 ¹⁰ +2 ⁹ +2 ⁸ +2 ⁷ +2 ⁶ +2 ⁵ +2 ⁴ +2 ³ +2 ² +2 ¹ +2 ⁰)x LSB(62.5 μV)/PGA = 2.048 (V) (PGA = 1)
V _{REF} - 1 LSB	0111111111111111	0	(2 ¹⁴ +2 ¹³ +2 ¹² +2 ¹¹ +2 ¹⁰ +2 ⁹ +2 ⁸ +2 ⁷ +2 ⁶ +2 ⁵ +2 ⁴ +2 ³ +2 ² +2 ¹ +2 ⁰)x LSB(62.5 μV)/PGA = 2.048 (V) (PGA = 1)
2 LSB	0000000000000010	0	(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2 ¹ +0)x LSB(62.5 μV)/PGA = 125 (μV) (PGA = 1)
1 LSB	0000000000000001	0	(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2 ⁰)x LSB(62.5 μV)/PGA = 62.5 (μV) (PGA = 1)
0	0000000000000000	0	(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0)x LSB(62.5 μV)/PGA = 0 (V) (PGA = 1)
-1 LSB	1111111111111111	1	-(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2 ⁰)x LSB(62.5 μV)/PGA = - 62.5 (μV) (PGA = 1)
-2 LSB	1111111111111110	1	-(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+2 ¹ +0)x LSB(62.5 μV)/PGA = - 125 (μV) (PGA = 1)
-V _{REF}	1000000000000000	1	-(2 ¹⁵ +0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0) x LSB(62.5 μV)/PGA = - 2.048 (V) (PGA = 1)
≤ -V _{REF}	1000000000000000	1	-(2 ¹⁵ +0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0+0) x LSB(62.5 μV)/PGA = - 2.048 (V) (PGA = 1)

5.0 使用 MCP3425 器件

5.1 工作模式

用户通过使用写命令设置器件配置寄存器来控制器件操作（见图 5-2），并使用读命令来读转换数据（见图 5-3）。器件有两种工作模式：(a) 连续转换模式或 (b) 单次转换模式。通过设置配置寄存器中的 \overline{O}/C 位来选择工作模式。请参见第 5.2 节“配置寄存器”，以了解更多信息。

5.1.1 连续转换模式（ \overline{O}/C 位 = 1）

如果 \overline{O}/C 位设置为逻辑“高电平”，那么器件执行连续转换。一旦转换完成，RDY 位翻转为 0，并将结果保存到输出数据寄存器。器件立即开始另一次转换，并使用最新的结果覆盖输出数据寄存器中原来的数据。当转换完成时，器件将清零数据就绪标志位（RDY 位 = 0）。如果最新的转换结果已被主器件读取，器件会将就绪标志位置 1（RDY 位 = 1）。

- **当写入配置寄存器时：**
 - 在连续模式下将 RDY 位置 1 不会产生任何影响
- **当读取转换数据时：**
 - \overline{RDY} 位 = 0 意味着最新的转换结果已就绪
 - \overline{RDY} 位 = 1 意味着自上次读取后转换结果未更新。正在进行新的转换，当新的转换结果就绪时将清零 RDY 位。

5.1.2 单次转换模式（ \overline{O}/C 位 = 0）

如果选择单次转换模式，器件将仅执行一次转换，并更新输出数据寄存器，清零数据就绪标志位（RDY = 0），然后进入低功耗待机模式。当器件接收到新的写命令且 RDY = 1 时，会再次开始新的单次转换。

- **当写入配置寄存器时：**
 - 要在单次转换模式下开始新的转换，需要将 \overline{RDY} 位置 1
- **当读取转换数据时：**
 - \overline{RDY} 位 = 0 意味着最新的转换结果已就绪
 - \overline{RDY} 位 = 1 意味着自上次读取后转换结果未更新。正在进行新的转换，当新的转换结果就绪时将清零 \overline{RDY} 位。

对于低功耗应用，推荐使用单次转换模式。在低电流待机模式下，器件消耗的电流小于 $1\ \mu\text{A}$ （典型值）。例如，如果器件在 16 位分辨率模式下每秒仅转换一次，那么器件的总电流消耗仅约为连续转换模式下消耗电流的 1/4。在此示例中，在 16 位转换模式下且电源电压为 3V 的情况下，器件每秒仅执行一次转换（1 SPS），则器件消耗的电流约为 $9.7\ \mu\text{A}$ （= $\sim 145\ \mu\text{A}/15\ \text{SPS}$ ）。

MCP3425

5.2 配置寄存器

MCP3425 有一个 8 位宽的配置寄存器，用于选择：PGA 增益、转换速率和转换模式。该寄存器允许用户更改器件的工作条件并检查器件的工作状态。在器件工作期间，用户可随时重写配置字节。[寄存器 5-1](#) 给出了配置寄存器中各位的说明。

寄存器 5-1: 配置寄存器

R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
$\overline{\text{RDY}}$	C1	C0	$\overline{\text{O/C}}$	S1	S0	G1	G0
1 *	0 *	0 *	1 *	0 *	0 *	0 *	0 *
bit 7							bit 0

* 上电复位后的默认配置

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位，读为 0
-n = 上电复位时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 7

$\overline{\text{RDY}}$: 就绪位

此位为数据就绪标志。在读模式下，此位表示输出寄存器是否已用新的转换结果进行了更新。在单次转换模式下，向此位写入 1 将启动一次新的转换。

使用读命令读 $\overline{\text{RDY}}$ 位:

1 = 输出寄存器未更新。
0 = 输出寄存器已用最新的转换数据进行了更新。

使用写命令写 $\overline{\text{RDY}}$ 位:

连续转换模式：无影响

单次转换模式:

1 = 启动一次新的转换。
0 = 无影响。

bit 6-5

C1-C0: 通道选择位

这两位是通道选择位，在 MCP3425 器件中未使用这两位。

bit 4

$\overline{\text{O/C}}$: 转换模式位

1 = 连续转换模式。一旦选择了此位，器件会连续地执行数据转换。
0 = 单次转换模式。器件执行一次转换并进入低功耗待机模式，直到接收到另一条写 / 读命令为止。

bit 3-2

S1-S0: 采样速率选择位

00 = 240 SPS (12 位)
01 = 60 SPS (14 位)
10 = 15 SPS (16 位)

bit 1-0

G1-G0: PGA 增益选择位

00 = 1 V/V
01 = 2 V/V
10 = 4 V/V
11 = 8 V/V

如果在读数据字节后，在连续时钟作用下重复读取配置字节（即 16 位转换模式下的第 4 个字节后），那么 RDY 位的状态指示器件是否已准备好接收新的转换结果。当主器件发现 RDY 清零时，它将发送不应答（NAK）位和停止位以退出当前的读操作，并发送新的读命令以获取最新的转换数据。读取转换数据后，就绪位翻转为 1，直到下一个新的转换数据就绪。每次新的转换完成时，都将重写输出寄存器中的转换数据。

图 5-3 给出了读转换数据的示例。用户可随时重写配置字节，以实现新的设置。

表 5-1 和表 5-2 给出了配置位操作的示例。

表 5-1: 用于写操作的配置位

R/W	O/C	RDY	操作
0	0	0	如果所有其他位保持不变，则无影响——仍按之前的设置继续操作
0	0	1	启动单次转换
0	1	0	启动连续转换
0	1	1	启动连续转换

