MCP39F501

带计算和事件检测功能的单相功率监视IC

特性：

- 功率监视精度能够在4000:1的动态范围内实现0.1%的误差
- 快速校准程序
- 可编程事件通知，例如过流、电压跌落和浪涌保护
- 512字节用户可访问EEPROM（通过页读/写命令实现）
- 非易失性片上存储器，无需外部存储器
- 快速16位处理内核上内置计算功能
  - 有功功率、无功功率和视在功率
  - 真实RMS电流和RMS电压
  - 工频和功率因数
- 支持双线串行协议，利用双线通用异步收发器（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter，UART）接口在一条总线上支持多个器件
- 低漂移内部参考电压，10 ppm/°C（典型值）
- 28引脚5x5 QFN封装
- 扩展级温度范围：-40°C至+125°C

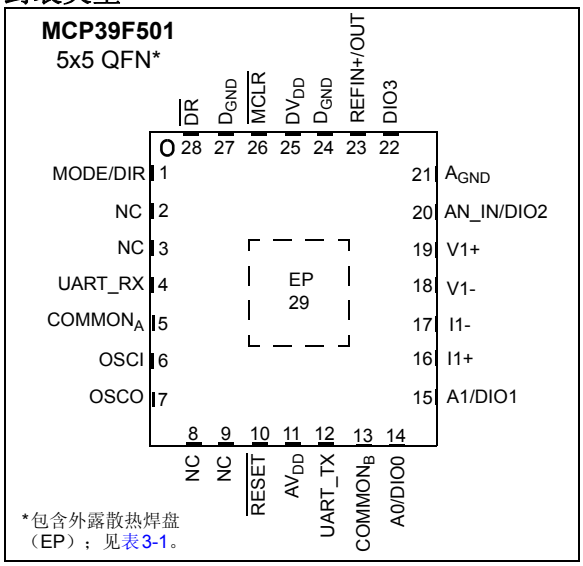
应用：

- 实时测量交流/直流电源的输入功率
- 智能配电单元

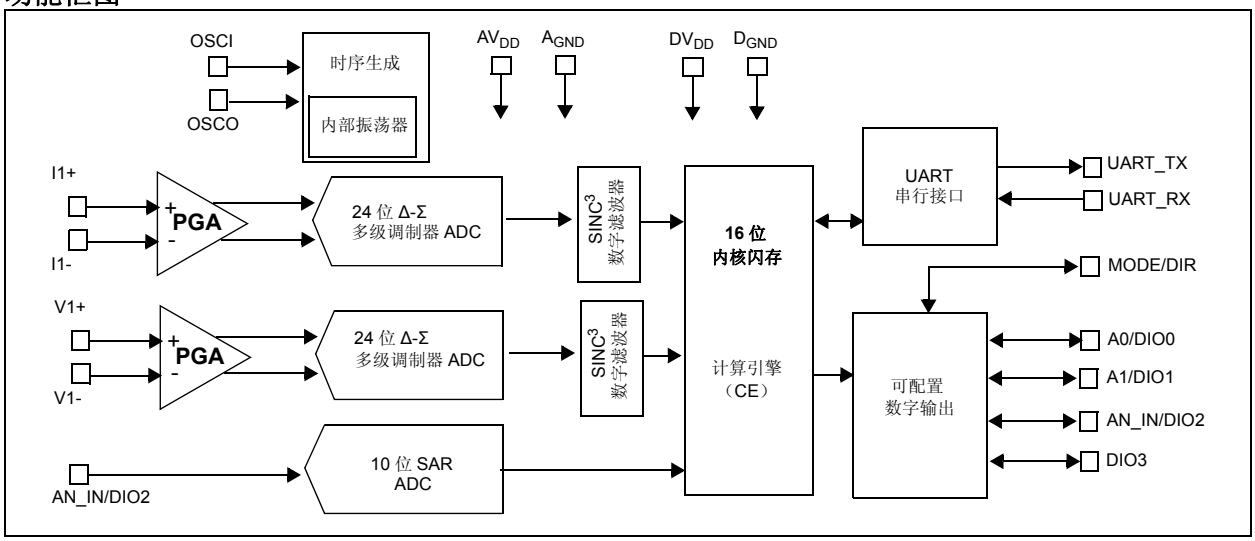
说明：

MCP39F501是一款高度集成的单相功率监视IC，用于实时测量交流/直流电源、配电单元和工业应用的输入功率。它包括双通道Δ-Σ ADC、16位计算引擎、EEPROM和灵活的双线接口。借助集成低漂移参考电压低至10 ppm/°C的温漂，加上各测量通道上94.5 dB的SINAD性能，此器件能够在4000:1的动态范围内实现精度优于0.1%的设计。

封装类型

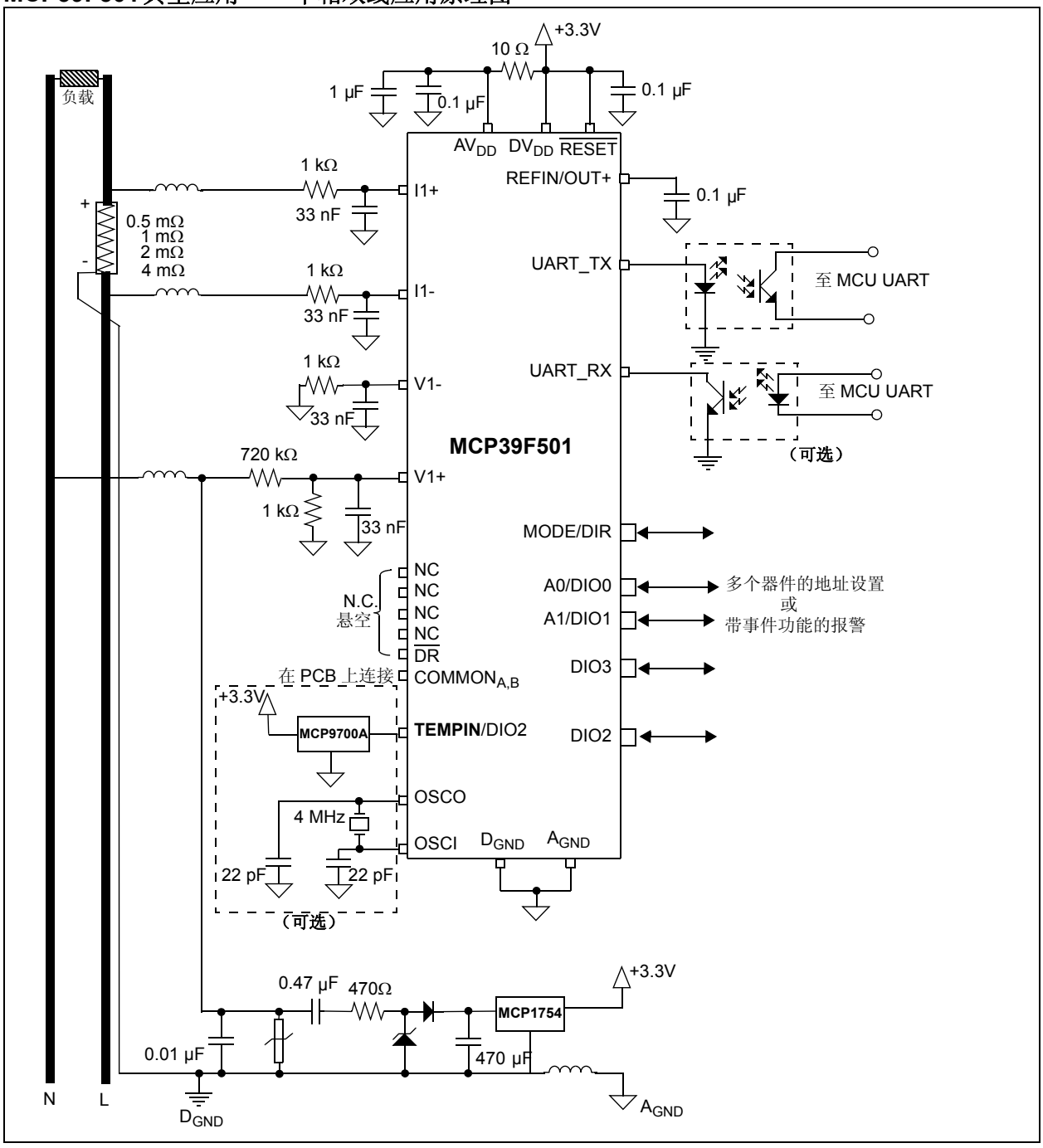


功能框图



© 2014 Microchip Technology Inc.

MCP39F501 典型应用——单相双线应用原理图



© 2014 Microchip Technology Inc.

1.0 电气特性

绝对最大值 †

DV_{DD} ..... -0.3至4.5V
AV_{DD} ..... -0.3至4.0V
数字输入和输出相对于A_{GND}的电压 ..... -0.3V至4.0V
模拟输入（I+、I-、V+和V-）相对于A_{GND}的电压 ....-2V至+2V
V_{REF}输入相对于A_{GND}的电压 ..... -0.6V至AV_{DD} + 0.6V
流出D_{GND}引脚的最大电流 ..... 300 mA
流入DV_{DD}引脚的最大电流 ..... 250 mA
数字IO的最大输出灌电流 ..... 25 mA
数字IO的最大拉电流 ..... 25 mA
存储温度 ..... -65°C至+150°C
环境温度（施加电源时） ..... -40°C至+125°C
引脚焊接温度（10秒） ..... +300°C
模拟输入的ESD（HBM和MM） ..... 4.0 kV，200V
所有其他引脚的ESD（HBM和MM） ..... 4.0 kV，200V

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

1.1 规范

表1-1： 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均为AV_{DD}和DV_{DD} = 2.7至3.6V，T_A = -40°C至+125°C，MCLK = 4 MHz，PGA增益 = 1。

特性	符号	最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
功率测量						
有功功率（**注2**）	P	—	±0.1	—	%	电流通道上的动态范围为4000:1（**注1**）
无功功率（**注2**）	Q	—	±0.1	—	%	电流通道上的动态范围为4000:1（**注1**）
视在功率（**注2**）	S	—	±0.1	—	%	电流通道上的动态范围为4000:1（**注1**）
电流RMS（**注2**）	I_{RMS}	—	±0.1	—	%	电流通道上的动态范围为4000:1（**注1**）
电压RMS（**注2**）	V_{RMS}	—	±0.1	—	%	电压通道上的动态范围为4000:1（**注1**）
功率因数（**注2**）	Φ	—	±0.1	—	%	
工频（**注2**）	V_{RMS}	—	±0.1	—	%	
校准、计算和事件检测时间						
自动校准时间	t_{CAL}	—	2^N x ($1/f_{LINE}$)	—	ms	**注7**
计算和事件检测的最短时间	t_{CALC_EVENT}	2^N x ($1/f_{LINE}$)	—	—	ms	
电压跌落检测的最短时间	t_{AC_DROP}	—	请参见**第7.7节**	—	ms	**注4**

注 1： 规范由设计和特性确保；未经生产测试。
2： 根据读取的寄存器值计算。
3： 当频率为50/60 Hz时，V_{IN} = $1V_{PP}$ = 353 mV_{RMS}。
4： 仅适用于电压跌落和电压浪涌事件。
5： 变化仅适用于内部时钟和UART。所有计算的输出量均按照各自规范中列出的性能进行温度补偿。
6： 适用于所有增益。失调误差和增益误差取决于PGA增益设置。有关典型性能，请参见**第2.0节“典型性能曲线”**。
7： N = 累积间隔参数寄存器（0x005A）中的值。此寄存器的默认值为2，即50 Hz线路的T_{CAL} = 80 ms。

表1-1： 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均为AV_{DD}和DV_{DD} = 2.7至3.6V，T_A = -40°C至+125°C，MCLK = 4 MHz，PGA增益 = 1。						
特性	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**测试条件**
24位Δ-Σ ADC性能						
模拟输入绝对电压	V_{IN}	-1	—	+1	V	
模拟输入泄漏电流	A_{IN}	—	1	—	nA	
差分输入电压范围	(I1+ – I1-), (V1+ – V1-)	-600/增益	—	+600/增益	mV	V_{REF} = 1.2V，与V_{REF}成比例
失调误差	V_{OS}	-1	—	+1	mV	
失调误差漂移		—	0.5	—	µV/°C	
增益误差	GE	-4	—	+4	%	**注6**
增益误差漂移		—	1	—	ppm/°C	
差分输入阻抗	Z_{IN}	232	—	—	kΩ	G = 1
		142	—	—	kΩ	G = 2
		72	—	—	kΩ	G = 4
		38	—	—	kΩ	G = 8
		36	—	—	kΩ	G = 16
		33	—	—	kΩ	G = 32
信噪比和失真比	SINAD	92	94.5	—	dB	**注3**
总谐波失真	THD	—	-106.5	-103	dBc	**注3**
信噪比	SNR	92	95	—	dB	**注3**
无杂散动态范围	SFDR	—	111	—	dB	**注3**
串扰	CTALK	—	-122	—	dB	
交流电源抑制比	AC PSRR	—	-73	—	dB	AV_{DD}和DV_{DD} = 3.3V + 0.6V_{PP}，100 Hz，120 Hz，1 kHz
直流电源抑制比	DC PSRR	—	-73	—	dB	AV_{DD}和DV_{DD} = 3.0至3.6V
直流共模抑制比	DC CMRR	—	-105	—	dB	V_{CM}从-1V变为+1V
10位SAR ADC的温度测量性能						
分辨率	N_R	—	10	—	位	
绝对输入电压	V_{IN}	D_{GND} - 0.3	—	D_{GND} + 0.3	V	
模拟电压源的推荐阻抗	R_{IN}	—	—	2.5	kΩ	
积分非线性	I_{NL}	—	±1	±2	LSb	

