19-6792; Rev 0; 9/13

备有评估板

# MAX34408/MAX34409

## SMBus双/四通道电流监测器

## 概述

MAX34408和MAX34409为双和四通道电流监测器，利用标准I²C/SMBus串行接口进行配置和监测。每个单向电流传感器采用精密高边工作模式,具有低满幅检测电压。器件自动对两通道或四路通道排序，收集电流检测采样并进行平均，以降低冲击噪声的影响。将原始ADC采样与用户可设置的数字门限进行比较，指示过流状态。过流条件触发硬件输出并立即提供指示，以关断必要的外部电路。

## 应用

- 网络交换机与路由器
- 基站
- 服务器
- 智能电网系统
- 工业控制

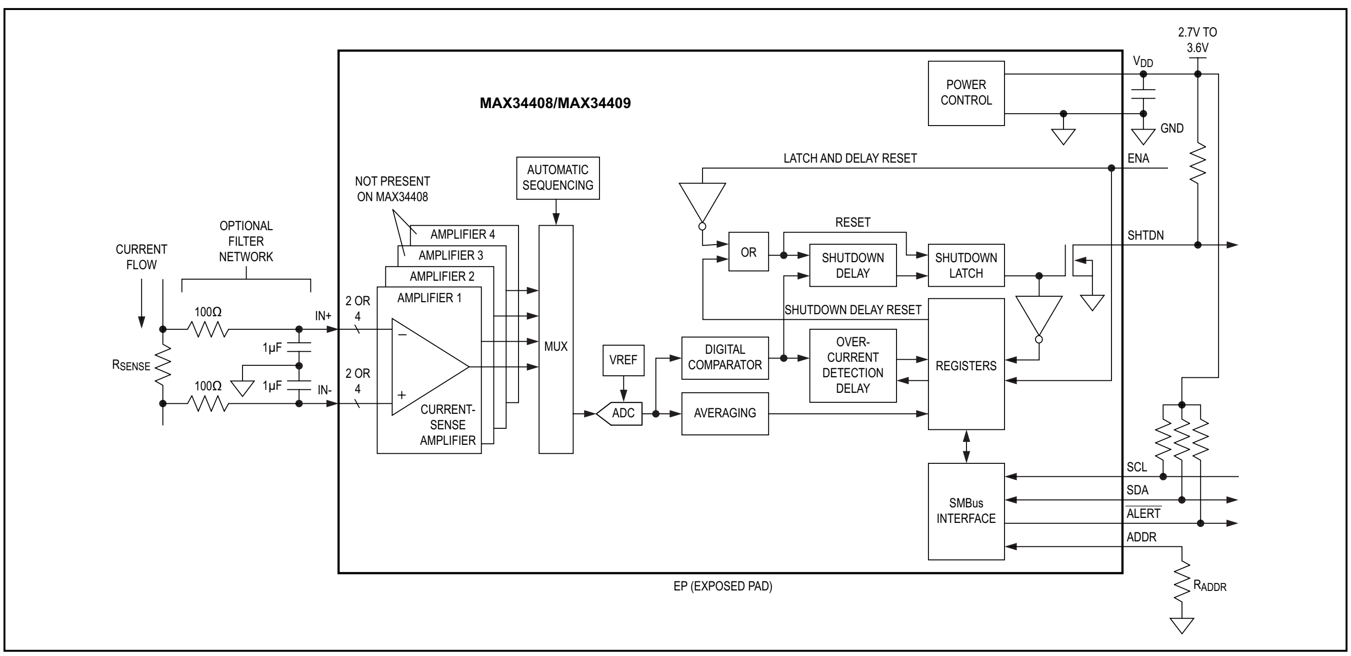
*定购信息在数据资料的最后给出。*

## 特性

- 双/四通道电流监测器
- 2.5V至13.2V宽共模范围
- 12.25mV低满幅电流检测电压
- 自动轮询排序采样每路电流检测输入
- 可选平均功能，以提高电流检测精度
- 可编程数字过流门限，带延迟功能
- I²C/SMBus接口，带总线超时
- 寄存器访问实时电流测量值
- 关断输出提供过流直接硬件指示
- 低功耗
- -40°C至+85°C温度范围
- 小尺寸、16引脚(4mm x 4mm) TQFN封装

*相关型号以及配合该器件使用的推荐产品，请参见：china.maximintegrated.com/MAX34408.related。*

## 典型应用电路和方框图



## Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on $V_{DD}$ Relative to GND ................-0.3V to +4V
Voltage Range on IN+, IN- Relative to GND.........-0.3V to +16V
Voltage Range on All Other Pins
Relative to GND... -0.3V to ($V_{DD}$ + 0.3V) (not to exceed +4V)
Differential Input Voltage, IN+ to IN- ..................................±16V
Continuous Power Dissipation ($T_A$ = +70°C)
16-Pin TQFN (derate 25mW/°C above +70°C).........2000mW
Operating Temperature Range.......................... -40°C to +85°C
Storage Temperature Range........................... -55°C to +125°C
Soldering Temperature (reflow).....................................+260°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ................................+300°C

*Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.*

## Package Thermal Characteristics(Note 1)

TQFN
Junction-to-Ambient Thermal Resistance ($\theta_{JA}$)...........40°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance ($\theta_{JC}$)..................6°C/W

**Note 1:** Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to **china.maximintegrated.com/thermal-tutorial**.

## Recommended DC Operating Conditions

($T_A$ = -40°C to +85°C.) (Notes 2, 3)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{DD}$ Operating Voltage Range | $V_{DD}$ | | 2.7 | | 3.6 | V |
| Input Logic 1: ENA Pin | $V_{IH1}$ | | $V_{DD}$ x 0.7 | | $V_{DD}$ + 0.3 | V |
| Input Logic 0: ENA Pin | $V_{IL1}$ | | -0.3 | | +0.3 x $V_{DD}$ | V |
| Input Logic 1: SCL/SDA Pins | $V_{IH2}$ | | 2.1 | | $V_{DD}$ + 0.3 | V |
| Input Logic 0: SCL/SDA Pins | $V_{IL2}$ | | -0.3 | | +0.8 | V |

## Electrical Characteristics

($V_{IN+}$ = $V_{IN-}$ = 12V, $V_{SENSE}$ = 0V, $V_{DD}$ = 2.7V to 3.6V, $T_A$ = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at $V_{DD}$ = 3.3V and $T_A$ = +25°C.) (Notes 2, 3)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Supply Current | $I_{DD}$ | SMBus idle | | 830 | | µA |
| Current-Sense Common-Mode Input Range | | | 2.5 | | 13.2 | V |
| Input Bias Current (IN+/IN-) | | Common-mode voltage = 13.2V, IN input differential = 12.25mV | | 2 | | µA |
| ADC Resolution | | | 8 | | | Bits |
| Per-Channel Current Sample Rate | | | | 1 | | ksps |
| IN Input Full Scale | | | 12.00 | 12.25 | 12.50 | mV |
| ADC INL | | | | ±0.5 | ±2 | LSB |
| ADC DNL | | | | ±0.5 | ±2 | LSB |
| IN Input Offset | | | | ±0.5 | ±4 | LSB |

## Electrical Characteristics (continued)

($V_{IN+}$ = $V_{IN-}$ = 12V, $V_{SENSE}$ = 0V, $V_{DD}$ = 2.7V to 3.6V, $T_A$ = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at $V_{DD}$ = 3.3V and $T_A$ = +25°C.) (Notes 2, 3)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Output Logic Low (SHTDN, $\overline{\text{ALERT}}$) | $V_{OL}$ | $I_{OL}$ = 4mA | | | 0.4 | V |
| Output Leakage (SHTDN, $\overline{\text{ALERT}}$) | | | | | ±1 | µA |
| SCL, SDA Leakage | | $V_{DD}$ = 0V or float | | | ±5 | µA |
| ENA Leakage | | | | | ±1 | µA |
| Digital Comparator Resolution | | | 8 | | | Bits |
| Delay Time from $V_{DD}$ Applied Until SMBus Active (Figure 1) | $t_{SMBD}$ | | | 500 | | µs |
| Delay Time from Common-Mode Voltage Applied Until Current Monitoring Active (Figure 1) | $t_{CSAD}$ | | | 10 | | ms |

## AC Electrical Characteristics: I2C/SMBus Interface

($V_{DD}$ = 2.7V to 3.6V, $T_A$ = -40°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at $V_{DD}$ = 3.3V, $T_A$ = +25°C.) (Notes 3, 4) (Figure 2)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SCL Clock Frequency | $f_{SCL}$ | | 10 | | 400 | kHz |
| Bus Free Time Between STOP and START Conditions | $t_{BUF}$ | | 1.3 | | | µs |
| Hold Time (Repeated) START Condition | $t_{HD:STA}$ | | 0.6 | | | µs |
| Low Period of SCL | $t_{LOW}$ | | 1.3 | | | µs |
| High Period of SCL | $t_{HIGH}$ | | 0.6 | | | µs |
| Data Hold Time | $t_{HD:DAT}$ | Receive | 0 | | | ns |
| | | Transmit | 300 | | | |
| Data Setup Time | $t_{SU:DAT}$ | | 100 | | | ns |
| Start Setup Time | $t_{SU:STA}$ | | 0.6 | | | µs |
| SDA and SCL Rise Time | $t_R$ | | | | 300 | ns |
| SDA and SCL Fall Time | $t_F$ | | | | 300 | ns |
| Stop Setup Time | $t_{SU:STO}$ | | 0.6 | | | µs |
| Clock Low Timeout | $t_{TO}$ | | 25 | | 35 | ms |

**Note 2:** All voltages are referenced to ground. Current entering the device are specified as positive and currents exiting the device are negative.
**Note 3:** Limits are 100% production tested at $T_A$ = +25°C. Limits over the operating temperature range and relevant supply voltage range are guaranteed by design and characterization.
**Note 4:** All timing specifications are guaranteed by design.