表 5-2: 用于读操作的配置位

R/W	O/C	RDY	操作
1	0	0	单次转换模式下的新转换结果刚被读取。RDY 位保持低电平直到被新的写命令置为高电平为止。
1	0	1	单次转换正在进行。转换结果尚未被更新。RDY 位保持高电平直到当前转换完成。
1	1	0	连续转换模式下的新转换结果刚被读取。RDY 位在读转换数据后变为高电平。
1	1	1	连续转换模式下的转换结果已被读取。下一个新的转换数据尚未就绪。RDY 位在新转换完成之前保持高电平。

5.3 I²C 串行通信

器件通过串行 I²C 接口与主器件（单片机）通信，并支持标准（100 kb/s）、快速（400 kb/s）和高速（3.4 Mb/s）三种模式。

注： 如果 V_{DD} 小于 2.7V，则不建议采用高速模式。

串行 I²C 为采用开漏 SCL 和 SDA 线的双向 2 线数据总线通信协议。

器件仅可作为从器件被寻址。一旦被寻址到，它可以通过写命令接收配置位或通过读命令发送最新的转换结果。串行时钟引脚（SCL）为仅输入引脚，而串行数据引脚（SDA）则为双向的。主器件通过发送启动位来启动通信，并通过发送停止位来终止通信。在读模式下，器件在接收到 NAK 位和停止位后释放 SDA 线。

图 6-1 给出了硬件连接框图示例。请参见第 5.6 节“I²C 总线特性”，以了解 I²C 总线特性的更多详细信息。

5.3.1 I²C 器件寻址

启动位后的第一个字节总是器件的地址字节，它包括器件代码（4 位）、地址位（3 位）和 R/W 位。MCP3425 的器件代码为 1101，在出厂时编程。器件代码后跟三个地址位（A2, A1, A0），也在出厂时编程。这三个地址位允许在同一数据总线上最多连接八个 MCP3425 器件。

R/W 位决定主器件是要读转换数据还是写配置寄存器。如果 R/W 位置 1（读模式），那么器件将在随后的时钟输出转换数据。如果 R/W 位清零（写模式），那么器件将在随后的时钟接收配置字节。器件接收到正确的地址字节时，它将在 R/W 位后输出应答位。

图 5-1 给出了地址字节。图 5-2 到图 5-3 给出了如何写配置寄存器位和读转换数据。

MCP3425

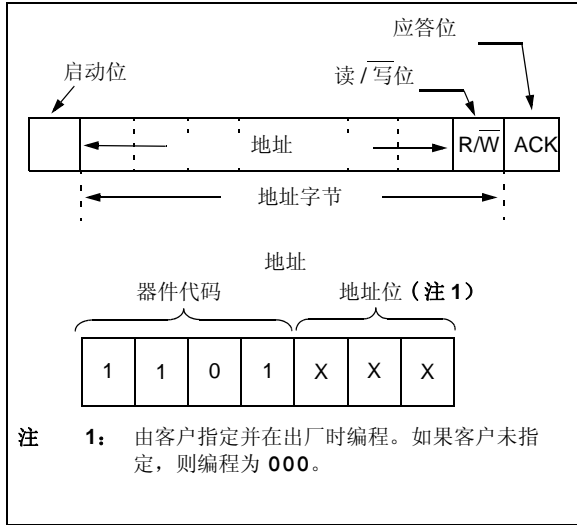


图 5-1: MCP3425 地址字节

5.3.2 向器件写配置字节

当主器件发送地址字节且 $\overline{R/W}$ 位为低电平 ($\overline{R/W} = 0$) 时, MCP3425 将期望地址字节后为配置字节。第二个字节后的任何字节将被忽略。用户可以通过写配置寄存器位来更改器件的工作模式。

如果器件接收到带有新配置设置的写命令, 器件将立即开始新的转换并更新转换数据。

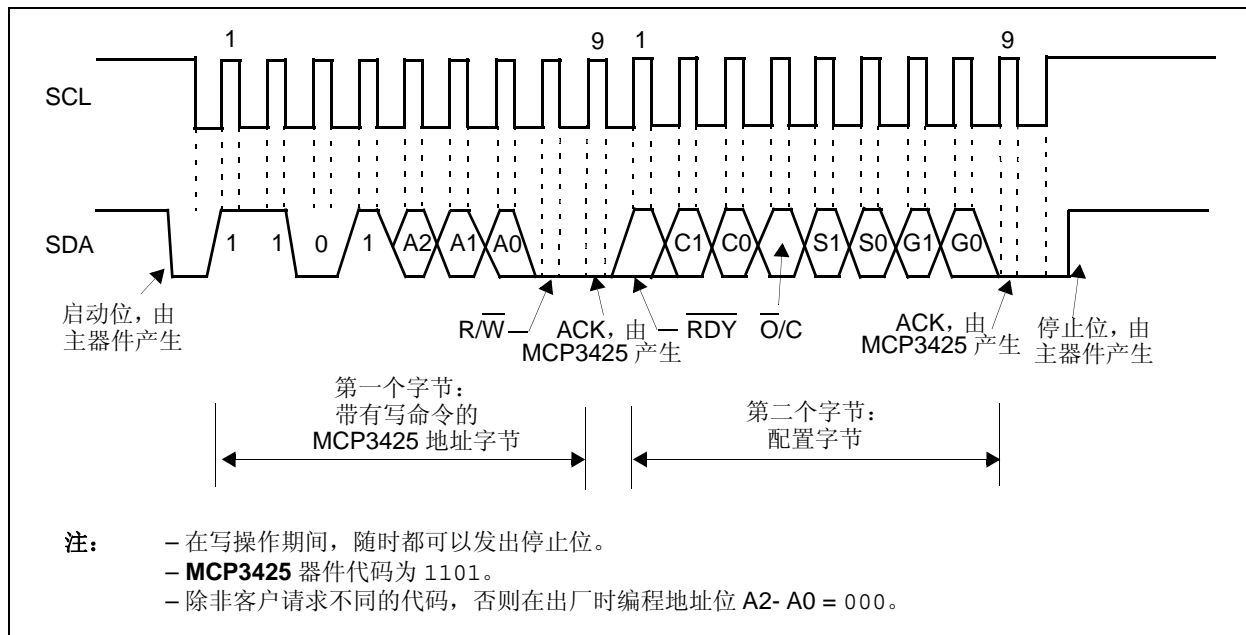


图 5-2: 写 MCP3425 的时序图

5.3.3 从器件读取数据

当主器件发送读命令 ($\overline{R/\overline{W}} = 1$) 时, MCP3425 输出转换数据字节和配置字节。每个字节由 8 个数据位和 1 个应答 (ACK) 位组成。地址字节后的 ACK 位由 MCP3425 发出, 而每个转换数据字节后的 ACK 位由主器件发出。

当器件接收到读命令时, 它输出两个数据字节, 后跟配置寄存器。在 16 位转换模式下, 第一个数据字节的 MSB (= 符号位) 为 D15。在 14 位转换模式下, 第一个数据字节的前两位是重复的 MSB 位, 可以忽略, 第三位 (D13) 为转换数据的 MSB (= 符号位)。在 12 位转换模式下, 前四位是重复的 MSB 位, 可以忽略, 字节的第五位 (D11) 代表转换数据的 MSB (= 符号位)。表 5-3 概括了每种转换模式下的转换数据输出。

