

带有功率脉冲输出的电能计量 IC

特性

- 为单相住宅电能计量提供有功功率测量
- 支持国际电能计量技术规范（International Energy Metering Specification）IEC 62053 及传统 IEC 规范 1036/61036/687
- 两个多位数模转换器（Digital-to-Analog Converter, DAC），二阶 16 位 Σ - Δ 模数转换器（Analog-to-Digital Converter, ADC）
- **500:1** 动态范围内典型测量误差为 0.1%（MCP3905）
- **1000:1** 动态范围内典型测量误差为 0.1%（MCP3906）
- 针对小信号输入的可编程增益放大器（Programmable Gain Amplifier, PGA），支持低值分流电流传感器
 - **16:1** PGA — MCP3905
 - **32:1** PGA — MCP3906
- 片上参考电压超低温漂：15 ppm/°C（典型值）
- 直接驱动电磁机械式计数器和双相步进电机
- 低 I_{DD} （典型值 4 mA）
- 用于指示负功率的防篡改输出引脚
- 工业级温度范围：-40°C 至 +85°C
- 在 HF_{OUT} 上提供瞬时有功功率，用于电表校准

概述

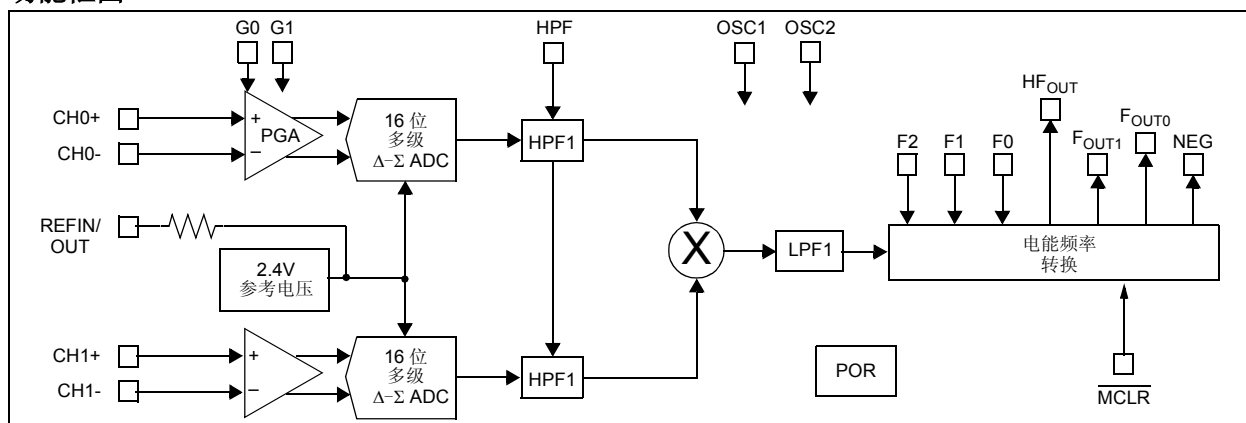
MCP3905/06 器件为电能计量 IC，支持国际电能计量标准技术规范 IEC 62053。可提供与平均有功功率成比例的频率输出，以及与瞬时功率成比例的高频输出用于电表校准。这两款器件包含两个 16 位 Δ - Σ ADC，可用于各种 I_b 和 I_{MAX} 电流和小分流器（ $<200 \mu\Omega$ ）的电表设计。芯片包含一个超低温漂（ $< 15 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ）参考电压，通过特殊设计的带隙温度曲线，在整个工业级温度范围内使温度梯度最小。固定功能的片上 DSP 模块可用于计算有功功率。片上还有驱动机械计数器的高输出驱动器，以减少现场故障和机械计数器咬合。空载门限模块则可防止任何电流潜变（Creep）测量。上电复位（Power on Reset, POR）模块可在低电压时限制电表测量。这些具备很高现场可靠性的精密电能计量 IC 采用业界标准的引脚配置。

封装形式

24 引脚 SSOP			
DV _{DD}	1	24	F _{OUT0}
HPF	2	23	F _{OUT1}
AV _{DD}	3	22	HF _{OUT}
NC	4	21	D _{GND}
CH0+	5	20	NEG
CH0-	6	19	NC
CH1-	7	18	OSC2
CH1+	8	17	OSC1
MCLR	9	16	G0
REFIN/OUT	10	15	G1
A _{GND}	11	14	F0
F2	12	13	F1

美国专利审批中

功能框图



MCP3905/06

1.0 电气特性

绝对最大额定值†

V_{DD}	7.0V
相对于 A_{GND} 的数字输入和输出	-0.6V 至 $V_{DD} + 0.6V$
相对于 A_{GND} 的模拟输入	-6V 至 +6V
相对于 A_{GND} 的 V_{REF} 输入	-0.6V 至 $V_{DD} + 0.6V$
储存温度	-65°C 至 +150°C
通电时的环境温度	-65°C 至 +125°C
引脚焊接温度 (10 秒)	+300°C
模拟输入的 ESD (HBM, MM)	5.0 kV, 500V
所有其他引脚的 ESD (HBM, MM)	5.0 kV, 500V

† 注：如果器件运行参数超过上述各项最大额定值，即可能对器件造成永久性损坏。上述数值为运行条件极限值，并不意味着器件运行在极限条件下，或超出本规范中规定的运行条件以外能够正常运行。如果器件长时间在绝对最大额定条件下工作，其稳定性会受到影响。

电气特性

电气规范：除非另外说明，否则所有参数的适用条件为： $AV_{DD} = DV_{DD} = 4.5V - 5.5V$ ，内部 V_{REF} ，HPF 接通（交流模式）， $A_{GND} = D_{GND} = 0V$ ， $MCLK = 3.58 MHz$ ； $T_A = -40^\circ C$ 至 $+85^\circ C$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
总测量精度						
电量测量误差	E	—	0.1	—	% F_{OUT}	对于 MCP3905，通道 0 动态范围为 1:500（注 1，注 4）
		—	0.1	—	% F_{OUT}	对于 MCP3906，通道 0 动态范围为 1:1000（注 1，注 4）
空载门限 / 最小负载	NLT	—	0.0015	—	% F_{OUT} 最大值	F2, F1, F0 = 0, 1, 1 时被禁止（注 5，注 6）
通道间的相位延时		—	—	1/MCLK	s	HPF = 0 和 1，< 1 MCLK（注 4，注 6，注 7）
交流电源抑制比 (输出频率变化)	AC PSRR	—	0.01	—	% F_{OUT}	F2, F1, F0 = 0, 1, 1（注 3）
直流电源抑制比 (输出频率变化)	DC PSRR	—	0.01	—	% F_{OUT}	HPF = 1，增益 = 1（注 3）
系统增益误差		—	3	10	% F_{OUT}	注 2，注 5
ADC/PGA 规范						
偏移误差	V_{OS}	—	2	5	mV	参见输入
增益误差匹配		—	0.5	—	% F_{OUT}	注 8
内部参考电压						
电压		—	2.4	—	V	
容差		—	±2	—	%	
温度系数		—	15	—	ppm/°C	

- 注 1：测量误差 = (器件测得的电量 - 实际电量) / 实际电量 * 100%。精度是信号 (±660 mV) 在通道 1 上时测得的。 F_{OUT0} ， F_{OUT1} 脉冲输出。45 Hz 至 65 Hz 有效。更高频率及更大动态范围下的值参见第 2.0 节“典型性能曲线”。
- 2：不包括内部 V_{REF} 。增益 = 1，CH0 = 470 mVDC，CH1 = 660 mVDC，是测得输出频率与期望的传递函数间的差。
- 3：HF_{OUT} 输出频率变化的百分比；包括外部 $V_{REF} = 2.5V$ ，CH1 = 100 mVRMS @ 50 Hz，CH2 = 100 mVRMS @ 50 Hz， $AV_{DD} = 5V + 1V_{pp}$ @ 100 Hz。DC PSRR: 5V ±500 mV。
- 4：误差适用范围为最大超前 60° (PF = 0.5 容性) 和落后 60° (PF = 0.5 感性)。
- 5：完整说明参见第 4.0 节“器件概述”。
- 6：特性参数，未经生产测试。
- 7：3.58 MHz 时的 1 MCLK 周期相当于 50 Hz 或 60 Hz 时 <0.005 度。
- 8：测量从 CH0 G = 1 到任何其他增益设置的增益误差匹配。