## 时序图

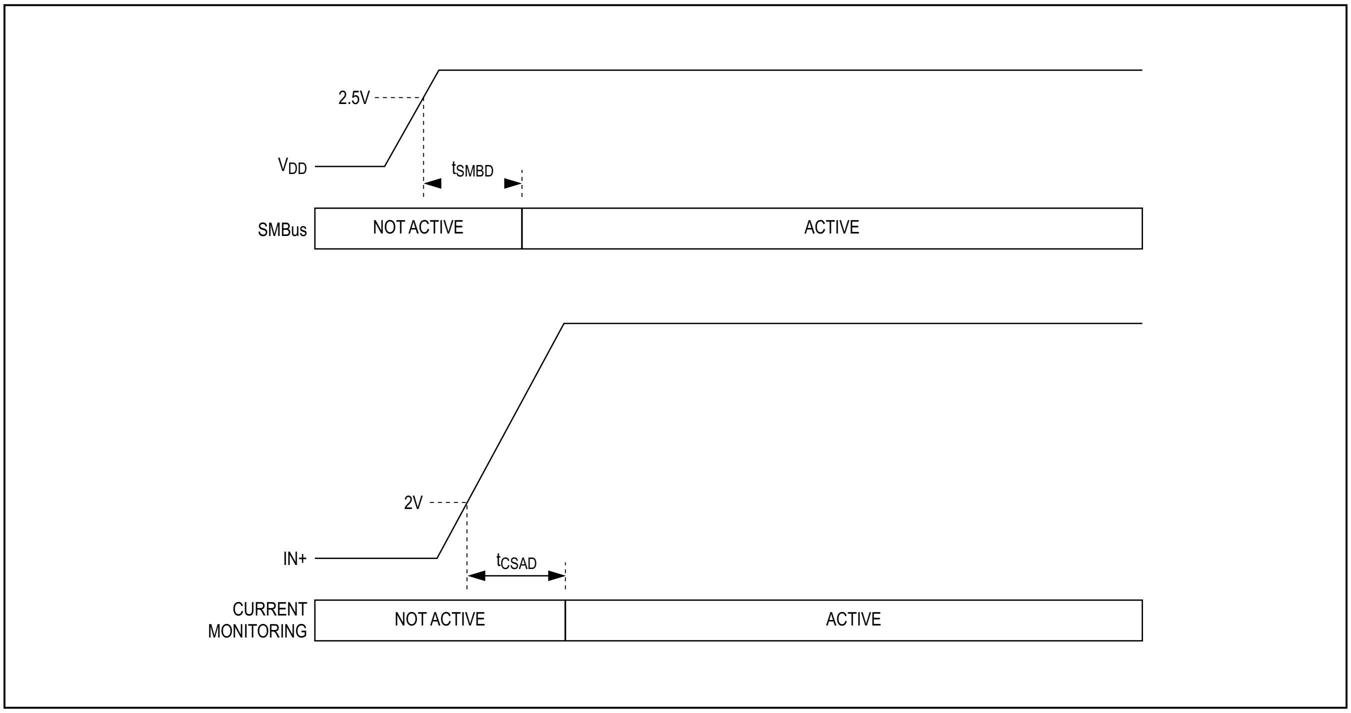



*图1. 延迟时序*

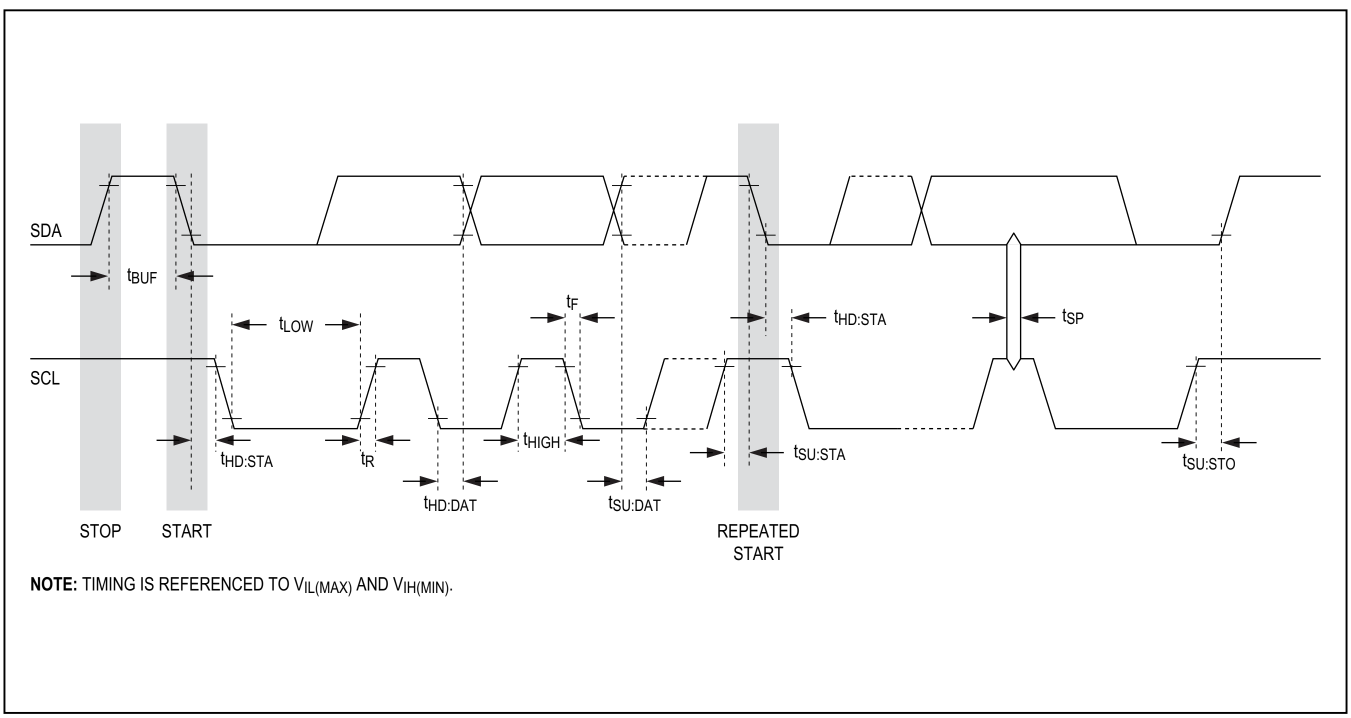
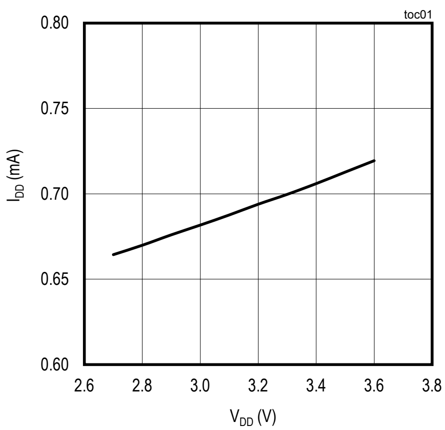