输出数据字节后跟配置字节。仅当主器件在数据字节后重复发送时钟时器件才重复输出配置字节。

当器件在输出位流期间任何时候接收到无应答 (Not-Acknowledge, NAK)、重复启动位或停止位, 则会终止当前输出。无需读取配置字节。但是, 主器件可读取配置字节来检查 RDY 位的状态。主器件可连续地发送时钟 (SCL) 来重复读配置字节, 以检查 RDY 位状态。

图 5-3 给出了读操作的时序图。

表 5-3: 每种分辨率选项的输出代码

转换选项	数字输出代码
16 位	D15 ~ D8 (第一个数据字节) - D7 ~ D0 (第二个数据字节) - 配置字节 (注 1)
14 位	MMD13 ~ D8 (第一个数据字节) - D7 ~ D0 (第二个数据字节) - 配置字节 (注 2)
12 位	MMMMD11 ~ D8 (第一个数据字节) - D7 ~ D0 (第二个数据字节) - 配置字节 (注 3)

注 1: D15 为 MSB (= 符号位)。

2: D13 为 MSB (= 符号位), M 为数据字节的重复 MSB。

3: D11 为 MSB (= 符号位), M 为数据字节的重复 MSB。

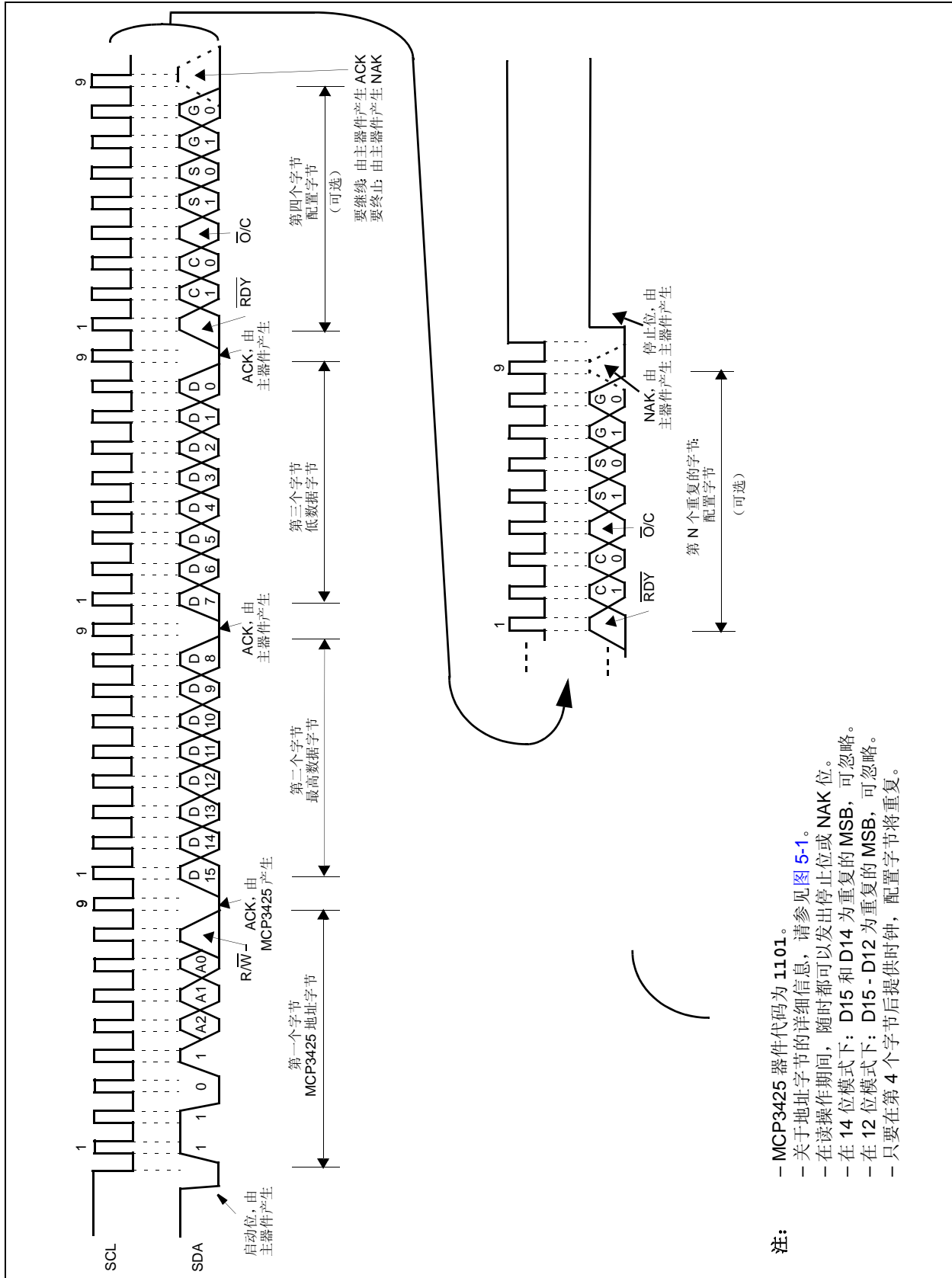


图 5-3: 读 MCP3425 的时序图

5.4 广播呼叫

器件可对广播呼叫地址（第一个字节中的 0x00）作出应答。广播呼叫地址的涵义始终由第二个字节指定。请参见图 5-4。器件支持下面两种广播呼叫。

更多关于广播呼叫或其他 I²C 模式的信息，请参见 Phillips I²C 规范。

5.4.1 广播呼叫复位

如果第二个字节为 00000110 (06h)，则发生广播呼叫复位。在应答此字节时，器件将中止当前转换并执行类似于上电复位 (Power-On-Reset, POR) 的内部复位。所有配置和数据寄存器位都复位为默认值。

5.4.2 广播呼叫转换

如果第二个字节为 00001000 (08h)，则发生广播呼叫转换。总线上的所有器件将同时启动转换。当器件接收到此命令时，此配置将设置为单次转换模式，并执行单次转换。广播呼叫不会改变 PGA 和数据转换速率设置。

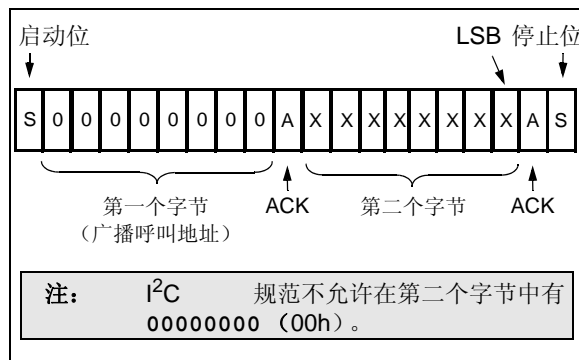


图 5-4: 广播呼叫地址格式

5.5 高速 (HS) 模式

I²C 规范要求高速模式器件必须处于“激活”状态以在高速模式下工作。这可以通过在启动位后发送特殊地址字节 00001xxx 来实现。xxx 位是高速 (HS) 模式主器件独有的。此字节也被称为高速主器件模式代码 (High-Speed Master Mode Code, HSMCM)。MCP3425 器件不应答此字节。但是，当接收到此代码时，器件将切换到其 HS 模式滤波器，并以高达 3.4 MHz 的速度在 SDA 和 SCL 总线上进行通信。器件将在下一个停止条件时切换出 HS 模式。