注 1： 规范由设计和特性确保；未经生产测试。
2： 根据读取的寄存器值计算。
3： 当频率为50/60 Hz时，V_{IN} = 1V_{PP} = 353 mV_{RMS}。
4： 仅适用于电压跌落和电压浪涌事件。
5： 变化仅适用于内部时钟和UART。所有计算的输出量均按照各自规范中列出的性能进行温度补偿。
6： 适用于所有增益。失调误差和增益误差取决于PGA增益设置。有关典型性能，请参见**第2.0节“典型性能曲线”**。
7： N = 累积间隔参数寄存器（0x005A）中的值。此寄存器的默认值为2，即50 Hz线路的T_{CAL} = 80 ms。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表1-1： 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均为AV_{DD}和DV_{DD} = 2.7至3.6V，T_A = -40°C至+125°C，MCLK = 4 MHz，PGA增益 = 1。						
特性	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**测试条件**
微分非线性	D_{NL}	—	±1	±1.5	LSb	
增益误差	G_{ERR}	—	±1	±3	LSb	
失调误差	E_{OFF}	—	±1	±2	LSb	
温度测量速率		—	$f_{LINE}/2^N$	—	sps	**注7**
时钟和时序						
UART波特率	UDB	—	4.8	—	kbps	有关协议的详细信息，请参见**第3.2节**。
主时钟和晶振频率	f_{MCLK}	-2%	4	+2%	MHz	
OSCO引脚上的容性负载	COSC2	—	—	15	pF	使用外部时钟驱动器件时
内部振荡器容差	f_{INT_OSC}	—	2	—	%	仅-40°C至+85°C（**注5**）
内部参考电压						
内部参考电压容差	V_{REF}	-2%	1.2	+2%	V	
温度系数	TCV_{REF}	—	10	—	ppm/°C	T_A = -40°C至+85°C，VREFEXT = 0
输出阻抗	$ZOUTV_{REF}$	—	2	—	kΩ	
电流，V_{REF+}	$AI_{DD}V_{REF}$	—	40	—	µA	
参考电压输入						
输入电容		—	—	10	pF	
V_{REF+}引脚上的绝对电压	V_{REF+}	A_{GND} + 1.1V	—	A_{GND} + 1.1V	V	
电源规范						
工作电压	AV_{DD}和DV_{DD}	2.7	—	3.6	V	
确保内部上电复位信号的DV_{DD}启动电压	V_{POR}	D_{GND}	—	0.7	V	
确保内部上电复位信号的DV_{DD}上升率	SDV_{DD}	0.05	—	—	V/ms	0.1s内为0 – 3.3V，60 ms内为0 – 2.5V
确保内部上电复位信号的AV_{DD}启动电压	V_{POR}	A_{GND}	—	2.1	V	
确保内部上电复位信号的AV_{DD}上升率	SAV_{DD}	0.042	—	—	V/ms	50 ms内为0 – 2.4V

注 1： 规范由设计和特性确保；未经生产测试。

2： 根据读取的寄存器值计算。

3： 当频率为50/60 Hz时，$V_{IN} = 1V_{PP}$ = 353 mV_{RMS}。

4： 仅适用于电压跌落和电压浪涌事件。

5： 变化仅适用于内部时钟和UART。所有计算的输出量均按照各自规范中列出的性能进行温度补偿。

6： 适用于所有增益。失调误差和增益误差取决于PGA增益设置。有关典型性能，请参见**第2.0节“典型性能曲线”**。

7： N = 累积间隔参数寄存器（0x005A）中的值。此寄存器的默认值为2，即50 Hz线路的T_{CAL} = 80 ms。

表1-1： 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均为AV_{DD}和DV_{DD} = 2.7至3.6V，T_A = -40°C至+125°C，MCLK = 4 MHz，PGA增益 = 1。						
特性	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**测试条件**
工作电流	I_{DD}	—	13	—	mA	
数据EEPROM存储器						
单元可擦写次数	EPS	100,000	—	—	E/W	
自定时写周期时间	T_{IWD}	—	4	—	ms	
刷新前的总擦/写次数	R_{REF}	—	10,000,000	—	E/W	
特性保持时间	T_{RETDD}	40	—	—	年	假设没有违反其他规范
编程期间的电源电流	I_{DDPD}	—	7	—	mA	

注 1： 规范由设计和特性确保；未经生产测试。
2： 根据读取的寄存器值计算。
3： 当频率为50/60 Hz时，$V_{IN} = 1V_{PP}$ = 353 mV_{RMS}。
4： 仅适用于电压跌落和电压浪涌事件。
5： 变化仅适用于内部时钟和UART。所有计算的输出量均按照各自规范中列出的性能进行温度补偿。
6： 适用于所有增益。失调误差和增益误差取决于PGA增益设置。有关典型性能，请参见**第2.0节“典型性能曲线”**。
7： N = 累积间隔参数寄存器（0x005A）中的值。此寄存器的默认值为2，即50 Hz线路的T_{CAL} = 80 ms。

表1-2： 串行直流特性

电气规范：除非另外说明，否则所有参数的适用条件均为AV_{DD}和DV_{DD} = 2.7至3.6 V，T_A = -40°C至+125°C，MCLK = 4 MHz。						
特性	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**测试条件**
高电平输入电压	V_{IH}	0.8 DV_{DD}	—	DV_{DD}	V	
低电平输入电压	V_{IL}	V_{SS}	—	0.2 V_{SSD}	V	
高电平输出电压	V_{OH}	3	—	—	V	I_{OH} = -3.0 mA，V_{DD} = 3.6V
低电平输出电压	V_{OL}	—	—	0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA，V_{DD} = 3.6V
输入泄漏电流	I_{LI}	—	—	1	µA	
		—	0.050	0.100	µA	仅DIO引脚

表1-3： 温度规范

电气规范：除非另外说明，否则所有参数的适用条件均为AV_{DD}和DV_{DD} = 2.7至3.6V。						
参数	**符号**	**最小值**	**典型值**	**最大值**	**单位**	**条件**
温度范围						
工作温度范围	T_A	-40	—	+125	°C	
存储温度范围	T_A	-65	—	+150	°C	
封装热阻						
热阻，28引脚5x5 QFN	θ_{JA}	—	35.3	—	°C/W	

© 2014 Microchip Technology Inc.

2.0 典型性能曲线

注： 以下图表为基于有限数量样本所做的统计，仅供参考。所列特性未经测试，不做任何担保。在一些图表中，所列数据可能超出规定的工作范围（如，超出规定的电源电压范围），因而不在担保范围内。

注：除非另外说明，否则AV_{DD} = 3.3V，DV_{DD} = 3.3V，T_A = +25°C，增益 = 1，V_{IN} = -0.5 dBFS（60 Hz时）。

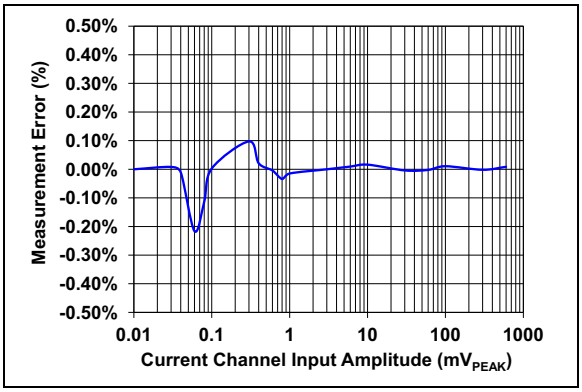


***图2-1：** 有功功率，增益 = 1*

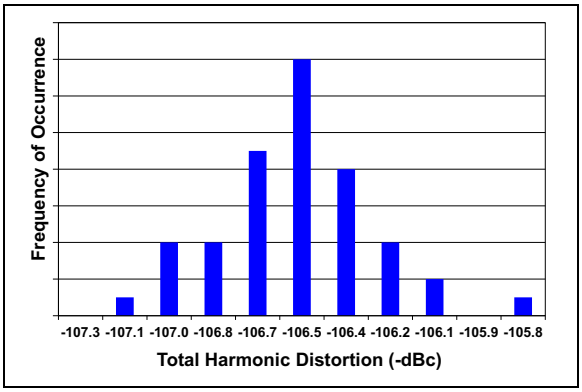


***图2-4：** THD 直方图*

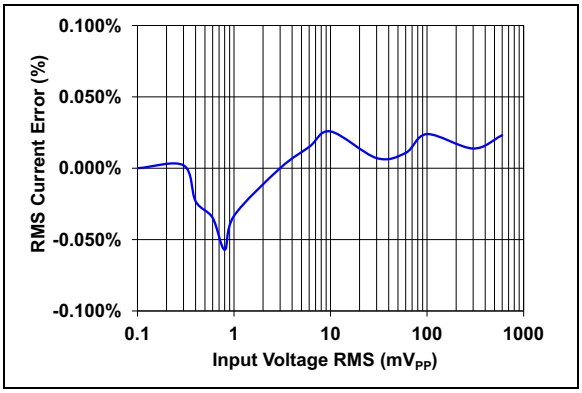


***图2-2：** RMS 电流，增益 = 1*

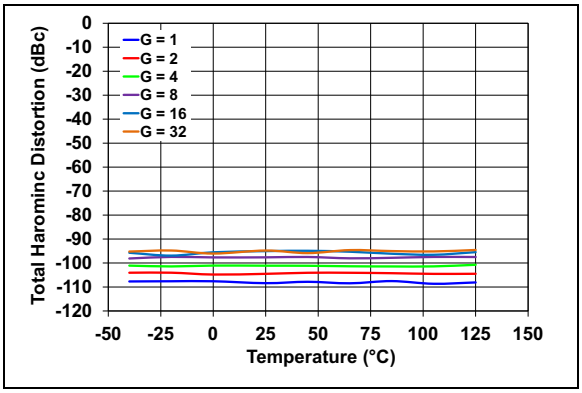


***图2-5：** THD— 温度曲线*

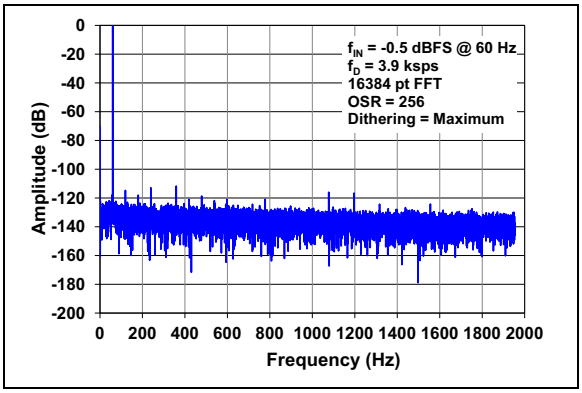


***图2-3：** 频谱响应*

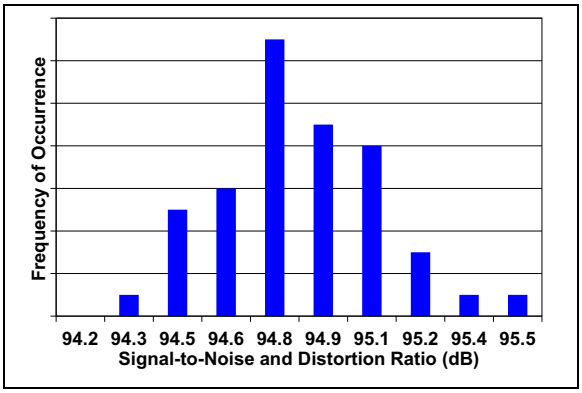


***图2-6：** SNR 直方图*

注：除非另外说明，否则AV_{DD} = 3.3V，DV_{DD} = 3.3V，T_A = +25°C，增益 = 1，V_{IN} = -0.5 dBFS（60 Hz时）。

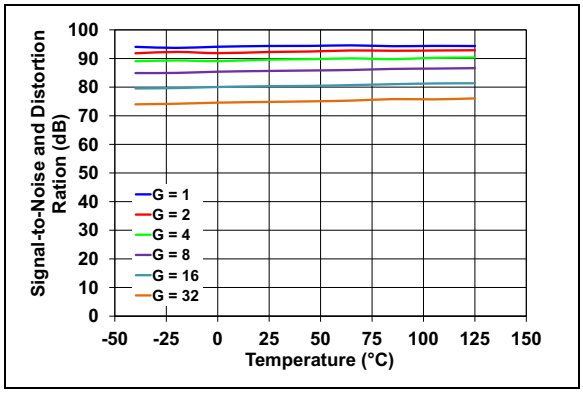


图2-7： *SINAD—温度曲线*

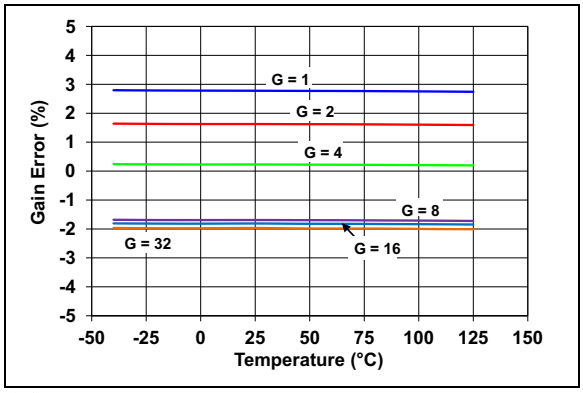


图2-8： *增益误差—温度曲线*

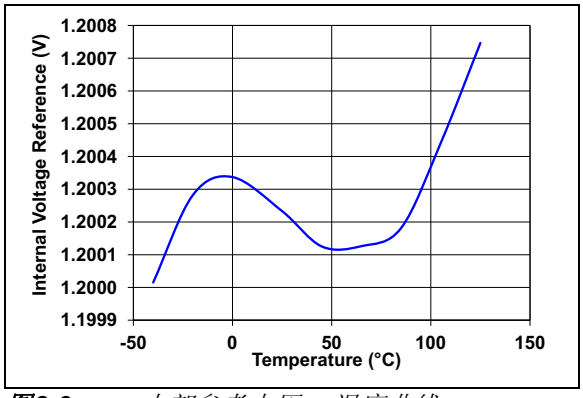


图2-9： *内部参考电压—温度曲线*

© 2014 Microchip Technology Inc.