电气特性（续）

电气规范：除非另外说明，否则所有参数的适用条件为： $AV_{DD} = DV_{DD} = 4.5V - 5.5V$ ，内部 V_{REF} ，HPF 接通（交流模式）， $A_{GND} = D_{GND} = 0V$ ， $MCLK = 3.58 MHz$ ； $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+85^{\circ}C$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
参考输入						
输入范围		2.2	—	2.6	V	
输入阻抗		3.2	—	—	k Ω	
输入电容		—	—	10	pF	
模拟输入						
最大信号电平		—	—	± 1	V	CH0+, CH0-, CH1+, CH1- 连接到 A_{GND}
通道 0 的差分输入电压范围		—	—	$\pm 470/G$	mV	G = 通道 0 的 PGA 增益
通道 1 的差分输入电压范围		—	—	± 660	mV	
输入阻抗		390	—	—	k Ω	与 $1/MCLK$ 频率成比例
带宽 (陷波 (Notch) 频率)		—	14	—	kHz	与 $MCLK$ 频率， $MCLK/256$ 成比例
振荡器输入						
频率范围	MCLK	1	—	4	MHz	
电源规范						
工作电压		4.5	—	5.5	V	AV_{DD} , DV_{DD}
$I_{DD,A}$	$I_{DD,A}$	—	2.7	3.0	mA	仅在 AV_{DD} 引脚
$I_{DD,D}$	$I_{DD,D}$	—	1.2	2.0	mA	仅在 DV_{DD} 引脚

- 注 1：测量误差 = (器件测得的电量 - 实际电量) / 实际电量 * 100%。精度是信号 ($\pm 660 mV$) 在通道 1 上时测得的。 F_{OUT0} ， F_{OUT1} 脉冲输出。45 Hz 至 65 Hz 有效。更高频率及更大动态范围下的值参见第 2.0 节“典型性能曲线”。
- 2：不包括内部 V_{REF} 。增益 = 1，CH0 = 470 mVDC，CH1 = 660 mVDC，是测得输出频率与期望的传递函数间的差。
- 3：HF_{OUT} 输出频率变化的百分比；包括外部 $V_{REF} = 2.5V$ ，CH1 = 100 mVRMS @ 50 Hz，CH2 = 100 mVRMS @ 50 Hz， $AV_{DD} = 5V + 1V_{pp}$ @ 100 Hz。DC PSRR: 5V $\pm 500 mV$ 。
- 4：误差适用范围为最大超前 60° (PF = 0.5 容性) 和落后 60° (PF = 0.5 感性)。
- 5：完整说明参见第 4.0 节“器件概述”。
- 6：特性参数，未经生产测试。
- 7：3.58 MHz 时的 1 MCLK 周期相当于 50 Hz 或 60 Hz 时 <0.005 度。
- 8：测量从 CH0 G = 1 到任何其他增益设置的增益误差匹配。

温度特性

电气规范： 除非另外说明，否则 $V_{DD} = 4.5V - 5.5V$ ， A_{GND} ， $D_{GND} = 0V$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
规定温度范围	T_A	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
工作温度范围	T_A	-40	—	+125	$^{\circ}C$	注
储存温度范围	T_A	-65	—	+150	$^{\circ}C$	

注：MCP3905/06 可在扩展温度范围下工作，但性能会有所降低。在任何情况下，结温 (T_J) 均不得超过绝对最大规范值 +150 $^{\circ}C$ 。

MCP3905/06

时序特性

电气规范：除非另外说明，否则所有参数的适用条件为： $AV_{DD} = DV_{DD} = 4.5V - 5.5V$ ， $A_{GND} = D_{GND} = 0V$ ， $MCLK = 3.58\text{ MHz}$ ； $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
频率输出						
F_{OUT0} 和 F_{OUT1} 脉宽 (逻辑低电平)	t_{FW}	—	275	—	ms	984376 MCLK 周期 (注 1)
HF_{OUT} 脉宽	t_{HW}	—	90	—	ms	322160 MCLK 周期 (注 2)
F_{OUT0} 和 F_{OUT1} 脉冲周期	t_{FP}	参见公式 4-1			s	
HF_{OUT} 脉冲周期	t_{HP}	参见公式 4-2			s	
F_{OUT0} 至 F_{OUT1} 下降沿时间	t_{FS2}	—	$0.5 t_{FP}$	—		
F_{OUT0} 至 F_{OUT1} 最小隔离度	t_{FS}	—	$4/MCLK$	—		
F_{OUT0} 和 F_{OUT1} 输出高电平	V_{OH}	4.5	—	—	V	$I_{OH} = 10\text{ mA}$, $DV_{DD} = 5.0V$
F_{OUT0} 和 F_{OUT1} 输出低电平	V_{OL}	—	—	0.5	V	$I_{OL} = 10\text{ mA}$, $DV_{DD} = 5.0V$
HF_{OUT} 输出高电平	V_{OH}	4.0	—	—	V	$I_{OH} = 5\text{ mA}$, $DV_{DD} = 5.0V$
HF_{OUT} 输出低电平	V_{OL}	—	—	0.5	V	$I_{OL} = 5\text{ mA}$, $DV_{DD} = 5.0V$
高电平输入电压 (所有数字输入引脚)	V_{IH}	2.4	—	—	V	$DV_{DD} = 5.0V$
低电平输入电压 (所有数字输入引脚)	V_{IL}	—	—	0.85	V	$DV_{DD} = 5.0V$
输入泄漏电流		—	—	± 3	μA	$V_{IN} = 0$, $V_{IN} = DV_{DD}$
引脚电容		—	—	10	pF	注 3

- 注 1：如果输出脉冲周期 (t_{FP}) 低于 984376×2 MCLK 周期，则 $t_{FW} = 1/2 t_{FP}$ 。
- 注 2：如果输出脉冲周期 (t_{HP}) 低于 322160×2 MCLK 周期，则 $t_{HW} = 1/2 t_{HP}$ 。
- 注 3：特性参数，未经生产测试。

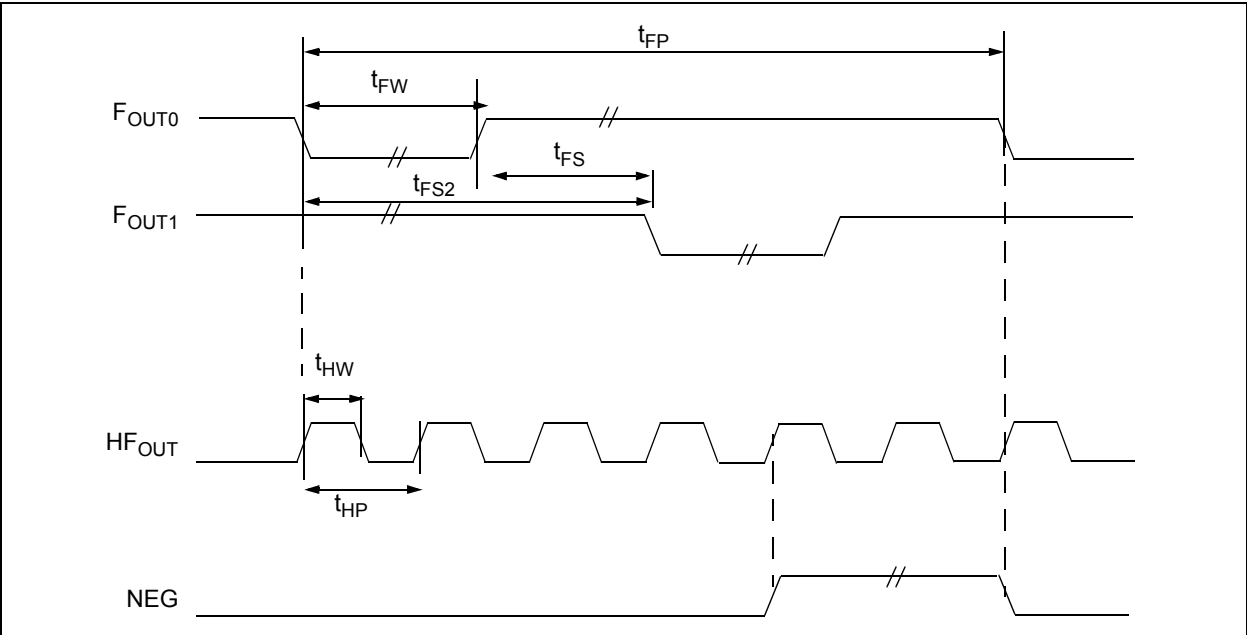


图 1-1：脉冲输出和负功率引脚的输出时序

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，我们不能保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（如：超出了规定电源电压范围），因此不在担保范围。

注： 除非另外说明，否则 DV_{DD} , $AV_{DD} = 5V$; A_{GND} , $D_{GND} = 0V$; V_{REF} = 内部参考电压, $HPF = 1$ （交流模式）， $MCLK = 3.58\text{ MHz}$ 。