*图2. I²C/SMBus时序*

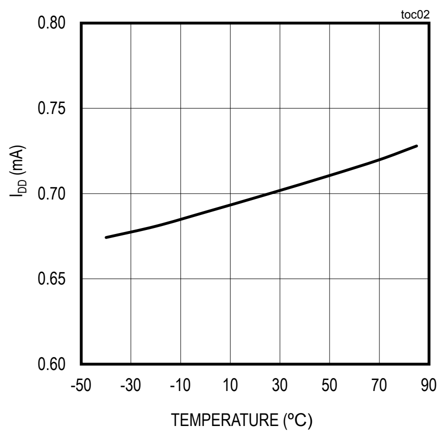
## 典型工作特性

($V_{DD}$ = 3.3V and $T_A$ = +25°C, common-mode voltage = 12.0V, unless otherwise noted.)

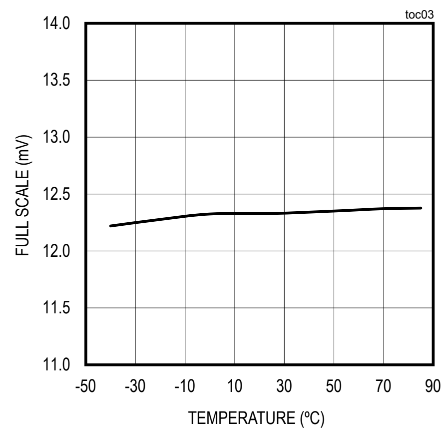
**SUPPLY CURRENT vs. SUPPLY VOLTAGE**



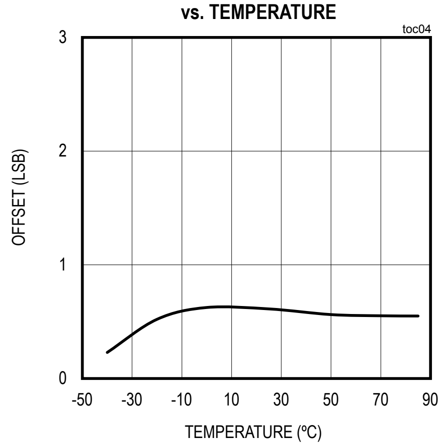

**SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE**



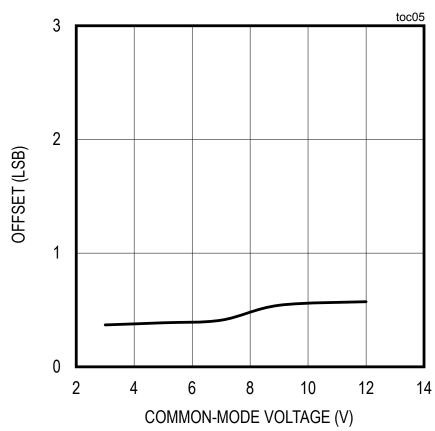

**IN INPUT FULL SCALE vs. TEMPERATURE**



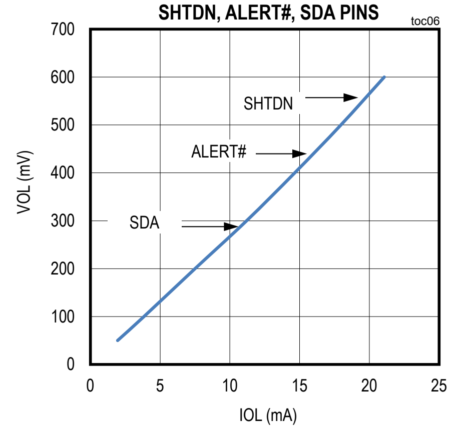

**IN INPUT OFFSET vs. TEMPERATURE**



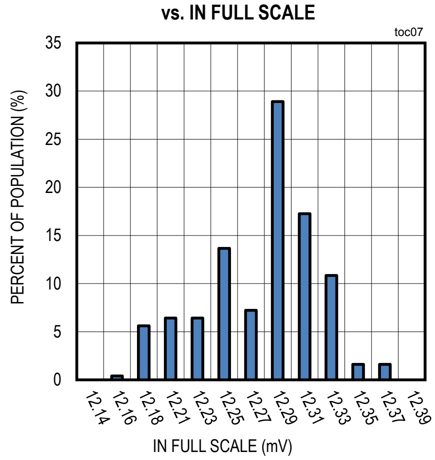

**IN INPUT OFFSET vs. COMMON-MODE VOLTAGE**



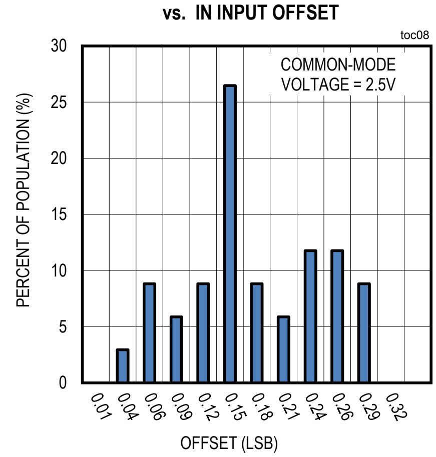

**VOL vs. IOL SHTDN, ALERT#, SDA PINS**



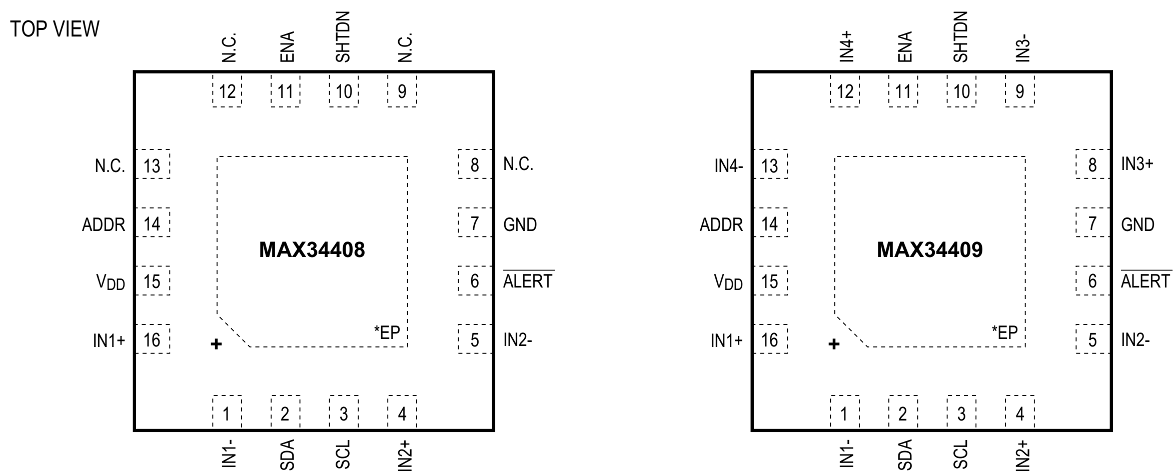

**PERCENT OF POPULATION vs. IN FULL SCALE**




**PERCENT OF POPULATION vs. IN INPUT OFFSET**



## 引脚配置




**16 TQFN**
**(4mm x 4mm x 0.75mm)**

*EXPOSED BACKSIDE PAD (EP)