关于 HS 模式或其他 I²C 模式的更多信息，请参见 Phillips I²C 规范。

5.6 I²C 总线特性

I²C 规范定义了以下总线协议：

- 只有在总线不忙时才可以启动数据传输。
- 在数据传输过程中，只要时钟线为高电平，数据线就必须保持稳定。当时钟线为高电平时数据线发生变化，将被视为启动或停止条件。

据此还定义了下列总线条件，见图 5-5。

5.6.1 总线不忙 (A)

数据线和时钟线都保持高电平。

5.6.2 启动数据传输 (B)

当时钟 (SCL) 线为高电平时，SDA 线由高电平跳变为低电平会产生启动条件。所有命令必须以启动条件开始。

5.6.3 停止数据传输 (C)

当时钟 (SCL) 线为高电平时，SDA 线由低电平跳变为高电平会产生停止条件。所有操作必须以停止条件结束。

5.6.4 数据有效 (D)

在启动条件之后，如果数据线在时钟信号的高电平期间保持稳定，则数据线的状态代表有效数据。

在时钟信号的低电平周期，必须改变数据线上的数据。每个数据位都对应一个时钟脉冲。

每个数据传输都以启动条件开始，以停止条件终止。

MCP3425

5.6.5 应答和不应答

主器件（单片机）和从器件（MCP3425）使用应答脉冲作为每个字节通信的握手信号。每个字节的第九个时钟脉冲用于应答。时钟脉冲始终由主器件（单片机）提供，由接收字节的器件发出应答（注：在应答脉冲期间，发送器件必须释放 SDA 线）。在第 9 个时钟脉冲期间，由接收器件将 SDA 线拉为“低电平”来发出应答信号。

在读操作期间，主器件（单片机）可通过在接收到来自 MCP3425 的最后一个字节时不提供应答位（不应答，not Acknowledge, NAK）来终止当前读操作。这种情况下，MCP3425 器件释放 SDA 线，以允许主器件（单片机）产生停止条件或重复启动条件。

在第 9 个时钟脉冲期间，通过将 SDA 线置为“高电平”来发出不应答（NAK）信号。

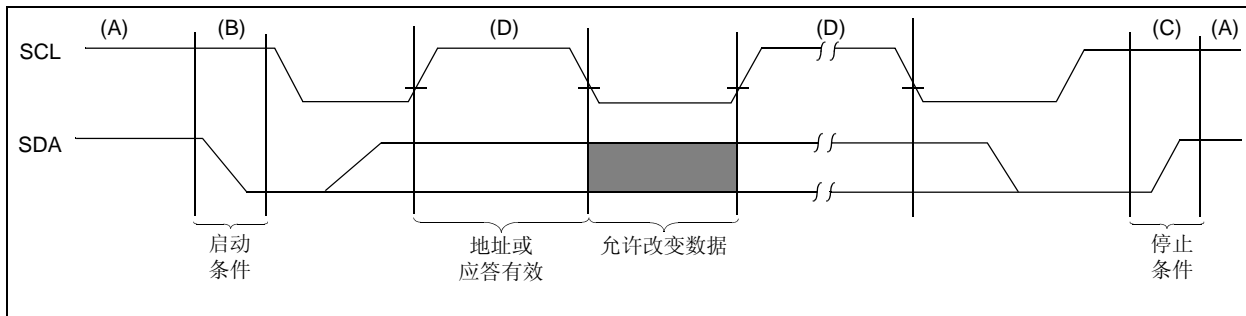


图 5-5: I²C 串行总线上的数据传输序列

表 5-4: I²C™ 串行时序规范

电气规范: 除非另外声明, 否则所有限制均适合以下条件: $T_A = -40$ 至 $+85^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +2.7\text{V}$ 至 $+5.0\text{V}$, $V_{SS} = 0\text{V}$, $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
标准模式 (100 kHz)						
时钟频率	f_{SCL}	—	—	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} 至 V_{IH} (注 1)
SDA 和 SCL 下降时间	T_F	—	—	300	ns	从 V_{IH} 至 V_{IL} (注 1)
启动条件保持时间	$T_{HD:DAT}$	4000	—	—	ns	
启动 (重复启动) 条件建立时间	$T_{SU:STA}$	4700	—	—	ns	
数据保持时间	$T_{HD:DAT}$	0	—	3450	ns	(注 3)
数据输入建立时间	$T_{SU:DAT}$	250	—	—	ns	
停止条件建立时间	$T_{SU:STO}$	4000	—	—	ns	
从时钟边沿到输出有效的时间	T_{AA}	0	—	3750	ns	(注 2 和注 3)
总线空闲时间	T_{BUF}	4700	—	—	ns	启动条件和停止条件之间的时间
快速模式 (400 kHz)						
时钟频率	T_{TSCL}	—	—	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} 至 V_{IH} (注 1)
SDA 和 SCL 下降时间	T_F	$20 + 0.1C_b$	—	300	ns	从 V_{IH} 至 V_{IL} (注 1)
启动条件保持时间	$T_{HD:STA}$	600	—	—	ns	
启动 (重复启动) 条件建立时间	$T_{SU:STA}$	600	—	—	ns	
数据保持时间	$T_{HD:DAT}$	0	—	900	ns	(注 4)
数据输入建立时间	$T_{SU:DAT}$	100	—	—	ns	
停止条件建立时间	$T_{SU:STO}$	600	—	—	ns	
从时钟边沿到输出有效的时间	T_{AA}	0	—	1200	ns	(注 2 和注 3)
总线空闲时间	T_{BUF}	1300	—	—	ns	启动条件和停止条件之间的时间

注 1: 此参数仅为特征值, 未经 100% 测试。

2: 此规范不是 I²C 规范的一部分。此参数等于数据保持时间 ($T_{HD:DAT}$) 与 SDA 下降 (或上升) 时间之和:
 $T_{AA} = T_{HD:DAT} + T_F$ (或 T_R)。

3: 如果此参数的时间太短, 那么可能会对总线上其他器件产生不希望的启动或停止条件。如果此参数的时间太长, 可能会影响时钟低电平时间 (T_{LOW})。

4: 对于数据输入: 此参数必须比 t_{SP} 时间长。如果此参数的时间太长, 会影响数据输入建立时间 ($T_{SU:DAT}$) 或时钟低电平时间 (T_{LOW})。

对于数据输出: 此参数为特征值, 并通过测试 T_{AA} 参数而间接测得。

MCP3425

表 5-4: I²C™ 串行时序规范 (续)