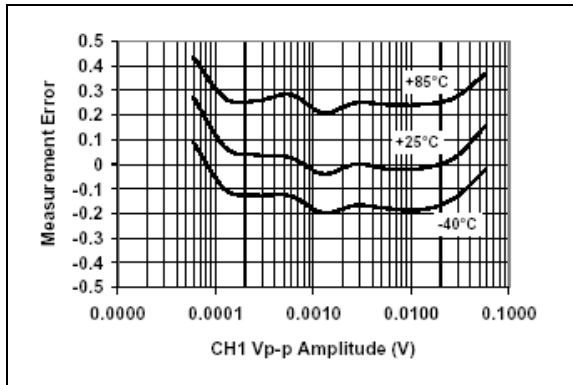


图 2-1: 测量误差, 增益 = 8, $PF = 1$

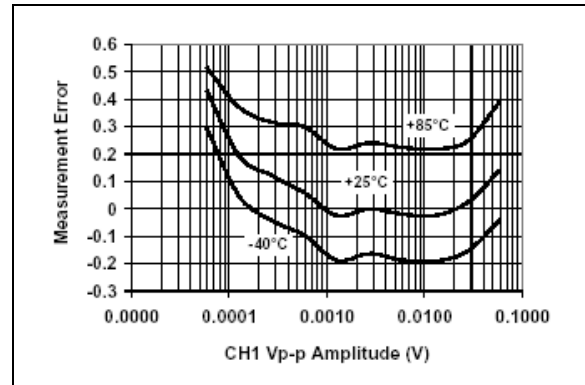


图 2-4: 测量误差, 增益 = 8, $PF = +0.5$

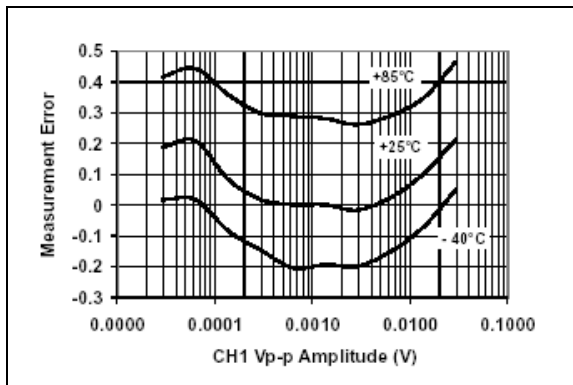


图 2-2: 测量误差, 增益 = 16, $PF = 1$

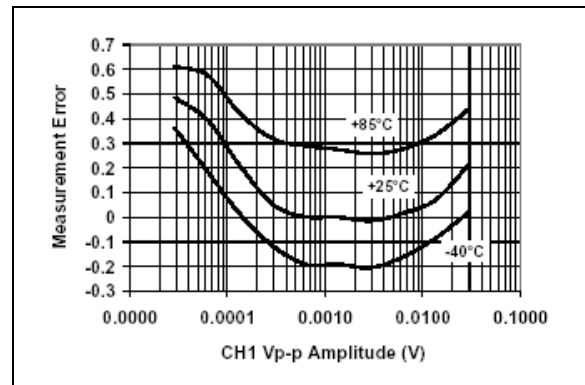


图 2-5: 测量误差, 增益 = 16, $PF = +0.5$

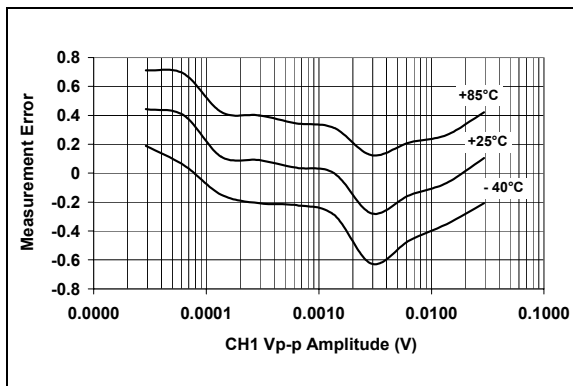


图 2-3: 测量误差, 增益 = 32, $PF = 1$

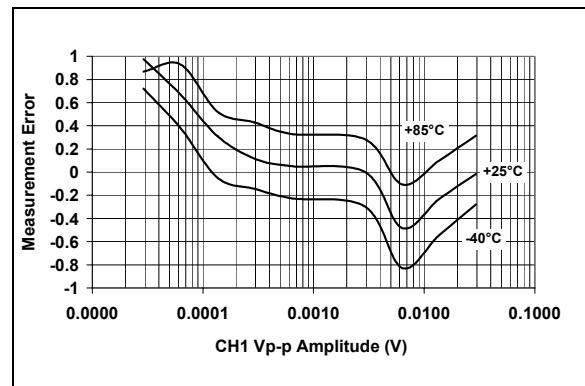


图 2-6: 测量误差, 增益 = 32, $PF = +0.5$

MCP3905/06

注: 除非另外说明, 否则 DV_{DD} , $AV_{DD} = 5V$; A_{GND} , $D_{GND} = 0V$; V_{REF} = 内部参考电压, $HPF = 1$ (交流模式), $MCLK = 3.58\text{ MHz}$ 。

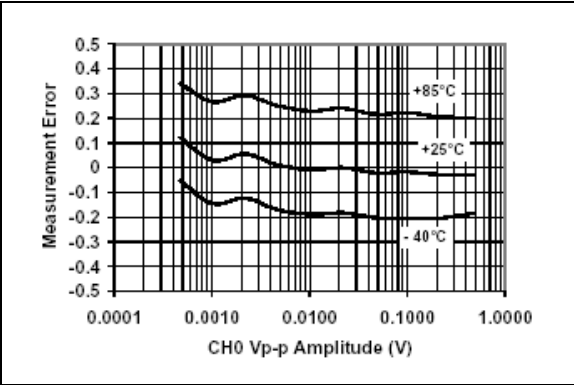


图 2-7: 测量误差, 增益 = 1, PF = 1

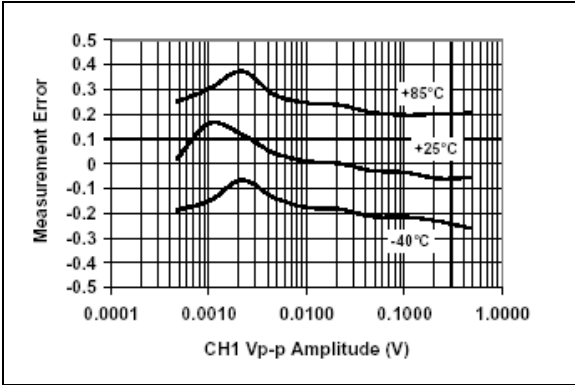


图 2-9: 测量误差, 增益 = 1, PF = + 0.5

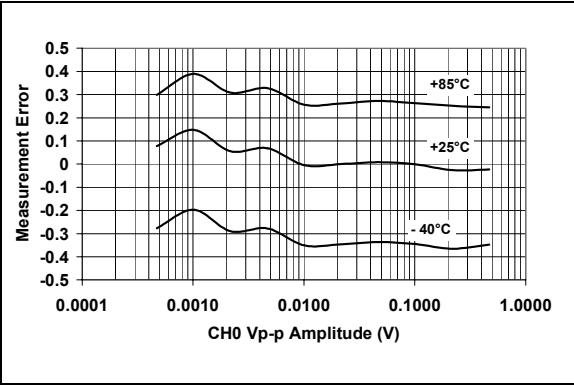


图 2-8: 测量误差, 增益 = 2, PF = 1

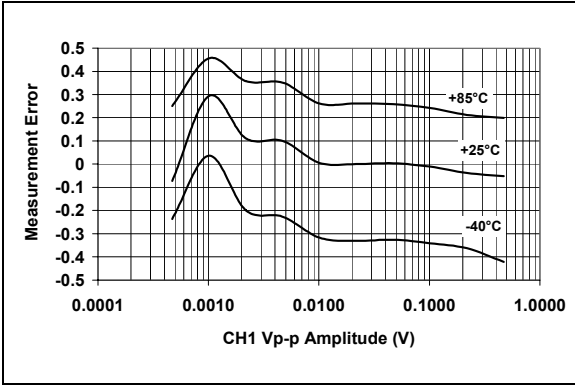


图 2-10: 测量误差, 增益 = 2, PF = + 0.5

注：除非另外说明，否则 $V_{DD} = 5V$ ， $A_{GND} = 0V$ ； V_{REF} = 内部参考电压， $HPF = 1$ （交流模式）， $MCLK = 3.58\text{ MHz}$ 。