3.0 引脚说明

表3-1列出了引脚说明。

表3-1： 引脚功能表

MCP39F501 5x5 QFN	符号	功能
1	MODE/DIR	用于RS-485驱动器的单器件或多器件模式与方向控制
2	NC	无连接（必须悬空）
3	NC	无连接（必须悬空）
4	UART_RX	UART通信RX引脚
5	$COMMON_A$	共用引脚A，将连接到$COMMON_B$
6	OSCI	晶振连接引脚或外部时钟输入引脚
7	OSCO	晶振连接引脚
8	NC	无连接（必须悬空）
9	NC	无连接（必须悬空）
10	$\overline{RESET}$	Δ-Σ ADC的复位引脚
11	AV_{DD}	模拟电源引脚
12	UART_TX	UART通信TX引脚
13	$COMMON_B$	共用引脚B，将连接到$COMMON_A$
14	A0/DIO0	地址选择引脚0/可配置数字I/O 0
15	A1/DIO1	地址选择引脚1/可配置数字I/O 1
16	I1+	24位Δ-Σ ADC的同相电流通道输入
17	I1-	24位Δ-Σ ADC的反相电流通道输入
18	V1-	24位Δ-Σ ADC的反相电压通道输入
19	V1+	24位Δ-Σ ADC的同相电压通道输入
20	AN_IN/DIO2	SAR ADC的模拟输入/可配置数字输入/输出2引脚
21	A_{GND}	模拟地引脚，内部模拟电路的返回路径
22	DIO3	可配置数字输入/输出3
23	REFIN+/OUT	同相参考电压输入和内部参考输出引脚
24	D_{GND}	数字地引脚，内部数字电路的返回路径
25	DV_{DD}	电源引脚
26	$\overline{MCLR}$	器件主复位
27	D_{GND}	数字地引脚，内部数字电路的返回路径
28	$\overline{DR}$	数据就绪（必须悬空）
29	EP	外露散热焊盘（将连接到D_{GND}）

3.1 单/多器件模式和方向引脚（MODE/DIR）

在一条总线上使用多个器件时，此引脚应连接到收发器的DIR引脚以进行方向控制。这将导致引脚A0/DIO0和A1/DIO1用作地址引脚A0和A1。如果需要其他器件，则可通过编程器件地址寄存器来使用四个以上的器件。对于此操作，此引脚上应连接一个4.7 kΩ的下拉电阻。

如果仅使用一个器件，则应在上电复位（Power-on Reset，POR）时将MODE引脚驱动为高电平，从而使引脚A0/DIO0和A1/DIO1用作额外的可配置数字I/O（DIO）。

3.2 UART通信引脚（UART_TX和UART_RX）

MCP39F501器件包含一个异步全双工UART。UART通信采用8位加起始位和停止位的形式。更多信息，请参见**第4.2节“UART设置”**。

3.3 共用引脚（COMMON A和COMMON B）

$COMMON_A$和$COMMON_B$引脚是MCP39F501的内部连接。在应用中，这两个引脚应连在一起。

3.4 数据就绪引脚（$\overline{DR}$）

数据就绪引脚指示新的Δ-Σ A/D转换结果是否已做好处理准备。此引脚仅用于指示，应悬空。每次转换完成后，数据就绪引脚上将出现低电平脉冲以指示转换结果就绪，同时计算引擎（Calculation Engine，CE）中产生中断。此脉冲与工频同步并具有预定义的恒定宽度。

注： 此引脚内部连接到计算引擎的IRQ，应悬空。

3.5 振荡器引脚（OSCO/OSCI）

OSCO和OSCI为器件提供主时钟。要正常工作，应在这些引脚上连接合适的负载电容。可将可选的4 MHz晶振连接到这些引脚。如果未检测到外部时钟源的晶振，则将由内部4 MHz振荡器为器件提供时钟。

3.6 复位引脚（$\overline{RESET}$）

此引脚为低电平有效，拉低时会将Δ-Σ ADC、PGA、内部V_{REF}以及与模拟前端相关的其他模块置于复位状态。此输入为施密特触发输入。

3.7 模拟电源引脚（AV_{DD}）

AV_{DD}是MCP39F501内的模拟电路的电源引脚。此引脚需要合适的旁路电容，并应保持在2.7V到3.6V之间以确保器件正常工作。建议使用0.1 µF陶瓷电容。

3.8 数字电源引脚（DV_{DD}）

DV_{DD}是MCP39F501内的数字电路的电源引脚。此引脚需要合适的旁路电容，并应保持在2.7V到3.6V之间以确保器件正常工作。建议使用0.1 µF陶瓷电容。

3.9 可配置数字输入/输出引脚（DIOn）

这些数字I/O引脚可配置为充当输入或输出事件（例如，报警事件或中断标志），具体取决于器件配置。更多信息，请参见**第8.0节“可配置的数字I/O引脚（DIO配置——0x0046）”**。

3.10 24位Δ-Σ ADC差分电流通道输入引脚（I1+/I1-）

I1-和I1+是Δ-Σ ADC的两个全差分电流通道输入。

通道的线性区和规定区取决于PGA增益。此区域对应的差分电压范围为±600 mV_{PEAK}/增益（V_{REF} = 1.2V）。

每个In+/-输入引脚相对于A_{GND}的最大绝对电压为±1V（无失真）和±6V（无击穿的连续电压）。

3.11 24位Δ-Σ ADC差分电压通道输入（V1+/V1-）

V1-和V1+是Δ-Σ ADC的两个全差分电压通道输入。

通道的线性区和规定区取决于PGA增益。此区域对应的差分电压范围为±600 mV_{PEAK}/增益（V_{REF} = 1.2V）。

每个V_N+/-输入引脚相对于A_{GND}的最大绝对电压为±1V（无失真）和±6V（无击穿的连续电压）。

© 2014 Microchip Technology Inc.

3.12 温度测量的模拟输入/可配置数字输出2引脚（AN_IN/DIO2）

这是用于温度测量的模数转换器输入。如果应用中需要温度检测，建议将低功耗有源热敏电阻IC MCP9700A连接到此引脚。

3.13 模拟地引脚（A_{GND}）

A_{GND}是内部模拟电路（ADC、PGA、电压参考和POR）的接地引脚。如果PCB上存在模拟地层，建议将此引脚连接到该层。

3.14 同相参考输入/内部参考输出引脚（REFIN+/OUT）

此引脚是Δ-Σ ADC的差分参考电压同相输入端或内部参考电压输出。

为达到最优性能，即使使用内部参考电压时，也应始终在此引脚与A_{GND}之间连接旁路电容。不过，这些电容并不是保证正常工作所必需的。

3.15 数字接地引脚（D_{GND}）

D_{GND}是内部数字电路（SINC过滤器、振荡器和串行接口）的接地引脚。如果提供数字接地层，建议将此引脚连接到PCB的数字接地层。此接地层也应是系统中所有其他数字电路的参考地。

3.16 外露散热焊盘（EP）

此引脚为外露散热焊盘，必须连接到D_{GND}。

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

4.0 通信协议

MCP39F501 器件的通信协议基于简单传感器接口（Simple Sensor Interface，SSI）协议。此协议用于实现从单主机MCU 到单从机MCP39F501 的点对点通信。此协议支持将多个器件置于一条总线上，但一次只能与一个器件通信。

器件的所有通信都以帧的形式进行。每个帧包含一个头字节、帧中的字节数、一个或多个命令包以及校验和。

注： 如果需要自定义通信协议，请联系 Microchip 销售办事处。

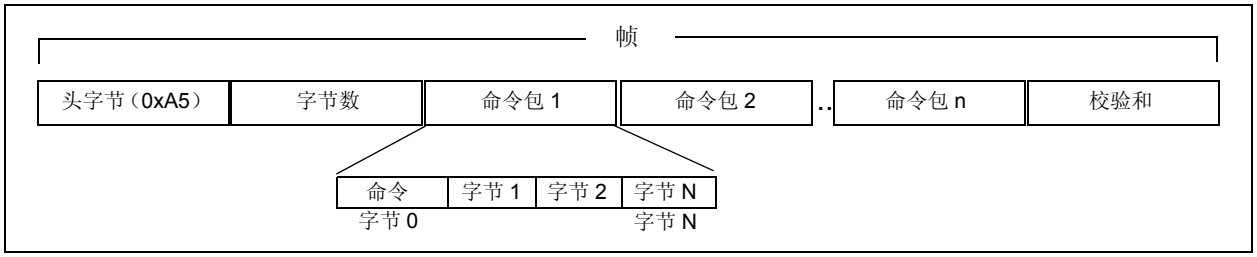


图4-1： *MCP39F501 通信帧*

此方法可通过单个或多个命令实现从主机处理器到MCP39F501 的单一安全传输。直到帧完整且验证完字节数的校验和后，才会处理帧中的命令。

单个*命令包*中的字节数取决于具体命令。例如，要设置指令指针，命令包中需要三个字节：命令字节和要针对指针设置的两个地址字节。命令包的第一个字节始终是命令字节。

此协议还可用于设置MCP39F501 在特定寄存器上的传输。此协议为单线接口定义了预定单线传输帧。可通过将系统配置寄存器中的SINGLE_WIRE 位置1 来启动自动传输模式，从而在应用中实现单线通信。有关此通信的更多信息，请参见**第4.9 节“单线传输模式”**。

4.1 校验和

校验和的生成方法为：简单的字节相加、求模，然后将整个帧的和除以256，得到余数。此运算完成后会获得8 位校验和。帧的所有字节（包括头字节和字节数）均包含在校验和中。如果一个帧包含多个命令包，则在帧校验和失败时，将不会发出任何命令。在此示例中，MCP39F501 将通过CSFAIL 响应0x51 进行响应。

对于请求从MCP39F501 返回数据的命令，帧与校验和的创建方式相同，其中头字节变为应答（0x06）。**第4.6节“通信帧和MCP39F501响应示例”**给出了通信示例。

4.2 UART 设置

默认波特率为4.8 kbps。UART 工作在8 位模式下，加上一个起始位和一个停止位，每字节共10 位，如图4-1 所示。

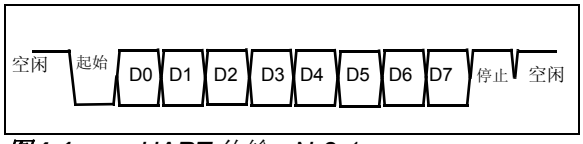


图4-1： *UART 传输，N-8-1*

波特率固定为4.8 kbps。

4.3 多个器件

要在一条总线上支持多个器件，必须在主机MCU与各个MCP39F501器件通信前使用Select Device命令选择器件。选择后，器件会将DIR引脚置为有效，直到取消选择该器件。

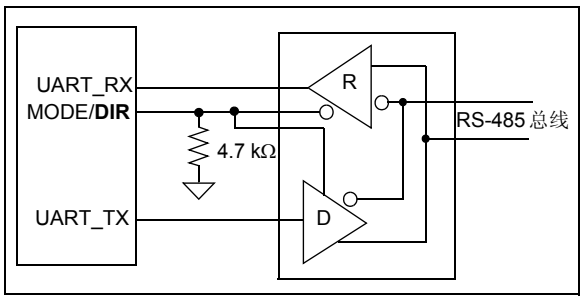


图4-2： *使用示例RS-485总线收发器实现DIR引脚操作*

根据此操作，与带多个器件的总线上的MCP39F501通信时，必须遵循以下事件顺序：

1. 选择器件。
2. 通过通信帧与选定器件通信。
3. 必要时重复**步骤2**。
4. 取消选中器件。

4.4 器件地址

通过发出Select Device命令并后跟合适的器件地址来选择器件。器件地址通过A0和A1引脚设置，也可通过对器件地址寄存器（单元0x0026）执行写操作来设置，如图4-3所示。

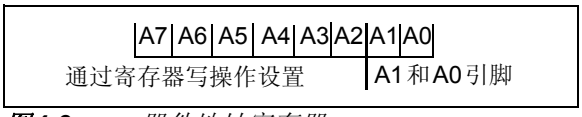


图4-3： *器件地址寄存器*

默认地址和默认寄存器值为**0x4C**。如果器件处于多器件模式（POR时MODE/DIR = 0），则引脚A1和A0将覆盖bit 0和bit 1，可能的初始地址包括0x4C、0x4D、0x4E和0x4F，具体取决于这些引脚的状态。

4.5 命令列表

下表列出了MCP39F501接受的所有命令字节。

表4-1： MCP39F501 指令集

命令	命令ID	指令参数	命令包中的字节数	成功响应UART_TX
Register Read, 16 bits	0x52	---------	1	ACK、数据和CRC
Register Read, 32 bits	0x44	---------	1	ACK、数据和CRC
Register Write, 16 bits	0x57	数据	3	ACK
Register Write, 32 bits	0x45	数据	5	ACK
Register Read, N bits	0x4E	字节数	2	ACK、数据和CRC
Register Write, N bits	0x4D	字节数	1+N	ACK
Select Device	0x4C	器件地址	2	ACK
De-Select Device	0x4B	器件地址	2	ACK
Set Address Pointer	0x41	地址	3	ACK
Save Registers To Flash	0x53	器件地址	2	ACK
Page Read EEPROM	0x42	页	2	ACK、数据和CRC
Page Write EEPROM	0x50	页	18	ACK
Bulk Erase EEPROM	0x4F	器件地址	2	ACK
Auto-Calibration Gain	0x5A	器件地址	注1	
Auto-Calibration Reactive Gain	0x7A	器件地址	注1	
Auto-Calibration Frequency	0x76	器件地址	注1	

注 1： 有关校准的更多信息，请参见**第9.0节，“MCP39F501校准”**。

© 2014 Microchip Technology Inc.