电气规范: 除非另外声明, 否则所有限制均适合以下条件: $T_A = -40$ 至 $+85^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +2.7\text{V}$ 至 $+5.0\text{V}$, $V_{SS} = 0\text{V}$, $V_{IN+} = V_{IN-} = V_{REF}/2$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
高速模式 (3.4 MHz)						
时钟频率	f_{SCL}	—	—	3.4	MHz	$C_b = 100\text{ pF}$
		—	—	1.7	MHz	$C_b = 400\text{ pF}$
时钟高电平时间	T_{HIGH}	60	—	—	ns	$C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		120	—	—	ns	$C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
时钟低电平时间	T_{LOW}	160	—	—	ns	$C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		320	—	—	ns	$C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
SCL 上升时间 (注 1)	T_R	—	—	40	ns	从 V_{IL} 至 V_{IH} , $C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		—	—	80	ns	从 V_{IL} 至 V_{IH} , $C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
SCL 下降时间 (注 1)	T_F	—	—	40	ns	从 V_{IH} 至 V_{IL} , $C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		—	—	80	ns	从 V_{IH} 至 V_{IL} , $C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
SDA 上升时间 (注 1)	$T_{R: DAT}$	—	—	80	ns	从 V_{IL} 至 V_{IH} , $C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		—	—	160	ns	从 V_{IL} 至 V_{IH} , $C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
SDA 下降时间 (注 1)	$T_{F: DATA}$	—	—	80	ns	从 V_{IH} 至 V_{IL} , $C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		—	—	160	ns	从 V_{IH} 至 V_{IL} , $C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
数据保持时间 (注 4)	$T_{HD: DAT}$	0	—	70	ns	$C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		0	—	150	ns	$C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
从时钟边沿到输出有效的时间 (注 2 和注 3)	T_{AA}	—	—	150	ns	$C_b = 100\text{ pF}$, $f_{SCL} = 3.4\text{ MHz}$
		—	—	310	ns	$C_b = 400\text{ pF}$, $f_{SCL} = 1.7\text{ MHz}$
启动条件保持时间	$T_{HD: STA}$	160	—	—	ns	
启动 (重复启动) 条件建立时间	$T_{SU: STA}$	160	—	—	ns	
数据输入建立时间	$T_{SU: DAT}$	10	—	—	ns	
停止条件建立时间	$T_{SU: STO}$	160	—	—	ns	

- 注 1: 此参数仅为特征值, 未经 100% 测试。
- 注 2: 此规范不是 I²C 规范的一部分。此参数等于数据保持时间 ($T_{HD: DAT}$) 与 SDA 下降 (或上升) 时间之和:
 $T_{AA} = T_{HD: DAT} + T_F$ (或 T_R)。
- 注 3: 如果此参数的时间太短, 那么可能会对总线上其他器件产生不希望的启动或停止条件。如果此参数的时间太长, 可能会影响时钟低电平时间 (T_{LOW})。
- 注 4: 对于数据输入: 此参数必须比 t_{SP} 时间长。如果此参数的时间太长, 会影响数据输入建立时间 ($T_{SU: DAT}$) 或时钟低电平时间 (T_{LOW})。
对于数据输出: 此参数为特征值, 并通过测试 T_{AA} 参数而间接测得。

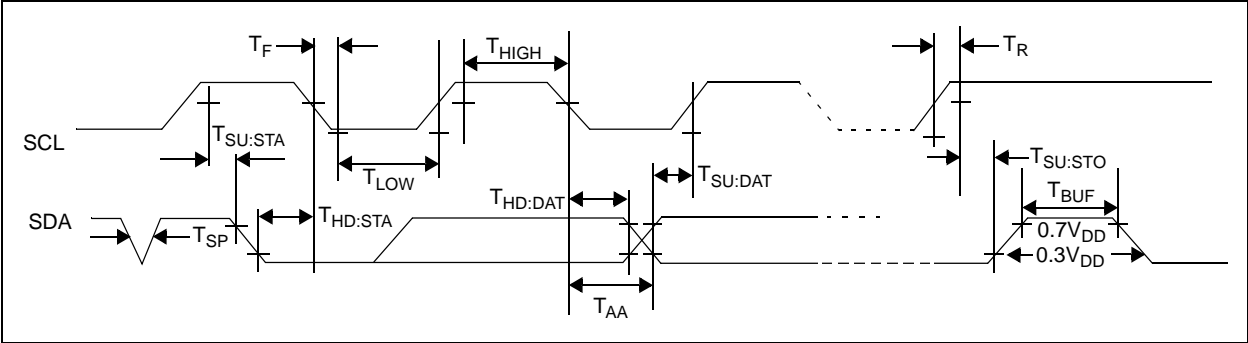


图 5-6: I2C 总线时序数据

MCP3425

注:

6.0 基本应用配置和示例

MCP3425 器件可用于各种需要精密模数转换器的应用中。器件可以非常简单地连接到应用电路。以下部分将讨论器件的连接和应用示例。

6.1 连接到应用电路

6.1.1 V_{DD} 引脚上的旁路电容

为了进行精确测量，应用电路需要干净的电源电压，并且必须阻止任何噪声信号进入 MCP3425 器件。图 6-1 给出了在 MCP3425 的 V_{DD} 线上使用两个旁路电容（一个 $10\ \mu\text{F}$ 的钽电容和一个 $0.1\ \mu\text{F}$ 的陶瓷电容）的示例。这两个电容有助于滤除 V_{DD} 线上的任何高频噪声，并在器件需要从电源汲取更多的电流时提供瞬间额外电流。这些电容应该尽可能地靠近 V_{DD} 引脚放置（在一英寸以内）。如果应用电路具有单独的数字电源和模拟电源，那么 MCP3425 器件的 V_{DD} 和 V_{SS} 应放置在模拟平面上。

6.1.2 使用上拉电阻连接到 I²C 总线

MCP3425 的 SCL 和 SDA 引脚是开漏配置的。这两个引脚需要接上拉电阻，如图 6-1 所示。这两个上拉电阻的值取决于工作速度和 I²C 总线的负载电容。上拉电阻的值越高，功耗就越小，但会加长总线上的信号跳变时间（RC 时间常数会变大）。因此，会限制总线工作速度。另一方面，电阻值越低，功耗就越大，但可以允许较高的工作速度。如果因为总线较长或连接到总线的器件数较多，导致总线的电容较大，那么需要一个较小的上拉电阻来补偿较长的 RC 时间常数。在标准和快速模式下，上拉电阻的选择范围通常在 $5\ \text{k}\Omega$ 至 $10\ \text{k}\Omega$ 。