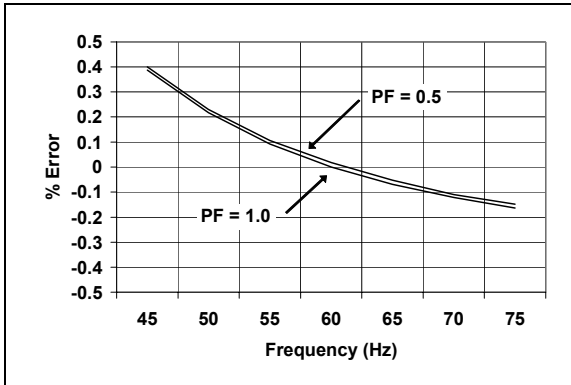


图 2-11: 测量误差 — 输入频率曲线

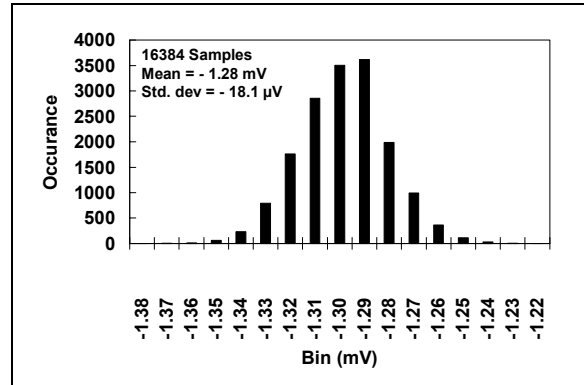


图 2-14: 通道 0 的偏移误差
(直流模式, HPF 关闭), $G = 16$

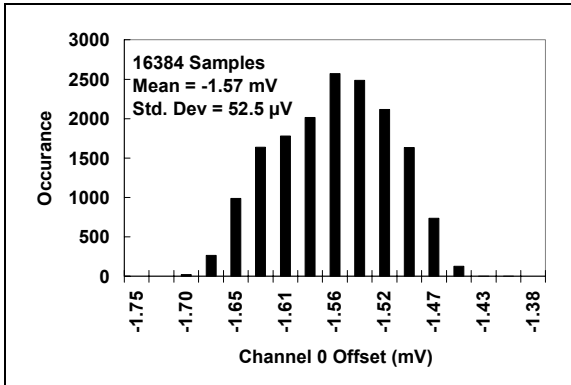


图 2-12: 通道 0 的偏移误差
(直流模式, HPF 关闭), $G = 1$

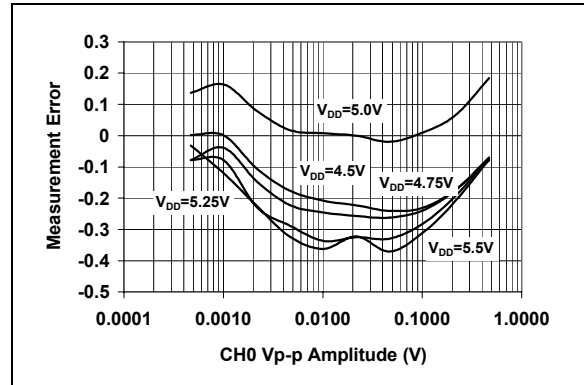


图 2-15: 测量误差 — V_{DD} 曲线
($G = 16$)

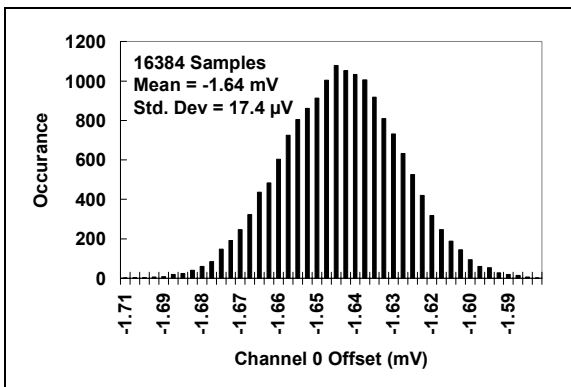


图 2-13: 通道 0 的偏移误差
(直流模式, HPF 关闭), $G = 8$

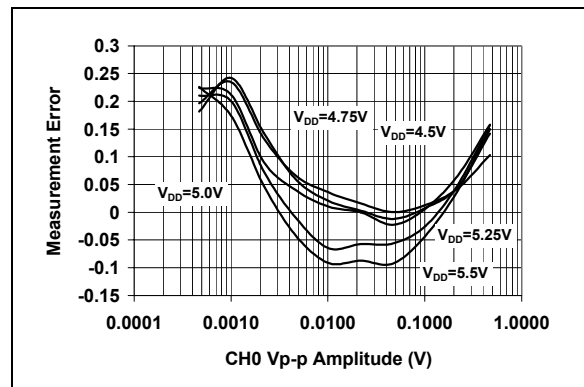


图 2-16: 测量误差 — V_{DD} 曲线,
 $G = 16$, 外部 V_{REF}

MCP3905/06

注：除非另外说明，否则 DV_{DD} , $AV_{DD} = 5V$ ； A_{GND} , $D_{GND} = 0V$ ； V_{REF} = 内部参考电压， $HPF = 1$ （交流模式）， $MCLK = 3.58\text{ MHz}$ 。

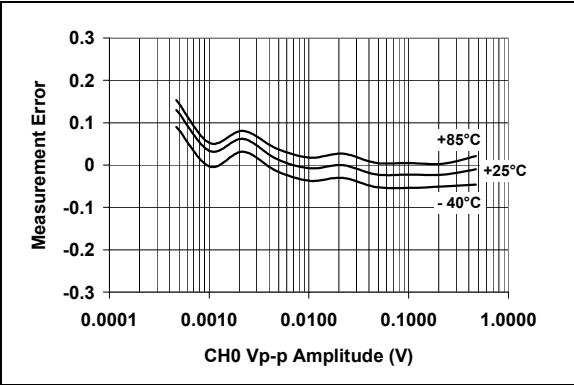


图 2-17: 采用外部 V_{REF} 情况下的测量误差 ($G = 1$)

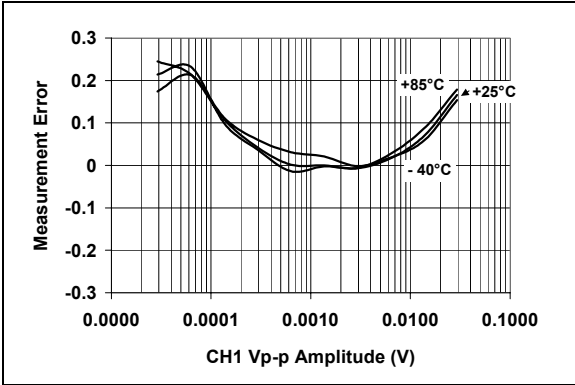


图 2-19: 采用外部 V_{REF} 情况下的测量误差 ($G = 16$)

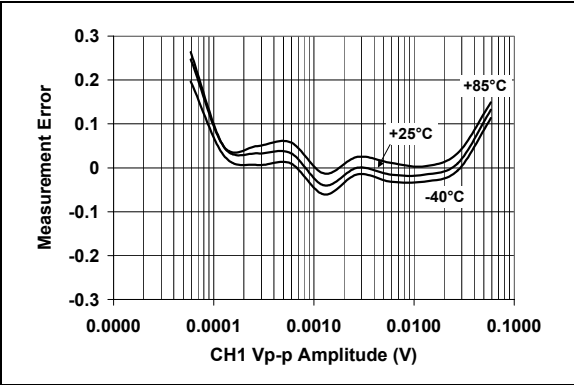


图 2-18: 采用外部 V_{REF} 情况下的测量误差 ($G = 8$)

3.0 引脚说明

引脚说明如表 3-1 所示。

表 3-1: 引脚功能表

引脚编号	符号	功能
1	DV _{DD}	数字电源引脚
2	HPF	高通滤波器逻辑控制引脚
3	AV _{DD}	模拟电源引脚
4	NC	无连接
5	CH0+	通道 0（电流通道）的正相模拟输入引脚
6	CH0-	通道 0（电流通道）的反相模拟输入引脚
7	CH1-	通道 1（电压通道）的反相模拟输入引脚
8	CH1+	通道 1（电压通道）的正相模拟输入引脚
9	MCLR	主复位逻辑输入引脚
10	REFIN/OUT	参考电压输入 / 输出引脚
11	A _{GND}	模拟地引脚，内部模拟电路的返回路径
12	F2	HF _{OUT} 频率控制的逻辑输入引脚
13	F1	F _{OUT0/1} 频率控制的逻辑输入引脚
14	F0	F _{OUT0/1} 频率控制的逻辑输入引脚
15	G1	增益控制逻辑输入引脚
16	G0	增益控制逻辑输入引脚
17	OSC1	晶振连接引脚或时钟输入引脚
18	OSC2	晶振连接引脚或时钟输出引脚
19	NC	无连接
20	NEG	负功率逻辑输出引脚
21	D _{GND}	数字地引脚，内部数字电路的返回路径
22	HF _{OUT}	高频逻辑输出引脚（设计用于校准）
23	F _{OUT1}	机械计数器差分逻辑输出引脚
24	F _{OUT0}	机械计数器差分逻辑输出引脚