## 引脚说明

| 引脚 | | 名称 | 功能 |
|---|---|---|---|
| **MAX34408** | **MAX34409** | | |
| 1 | 1 | IN1- | 外部检测电阻负载侧连接，用于放大器1。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| 2 | 2 | SDA | $I^2C$/SMBus兼容数据输入/输出，输出为开漏。 |
| 3 | 3 | SCL | $I^2C$/SMBus兼容时钟输入。 |
| 4 | 4 | IN2+ | 外部检测电阻电源侧连接，用于放大器2。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| 5 | 5 | IN2- | 外部检测电阻负载侧连接，用于放大器2。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| 6 | 6 | $\overline{\text{ALERT}}$ | $I^2C$/SMBus中断。开漏输出。 |
| 7 | 7 | GND | 接地连接。 |
| 8, 9, 12, 13 | — | N.C. | 不连接，请勿将任何信号连接至该引脚。 |
| 10 | 10 | SHTDN | 关断输出，开漏输出。ENA引脚为高电平时，如果超过任意数字比较器门限，该输出跳变为高阻态。 |
| 11 | 11 | ENA | SHTDN使能输入，CMOS数字输入。连接至GND时，清除闭锁，无条件使SHTDN输出变为无效状态(强制为低电平)并复位关断延迟；连接至VDD时，使能SHTDN输出的常规闭锁操作。 |
| 14 | 14 | ADDR | $I^2C$/SMBus地址选择。器件上电时，器件对连接至地的电阻进行采样，确定7位串行总线地址。关于电阻值与SMBus地址的对应关系，请参见*寻址*部分。 |