4.6 通信帧和MCP39F501响应示例

表4-2： SELECT DEVICE命令的帧示例

发送帧		MCP39F501的响应	
0xA5	头字节	0x06	应答
0x05	字节数		
0x4C	命令（Select Device）		
0x4D	器件地址		
0x42	校验和		

表4-3： READ-16命令的帧示例

发送帧		MCP39F501的响应	
0xA5	头字节	0x06	应答
0x07	字节数	0x05	字节数
0x41	命令（Set Address Pointer）	0x00	数据字节
0x00	地址0	0x4D	数据字节
0x54	地址1	0x58	校验和
0x52	命令（Read 16）		
0x93	校验和		

表4-4： BULK ERASE EEPROM的帧示例

发送帧		MCP39F501的响应	
0xA5	头字节	0x06	应答
0x05	字节数		
0x4F	命令（Bulk Erase EE）		
0x4D	器件地址		
0x46	校验和		

4.7 命令说明

4.7.1 REGISTER READ, 16-BIT（0X52）

无论当前地址指针的设置如何，Register Read, 16-bit命令均返回其后的两个字节。该命令通常应紧跟Set Address Pointer命令。该命令可与其他读命令结合使用。对此命令的响应为应答、数据和校验和。使用此命令时，最先返回数据的MSB。

4.7.2 REGISTER READ, 32-BIT（0X44）

无论当前地址指针的设置如何，Register Read, 32-bit命令均返回其后的四个字节。该命令通常应紧跟Set Address Pointer命令。该命令可与其他读命令结合使用。对此命令的响应为应答、数据和校验和。使用此命令时，最先返回数据的MSB。

4.7.3 REGISTER WRITE, 16-BIT（0X57）

无论当前地址指针的设置如何，Register Write, 16-bit命令均后跟待写入的字节。该命令通常应紧跟Set Address Pointer命令。该命令可与其他写命令结合使用。对此命令的响应为应答。

4.7.4 REGISTER WRITE, 32-BIT（0X45）

无论当前地址指针的设置如何，Register Write, 32-bit命令均后跟待写入的四个字节。该命令通常应紧跟Set Address Pointer命令。该命令可与其他写命令结合使用。对此命令的响应为应答。

4.7.5 REGISTER READ, N BIT（0X4E）

无论当前地址指针的设置如何，Register Read, N-bit命令均返回其后的N个字节。该命令通常应紧跟Set Address Pointer命令。该命令可与其他读命令结合使用。对此命令的响应为应答、数据和校验和。使用此命令能够读取的最大字节数为48。如果一个帧内存在其他读命令，则能够读取的最大字节数等于48减去帧中正在读取的字节数。使用此命令时，最先返回数据的LSB。

4.7.6 REGISTER WRITE, N BIT（0X4D）

无论当前地址指针的设置如何，Register Write, N-bit命令均后跟待写入的N个字节。该命令通常应紧跟Set Address Pointer命令。该命令可与其他写命令结合使用。对此命令的响应为应答。使用此命令时能够写入的最大字节数为64。如果一个帧内存在其他写命令，则能够写入的最大字节数等于64减去帧中正在写入的字节数。

4.7.7 SELECT DEVICE（0X4C）

Select Device命令用于通过将MODE/**DIR**引脚置为有效来驱动多器件模式下的总线方向。当器件处于单器件模式下时，此命令对引脚状态没有任何影响。此命令将器件地址视作命令参数，即后续字节。器件地址的长度为单字节。如果随此命令发送的器件地址与MCP39F501的器件地址寄存器中的值相匹配，则引脚将置为有效，同时返回一个应答信号。

4.7.8 DE-SELECT DEVICE（0X4B）

Select Device命令用于通过将MODE/**DIR**引脚置为无效来驱动总线方向。当器件处于单器件模式下时，此命令对引脚状态没有任何影响。此命令将器件地址视作命令参数，即后续字节。器件地址的长度为单字节。如果随此命令发送的器件地址与MCP39F501的器件地址寄存器中的值相匹配，则引脚将置为无效，同时返回一个应答信号。

4.7.9 SET ADDRESS POINTER（0X41）

此命令用于为所有读写命令设置地址指针。此命令将地址指针视作后续两个字节中的命令参数。地址指针的长度为两个字节。如果地址指针在可接受的器件地址范围内，则返回一个应答信号。

4.7.10 SAVE REGISTERS TO FLASH（0X53）

Save Registers To Flash命令用于将所有校准和配置寄存器的内容复制到闪存中。其中包括寄存器集中的所有读/写寄存器。此命令将器件地址视作指令参数，即后续字节。器件地址的长度为单字节。如果器件地址匹配，则对此命令的响应为应答。

© 2014 Microchip Technology Inc.

4.7.11 PAGE READ EEPROM（0X42）

Read Page EEPROM命令用于返回MCP39F501上的单个页中存储的16字节数据。有关EEPROM的存储器构成的更多完整说明，请参见**第10.0节“EEPROM”**。此命令将EEPROM页视作命令参数，即后续字节。对此命令的响应为应答、16字节数据和CRC校验和。

4.7.12 PAGE WRITE EEPROM（0X50）

Write Page EEPROM命令认为命令参数中有17个附加字节，即EEPROM页加16字节数据。有关EEPROM的存储器构成的更多完整说明，请参见**第10.0节“EEPROM”**。对此命令的响应为应答。

4.7.13 BULK ERASE EEPROM（0X4F）

Bulk Erase EEPROM命令将擦除整个EEPROM阵列并将阵列中的每个EEPROM存储单元恢复到0xFFFF状态。有关EEPROM的存储器构成的更多完整说明，请参见**第10.0节“EEPROM”**。此命令将器件地址视作命令参数，以在批量擦除器件的EEPROM时实现额外的安全性。

4.7.14 AUTO-CALIBRATION GAIN（0X5A）

Auto-Calibration Gain命令用于启动单点校准，这通常是系统所需的全部操作。此命令根据写入相应寄存器中的目标值来校准RMS电流、RMS电压和有功功率。有关器件校准的更多信息，请参见**第9.0节“MCP39F501校准”**。

4.7.15 CALIBRATE FREQUENCY（0X76）

如果应用未使用外部晶振并且运行的MCP39F501的内部振荡器关闭，则需要对工频指示值进行增益校准。增益工频（0x00AE）寄存器按照频率指示值与工频参考（0x0094）寄存器中设置的值相匹配的原则进行设置。有关器件校准的更多信息，请参见**第9.0节“MCP39F501校准”**。

4.8 寄存器类型的符号

采用以下符号来说明MCP39F501中使用的各个寄存器：

表4-5： 寄存器类型的速记符号

符号	说明
u32	32位无符号寄存器
s32	32位有符号寄存器
u16	16位无符号寄存器
s16	16位有符号寄存器
b32	包含离散布尔位设置的32位寄存器

4.9 单线传输模式

在单线传输模式下，器件会在每个计算周期结束时自动发送功率数据帧。这可在配置器件后实现单线通信。

单线传输帧包含16个字节：3个头字节、1个校验和以及12字节的功率数据（包括RMS电流、RMS电压、有功功率和工频）。

表4-6： 单线传输帧

#	字节
1	头字节（0xAB）
2	头字节2（0xCD）
3	头字节3（0xEF）
4	电流RMS——字节0
5	电流RMS——字节1
6	电流RMS——字节2
7	电流RMS——字节3
8	电压RMS——字节0
9	电压RMS——字节1
10	有功功率——字节0
11	有功功率——字节1
12	有功功率——字节2
13	有功功率——字节3
14	工频——字节0
15	工频——字节1
16	校验和

注 1： 如需定制单线传输数据包，请联系Microchip销售办事处。

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.0 计算引擎（CE）说明

5.1 计算周期概述

MCP39F501 使用相干采样算法将采样速率锁定为工频，并报告 2^N 个线路周期时的所有功率输出量。此过程定义为计算周期，它取决于工频，因此工频的任何变化都会改变输出功率量的更新速率。

5.2 原始电压和电流信号调理

图 5-1 显示了 MCP39F501 内部进行的第一次信号调理。此图中设置的所有条件会影响所有输出寄存器（RMS 电流、RMS 电压、有功功率、无功功率和视在功率等）。PGA 的增益以及 24 位 ADC 的关断和复位状态均通过系统配置（0X0042）寄存器控制。

对于直流应用，可通过直流电流失调（0x003C）寄存器来消除失调。要补偿电流通道和电压通道间的任何外部相位误差，可使用相位补偿寄存器（0x003E）。

有关器件校准的更多信息，请参见**第 9.0 节“MCP39F501 校准”**。

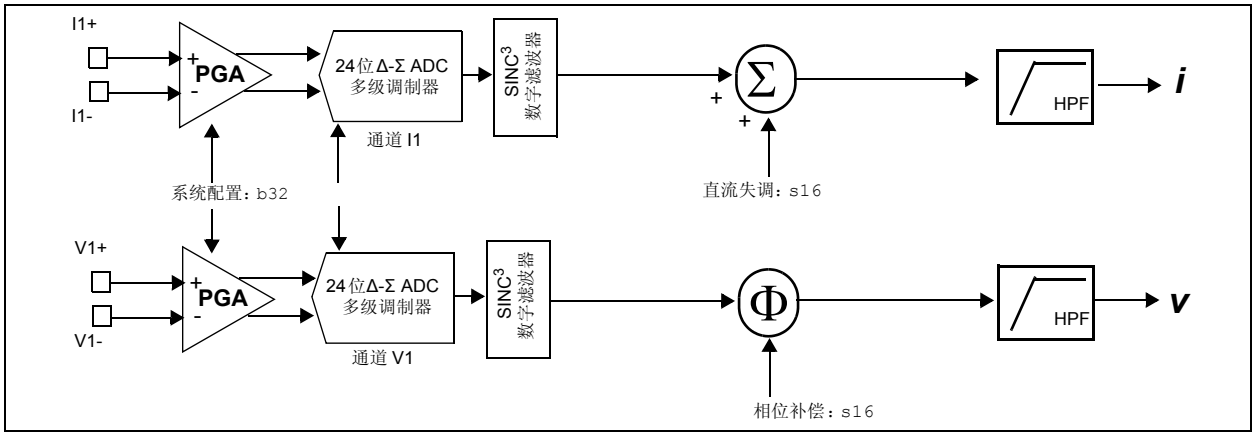


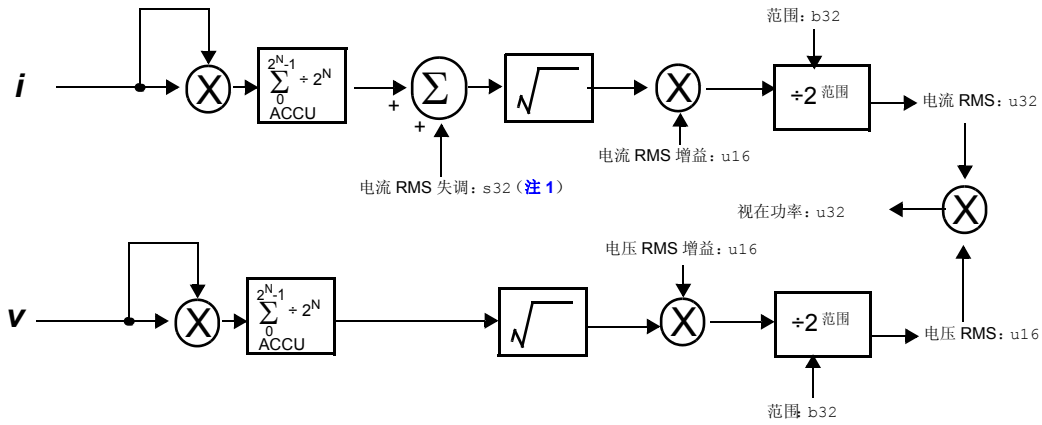
图 5-1： *通道 I1 和 V1 信号流*

5.3 RMS 电流和 RMS 电压（0x0004 和 0x0008）

MCP39F501 器件提供真实的 RMS 测量值。MCP39F501 器件有两个用于电流和电压测量的同步采样 24 位 A/D 转换器。均方根的计算针对 2^N 个电流和电压采样执行，其中 N 由累积间隔参数寄存器定义。

公式 5-1： RMS 电流和电压

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{2^N-1} (i_n)^2}{2^N}} \qquad V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{2^N-1} (v_n)^2}{2^N}}$$



注 1： 电流RMS失调寄存器的值在计算引擎内部求平方值，因此只应使用低16位。失调修正的符号为32位寄存器的最高有效位（Most Significant Bit，MSb）。

图5-2： *RMS电流和电压计算信号流*

5.4 视在功率（0x0012）

此32位寄存器是用于指示最终视在功率的输出寄存器。视在功率是RMS电流与RMS电压的乘积，如公式5-2所示。

公式5-2： **视在功率**

$$S = I_{RMS} \times V_{RMS}$$

为换算视在功率指示值，计算引擎使用视在功率因子（0x0040）寄存器。下面的寄存器运算中说明了这一点，如公式5-3所示。

公式5-3： **视在功率**

$$S = \frac{电流RMS \times 电压RMS}{10^{视在功率因子}}$$

5.5 有功功率（0x000A）

MCP39F501有两个同步采样A/D转换器。对于有功功率计算，瞬时电流和瞬时电压相乘得到瞬时功率。随后通过求平均值或获取直流分量的方式将瞬时功率转换为有功功率。

公式5-4用于控制更新有功功率输出寄存器前此累积中使用的采样数。

公式5-4： **有功功率**

$$P = \frac{1}{2^N} \sum_{k=0}^{k=2^N-1} V_k \times I_k$$

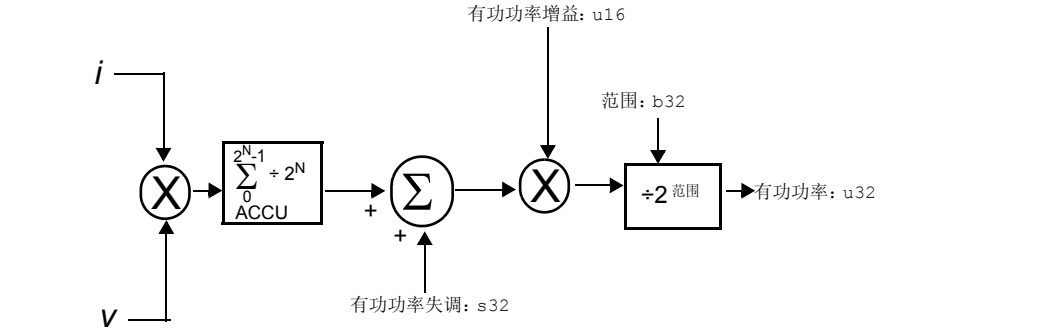


图5-3： *有功功率计算信号流*

© 2014 Microchip Technology Inc.