3.1 数字 V_{DD}（DV_{DD}）

DV_{DD} 是 MCP3905/06 内数字电路的电源引脚。

DV_{DD} 引脚需连接适当的旁路电容，并应保持在 5V ±10% 以使器件工作在规定范围。请参阅第 5.0 节“应用信息”。

3.2 高通滤波器输入逻辑引脚（HPF）

HPF 控制两个输入通道中高通滤波器的状态。逻辑 1 将同时使能两个滤波器，可滤除任何来自系统或器件的直流偏移量。逻辑 0 将同时禁止两个滤波器，以进行直流电压的测量。

3.3 模拟 V_{DD}（AV_{DD}）

AV_{DD} 是 MCP3905/06 内模拟电路的电源引脚。

AV_{DD} 引脚需连接适当的旁路电容，并应保持在 5V ±10% 以使器件工作在规定范围。请参阅第 5.0 节“应用信息”。

3.4 电流通道（CH0-，CH0+）

CH0- 和 CH0+ 为用于电流测量的完全差分模拟电压输入通道，包含一个用于小信号输入（如分流电流检测）的 PGA。此通道的线性区和规定工作区域取决于 PGA 的增益。这对应于最大差分电压 ±470 mV/GAIN 和绝对最大电压 ±1V（相对于 A_{GND}）。在这两个引脚上最高可施加 ±6V 的电压而不会对器件造成永久损坏。

参见第 1.0 节“电气特性”。

3.5 电压通道 (CH1-, CH1+)

CH1- 和 CH1+ 是用于电压测量的完全差分模拟电压输入通道。这两个通道的线性区和规定工作区域对应于最大差分电压 $\pm 660\text{mV}$ 和绝对最大电压 $\pm 1\text{V}$ (相对于 A_{GND})。在这两个引脚上最高可施加 $\pm 6\text{V}$ 的电压而不会对器件造成永久损坏。

参见第 1.0 节“电气特性”。

3.6 主复位 ($\overline{\text{MCLR}}$)

$\overline{\text{MCLR}}$ 控制两个 Δ - Σ ADC、所有数字寄存器、各通道的 SINC 滤波器以及所有累加器的后乘法器的复位。逻辑 0 将复位所有寄存器并使两个 ADC 保持在复位状态。两个 ADC 中储存的电荷被放电且其输出保持为 $0x0000h$ 。复位时，在数字电源上耗电的唯一模块是振荡器电路。

3.7 参考电压 (REFIN/OUT)

REFIN/OUT 是内部 2.4V 参考电压的输出。此参考电压的典型温度系数为 $15\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，容差为 $\pm 2\%$ 。此外，在此引脚上施加规定范围内的电压，即可使用外部参考电压。 REFIN/OUT 引脚需用适当的旁路电容连接到 A_{GND} ，即使只使用内部参考电压也需要。参见第 5.0 节“应用信息”。

3.8 模拟地 (A_{GND})

A_{GND} 是内部模拟电路 (ADC、PGA、带隙参考和 POR) 的接地引脚。为确保精度并降低噪声，必须将此引脚连接到与 D_{GND} 相同的地，建议采用星型连接。如果有模拟地平面，建议将器件连接到印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 的模拟地平面。此平面还应作为系统所有其他模拟电路的参考地。

3.9 频率控制逻辑引脚 (F_2 、 F_1 和 F_0)

F_2 、 F_1 和 F_0 通过改变器件传递函数中使用的 F_C 和 H_{FC} 常数，选择高频输出和低频输出范围。 F_C 和 H_{FC} 是定义器件的输出脉冲周期的频率常数。

3.10 增益控制逻辑引脚 (G_1 和 G_0)

G_1 和 G_0 用于选择通道 0 上 PGA 的三种增益之一：1、8 和 16。

3.11 振荡器 (OSC1 和 OSC2)

OSC1 和 OSC2 为器件提供主时钟。必须在这些引脚上跨接谐振晶体或具有近似正弦波形的时钟源，以保证正常工作。规定的典型时钟频率为 3.579545 MHz 。但是，时钟频率也可在 1 MHz 至 4 MHz 范围内而不影响测量误差。应在这些引脚上连接适当的负载电容以便正常工作。

可将满摆幅单端时钟源连接到 OSC1 ，并串联一个适当的电阻，以保证时钟源不会因快速的瞬时边沿而振铃。

3.12 负功率输出逻辑引脚 (NEG)

NEG 用于检测两个通道的相位差，并当相位差大于 90° (即，测得的有功功率为负) 时变为逻辑 1。输出状态与 HF_{OUT} 的上升沿同步，并将保持逻辑 1 直至有功功率再次变成正值且 HF_{OUT} 输出一个脉冲。

3.13 接地 (D_{GND})

D_{GND} 是内部数字电路 (SINC 滤波器、乘法器、HPF、LPF、数字频率 (Digital-to-Frequency, DTF) 转换器和振荡器) 的接地引脚。为确保精度并降低噪声， D_{GND} 必须连接到与 A_{GND} 相同的地，建议采用星型连接。如果有数字地平面，建议将器件连接到 PCB 的数字地平面。此平面还应作为系统中所有其他数字电路的参考地。

3.14 高频输出 (HF_{OUT})

HF_{OUT} 是器件的高频输出引脚，它还提供瞬时有功功率信息。此输出是周期性脉冲输出，其周期与测得的有功功率和由 F_0 、 F_1 和 F_2 引脚的逻辑状态定义的 HF_C 常数成比例。此输出是首选校准输出，因其输出频率较高，使校准时间较短。由于此输出为瞬时有功功率，应注意该输出的 2ω 纹波。但平均周期只有极小的温漂。

3.15 频率输出 (F_{OUT0} 和 F_{OUT1})

F_{OUT0} 和 F_{OUT1} 是器件的频率输出，它提供了平均有功功率信息。此输出为周期性脉冲输出，其周期与测得的有功功率和由 F_0 和 F_1 引脚的逻辑状态定义的 F_C 常数成比例。这两个引脚具备高输出驱动能力，可直接用于机电式计数器和双相步进电机。由于它输出平均有功功率，其输出脉冲周期的任何 2ω 纹波均极小。

4.0 器件概述

MCP3905/06 是电能计量 IC，提供与有功功率成比例的频率输出，以及与瞬时功率成比例的高频输出用于校准。两个通道均使用 16 位二阶 Δ - Σ ADC，以 $MCLK/4$ 的频率对输入进行过采样，允许对动态范围很宽的输入信号进行采样。可编程增益放大器（Programmable Gain Amplifier, PGA）扩大了电流输入通道（通道 0）的可用范围。有功功率的计算以及与计算相关的滤波在数字域中完成，提高了稳定性和温漂性能。图 4-1 所示为 MCP3905/06 的简化框图，详细绘制了主要信号处理模块。

器件的两个数字高通滤波器滤除了两个通道的系统偏移量，因此有功功率的计算不含任何电路或系统偏移量。经过高通滤波后，电压和电流信号相乘，得出瞬时功率信号。此信号不含直流偏移分量，因此可有效利用求平均法（Averaging Technique）计算出所需的有功功率输出。

瞬时功率信号包含有功功率信息；这是瞬时功率的直流分量。求平均法可用于计算正弦和非正弦波形，以及所有功率因数。瞬时功率经过这样的低通滤波以产生瞬时有功功率信号。

器件的 DTF 转换器对瞬时有功功率信息进行累加，以产生输出脉冲，此脉冲的频率与平均有功功率成比例。 F_{OUT0} 和 F_{OUT1} 输出端上出现的低频脉冲是设计用于驱动机电式计数器和双相步进电机，显示实际消耗的有功功率。每个脉冲对应于一个固定的有功电量值，由 $F2$ 、 $F1$ 和 $F0$ 的逻辑设定选择。 HF_{OUT} 输出具有较高的频率设定和较低的积分周期，可表征瞬时有功功率信号。由于累加时间较短，该输出使用户可在稳定的负载条件下进行较快速的校准（参见第 4.7 节“ $F_{OUT0/1}$ 和 HF_{OUT} 输出频率”）。