## 引脚说明(续)

| 引脚 | | 名称 | 功能 |
|---|---|---|---|
| MAX34408 | MAX34409 | | |
| 15 | 15 | $V_{DD}$ | 比较器和逻辑电路的电源电压，+2.7V至+3.6V供电。应利用100nF陶瓷电容将该引脚对地去耦。 |
| 16 | 16 | IN1+ | 外部检测电阻电源侧连接，用于放大器1。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| — | 8 | IN3+ | 外部检测电阻电源侧连接，用于放大器3。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| — | 9 | IN3- | 外部检测电阻负载侧连接，用于放大器3。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| — | 12 | IN4+ | 外部检测电阻电源侧连接，用于放大器4。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| — | 13 | IN4- | 外部检测电阻负载侧连接，用于放大器4。不使用该引脚时，应保持开路。 |
| — | — | EP | 裸焊盘，无内部电气连接，可保持开路。 |

## 详细说明

MAX34408和MAX34409为双和四通道电流监测器，利用标准I²C/SMBus串行接口进行配置和监测。每个单向电流传感器采用精密高边工作模式,具有低满幅检测电压。器件自动对两通道或四路通道排序收集电流检测采样并进行平均，以降低冲击噪声的影响。将原始ADC采样与用户可设置的数字门限进行比较，指示过流状态。过流条件触发硬件输出并立即提供指示，以关断必要的外部电路。

器件提供$\overline{\text{ALERT}}$输出信号。通过SMBus兼容通信端口与主机进行通信。

### SMBus操作

器件采用《系统管理总线规范》2.0版中规定的SMBus命令/响应格式。下面列举了几种主机与从机之间的数据流结构，用于支持不同类型的事务处理。发送数据时MSB在前。器件上电时，通过采样连接至ADDR引脚的电阻，确定MAX34408或MAX34409的固定从地址，详细信息请参见*寻址*部分。器件上电时，器件默认为STATUS命令代码(00h)。如果主机发送的命令代码无效，器件响应NACK(非应答)命令代码；如果主机试图利用无效命令代码读取器件，返回数据字节中全为1(FFh)。

## 表1. 读字节格式

| 1 | 7 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 | 7 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | Slave Address | W | A | Command Code | A | SR | Slave Address | R | A | Data Byte | NA | P |

## 表2. 写字节格式

| 1 | 7 | 1 | 1 | 8 | 1 | 8 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | Slave Address | W | A | Command Code | A | Data Byte | A | P |

**约定:**

S = Start

SR = Repeated Start

P = Stop

W = 写位(0)

R = 读位(1)

A = 应答(ACK) (0)

NA = 非应答(NACK) (1)

阴影 = 从机事务

### 寻址

从机接收到固定从地址时，通过在总线上发送ACK进行响应。器件上电时，通过采样连接至ADDR引脚的电阻，确定MAX34408或MAX34409的固定从地址，更多详细信息请参见表4。器件不响应全呼地址，仅在接收到其固定从地址或报警响应地址(ARA)时进行响应，更多详细信息请参见ALERT说明。

### ALERT和报警响应地址(ARA)

如果$\overline{\text{ALERT}}$输出使能(在CONTROL中ALERT位 = 1)，检测到过流条件时，器件发出$\overline{\text{ALERT}}$信号，然后等待主机发送报警响应地址(ARA)，如表5所示。

如果器件收到ARA，并且触发了$\overline{\text{ALERT}}$报警，器件通过总线仲裁尝试将其固定从地址发送到总线上，因为其它器件可能也在尝试响应该ARA。仲裁规则规定最低地址器件优先获得总线。如果器件赢得仲裁，将清除$\overline{\text{ALERT}}$；如果器件错过仲裁，则保持$\overline{\text{ALERT}}$置位，并等待主机再次发送ARA。

## 表3. 接收字节格式(从最后事务命令代码中读取数据)

| 1 | 7 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S | Slave Address | R | A | Data Byte | NA | P |

## 表4. SMBus从地址选择

| $R_{ADDR}$ (±1%) | SLAVE ADDRESS | $R_{ADDR}$ (±1%) | SLAVE ADDRESS |
|---|---|---|---|
| Open | 0011 110 (3Ch) | 3.01kΩ | 0010 110 (2Ch) |
| 9.31kΩ | 0011 100 (38h) | 1.69kΩ | 0010 100 (28h) |
| 6.81kΩ | 0011 010 (34h) | 750Ω | 0010 010 (24h) |
| 4.75kΩ | 0011 000 (30h) | 0 (connect to GND) | 0010 000 (20h) |