5.6 功率因数（0x0016）

功率因数通过P与S的比率来计算，即有功功率除以视在功率。

公式5-5： 功率因数

$$PF = \frac{P}{S}$$

功率因数读数存储在16位有符号寄存器（功率因数，0x0016）中。此寄存器为有符号二进制补码寄存器，其中MSB表示功率因数的极性。正表示感性负载，负表示容性负载。每个LSB的权重等效于2^{-15}。最大寄存器值0x7FFF对应于功率因数1，最小寄存器值0x8000对应于功率因数-1。

5.7 无功功率（0x000E）

在MCP39F501中，利用电压通道中的90度相移计算无功功率。同样的累积原理还适用于有功功率，其中ACCU用作累加器。任何轻载或剩余功率均可通过无功功率失调（0x0038）寄存器来消除。增益通过无功功率增益（0x002E）寄存器修正。最终输出为32位无符号值，该值位于无功功率寄存器（0x000E）中。

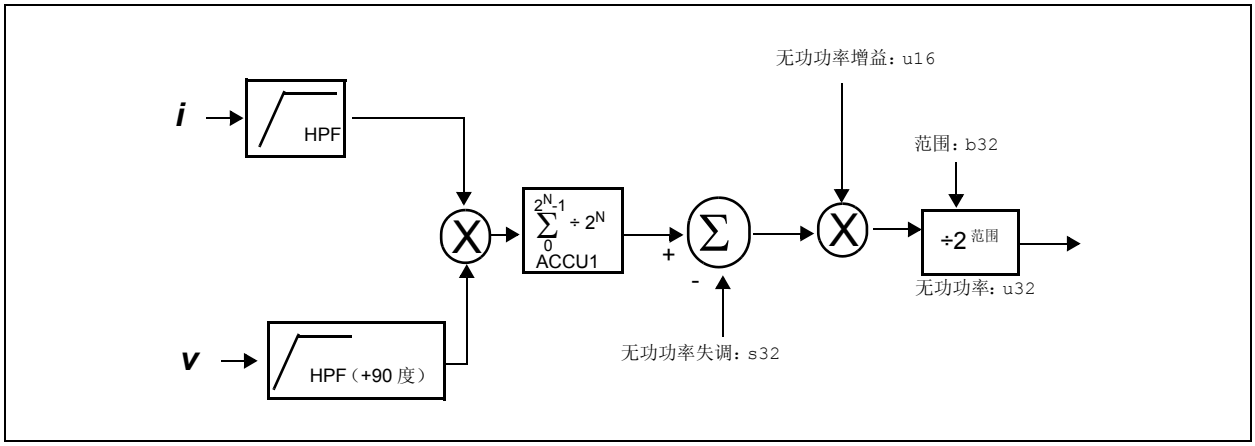


图5-4： *无功功率计算信号流*

5.8 累积间隔参数（0x005A）

累积间隔定义为2^N个线路周期，其中N为累积间隔参数寄存器（0x005A）中的值。

5.9 热敏电阻电压（0x001A）

当电压输出温度传感器（例如 MCP9700）连接到AN_IN/DIO2引脚且DOUT配置寄存器的DIO2[n]位为温度输入设置为110时，器件将在AN_IN/DIO2引脚上执行模数转换。

16位热敏电阻电压寄存器的低10位包含ADC的输出。温度测量的转换速率为每个计算周期一次。

请注意，如果AN_IN/DIO2引脚通过DIO配置寄存器（0x0046）配置为输出，则热敏电阻电压寄存器的值将等于零。

热敏电阻电压用于对计算引擎进行温度补偿。更多信息，请参见**第9.8节“温度补偿（地址0x00B0/B2/B4/B6）”**。

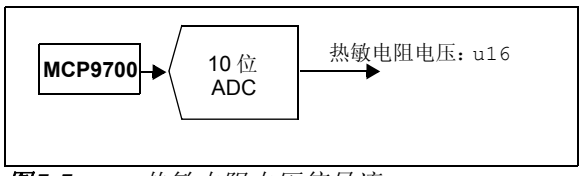


图5-5： *热敏电阻电压信号流*

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

6.0 寄存器说明

6.1 寄存器映射

下表介绍了MCP39F501器件的各个寄存器。

表6-1： MCP39F501 寄存器映射

地址	寄存器名称	章节编号	读/写	数据类型	说明
输出寄存器					
0x0000	地址指针	6.2	R	u16	读写命令的地址指针
0x0002	系统版本	6.3	R	u16	MCP39F501的系统版本日期代码信息，在Microchip工厂设置；格式为YMDD
0x0004	电流RMS	5.3	R	u32	RMS电流输出
0x0008	电压RMS	5.3	R	u16	RMS电压输出
0x000A	有功功率	5.5	R	u32	有功功率输出
0x000E	无功功率	5.7	R	u32	无功功率输出
0x0012	视在功率	5.4	R	u32	视在功率输出
0x0016	功率因数	5.6	R	s16	功率因数输出
0x0018	工频	9.7	R	u16	工频输出
0x001A	热敏电阻电压	5.9	R	u16	温度监视器输出
0x001C	事件标志	7.2	R	b16	所有已使能事件的状态
0x001E	系统状态	6.4	R	b16	系统状态寄存器
0x0020	保留	—	—	u16	保留
0x0022	保留	—	—	u16	保留
校准寄存器					
0x0024	保留	—	—	u16	保留
0x0026	器件地址	4.4	R/W	u16	器件的器件地址
0x0028	RMS电流增益	9.3	R/W	u16	RMS电流的增益校准因数
0x002A	RMS电压增益	9.3	R/W	u16	RMS电压的增益校准因数
0x002C	有功功率增益	9.3	R/W	u16	有功功率的增益校准因数
0x002E	无功功率增益	9.3	R/W	u16	无功功率的增益校准因数
0x0030	RMS电流失调	9.6.1	R/W	s32	RMS电流的失调校准因数
0x0034	有功功率失调	9.6.1	R/W	s32	有功功率的失调校准因数
0x0038	无功功率失调	9.6.1	R/W	s32	无功功率的失调校准因数
0x003C	直流电流失调	9.6.2	R/W	s16	直流电流的失调校准因数
0x003E	相位补偿	9.5	R/W	s16	相位补偿
0x0040	视在功率因子	5.4	R/W	u16	与I_{RMS}和V_{RMS}分辨率匹配的视在功率因子的位数
设计配置寄存器					
0x0042	系统配置	6.5	R/W	b32	器件配置（包括ADC配置）的控制
0x0046	DIO配置	8.0	R/W	b16	报警和事件标志的可组态数字输出设置
0x0048	范围	6.6	R/W	b32	输出的换算因数

注 1： 这些寄存器保留供EMI滤波器补偿使用，必要时可用于电源监视。可能需要根据PSU参数对这些寄存器进行特殊调整，请联系当地Microchip办事处获得更多支持。

表6-1： MCP39F501 寄存器映射（续）

地址	寄存器名称	章节编号	读/写	数据类型	说明
0x004C	校准电流	9.3.1	R/W	u32	将在单点校准期间使用的目标电流
0x0050	校准电压	9.3.1	R/W	u16	将在单点校准期间使用的目标电压
0x0052	校准有功功率	9.3.1	R/W	u32	将在单点校准期间使用的目标有功功率
0x0056	校准无功功率	9.5.1	R/W	u32	将在单点校准期间使用的目标无功功率
0x005A	累积间隔参数	5.8	R/W	u16	将在一个计算周期内使用的2^N个线路周期中的N
0x005C	保留	—	R/W	u16	保留
事件通知寄存器					
0x005E	过流限制	7.0	R/W	u32	RMS电流阈值，达到此值时记录事件标志
0x0062	保留	7.0	R/W	u16	保留
0x0064	过功率限制	7.0	R/W	u32	有功功率阈值，达到此值时记录事件标志
0x0068	保留	7.0	R/W	u16	保留
0x006A	过频限制	7.0	R/W	u16	工频阈值，达到此值时记录事件标志
0x006C	欠频限制	7.0	R/W	u16	工频阈值，达到此值时记录事件标志
0x006E	过温限制	7.0	R/W	u16	温度阈值，达到此值时记录事件标志
0x0070	欠温限制	7.0	R/W	u16	温度阈值，达到此值时记录事件标志
0x0072	电压跌落限制	7.7	R/W	u16	RMS电压阈值，达到此值时记录事件标志
0x0074	电压浪涌限制	7.7	R/W	u16	RMS电压阈值，达到此值时记录事件标志
0x0076	过流保持	7.0	R/W	u16	过流限制必须超出的计算周期数
0x0078	保留	—	R/W	u16	保留
0x007A	过功率保持	7.0	R/W	u16	过功率限制必须保持的计算周期数
0x007C	保留	—	R/W	u16	保留
0x007E	过频保持	7.0	R/W	u16	过频限制必须保持的计算周期数
0x0080	欠频保持	7.0	R/W	u16	欠频限制必须保持的计算周期数
0x0082	过温保持	7.0	R/W	u16	过温限制必须保持的计算周期数
0x0084	欠温保持	7.0	R/W	u16	欠温限制必须保持的时间
0x0086	保留	—	R/W	u16	保留

注 1： 这些寄存器保留供EMI滤波器补偿使用，必要时可用于电源监视。可能需要根据PSU参数对这些寄存器进行特殊调整，请联系当地Microchip办事处获得更多支持。

© 2014 Microchip Technology Inc.

表6-1： MCP39F501 寄存器映射（续）

地址	寄存器名称	章节编号	读/写	数据类型	说明
0x0088	保留	—	R/W	u16	保留
0x008A	事件使能	7.1	R/W	u16	使能事件寄存器
0x008C	关键事件掩码	7.3	R/W	u16	将置于选为“关键事件”的DIO引脚上的事件通知掩码
0x008E	标准事件掩码	7.4	R/W	u16	将置于选为“标准事件”的DIO引脚上的事件通知掩码
0x0090	事件测试	7.5	R/W	u16	用于设置事件以进行测试的寄存器
0x0092	事件清除	7.6	R/W	u16	用于清除事件的寄存器
0x0094	工频参考	9.7.1	R/W	u16	标称工频的参考值
0x0096	保留	—	R	u16	保留
0x00AE	工频增益	9.7	R/W	u16	工频指示值的校正因数
EMI滤波器补偿寄存器（注1）					
0x0098	保留	—	R	u16	保留
0x009A	保留	—	R	u16	保留
0x009C	保留	—	R	u16	保留
0x009E	保留	—	R	u16	保留
0x00A0	保留	—	R	u16	保留
0x00A2	保留	—	R	u16	保留
0x00A4	保留	—	R	u16	保留
0x00A6	保留	—	R	u16	保留
0x00A8	保留	—	R	u16	保留
0x00AA	保留	—	R	u16	保留
0x00AC	保留	—	R	u16	保留
温度补偿寄存器					
0x00B0	频率的温度补偿	9.8	R/W		用于随温度补偿工频指示值的校正因数
0x00B2	电流的温度补偿	9.8	R/W		用于随温度补偿电流RMS指示值的校正因数
0x00B4	功率的温度补偿	9.8	R/W		用于随温度补偿有功功率指示值的校正因数
0x0B6	环境温度参考电压	9.8	R/W		用于存储校准期间的参考温度的寄存器

注 1： 这些寄存器保留供EMI滤波器补偿使用，必要时可用于电源监视。可能需要根据PSU参数对这些寄存器进行特殊调整，请联系当地Microchip办事处获得更多支持。

6.2 地址指针（0x0000）

此16位无符号寄存器包含所有读写指令指向的地址。此寄存器仅通过Set Address Pointer命令执行写操作，否则将超出寄存器地址的可写范围。

6.3 系统版本（0x0002）

系统版本寄存器由Microchip Technology Inc.硬编码，包含计算引擎的日期代码信息。系统版本寄存器是一个采用YMDD格式的日期代码，其中年和月采用十六进制，日采用十进制（例如，0xD220 = 2013年2月20日）。

6.4 系统状态（0x001E）

系统状态寄存器是一个只读寄存器，可用于检测引脚电平的不同状态，定义如下所示。

寄存器6-1： 系统状态寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	R-n	R-n	R-n	R-n	R-n	R-n	R-n
—	DIO3_S	DIO2_S	DIO1_S	DIO0_S	ADDRESS[1]	ADDRESS[0]	MULTIPLE
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
-n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 6-3 **DIOn_S**：DIO引脚配置为输入时的状态
1 = DIO引脚处于高电平状态
0 = DIO引脚处于低电平状态

bit 2-1 **ADDRESS[1:0]**：POR时，A1/A0引脚的状态
1 = 引脚为逻辑高电平
0 = 引脚为逻辑低电平

bit 0 **MULTIPLE**：多器件模式或单器件模式
1 = POR时，MODE/DIR引脚处于低电平状态（多器件模式）
0 = POR时，MODE/DIR引脚处于高电平状态（单器件模式）

© 2014 Microchip Technology Inc.

6.5 系统配置（0x0042）

系统配置寄存器包含用于实现以下控制的位：

- PGA设置
- ADC复位状态
- ADC关断状态
- 参考电压微调
- 单线自动传输

下面几节将介绍这些选项。

6.5.1 可编程增益放大器（PGA）

每个24位Δ-Σ ADC的前端有两个可编程增益放大器（Programmable Gain Amplifier，PGA）。这两个放大器具备以下功能：

- 将输入的共模电压从A_{GND}转换为A_{GND}与A_{VDD}间的内部电平。
- 放大输入差分信号

共模转换不会改变差分信号而是重定位共模电压，以便正确地放大输入信号。

PGA模块可用于放大极弱的信号，但不得超出Δ-Σ调制器的差分输入范围。PGA由寄存器6-2系统配置寄存器中的PGA_CHn<2:0>位控制。表6-2给出了PGA的增益设置。

表6-2： PGA配置设置（注1）

增益 PGA_CHn<2:0>			增益（V/V）	增益（dB）	V_{IN}范围（V）
0	0	0	1	0	±0.5
0	0	1	2	6	±0.25
0	1	0	4	12	±0.125
0	1	1	8	18	±0.0625
1	0	0	16	24	±0.03125
1	0	1	32	30	±0.015625

注 1： 两个未定义设置（110和111）为G = 1。

6.5.2 24位ADC复位模式（软复位模式）

只能通过将系统配置寄存器中的RESET<1:0>位置为高电平来进入24位ADC复位（也称软复位）模式。此模式定义为转换器有效但其输出被强制为0的状态。

6.5.3 ADC关断模式

ADC关断模式定义为转换器及其偏置关闭，从而仅消耗泄漏电流的状态。当关断位复位为0时，将使能模拟偏置、时钟和数字电路。

每个转换器均可单独置于关断模式。只能通过编程系统配置寄存器中的SHUTDOWN<1:0>位使用此模式。

6.5.4 V_{REF}温度补偿

如果需要，用户可通过校准温度漂移来实现超低V_{REF}漂移。

内部参考电压构成了专用的电路和算法，用于补偿一阶和二阶温度系数。此补偿能够在-40°C到+125°C的整个温度范围内实现超低温度系数（典型值为10 ppm/°C）。此温度系数随部件的变化而变化。

可通过系统配置寄存器（0x0042）调整各个部件上的温度系数。此寄存器的默认值设置为0x42。图6-1给出了内部参考电压的温度系数相对于VREFCAL寄存器代码的典型变化曲线。