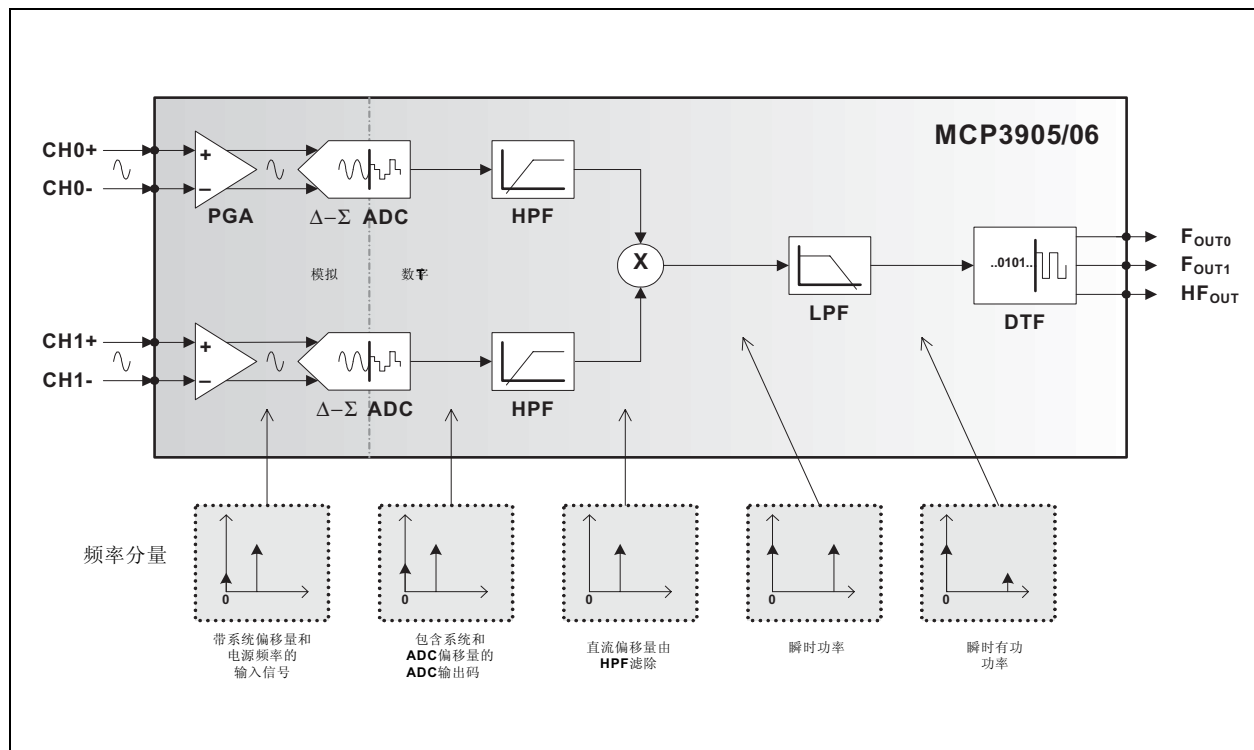


图 4-1: 带有频率分析的 MCP3905/06 简化框图

MCP3905/06

4.1 模拟输入

MCP3905/06 的模拟输入可直接连接到电流和电压传感器（如分流器或电流互感器）。每个输入引脚均由专门的经认证可通过 5 kV HBM 和 500V MM 接触电荷的静电放电（ESD）结构保护。这些结构还允许其输入端出现高达 $\pm 6V$ 的持续电压而不造成永久损坏。

两个通道均有完全的差分电压输入，以提高噪声性能。每个引脚上相对于 $AGND$ 的绝对电压应在工作时保持在 $\pm 1V$ 范围内，以保证测量误差精度。对共模信号应进行适当处理，使其同时符合先前的条件以及差分输入电压范围。为达到最佳性能，共模信号应参考 $AGND$ 。

电流通道的前端有一个 PGA，允许对小信号进行测量而无需对信号进行额外处理。通道 0 的额定最大差分电压等于 ± 470 mV/增益（见表 4-1）。通道 1 的额定最大峰值电压等于 ± 660 mV。

表 4-1: MCP3905 增益选择

G1	G0	CH0 增益	最大 CH0 电压
0	0	1	± 470 mV
0	1	2	± 235 mV
1	0	8	± 60 mV
1	1	16	± 30 mV

表 4-2: MCP3906 增益选择

G1	G0	CH0 增益	最大 CH0 电压
0	0	1	± 470 mV
0	1	32	± 15 mV
1	0	8	± 60 mV
1	1	16	± 30 mV

4.2 16 位 Δ - Σ ADC

MCP3905/06 上用于电流和电压通道测量的 ADC 为 Δ - Σ ADC。它们由一个二阶 Δ - Σ 调制器（该调制器使用多位 DAC）和三阶 SINC 滤波器组成。 Δ - Σ 架构非常适合于 MCP3905 的目标应用，这是由于它是一种专用于波形转换的结构，可在一个宽输入动态范围内提供高线性和低失真性能。同时它对抗混叠滤波器设计的要求很低。ADC 所使用的多位结构最大限度地减小了转换器输出的量化噪声，同时不影响其线性。

两个 ADC 均为 16 位分辨率，可对宽输入动态范围进行检测。两个转换器的过采样率均为 64，且在正常工作时均进行连续转换。当 $MCLR$ 引脚为逻辑低时，两个转换器同时复位并输出代码 0x0000h。如果 ADC 输入端的电压高于规定范围，则不再保证线性。但是，转换器将继续产生输出代码直至达到饱和点。使用内部参考电压时，通道 0 的直流饱和点约为 700 mV，而通道 1 的饱和点约为 1V。

ADC 的时钟信号在两个通道间平均分布，以使相位延时最小化为低于 1 MCLK 周期值（参见第 3.2 节“高通滤波器输入逻辑引脚（HPF）”）。SINC 滤波器的主陷波频率位于 $MCLK/256$ （ $MCLK = 3.58$ MHz 时为 14 kHz），使用户可对任一通道的宽谐波分量进行测量。SINC 滤波器的幅频响应如图 4-2 所示。

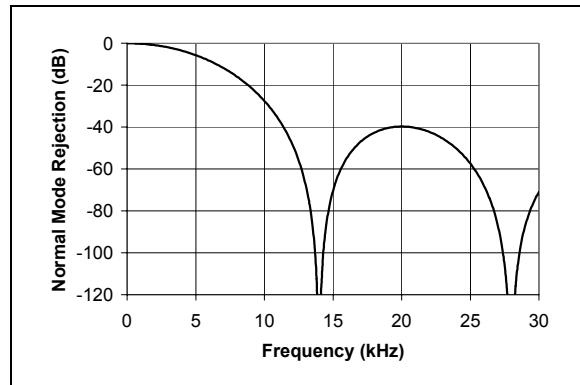


图 4-2: SINC 滤波器幅频响应
($MCLK = 3.58$ MHz)

4.3 超低温漂 V_{REF}

MCP3905/06 包含一个内部参考电压源，该参考电压源经过特殊设计以使温度漂移最小。该内部 V_{REF} 为电流和电压通道 ADC 提供参考电压，其典型值为 2.4V， ± 100 mV。该参考电压的典型温度系数非常低，仅为 ± 15 ppm/ $^{\circ}C$ ，使输出频率相对于温度的变化最小，因为输出频率与 $(1/V_{REF})^2$ 成比例。

REFIN/OUT 是参考电压输出引脚。REFIN/OUT 引脚必须连接适当的旁路电容以便正常工作（见第 5.0 节“应用信息”）。参考电压的源阻抗为 4 k Ω （典型值），使此参考电压能够由外部参考电压源过驱动。

如果在 REFIN/OUT 引脚上连接了外部参考电压源，则外部参考电压将被用作电流和电压通道 ADC 的参考电压。这样源电阻的电压就为内外电压的差值。外部电压源的允许输入电压范围为 2.2V 至 2.6V，在此范围内可进行精确测量。若 V_{REF} 值超出此范围，由于有源电阻的存在，将提高发热和功耗，可能会影响测量精度。

4.4 上电复位 (POR)

MCP3905/06 具备内部 POR 电路，可在工作时监控模拟电源电压 AV_{DD} 。该电路在系统上电和掉电时，保证了器件的正常启动。POR 电路内置有延时电路以及定时器，对电源输入中可能存在的纹波和噪声具有很强的抗干扰性，在上电时保证有足够的时间使电源达到稳定。应尽可能靠近 AV_{DD} 引脚接一个 0.1 μF 的去耦电容，以提供更好的抗瞬变性（参见第 5.0 节“应用信息”）。

门限电压的典型值为 4V，容差约为 $\pm 5\%$ 。如果电源电压降到此门限值以下，则 MCP3905/06 将保持复位（相当于在 MCLR 引脚施加逻辑 0 电平）。其典型迟滞约为 200 mV，以防止电源毛刺。

一旦发生上电事件，内部定时器将阻止器件在约 1s 的时间内（ $MCLK = 3.58$ MHz 时）输出任何脉冲，从而防止尚未稳定的电源导致间歇性复位而可能造成的亚稳定状态。图 4-3 所示为典型条件下的上电和掉电的不同情形。