## 表5. 报警响应地址(ARA)字节格式

| 1 | 7 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S | ARA 0001100 | R | A | Device Slave Address with LSB = 1 | NA | P |

## SMBus命令

下文将概要介绍器件支持的各种SMBus命令，请参见表6。

### 表6.命令代码

| COMMAND CODE | NAME | DETAILED DESCRIPTION | TYPE | POR (Note 1) |
|---|---|---|---|---|
| 00h | STATUS | Overcurrent Alarm | R/W Byte | 00h |
| 01h | CONTROL | Device Configuration | R/W Byte | 0Ch |
| 02h | OCDELAY | Overcurrent Detection Delay Configuration | R/W Byte | 04h |
| 03h | SDDELAY | SHTDN Pin Delay Configuration | R/W Byte | 14h |
| 04h | ADC1 | Averaged ADC Reading from Current Sensor 1 | Read Byte | — |
| 05h | ADC2 | Averaged ADC Reading from Current Sensor 2 | Read Byte | — |
| 06h | ADC3 | Averaged ADC Reading from Current Sensor 3 (Note 2) | Read Byte | — |
| 07h | ADC4 | Averaged ADC Reading from Current Sensor 4 (Note 2) | Read Byte | — |
| 08h | OCT1 | Overcurrent Threshold for Current Sensor 1 | R/W Byte | D1h |
| 09h | OCT2 | Overcurrent Threshold for Current Sensor 2 | R/W Byte | D1h |
| 0Ah | OCT3 | Overcurrent Threshold for Current Sensor 3 (Note 3) | R/W Byte | D1h |
| 0Bh | OCT4 | Overcurrent Threshold for Current Sensor 4 (Note 3) | R/W Byte | D1h |
| 0Ch | DID | Device ID & Revision | Read Byte | Factory Set |
| 0Dh | DCYY | Date Code Year | Read Byte | Factory Set |
| 0Eh | DCWW | Date Code Work Week | Read Byte | Factory Set |

注1：POR = 上电复位，器件上电时的默认值。
注2：MAX34408中，读取ADC3和ADC4时，总返回00h。
注3：MAX34408中，OCT3和OCT4可读、写，但对器件无影响。

## STATUS (00h)

STATUS命令返回1个字节的信息，包括故障状态总汇以及ENA和SHTDN引脚的实时状态。STATUS字节消息的内容请参见表7，STATUS位3:0请参见图3。

### 表7. STATUS (00h)—R/W字节

| BIT | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NAME | NA | NA | ENA | SHTDN | OC4 | OC3 | OC2 | OC1 |
| POR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**注：**标有NA的位表示未分配，无意义，读取时可能为0或1。

| 位 | 名称 | 说明 |
|---|---|---|
| 5 | ENA | 该位表示ENA输入引脚的实时状态。发起SMBus通信时，对ENA引脚进行采样。该位对$\overline{\text{ALERT}}$输出无影响。向该位写0或1不影响器件。 |
| 4 | SHTDN | 该位表示SHTDN输出引脚的实时状态。发起SMBus通信时，对关断闭锁进行采样。该位对$\overline{\text{ALERT}}$输出无影响。向该位写0或1不影响器件。 |
| 3:0 | OC4/OC3/OC2/OC1 (MAX34409) | 该位表示每个电流传感器过流门限的闭锁状态。OCD0至OCD3位由OCDELAY命令配置，表示经过多少次连续过流门限采样后将这些位置位。一旦置位，这些位则保持不变，直到写0；清零之后，只有检测电流超过门限的时间达到设定的延时后，才可置位。如果CONTROL命令中的ALERT位置1，置位其中任意位将使$\overline{\text{ALERT}}$引脚变为有效。如果$\overline{\text{ALERT}}$引脚为有效状态，读或写STATUS命令将使其变为无效。MAX34408中，OC3和OC4位无影响。 |
| 1:0 | OC2/OC1 (MAX34408) | |