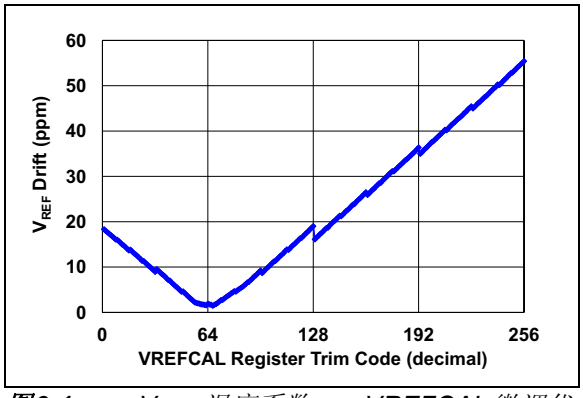


图6-1： V_{REF}温度系数——VREFCAL微调代码曲线图

寄存器6-2：　　系统配置寄存器

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	PGA_CH1[2]	PGA_CH1[1]	PGA_CH1[0]	PGA_CH0[2]	PHA_CH0[1]	PGA_CH0[0]
bit 31							bit 24

R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-0
VREFCAL[7]	VREFCAL[6]	VREFCAL[5]	VREFCAL[4]	VREFCAL[3]	VREFCAL[2]	VREFCAL[1]	VREFCAL[0]
bit 23							bit 16

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0
—	—	—	—	—	—	—	SINGLE_WIRE
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0
RESET[1]	RESET[0]	SHUTDOWN[1]	SHUTDOWN[0]	—	VREFEXT	—	—
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
-n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 29-27 **PGA_CH1 [2:0]**：通道1的PGA设置
111 = 保留（增益 = 1）
110 = 保留（增益 = 1）
101 = 增益为32
100 = 增益为16
011 = 增益为8
010 = 增益为4
001 = 增益为2
000 = 增益为1（**默认值**）

bit 26-24 **PGA_CH0 [2:0]**：通道0的PGA设置
111 = 保留（增益 = 1）
110 = 保留（增益 = 1）
101 = 增益为32
100 = 增益为16
011 = 增益为8
010 = 增益为4
001 = 增益为2
000 = 增益为1（**默认值**）

bit 23-16 **VREFCAL[n]**：内部参考电压温度系数寄存器值（有关完整说明，见**第6.5.4节“V_{REF}温度补偿”**）

bit 15-9 **未实现**：读为0

bit 8 **SINGLE_WIRE**：单线使能位
1 = 使能单线传输
0 = 禁止单线传输（**默认**）

bit 7-6 **RESET [1:0]**：ADC的复位模式设置
11 = I1和V1均处于复位模式
10 = V1 ADC处于复位模式
01 = I1 ADC处于复位模式
00 = 两个ADC均不处于复位模式（**默认**）

bit 5-4 **SHUTDOWN [1:0]**：ADC的关断模式设置
11 = I1和V1均处于关断模式
10 = V1 ADC处于关断模式
01 = I1 ADC处于关断模式
00 = 两个ADC均不处于关断模式（**默认**）

bit 2 **VREFEXT**：内部参考电压关断控制
1 = 禁止内部参考电压
0 = 使能内部参考电压（**默认**）

bit 1-0 **未实现**：读为0

© 2014 Microchip Technology Inc.

6.6 范围寄存器（0x0048）

范围寄存器为32位寄存器，其中包含以下输出的位右移位数，下文将其分成多个独立字节进行了定义：

- RMS电流
- RMS电压
- 功率

请注意，功率范围字节可作用于有功功率寄存器和无功功率寄存器，并为它们设置相同的范围。

该寄存器有两大用途：位右移位数（除以$2^{范围}$）必须足够大以防止输出寄存器溢出，同时又必须足够低，以便获得所需的输出分辨率。用户应负责正确设置该寄存器，以确保针对给定电表设计进行适当的输出操作。

更多信息与使用示例，请参见**第9.3节“单点增益校准（单位功率因数下的校准）”**。

寄存器6-3：　范围寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 31							bit 24

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
POWER[7]	POWER[6]	POWER[5]	POWER[4]	POWER[3]	POWER[2]	POWER[1]	POWER[0]
bit 23							bit 16

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CURRENT[7]	CURRENT[6]	CURRENT[5]	CURRENT[4]	CURRENT[3]	CURRENT[2]	CURRENT[1]	CURRENT[0]
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
VOLTAGE[7]	VOLTAGE[6]	VOLTAGE[5]	VOLTAGE[4]	VOLTAGE[3]	VOLTAGE[2]	VOLTAGE[1]	VOLTAGE[0]
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 32-24　**未实现：**读为0

bit 23-16　**POWER[7:0]：**设置有功功率输出寄存器和无功功率输出寄存器的位右移位数。

bit 15-8　**CURRENT[7:0]：**设置电流RMS输出寄存器的位右移位数。

bit 7-0　**VOLTAGE[7:0]：**设置RMS电压输出寄存器的位右移位数。

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

7.0 事件通知

使用MCP39F501时，与可能出现的事件通知相关的寄存器有以下六种：

- 事件使能
- 事件标志
- 关键事件掩码
- 标准事件掩码
- 事件测试
- 事件清除

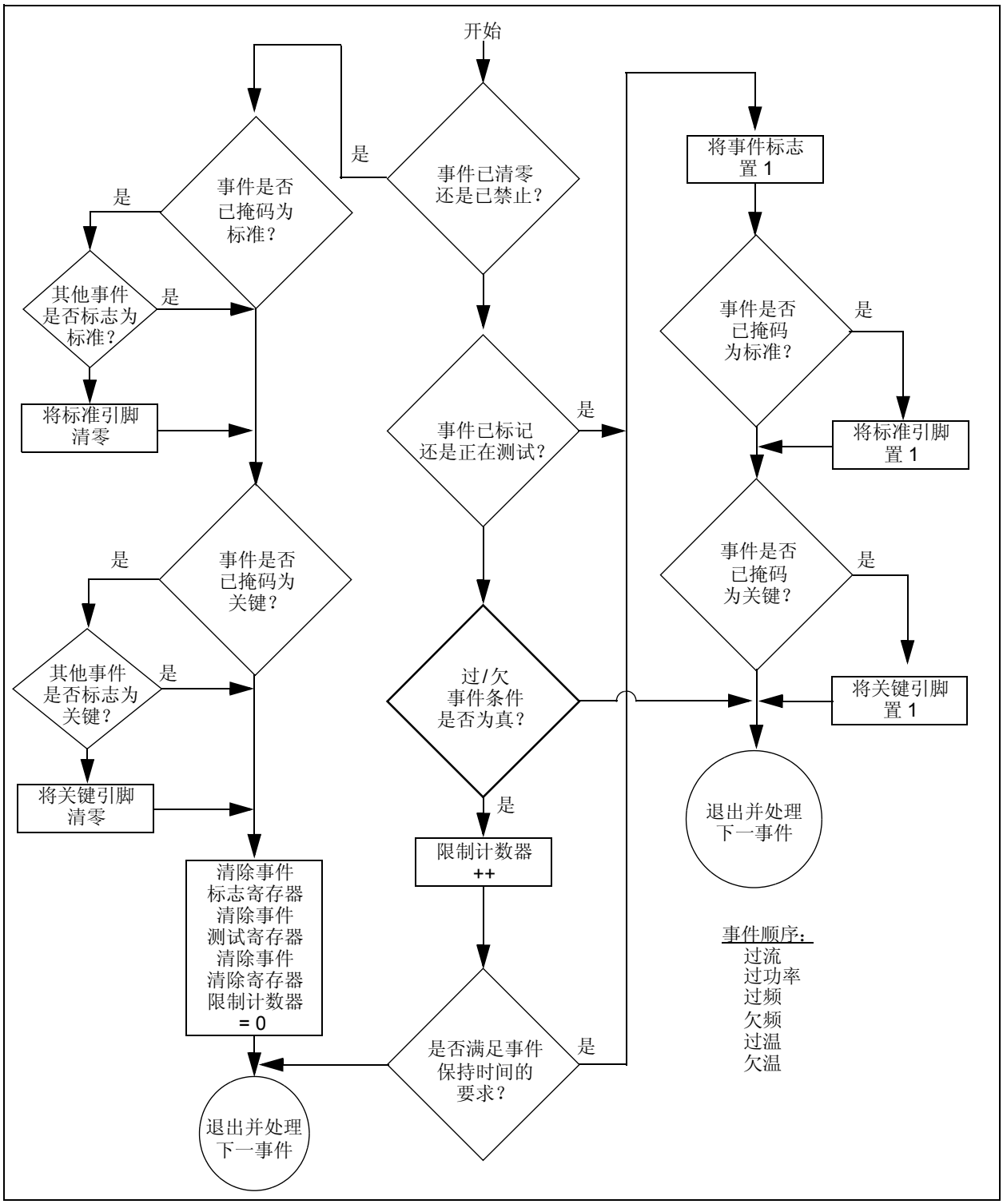


图7-1： *事件寄存器操作流程图*

7.1 事件使能寄存器（0x008A）

事件使能寄存器为只读寄存器，用于在根据限制和保持寄存器使能事件时产生标志。

寄存器7-1： 事件使能寄存器

R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
OC	OV	OP	UV	OF	UF	OT	UT
bit 15							bit 8

R/W	R/W	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
VSA	VSU	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **OC**：过流
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 14 **OV**：过压
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 13 **OP**：过功率
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 12 **UV**：欠压
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 11 **OF**：过频
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 10 **UF**：欠频
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 9 **OT**：过温
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 8 **UT**：欠温
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 7 **VSA**：电压跌落
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 6 **VSU**：电压浪涌
1 = 使能故障事件
0 = 无故障

bit 5-0 **未实现**：读为0

© 2014 Microchip Technology Inc.

7.2 事件标志寄存器（0x001C）

事件标志寄存器为只读寄存器，用于在根据限制和保持寄存器而触发事件时产生标志。

请注意，事件标志会被锁存，直至事件结束且事件清除寄存器将相应位清零。

寄存器7-2： 事件标志寄存器

R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
OC	OV	OP	UV	OF	UF	OT	UT
bit 15							bit 8

R-0	R-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
VSA	VSU	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **OC：**过流
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 14 **OV：**过压
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 13 **OP：**过功率
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 12 **UV：**欠压
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 11 **OF：**过频
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 10 **UF：**欠频
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 9 **OT：**过温
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 8 **UT：**欠温
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 7 **VSA：**电压跌落
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 6 **VSU：**电压浪涌
1 = 发生故障事件
0 = 无故障

bit 5-0 **未实现：**读为0

7.3 关键事件掩码寄存器（0x008C）

关键事件掩码寄存器用于掩码哪些事件会对在可配置数字I/O（DIO）控制寄存器中被指定为关键通知状态的数字I/O引脚产生影响。可在此设置任意数量的事件，以在相应的DIO引脚上创建活动。

寄存器7-3： 关键事件掩码寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
OC	OV	OP	UV	OF	UF	OT	UT
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
VSA	VSU	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **OC**：过流
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 14 **OV**：过压
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 13 **OP**：过功率
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 12 **UV**：欠压
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 11 **OF**：过频
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 10 **UF**：欠频
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 9 **OT**：过温
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 8 **UT**：欠温
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 7 **VSA**：电压跌落
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 6 **VSU**：电压浪涌
1 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到关键通知的DIO引脚不受影响

bit 5-0 **未实现**：读为0

© 2014 Microchip Technology Inc.

7.4 标准事件掩码寄存器（0x008E）

标准事件掩码寄存器用于掩码哪些事件会对在DIO控制寄存器中被指定为标准通知状态的数字I/O引脚产生影响。可在此设置任意数量的事件，以在相应的DIO引脚上创建活动。

寄存器7-4： 标准事件掩码寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
OC	OV	OP	UV	OF	UF	OT	UT
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
VSA	VSU	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **OC：**过流
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 14 **OV：**过压
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 13 **OP：**过功率
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 12 **UV：**欠压
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 11 **OF：**过频
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 10 **UF：**欠频
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 9 **OT：**过温
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 8 **UT：**欠温
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 7 **VSA：**电压跌落
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 6 **VSU：**电压浪涌
1 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚将被驱动为高电平
0 = 发生故障事件时，分配到标准通知的DIO引脚不受影响

bit 5-0 **未实现：**读为0

7.5 事件测试寄存器（0x0090）

当系统设计人员想要启动并测试事件条件但又不能应用通常会触发事件通知的电流、电压、功率、温度或频率时，可以使用事件测试寄存器。

当相应位置1时，MCP39F501器件会表现为似乎超出了相应的限制和保持寄存器，并触发相应事件。事件测试寄存器不能用于清除由限制和保持寄存器触发的真实事件，可以使用事件清除寄存器来清除这些事件。

寄存器7-5： 事件测试寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
OC	OV	OP	UV	OF	UF	OT	UT
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
VSA	VSU	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **OC**：过流

1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 14 **OV**：过压

1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 13 **OP**：过功率

1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 12 **UV**：欠压

1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 11 **OF**：过频

1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 10 **UF**：欠频

1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

© 2014 Microchip Technology Inc.

寄存器7-5：　事件测试寄存器（续）

bit 9　**OT**：过温
1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 8　**UT**：欠温
1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 7　**VSA**：电压跌落
1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 6　**VSU**：电压浪涌
1 = 触发事件，相应的事件标志位和关键/标准引脚根据掩码寄存器执行相应操作
0 = 使用事件测试寄存器来清除设置的任意事件。在此处写入0对真实事件不起作用，要清除真实事件，请使用事件清除寄存器

bit 5-0　**未实现**：读为0

7.6　事件清除寄存器（0x0092）

事件清除寄存器用于清除由超出给定事件的限制和保持寄存器的真实条件触发的事件，或者在事件测试寄存器中将相应的位置1而触发的事件。使用事件清除寄存器清除事件时，如果相应事件已由事件测试寄存器通过将相应位置1而触发，则该位以及事件标志寄存器都将自动清零。

事件清除寄存器位不会被锁存，如果被置1，则会在事件标志寄存器和事件测试寄存器均清零后自动清零。

寄存器7-6：　事件清除寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
OC	OV	OP	UV	OF	UF	OT	UT
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
VSA	VSU	—	—	—	—	—	—
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15　**OC**：过流
1 = 清除事件
0 = 不起作用

寄存器7-6：　事件清除寄存器（续）

bit 14	**OV**：过压 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 13	**OP**：过功率 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 12	**UV**：欠压 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 11	**OF**：过频 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 10	**UF**：欠频 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 9	**OT**：过温 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 8	**UT**：欠温 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 7	**VSA**：电压跌落 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 6	**VSU**：电压浪涌 1 = 清除事件 0 = 不起作用
bit 5-0	**未实现**：读为0

7.7　电压跌落和电压浪涌检测

电压跌落和电压浪涌事件报警的工作方式与其他事件报警有所不同，其他事件报警均为每个计算周期测试一次。而这两种事件报警设计为在出现报警条件时提供更加快速的中断。请注意，由于检测时间小于一个线路周期，因此这两种事件均没有关联的保持寄存器。

计算引擎会持续跟踪后续的输入电压均方值，如下面的公式定义：

公式7-1：

$$V_{SA} = \frac{2 \times f_{LINE}}{f_{SAMPLE}} \times \sum_{n=-\frac{f_{SAMPLE}}{2 \times f_{LINE}} - 1}^{0} V_n^2$$

因此，每当数据就绪时，都会将V_{SA}的值与电压跌落限制寄存器（0x0086）和电压浪涌限制寄存器（0x0088）中设置的可编程阈值进行比较，以决定是否应将标志置1。如果这两种事件之一被掩码为标准事件引脚或关键事件引脚，则会在这些引脚上提供逻辑高电平中断。和所有其他事件一样，这两种事件也会被锁存，而且必须在事件结束后使用相应的清除事件位来清除。

跌落或浪涌事件可用于快速确定系统中是否发生了电源故障。利用MCP39F501的片上EEPROM可以将这两种事件快速记录到存储器中，以便为PSU跟踪破坏性事件。

© 2014 Microchip Technology Inc.