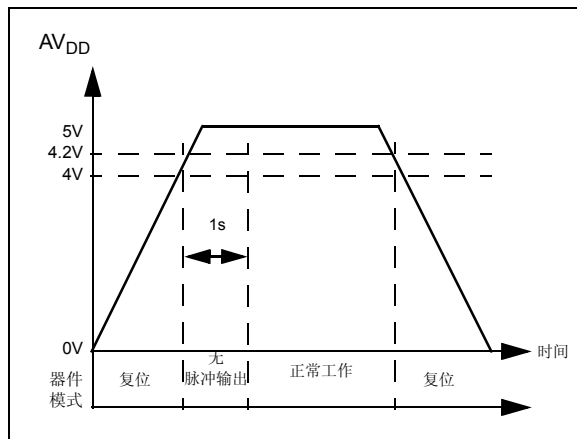


图 4-3: 上电复位操作

4.5 高通滤波器和乘法器

有功功率值提取自直流瞬时功率。因此，通道 0 和通道 1 上出现的任何直流偏移分量将影响瞬时功率的直流分量，并将导致有功功率的计算错误。为了从瞬时功率信号中消除直流偏移分量，在各通道上接入了高通滤波器。由于高通滤波时会引入相位延时，因此两个通道上连接的高通滤波器完全相同。这两个滤波器由相同的数字信号提供时钟，保证了两个通道的相位差小于一个 MCLK 周期。典型条件下（ $MCLK = 3.58$ MHz），电源频率为 50 Hz 时，此相位差小于 0.005°。选择滤波器的截止频率（4.45 Hz）可使典型电源频率下感应的增益误差最小，为目标应用提供了足够的稳定时间。这两个高通滤波器可通过在 HPF 引脚上施加逻辑 0 电平禁止。

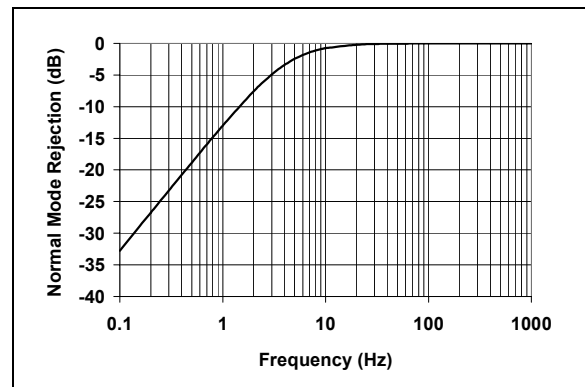


图 4-4: HPF 幅频响应
($MCLK = 3.58$ MHz)

乘法器的输出为两个高通滤波通道输出信号的乘积，对应于瞬时有功功率。将两个正弦波信号乘以相同的 ω 频率得到直流分量和 2ω 分量。瞬时功率信号包含其直流分量的有功功率，以及来自电源频率乘积的 2ω 分量。这些 2ω 分量来自电源频率（及其谐波），为了提取有功功率信息，必须将其消除。使用低通滤波器和 DTF 转换器可达到此目的。

4.6 低通滤波器和 DTF 转换器

MCP3905/06 低通滤波器是一阶 IIR 滤波器，从瞬时功率信号中提取有功功率信息（直流分量）。此滤波器的幅频响应详见图 4-5。由于瞬时功率信号有谐波分量（来自输入的 2ω 分量），而滤波器又非理想滤波器，因此在低通滤波器的输出端将有电源频率的谐振纹波。

选择滤波器截止频率（8.9 Hz）以使在常用电源频率（50 Hz 和 60 Hz）下有足够的电源抑制比。在标准输入时钟（MCLK = 3.58 MHz）和 50 Hz 电源频率时，对 2ω 分量（100 Hz）的抑制比大于 20 dB。这等于 2ω 分量所包含的功率比主直流分量（即平均有功功率）少十倍。

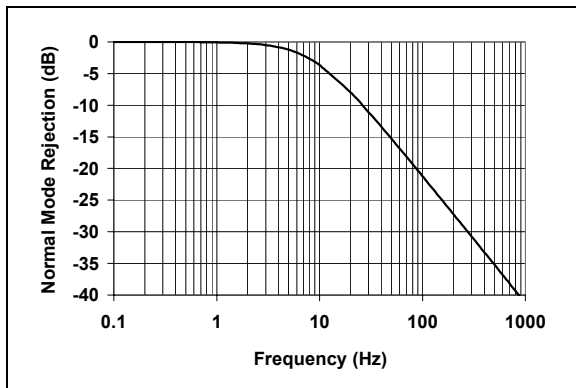


图 4-5: LPF 幅频响应
(MCLK = 3.58 MHz)

低通滤波器的输出在 DTF 转换器中累加。此累加值与 $F_{OUT0/1}$ 和 HF_{OUT} 的不同数字门限值比较，表征器件测得的有功电量值。每次超过 $F_{OUT0/1}$ 或 HF_{OUT} 的门限值时，器件都将输出一个脉冲（参见第 4.7 节“ $F_{OUT0/1}$ 和 HF_{OUT} 输出频率”）。

$F_{OUT0/1}$ 输出一个脉冲所需的有功功率比 HF_{OUT} 输出一个脉冲所需的大得多。这样 $F_{OUT0/1}$ 输出的积分周期就大得多。这一较大的积分周期用作另一个低通滤波器，因而使由 2ω 分量产生的输出纹波降到最低。然而这些分量并未完全滤除，这是因为所实现的低通滤波器不可能是理想的。这将在输出频率中产生小的抖动。在应用中用计数器或单片机（Microcontroller Unit, MCU）对输出脉冲求平均，将消除输出频率的小正弦分量并滤除其余的 2ω 纹波。

HF_{OUT} 设计为用于校准，这是由于它有瞬时功率分量。由于 HF_{OUT} 的积分周期较短，因此要求对其 2ω 分量更加注意。由于正弦信号的平均值为零，对稳定状态下的 HF_{OUT} 信号取平均值将得到正确的有功电量值。

4.7 FOUT0/1 和 HFOUT 输出频率

FOUT0/1 和 HFOUT 的累计电量的门限值互不相同（即其传递函数不同）。为了得到更长的积分时间，FOUT0/1 的允许输出频率非常低（参见第 4.6 节“低通滤波器和 DTF 转换器”）。FOUT0/1 输出频率可用下式计算：

公式 4-1: FOUT 频率输出公式

$$F_{OUT}(Hz) = \frac{8.06 \times V_0 \times V_1 \times G \times F_C}{(V_{REF})^2}$$

其中：

V₀ = 通道 0 的 RMS 差分电压

V₁ = 通道 1 的 RMS 差分电压

G = 通道 0（电流通道）的 PGA 增益

F_C = 选定的频率常数

V_{REF} = 参考电压

对于给定的直流输入电压 V，直流值和 RMS 值相等。对于峰 - 峰电压幅值为 V 的给定交流输入信号，假定信号为纯正弦信号，等量的 RMS 值为 V/sqrt(2)。注意，由于有功功率是两个 RMS 输入的积，交流信号的输出频率为直流输入的一半，这里也假定信号为纯正弦信号。常数 F_C 取决于 FOUT0 和 FOUT1 的数字设定。表 4-3 所示为不同逻辑设定下的 FOUT0/1 输出频率。

表 4-3: FOUT0/1 的输出频率常数 FC（VREF = 2.4V）

F1	F0	FC（Hz）	FC（Hz） （MCLK = 3.58 MHz）	满量程直流输入的 FOUT 频率（Hz）	满量程交流输入的 FOUT 频率（Hz）
0	0	MCLK/2 ²¹	1.71	0.74	0.37
0	1	MCLK/2 ²⁰	3.41	1.48	0.74
1	0	MCLK/2 ¹⁹	6.83	2.96	1.48
1	1	MCLK/2 ¹⁸	13.66	5.93	2.96

MCP3905/06

高频输出 HF_{OUT} 的积分时间较小，因此频率较高。输出频率值可通过下式计算：

公式 4-2: HF_{OUT} 频率输出公式

$$HF_{OUT}(Hz) = \frac{8.06 \times V_0 \times V_1 \times G \times HF_C}{(V_{REF})^2}$$

其中：

V_0 = 通道 0 的 RMS 差分电压

V_1 = 通道 1 的 RMS 差分电压

G = 通道 0（电流通道）的 PGA 增益

F_C = 选定的频率常数

V_{REF} = 参考电压

常数 HF_C 由 F_{OUT0} 和 F_{OUT1} 的值设定，如表 4-4 所示。
输出脉冲时序的详细说明见时序特性表（参见第 1.0 节“电气特性”和图 1-1）。