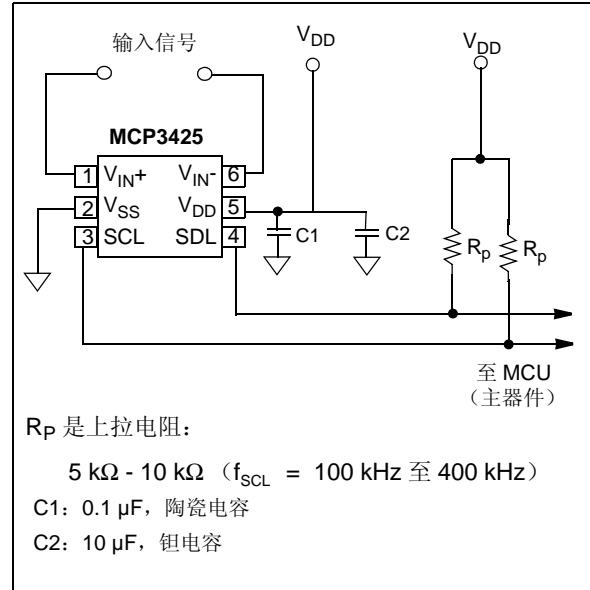


图 6-1: 典型连接示例

连接至总线的器件数仅受最大总线电容 $400\ \text{pF}$ 的限制。总线负载电容影响着总线工作速度。图 6-2 给出了多器件连接的示例。

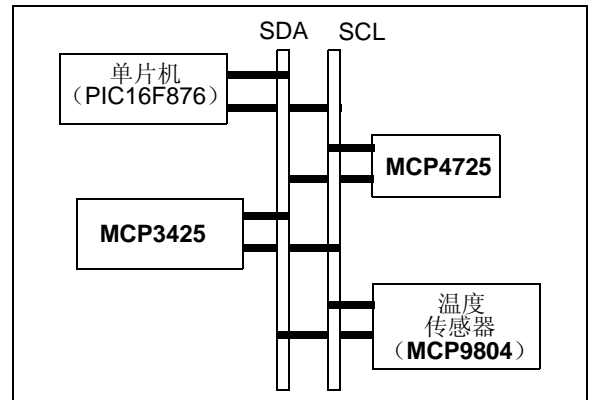


图 6-2: I²C 总线上多器件连接的示例

MCP3425

6.1.3 器件通信测试

用户只需在发送读或写命令后检查来自 MCP3425 的应答响应，即可测试主器件（MCU）和 MCP3425 之间的通信。下面是使用图 6-3 的示例：

- 将地址字节中的 $\overline{R/W}$ 位置为低电平。
- 在发送地址字节后检查 ACK 脉冲。

如果器件应答（ACK = 0），那么器件已连接，否则器件未连接。

- 发送停止位。

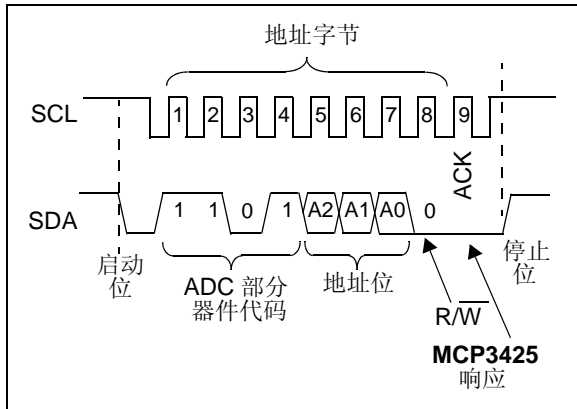


图 6-3: I²C 总线通信测试

6.1.4 差分 and 单端配置

图 6-5 给出了差分输入和单端输入的典型连接示例。差分输入信号连接到 V_{IN+} 和 V_{IN-} 输入引脚。对于单端输入，输入信号施加到其中一个输入引脚上（通常连接到 V_{IN+} 引脚），而另一个输入引脚（通常为 V_{IN-} 引脚）接地。单端配置时所有器件特性保持不变，但是因为输入仅处于正半量程，所以此配置少了一位分辨率。请参见第 1.0 节“电气特性”。

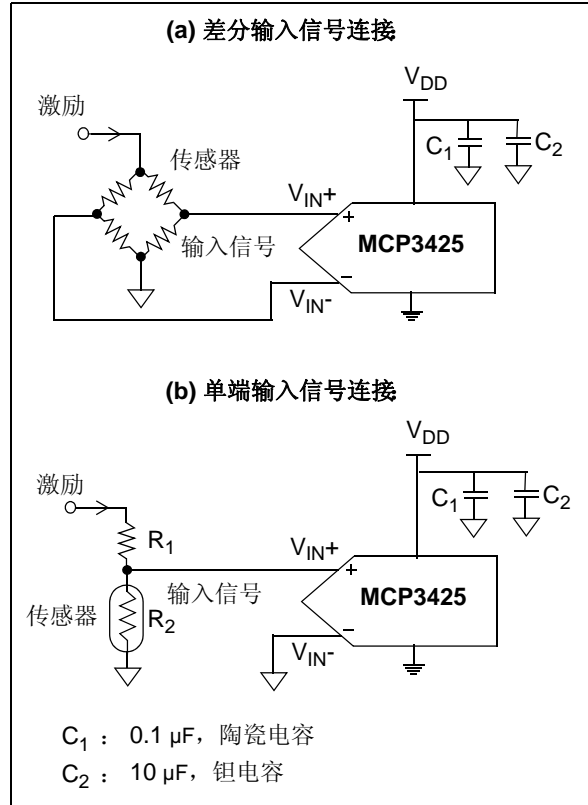


图 6-4: 差分输入和单端输入连接

6.2 应用示例

6.2.1 电压测量

MCP3425 器件可用于各种传感器和数据采集应用中。

图 6-5 给出了测量电池电压的电路示例。当输入电压大于器件内部参考电压（2.048V）时，此电路需使用分压电路来防止输出代码饱和。在此示例中， R_1 和 R_2 构成了分压器。需设置 R_1 和 R_2 的值使产生的 V_{IN} 小于内部参考电压（2.048V）。

如果输入电压范围远远小于器件内部参考电压（2.048V），那么用户无需在输入引脚上使用分压器，可使用内部 PGA（增益最高为 8）。

当输入信号使用分压器或内部 PGA 时，那么当用户将输出代码转换为实际输入电压时必须考虑这些因素。

请参考 Microchip 的应用笔记 AN1156，了解使用 MCP342X 器件系列进行输入电压和电流测量的信息。该应用笔记还随附了 MCU 固件作为参考。

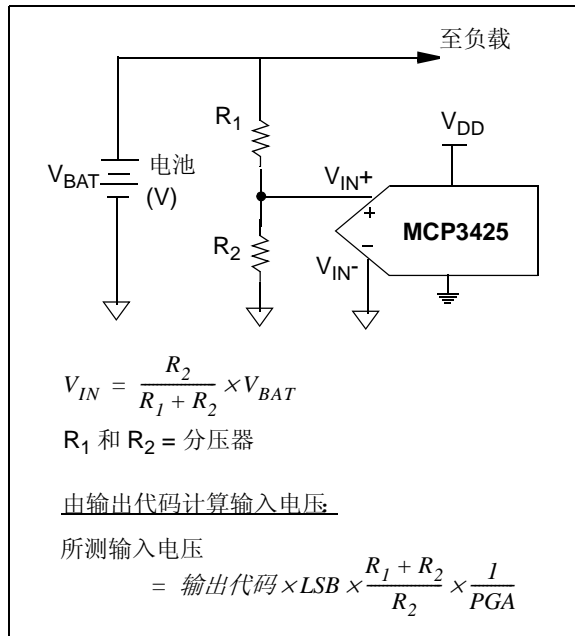


图 6-5: 电池电压测量

6.2.2 电流测量

图 6-6 给出了电流测量的电路示例。对于电流测量，器件测量电流传感器两端的电压，然后将测得的电压除以电流传感器的已知电阻值将其转换为电流值。传感器上的压降被浪费掉了。因此，电流测量通常倾向于使用电阻值较小的电流传感器，从而也需要高分辨率 ADC 器件。Microchip 的高精度 MCP342x 器件非常适合采用低阻值电流传感器的电流测量。输出代码的 MSB (= 符号位) 指示电流的方向。