8.0 可配置的数字I/O引脚（DIO配置——0X0046）

8.1 概述

MCP39F501器件具有4个可配置引脚，共有5种可能的配置。这些配置为：

- 标准通知输出
- 关键通知输出
- 逻辑输入
- 器件地址位输入（仅DIO0/DIO1）
- 温度输入（仅DIO2）

8.1.1 通知输出（标准和关键）

当某引脚定义为标准事件或关键事件的通知时，相关引脚将根据由事件寄存器设置的掩码变为有效（见**第7.0节“事件通知”**）。

8.1.2 逻辑输入

所有DIO引脚均默认分配为逻辑输入。分配为逻辑输入时，DIO引脚的状态会反映在系统状态寄存器中，而且可用于标志各种系统事件以及通过串行接口执行读操作。

8.1.3 器件地址位输入（仅A0/DIO0和A1/DIO1）

对于多器件总线，有两个数字IO引脚可以复用为地址引脚。DIO0还可用作A0，DIO1还可用作A1。对于在一条总线上连接多个器件的系统，MODE/DIR引脚应通过一个弱下拉电阻连接到GND，如图4-2所示。POR时，MCP39F501会测试该引脚的状态，如果MODE/DIR为逻辑低电平，则会禁止DIO0和DIO1，然后将这两个引脚用作器件地址A0和A1位（校准寄存器块的起始地址）的输入引脚。如果MODE/DIR引脚为逻辑高电平，则器件被视为处于单器件模式，此时不需要地址引脚，可将DIO0和DIO1配置为七种可能配置中的任意一种。

8.1.4 温度输入（仅DIO2）

当DIO2配置为温度输入时，热敏电阻电压寄存器（0x001A）中包含来自所连接温度传感器的ADC读数换算值。

如果DIO2配置为输出，则热敏电阻电压寄存器中的值将等于零。

寄存器8-1： DIO配置寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	DIO3[2]	DIO3[1]	DIO[0]	DIO2[2]
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
DIO2[1]	DIO2[0]	DIO1[2]	DIO1[1]	DIO1[0]	DIO0[2]	DIO0[1]	DIO0[0]
bit 7							bit 0

图注：			
R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位，读为0	
- n = POR值	1 = 置1	0 = 清零	x = 未知

bit 15-12 **未实现：** 读为0

bit 11-9 **DIO3[n]：** DIO3配置位

111 = 未使用
110 = 未使用
101 = 标准通知输出
100 = 关键通知输出
011 = 未使用
010 = 输入（**默认**）
001 = 未使用
000 = 未使用

寄存器8-1： DIO配置寄存器（续）

bit 8-6 **DIO2[n]**：DIO2配置位
111 = 未使用
110 = 未使用
101 = 标准通知输出
100 = 关键通知输出
011 = 温度输入
010 = 输入（**默认**）
001 = 未使用
000 = 未使用

bit 5-3 **DIO1[n]**：DIO1配置位
111 = 未使用
110 = 未使用
101 = 标准通知输出
100 = 关键通知输出
011 = 器件地址位输入
010 = 输入（**默认**）
001 = 未使用
000 = 未使用

bit 2-0 **DIO0[n]**：DIO0配置位
111 = 未使用
110 = 未使用
101 = 标准通知输出
100 = 关键通知输出
011 = 器件地址位输入
010 = 输入（**默认**）
001 = 未使用
000 = 未使用

© 2014 Microchip Technology Inc.

9.0 MCP39F501校准

9.1 概述

校准可对系统中的ADC增益误差、元件容差和总体噪声进行补偿。该器件提供了片上校准算法，可快速执行简单的系统校准。MCP39F501上的A/D转换器具有优异的模拟性能，可进行单点校准，并通过一条校准命令实现精确测量。

可使用预定义的自动校准命令进行校准，也可以直接写入校准寄存器进行校准。如果用户需要额外的校准点（交流失调、相位补偿和直流失调），可以使用相应的校准寄存器，本节将分别介绍这些寄存器。

9.2 校准顺序

校准时需遵循正确的步骤。

如果器件连接了外部温度传感器，则应首先进行温度校准，方法是读取热敏电阻电压寄存器（0x001A）的值，然后通过将其写入环境温度参考电压寄存器（0x00B6）来复制该值。

如果器件使用内部振荡器工作，那么接下来必须使用Auto-Calibration Frequency命令校准工频。

然后应该在单位功率因数下进行单点增益校准。

如果关注的是非单位位移功率因数测量，下一步应当进行相位校准，然后是无功功率增益校准。

校准顺序总结如下：

1. 温度校准（可选）
2. 工频校准（可选）
3. PF = 1时的增益校准
4. PF ≠ 1时的相位校准（可选）
5. PF ≠ 1时的无功功率增益校准（可选）

9.3 单点增益校准（单位功率因数下的校准）

如果在交流模式下使用器件时导通高通滤波器，则可以移除大部分失调误差，此时只需要进行单点增益校准。

对相应寄存器执行写操作可以手动将增益寄存器正确设置为产生所需输出。一种替代方法是使用本节介绍的自动校准命令。

9.3.1 使用Auto-Calibration Gain命令

应用与目标校准电流（0x004C）、校准电压（0x0050）和校准有功功率（0x0052）寄存器中的值等效的稳定参考电压和电流后，即可向器件发出Auto-Calibration Gain命令。

校准成功后（响应 = ACK），可发出Save Registers to Flash命令来保存器件计算的校准常量。

发出Auto-Calibration Gain命令后，以下寄存器将置1：

- RMS电流增益（0x0028）
- RMS电压增益（0x002A）
- 有功功率增益（0x002C）

该命令发出后，MCP39F501会尝试根据如下公式更改增益寄存器，从而使全部三个输出量的测量值与预期值相匹配：

公式9-1：

$$GAIN_{NEW} = GAIN_{OLD} \bullet \frac{预期值}{测量值}$$

此公式同时适用于RMS电压、RMS电流和有功功率。由于全部三个输出量的增益寄存器均为16位数字，因此预期值与测量值（可通过更改范围寄存器进行修改）的比值以及先前增益必须确保公式能够得到一个有效的数字。此处的限制设置范围为25,000到65,535。对于全部三种输出量，如果新增益在此限制范围内，则会返回ACK以指示校准成功，否则命令将返回NAK以指示校准尝试失败。

用户应负责确保范围设置、PGA设置和硬件设计设置均正确无误，以便能够使用该命令成功校准。

9.3.2 有效校准的范围选择示例

在本示例中，用户对未经校准的系统施加1A的校准电流。在系统特定的电流检测电阻值和PGA增益等条件下，RMS电流寄存器（0x0004）的指示值为2300。用户希望在应用1A电流后，RMS电流寄存器中的值为1000，即1.000A（分辨率为1 mA）。其他给定值为：

- RMS电流增益的现有值为33480。
- 范围的现有值为12。

使用公式9-1计算$Gain_{NEW}$，结果如下：

公式9-2：

$$GAIN_{NEW} = GAIN_{OLD} \times \frac{预期值}{测量值} = 33480 \times \frac{1000}{2300} = 14556$$

$$14556 < 20000$$

当使用Auto-Calibration Gain命令时，结果将为校准失败或者 MCP39F501 返回 NAK，这是因为$Gain_{NEW}$的结果小于20,000。

解决方案是使用范围寄存器令测量值接近预期值，从而使计算出的新增益值在上文指定的限制范围内。

在与RMS电流增益寄存器相乘之后，范围寄存器会指定位右移位数（等效于除以2）。有关范围寄存器的信息，请参见**第5.0节“计算引擎（CE）说明”**。

范围寄存器每增加1个单位，计算中就要右移一位或者除以2。将电流范围从12增大至13时，新测得的RMS电流寄存器值为2300/2 = 1150。现在预期值（1000）与测量值（1150）更为接近，因此预计新增益应在限制范围内：

公式9-3：

$$GAIN_{NEW} = GAIN_{OLD} \times \frac{预期值}{测量值} = 33480 \times \frac{1000}{1150} = 29113$$

$$20000 < 29113 < 65535$$

新的增益结果在限制范围内，器件成功校准了RMS电流并返回ACK。

可以看出，如果将范围设置为14，新增益结果仍会在限制范围内（$Gain_{NEW}$ = 58226）。不过，由于增益值接近16位增益寄存器的限制，因此不同系统间的差异（元件容差等）可能导致无法成功校准某些单元并出现问题。最好的办法是选择一个范围值，将新增益置于上述增益寄存器范围的中间位置。

在第二个示例中，用户希望在施加1A校准电流后获得1.0000A输出（分辨率为0.1 mA）。该示例的初始值与前一个示例相同：

公式9-4：

$$GAIN_{NEW} = GAIN_{OLD} \times \frac{预期值}{测量值} = 33480 \times \frac{1000}{2300} = 145565$$

$$145565 < 65535$$

$Gain_{NEW}$远大于16位增益寄存器的限制65535，因此必须引入更少的位右移位数才能使测量值更接近预期值。用户需要计算出可以使测量值小于65535的位移位数。该值估算为：

公式9-5：

$$\frac{145565}{65535} = 2.2$$

2.2舍入为最接近的整数值2。范围值变为12 – 2 = 10；位右移减少了2位。

新的测量值将为2300 x 2^2 = 9200。

公式9-6：

$$GAIN_{NEW} = GAIN_{OLD} \times \frac{预期值}{测量值} = 33480 \times \frac{10000}{9200} = 36391$$

$$20000 < 36391 < 65535$$

新的增益结果在限制范围内，器件成功校准了RMS电流并返回ACK。

9.4 校准相位补偿寄存器（0x003E）

相位补偿用于调整电流与电压路径之间的任意相位延时。此步骤需要正弦电流和电压波形，并且要求二者之间存在明显相移且均具有较大幅值。推荐使用0.5的位移功率因数进行校准。相位补偿寄存器的计算步骤如下：

1. 确定测量功率因数（PF_{MEAS}）对应相角与预期功率因数（PF_{EXP}）对应相角之间的差值，以度为单位。

公式9-7：

$$PF_{MEAS} = \frac{功率因数寄存器中的值}{32768}$$

$$ANGLE_{MEAS}(^\circ) = acos(PF_{MEAS}) \times \frac{180}{\Pi}$$

$$ANGLE_{EXP}(^\circ) = acos(PF_{EXP}) \times \frac{180}{\Pi}$$

2. 通过公式9-8将所得结果从度数转换为分辨率：

公式9-8：

$$\Phi = (ANGLE_{MEAS} - ANGLE_{EXP}) \times 40$$

© 2014 Microchip Technology Inc.

3. 将该额外相位补偿与当前相位补偿值相加，然后更新寄存器。在公式9-9中，应该以有符号的8位二进制补码值的形式进行计算。所得8位结果将置于16位相位补偿寄存器（0x003E）的最低有效字节中。

公式9-9：

$$相位补偿_{NEW} = 相位补偿_{OLD} + \Phi$$

根据公式9-9可知，最大相角补偿可达到±3.2度。如果需要更大相移，请联系当地Microchip销售办事处。

9.5 无功功率校准和相位补偿（非单位功率因数下的校准）

为了通过无功功率增益寄存器（0x002E）正确校准无功功率计算，以及通过相位补偿寄存器正确纠正任意相位误差，必须在功率因数PF不等于1时进行补偿，通常PF = 0.5。

9.5.1 使用AUTO-CALIBRATION REACTIVE GAIN命令

应用与无功功率校准寄存器（0x0056）中的目标无功功率对应的等效电流、电压和相位滞后（或相位超前）之后，即可向器件发出Auto-Calibration Gain命令（0x7A）。

校准成功后（响应 = ACK），可发出Save Registers to Flash命令对器件计算出的校准常量进行保存。

发出Auto-Calibration Gain命令后，如下寄存器将置1：

- 无功功率增益

命令发出后，MCP39F501会尝试更改无功功率增益寄存器，从而使无功功率的测量值与预期值相匹配。

9.6 失调/无负载校准

在失调校准期间，不应向系统中施加线路电压或电流。系统应处于无负载状态。

9.6.1 交流失调校准

以下三个寄存器与交流失调校准相关：

- RMS电流失调（0x0030）
- 有功功率失调（0x0034）
- 无功功率失调（0x0038）

计算交流失调值时，应根据图5-2、图5-3和图5-4中的框图对相应的增益和范围寄存器加以考虑。

失调校准成功后，可发出Save Registers to Flash命令来保存器件计算的校准常量。

9.6.2 直流失调校准

在直流应用中，电流和电压通道上的高通滤波器处于关断状态。为消除电流中剩余的直流值，直流失调电流（0x003C）寄存器会在ADC之后，任意其他功能之前立即添加到A/D转换。

9.7 校准工频寄存器（0x0018）

工频寄存器包含16位数字，其值与输入工频相等，因为该值在电压通道上测得。直流模式下会停止计算，寄存器值为零。

只有在45 Hz到65 Hz范围内的工频测量值有效。

9.7.1 使用Auto-Calibration Frequency命令

应用稳定参考电压以及与工频参考寄存器（0x0094）值等效的恒定工频后，即可向器件发出Auto-Calibration Frequency命令。

校准成功后（响应 = ACK），可发出Save Registers to Flash命令来保存器件计算的校准常量。

发出Auto-Calibration Frequency命令后，如下寄存器将置1：

- 工频增益（0x00AE）

请注意，只有在内部振荡器关闭时才需要使用此命令。公式9-1给出了用于计算新增益值的公式。

9.8 温度补偿（地址0x00B0/B2/B4/B6）

MCP39F501测量温度传感器的指示值，并使用该值对电流检测电阻的温度变化和内部RC振荡器的频率进行补偿。

这一公式同样适用于工频、RMS电流、有功功率和无功功率。温度补偿系数取决于相应补偿寄存器的16位有符号整型值。

公式9-10：

$$y = x \times (1 + c \times (T - T_{CAL}))$$

$$c = \frac{温度补偿寄存器}{2^M}$$

其中：

- x = 未经补偿的输出（对应于工频、RMS电流、有功功率和无功功率）
- y = 补偿后的输出
- c = 温度补偿系数（取决于电流检测电阻的温度系数或内部RC振荡器的温度频率漂移）
- T = 热敏电阻电压（10位ADC单元中）
- T_{CAL} = 环境温度参考电压。该参考电压应在校准步骤开始时进行设置，方法是读取热敏电阻电压，然后将其值写入环境温度参考电压寄存器。
- M = 26（对于工频补偿）
- = 27（对于电流、有功功率和无功功率补偿）

校准温度时，补偿系数的作用非常小。如果校准温度与器件温度之间的温差很大，则需要调节系数。建议使用默认值作为起始点。

© 2014 Microchip Technology Inc.