空载门限的最小输出频率

对于每个输出频率，MCP3905/06 还包含一个空载门限电路，该门限电路可消除电表内的任何潜变效应。当输出频率降到空载门限值以下时，输出将不显示任何脉冲。对于每个 F2、F1 和 F0 选定值， $F_{OUT0/1}$ 和 HF_{OUT} 上的最小输出频率等于最大输出频率（分别为 F_C 和 HF_C ）（见表 4-3 和表 4-4）的 0.0015%，但当 F2、F1，F0 = 011 时除外。在这种配置下，空载门限功能被禁止。 F_C 的选取值将决定启动电流负载。为了遵循 IEC 标准的要求，电表的设计必须使启动电流与标准兼容，这可通过选择与这些要求相符的 F_C 值来达成。其他有关空载门限功能、启动电流及其他电表设计的应用信息，请参见 AN994，《采用 MCP3905/6 进行符合 IEC 标准的有功电能表设计》（DS00994A_CN）。

表 4-4: HF_{OUT} 的输出频率常数 HF_C ($V_{REF} = 2.4V$)

F2	F1	F0	HF_C	HF_C (Hz)	HF_C (Hz) (MCLK = 3.58 MHz)	满量程交流输入的 HF_{OUT} 频率 (Hz)
0	0	0	$64 \times F_C$	$MCLK/2^{15}$	109.25	27.21
0	0	1	$32 \times F_C$	$MCLK/2^{15}$	109.25	27.21
0	1	0	$16 \times F_C$	$MCLK/2^{15}$	109.25	27.21
0	1	1	$2048 \times F_C$	$MCLK/2^7$	27968.75	6070.12
1	0	0	$128 \times F_C$	$MCLK/2^{16}$	219.51	47.42
1	0	1	$64 \times F_C$	$MCLK/2^{16}$	219.51	47.42
1	1	0	$32 \times F_C$	$MCLK/2^{16}$	219.51	47.42
1	1	1	$16 \times F_C$	$MCLK/2^{16}$	219.51	47.42

5.0 应用信息

5.1 采用 MCP3905/06 进行电表设计

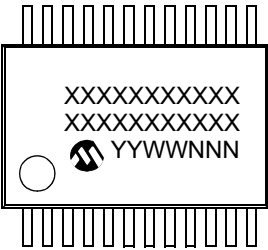
欲了解所有应用信息，请参见 [AN994](#)，《采用 MCP3905/6 进行符合 IEC 标准的有功电能表设计》（DS00994A_CN）。此应用笔记包含所有需要的电表设计信息，包括如下内容：

- 电表等级和电流检测选项
- 分流器设计
- PGA 选择
- F2、F1 和 F0 的选择
- 电表校准
- 抗混叠滤波器设计
- 对分流器寄生电感的补偿
- EMC 设计
- 电源设计
- 空载门限
- 启动电流
- 采用 MCP3905 的电表的精度测试结果
- 采用 MCP3905 的电表的 EMC 测试结果

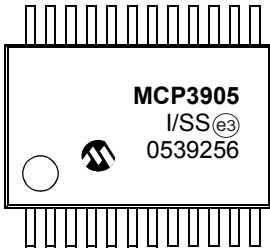
6.0 封装信息

6.1 封装标识信息

24 引脚 SSOP



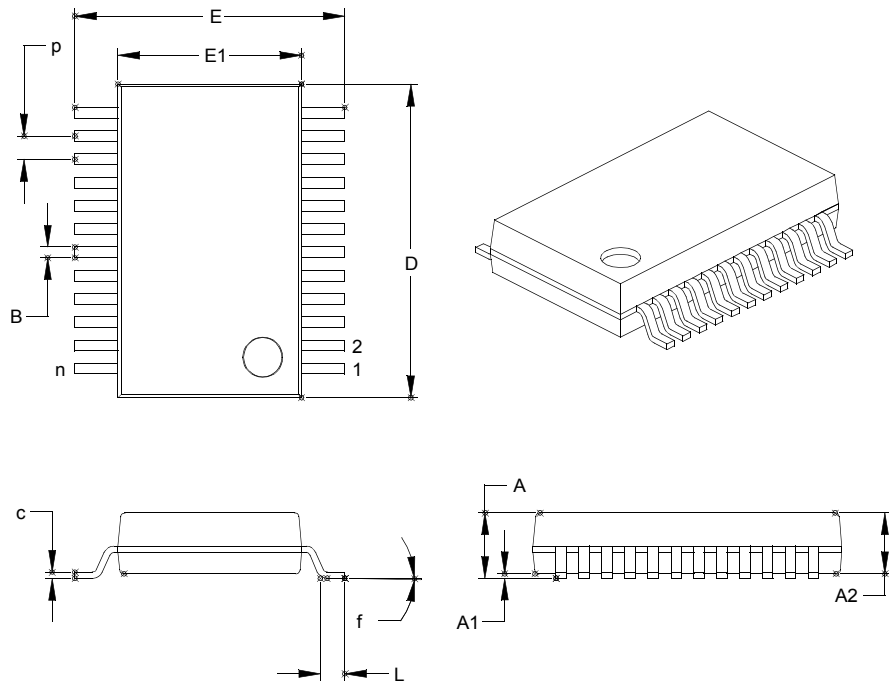
示例:



图注: XX...X 用户指定信息
Y 年份代码 (日历年的末位数字)
YY 年份代码 (日历年的后两位数字)
WW 星期代码 (一月一日的星期代码是 “01”)
NNN 以字母数字排序的追踪代码
^(e3) 雾锡 (Sn) 的 JEDEC 无铅标志
* 本封装是无铅的。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, 因此会限制客户指定信息的可用字符数。

24 引脚塑料薄型小外形 (SS) (SSOP)



单位		英寸			毫米*		
尺寸范围		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n	24			24		
引脚间距	p	.026 BSC.			0.65 BSC.		
总高度	A	.068	.073	.078	1.73	1.86	1.99
塑模封装厚度	A2	.066	.068	.070	1.68	1.73	1.78
悬空间隙	A1	.002	.005	.008	0.05	0.13	0.21
总宽度	E	.301	.307	.311	7.65	7.80	7.90
塑模封装宽度	E1	.205	.209	.212	5.20	5.30	5.38
总长度	D	.318	.323	.328	8.07	8.20	8.33
底脚长度	L	.025	.030	.037	0.63	0.75	0.95
引脚厚度	c	.004	.006	—	0.09	0.15	—
底脚倾斜角	φ	0°	4°	8°	0°	4°	8°
引脚宽度	B	.010	—	.015	0.25	—	0.38

* 控制参数

注

尺寸 D 和 E1 不包括塑模的毛边或突起。塑模的毛边或突起每侧不应超过 0.010" (0.254 mm)。

BSG 基本尺寸。显示的是理论上的精确值，没有公差。

参见 ASME Y14.5M

等同于 JEDEC 号: MO-150

图号 C04-132

修订于 9-14-05

注:

附录 A: 版本历史

版本 C (2005 年 10 月)

- 整个文档添加了关于 MCP3905/06 的参考信息。

版本 B (2005 年 8 月)

- 替换了第 2.0 节“典型性能曲线”中的图 2-1 至图 2-6。

版本 A (2005 年 7 月)

- 本文档的初始版本。

注:

产品标识体系

欲订货，或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

器件编号 器件 温度范围 封装	器件: MCP3905: 电量计量 IC MCP3905T: 电量计量 IC (卷带式) MCP3906: 电量计量 IC MCP3906T: 电量计量 IC (卷带式) 温度范围: I = -40°C 至 +85°C 封装: SS = 塑料薄型小外形 (209 mil 主体), 24 引脚	示例: a) MCP3905-I/SS: 工业级温度, 24 引脚 SSOP。 b) MCP3905T-I/SS: 卷带式, 工业级温度, 24 引脚 SSOP。 a) MCP3906-I/SS: 工业级温度, 24 引脚 SSOP。 b) MCP3906T-I/SS: 卷带式, 工业级温度, 24 引脚 SSOP。
---	---	---

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。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。未经 Microchip 书面批准，不得将 Microchip 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中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、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、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、PICMASTER、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、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Linear Active Thermistor、MPASM、MPLIB、MPLINK、MPSIM、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance 和 WiperLock 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。

© 2005，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 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 2003 年 10 月通过了 ISO/TS-16949:2002 质量体系认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、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

亚特兰大 Atlanta
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

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

圣何塞 San Jose
Mountain View, CA
Tel: 1-650-215-1444
Fax: 1-650-961-0286

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

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

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

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: 86-29-8833-7252
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: 91-80-2229-0061
Fax: 91-80-2229-0062

印度 **India - New Delhi**
Tel: 91-11-5160-8631
Fax: 91-11-5160-8632

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: 604-646-8870
Fax: 604-646-5086

菲律宾 **Philippines - Manila**
Tel: 632-634-9065
Fax: 632-634-9069

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 - Weis**
Tel: 43-7242-2244-399
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: 34-91-352-30-52
Fax: 34-91-352-11-47

英国 **UK - Wokingham**
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820