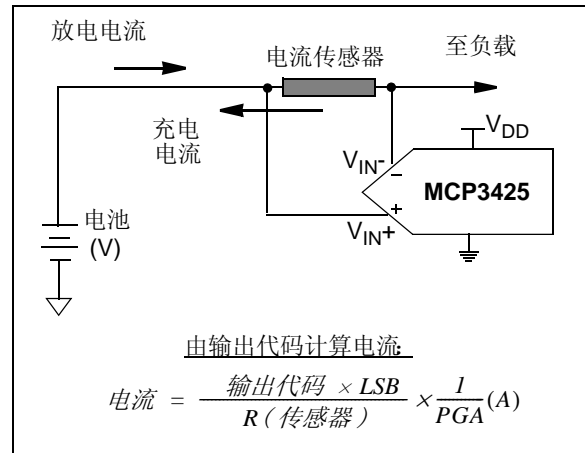


图 6-6: 电池电流测量

6.2.3 压力测量

图 6-7 给出了使用 NPP301（由 GE NovaSensor 生产）测量压力的示例。由于使用的是内部 PGA，无需使用外部信号调理电路。压力传感器的输出为 20 mV/V。因此， V_{DD} （传感器激励电压）为 5V 时，有 100 mV 的满量程输出。

MCP3425

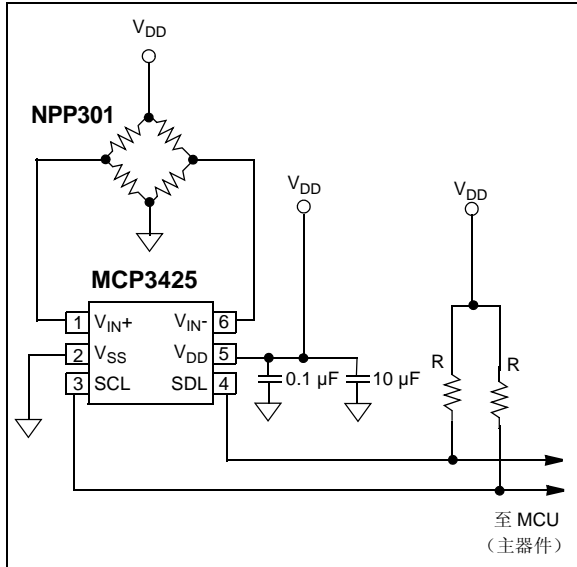


图 6-7: 压力测量示例

6.2.4 惠斯通电桥型传感器和信号调理

惠斯通电桥是传感器应用中的最常见配置之一。应变仪和压力传感器是常见的例子。当传感器输出信号较小而共模噪声较大时，在传感器和 MCP3425 之间需要信号调理电路。图 6-8 和图 6-9 给出了使用 MCP6V01（高精度自调零运放）进行传感器信号调理的示例。图 6-8 给出了传感器和 MCP3425 之间的接口电路，采用了最少元件，但非对称，因此 ADC 输入成为了单端的。而图 6-9 中的电路具有对称的差分输出，但需要更多元件。

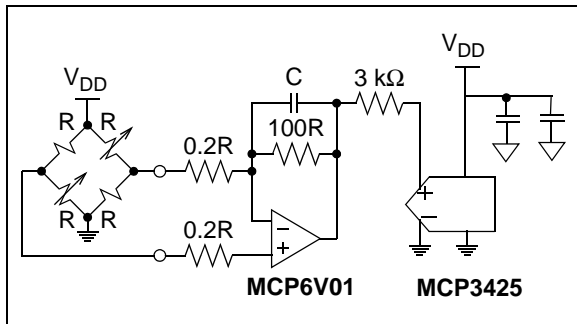


图 6-8: 不对称电路的简单信号调理设计

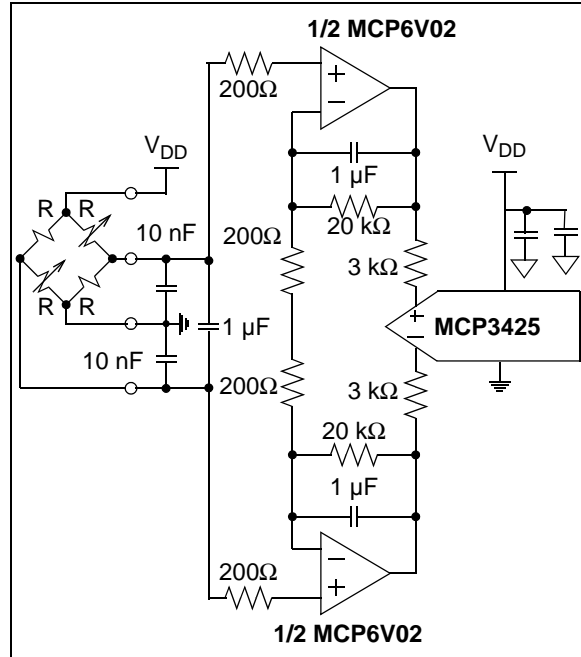


图 6-9: 对称电路的高性能信号调理设计

6.2.5 温度测量

图 6-10 给出了使用热敏电阻进行温度测量的示例。此示例可在 50°C 的温度范围内获得线性响应。这是通过将一个 1% 容差标准电阻与一个热敏电阻串联实现的。所选的电阻值要等于预期温度范围中点时的热敏电阻值。

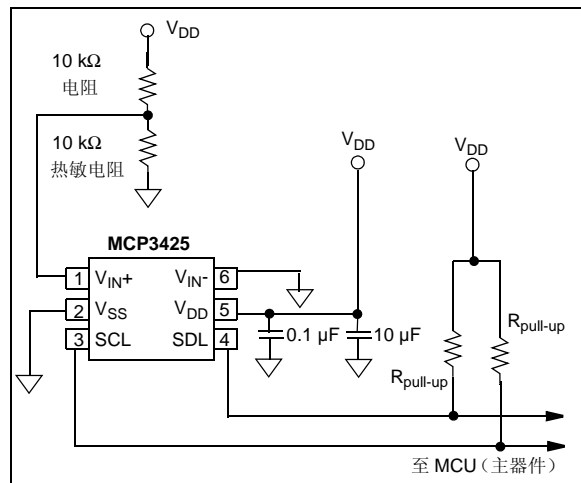


图 6-10: 温度测量示例

7.0 开发工具支持

7.1 MCP3425 评估板

可从 Microchip 购买 MCP3425 评估板。该评估板与 Microchip 的 PICkit™ 串行分析器配合使用。用户只需将任何感应电压连接到评估板的输入测试焊盘，并使用易于使用的 PICkit™ 串行分析器读取转换代码。请访问 www.microchip.com 了解该产品功能和购买的更多信息。