10.0 EEPROM

数据EEPROM是一个16位宽的存储器。每个字均可直接寻址，并且可在整个V_{DD}范围内进行读写。MCP39F501的EEPROM中具有256个16位字，分为32页，共512字节。

可通过以下三种命令来访问EEPROM阵列。

- EEPROM Page Read（0x42）
- EEPROM Page Write（0x50）
- EEPROM Bulk Erase（0x4F）

表10-1： EEPROM命令和器件响应示例

命令	命令ID字节0	字节1-N	字节数	成功响应
Page Read EEPROM	0x42	页	2	ACK、数据和CRC
Page Write EEPROM	0x50	页 + 16字节数据	18	ACK
Bulk Erase EEPROM	0x4F	---------	1	ACK

表10-2： MCP39F501 EEPROM构成

页		00	02	04	06	08	0A	0C	0E
0	0000	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
1	0010	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
2	0020	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
3	0030	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
4	0040	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
5	0050	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
6	0060	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
7	0070	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
8	0080	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
9	0090	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
10	00A0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
11	00B0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
12	00C0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
13	00D0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
14	00E0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
15	00F0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
16	0100	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
17	0110	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
18	0120	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
19	0130	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
20	0140	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
21	0150	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
22	0160	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
23	0170	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
24	0180	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
25	0190	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
26	01A0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
27	01B0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
28	01C0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
29	01D0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
30	01E0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF
31	01F0	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF	FFFF

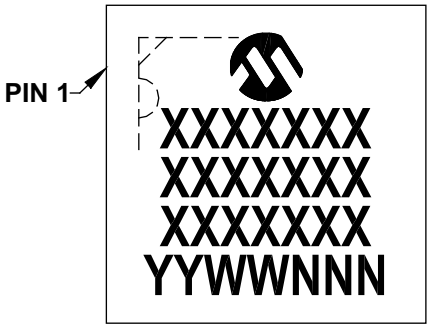
注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

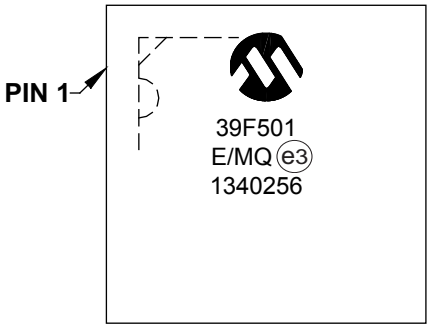
11.0 封装信息

11.1 封装标识信息

28 引脚 QFN（5x5x0.9 mm）



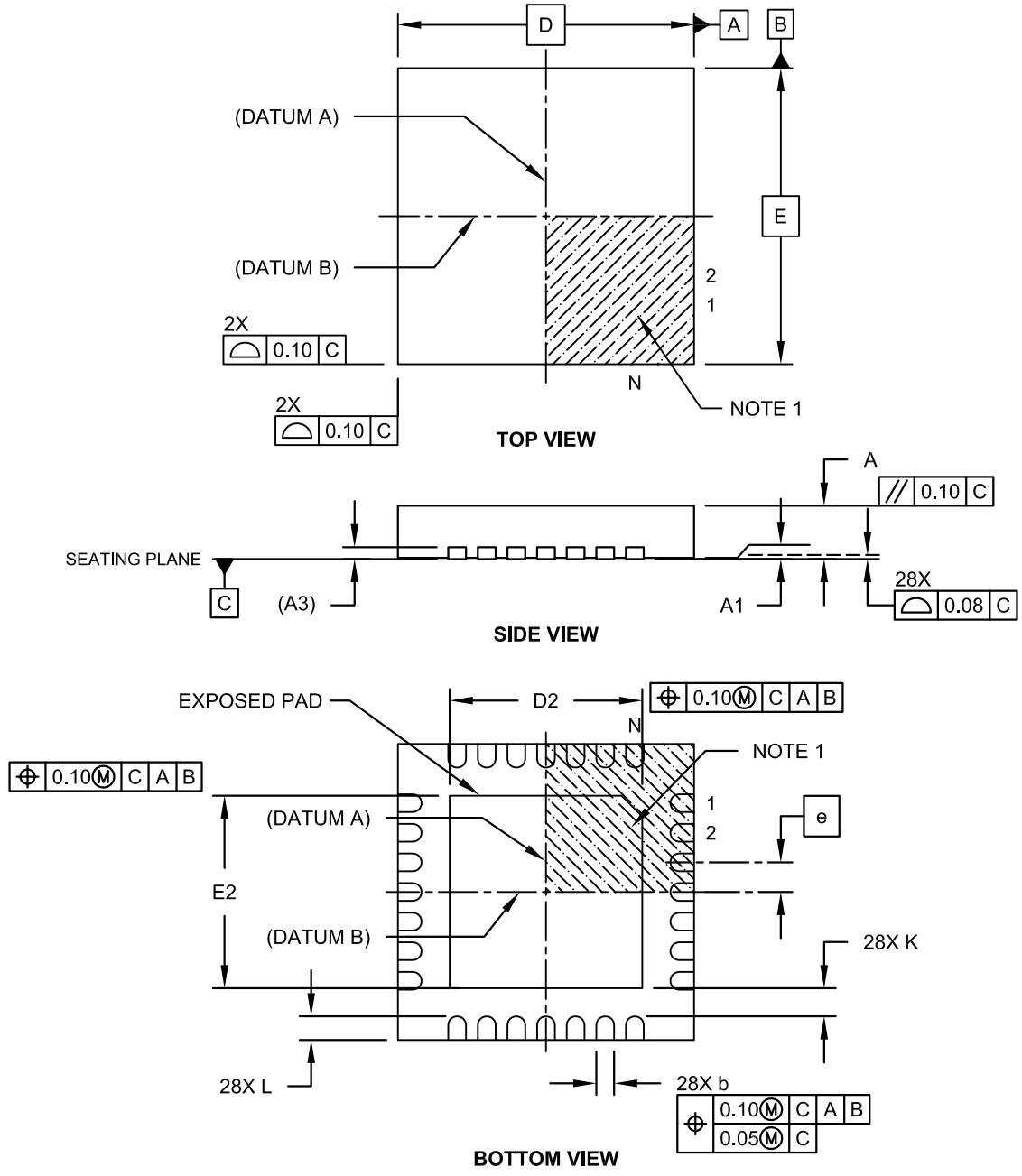
示例



图注：	XX...X	客户指定信息
	Y	年份代码 （日历年的最后一位数字）
	YY	年份代码 （日历年的最后两位数字）
	WW	星期代码 （一月一日的星期代码为 “01”）
	NNN	以字母数字排序的追踪代码
	e3	雾锡 （Matte Tin， Sn）的 JEDEC 无铅标志
	*	表示无铅封装。 JEDEC 无铅标志 （e3）标示于此种封装的外包装上。
注：	Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制表示客户指定信息的字符数。	

28引脚塑封四方扁平无脚封装（MQ）——主体5x5x0.9 mm [QFN]

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

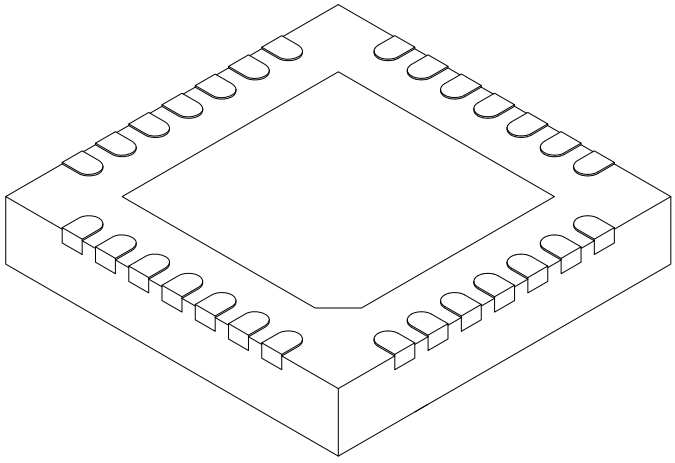


Microchip Technology Drawing C04-140B Sheet 1 of 2

© 2014 Microchip Technology Inc.

28引脚塑封四方扁平无脚封装（MQ）——主体5x5x0.9 mm [QFN]

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



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		28	
Pitch	e		0.50 BSC	
Overall Height	A	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Contact Thickness	A3		0.20 REF	
Overall Width	E		5.00 BSC	
Exposed Pad Width	E2	3.15	3.25	3.35
Overall Length	D		5.00 BSC	
Exposed Pad Length	D2	3.15	3.25	3.35
Contact Width	b	0.18	0.25	0.30
Contact Length	L	0.35	0.40	0.45
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	-	-

Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. Package is saw singulated.
3. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

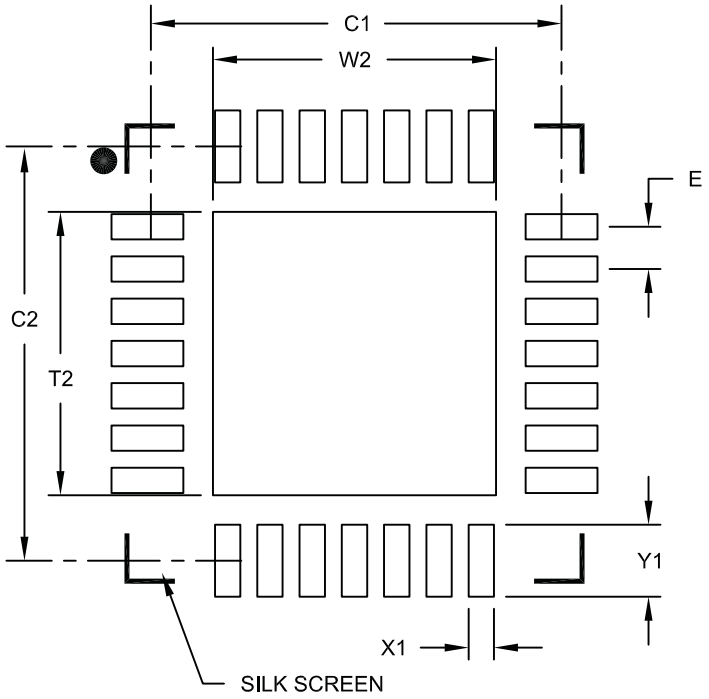
   BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

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

Microchip Technology Drawing C04-140B Sheet 2 of 2

28引脚塑封四方扁平无脚封装（MQ）——主体5x5 mm [QFN]焊盘布局，触点长度为0.55 mm

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



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E		0.50 BSC	
Optional Center Pad Width	W2			3.35
Optional Center Pad Length	T2			3.35
Contact Pad Spacing	C1		4.90	
Contact Pad Spacing	C2		4.90	
Contact Pad Width (X28)	X1			0.30
Contact Pad Length (X28)	Y1			0.85

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

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

Microchip Technology Drawing C04-2140A

© 2014 Microchip Technology Inc.

附录 A： 版本历史

版本 A （2013 年 12 月）

- 本文档的初始版本。

注：

© 2014 Microchip Technology Inc.

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	[X](1)	X	/XX
器件	卷带式	温度范围	封装

器件：	MCP39F501：具有计算功能的单相电能和功率监视IC
卷带式选项：	空白 = 标准封装（管式或卷带式） T = 卷带式(1)
温度范围：	E = -40°C至+125°C
封装：	MQ = 塑封正方扁平无脚封装——主体5x5x0.9 mm（QFN）

示例：

a) MCP39F501-E/MQ： 扩展级温度，28引脚5x5 QFN封装。

b) MCP39F501T-E/MQ： 卷带式，扩展级温度，28引脚5x5 QFN封装。

注 1： 卷带式标识符仅出现在产品目录的部件编号描述中。该标识符用于订货目的，不会印刷在器件封装上。关于提供卷带式包装的封装选项，请咨询Microchip销售办事处。

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，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 dsPIC、 FlashFlex、 flexPWR、 JukeBlox、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 Kleer、 LANCheck、 MediaLB、 MOST、 MOST 徽标、 MPLAB、 OptoLyzer、 PIC、 PICSTART、 PIC32 徽标、 RightTouch、 SpyNIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

The Embedded Control Solutions Company 和 mTouch 为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、 CodeGuard、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 ECAN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Inter-Chip Connectivity、 KleerNet、 KleerNet 徽标、 MiWi、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 MultiTRAK、 NetDetach、 Omniscient Code Generation、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、 RightTouch 徽标、 REAL ICE、 SQI、 Serial Quad I/O、 Total Endurance、 TSHARC、 USBCheck、 VariSense、 ViewSpan、 WiperLock、 Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

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

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2014, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-63276-516-1

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
═ ISO/TS 16949 ═

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。 Microchip 的 PIC® 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严格遵守公司的质量体系流程。此外， Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

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://www.microchip.com/support
网址：www.microchip.com

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

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

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

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

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
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

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

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

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
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: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

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

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

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

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

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
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: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

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

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

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

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

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

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

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

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

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

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

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

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

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

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

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

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

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

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

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

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

欧洲

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

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

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

德国 Germany - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

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

德国 Germany - Pforzheim
Tel: 49-7231-424750

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

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

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

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

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

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

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

03/25/14

© 2014 Microchip Technology Inc.