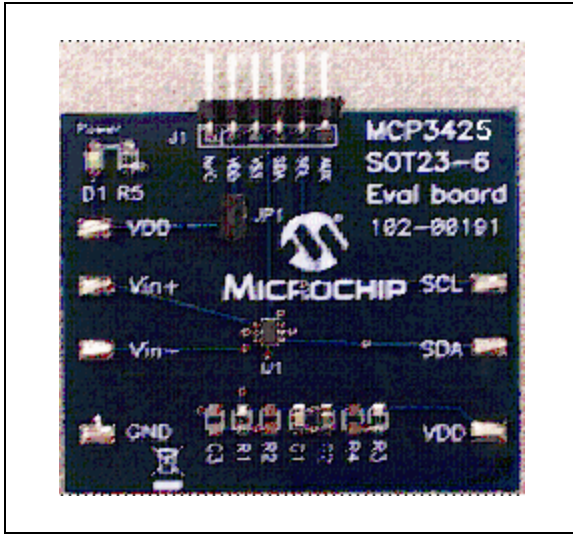


图 7-1: MCP3425 评估板



图 7-2: MCP3425 评估板和 PICkit™ 串行分析器配合使用的设置

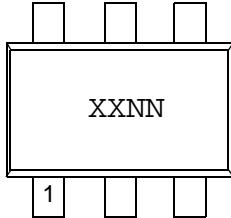
MCP3425

注:

8.0 封装信息

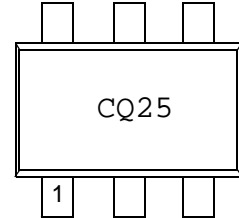
8.1 封装标识信息

6 引脚 SOT-23



部件编号	地址选项	代码
MCP3425A0T-E/CH	A0 (000)	CQNN
MCP3425A1T-E/CH	A1 (001)	CRNN
MCP3425A2T-E/CH	A2 (010)	CSNN
MCP3425A3T-E/CH	A3 (011)	CTNN
MCP3425A4T-E/CH	A4 (100)	注 1
MCP3425A5T-E/CH	A5 (101)	注 1
MCP3425A6T-E/CH	A6 (110)	注 1
MCP3425A7T-E/CH	A7 (111)	注 1

示例



注 1: 请联系 Microchip, 以获取这些地址选项器件。

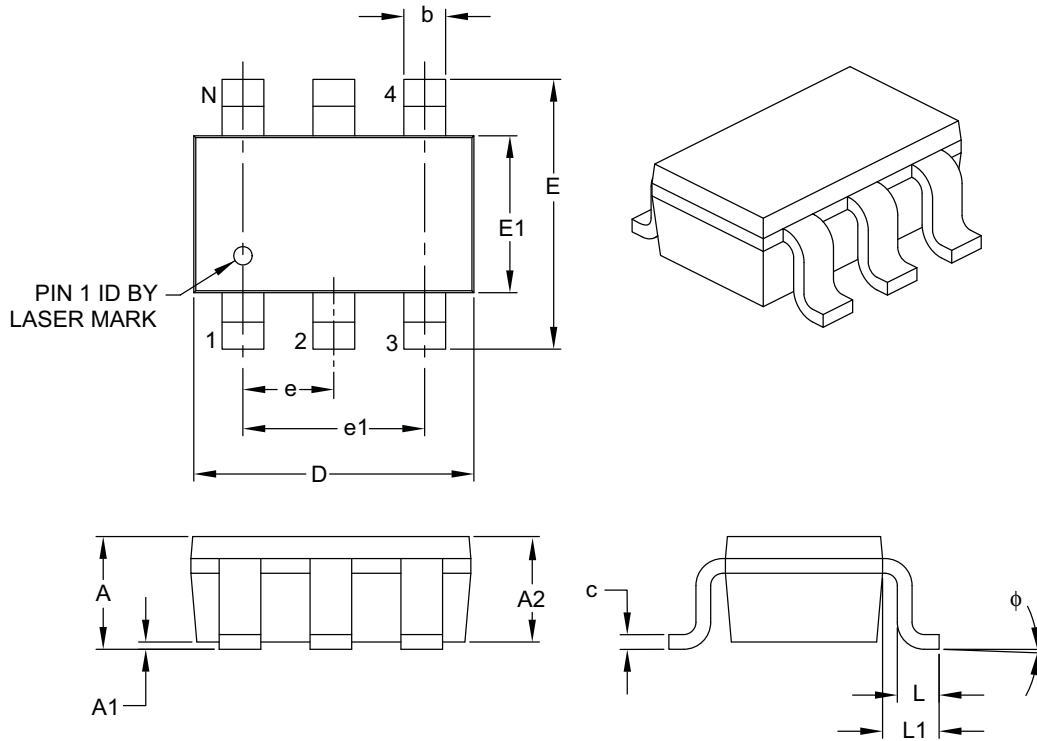
图注: XX...X 客户信息
 Y 年份代码 (日历年的最后一位数字)
 YY 年份代码 (日历年的最后两位数字)
 WW 星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)
 NNN 以字母数字排序的追踪代码
 (e3) 雾锡 (Matte Tin, Sn) 的 JEDEC 无铅标志
 * 表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 (e3) 标示于此种封装的外包装上。

注: Microchip 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。

MCP3425

6 引脚塑封小外形晶体管封装 (CH) [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

附录 A： 版本历史

版本 B（2009 年 8 月）

下面列出了所进行的修改：

1. 更新了第 4.1 节“概述”。
2. 增加了新章节：第 4.5 节“输入电压范围”。
3. 在第 4.9 节“数字输出代码以及转换为实际值”中重新组织了信息。
4. 在第 5.0 节“使用 MCP3425 器件”中更新了表 5-4 中的信息。
5. 更新了第 6.0 节“基本应用配置和示例”。
6. 增加了新章节：第 7.0 节“开发工具支持”。
7. 更新了第 8.0 节“封装信息”中的封装图。

版本 A（2007 年 12 月）

- 本文档的初始版本。

MCP3425

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。

部件编号	XX	X	X	/XX	
器件	地址选项	卷带式	温度范围	封装	
器件:	MCP3425: 单通道 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器				
地址选项:	XX	A2	A1	A0	
	A0 *	= 0	0	0	
	A1	= 0	0	1	
	A2	= 0	1	0	
	A3	= 0	1	1	
	* 默认选项。请联系 Microchip 工厂，以获取其他地址选项。				
卷带式:	T	= 卷带式			
温度范围:	E	= -40°C 至 +125°C			
封装:	CH	= 6 引脚塑封小外形晶体管 (SOT-23-6)			
					示例: a) MCP3425A0T-E/CH: 卷带式, 单通道 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器, SOT-23-6 封装, 地址选项 = A0。 b) MCP3425A1T-E/CH: 卷带式, 单通道 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器, SOT-23-6 封装, 地址选项 = A1。 c) MCP3425A2T-E/CH: 卷带式, 单通道 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器, SOT-23-6 封装, 地址选项 = A2。 d) MCP3425A3T-E/CH: 卷带式, 单通道 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器, SOT-23-6 封装, 地址选项 = A3。

MCP3425

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。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、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC³² 徽标、rfPIC 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 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、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICKtail、REAL ICE、rFLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、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。

© 2010, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-60932-476-6

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

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-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、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。

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

亚特兰大 Atlanta

Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

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

克里夫兰 Cleveland

Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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: 1-408-961-6444
Fax: 1-408-961-6445

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 - 重庆

Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 香港特别行政区

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

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: 86-21-5407-5533
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 - 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 - 珠海

Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄

Tel: 886-7-213-7830
Fax: 886-7-330-9305

台湾地区 - 台北

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

亚太地区

台湾地区 - 新竹

Tel: 886-3-6578-300
Fax: 886-3-6578-370

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

日本 Japan - Yokohama

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

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

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 - Druenen

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