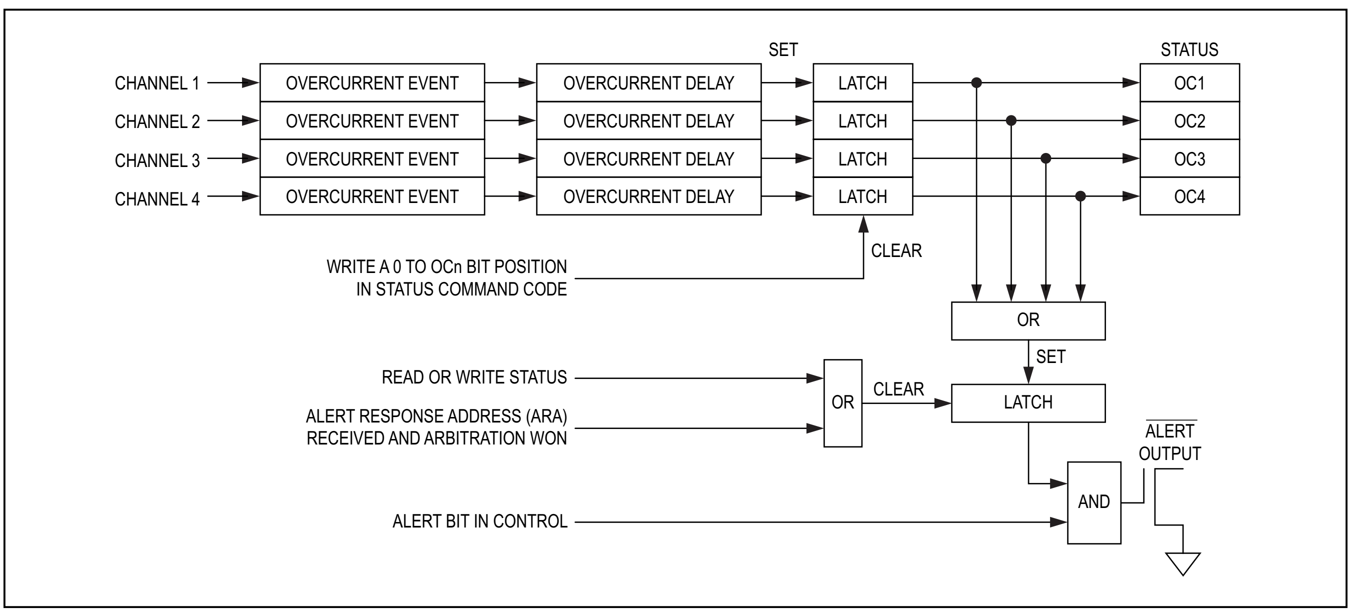



*图3. OCn状态位置位/清零功能以及$\overline{\text{ALERT}}$触发*

### CONTROL (01h)

CONTROL命令配置数字电流检测平均功能。CONTROL命令也定义器件是否响应报警响应地址。CONTROL字节命令的说明请参见表8。

## 表8. CONTROL (01h)—R/W字节

| BIT | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **NAME** | NA | NA | NA | NA | ALERT | AVG2 | AVG1 | AVG0 |
| **POR** | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

**注：**标有NA的位表示未分配，无意义，读取时可能为0或1。

<table>
<tr><th>位</th><th>名称</th><th colspan="4">说明</th></tr>
<tr><td>3</td><td>ALERT</td><td colspan="4">如果该位清零，禁止/ALERT输出，器件不响应报警响应地址；如果该位置位，使能$\overline{\text{ALERT}}$，器件响应报警响应地址。</td></tr>
<tr><td rowspan="10">2:0</td><td rowspan="10">AVG2/<br>AVG1/AVG0</td><td colspan="4">这些位配置数字电流检测平均功能，如下所示。</td></tr>
<tr><td>AVG2</td><td>AVG1</td><td>AVG0</td><td>所选平均</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1次采样(不平均)</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2次采样</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>4次采样</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>8次采样</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>16次采样(默认值)</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>32次采样</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>64次采样</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>128次采样</td></tr>
</table>

## OVER_CURRENT_DELAY (02h)

OVER_CURRENT_DELAY命令配置和复位过流延迟计数器。OVER_CURRENT_DELAY字节命令的说明请参见表9，延迟计数器时序请参见图4。

### 表9. OVER_CURRENT_DELAY (02h)——读/写字节

| BIT | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NAME | RESET | OCD6 | OCD5 | OCD4 | OCD3 | OCD2 | OCD1 | OCD0 |
| POR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

<table>
<tr><th>位</th><th>名称</th><th colspan="3">说明</th></tr>
<tr><td>7</td><td>RESET</td><td colspan="3">如果该位清零，OCD0至OCD6位用于设置所有通道的过流延迟；如果该位置位，复位所有过流延迟计数器，器件不触发任何过流事件，清除OC状态位。</td></tr>
<tr><td rowspan="11">6:0</td><td rowspan="11">OCD6至<br>OCD0</td><td colspan="3">这些位配置过流延迟，如下所示。对于每路通道，只有以下所列的延迟时间内的连续采样均超过数字过流门限，才设置STATUS寄存器中的对应OC位，触发/ALERT输出(如果CONTROL命令中的ALERT位使能)。例如，如果延迟设置为0ms，采样第一次超过门限时，则置位OC位，触发/ALERT输出；如果延迟设置为4ms，只有在连续5次采样均超过过流门限时，才置位OC位，触发$\overline{\text{ALERT}}$输出。</td></tr>
<tr><th>OCD[6:0]</th><th colspan="2">过流延迟</th></tr>
<tr><td>00h</td><td>0ms</td><td>1次事件</td></tr>
<tr><td>01h</td><td>1ms</td><td>2次连续事件</td></tr>
<tr><td>02h</td><td>2ms</td><td>3次连续事件</td></tr>
<tr><td>03h</td><td>3ms</td><td>4次连续事件</td></tr>
<tr><td>04h</td><td>4ms (default)</td><td>5次连续事件</td></tr>
<tr><td>14h</td><td>20ms</td><td>21次连续事件</td></tr>
<tr><td>15h</td><td>21ms</td><td>22次连续事件</td></tr>
<tr><td>7Eh</td><td>126ms</td><td>127次连续事件</td></tr>
<tr><td>7Fh</td><td>127ms</td><td>128次连续事件</td></tr>
</table>

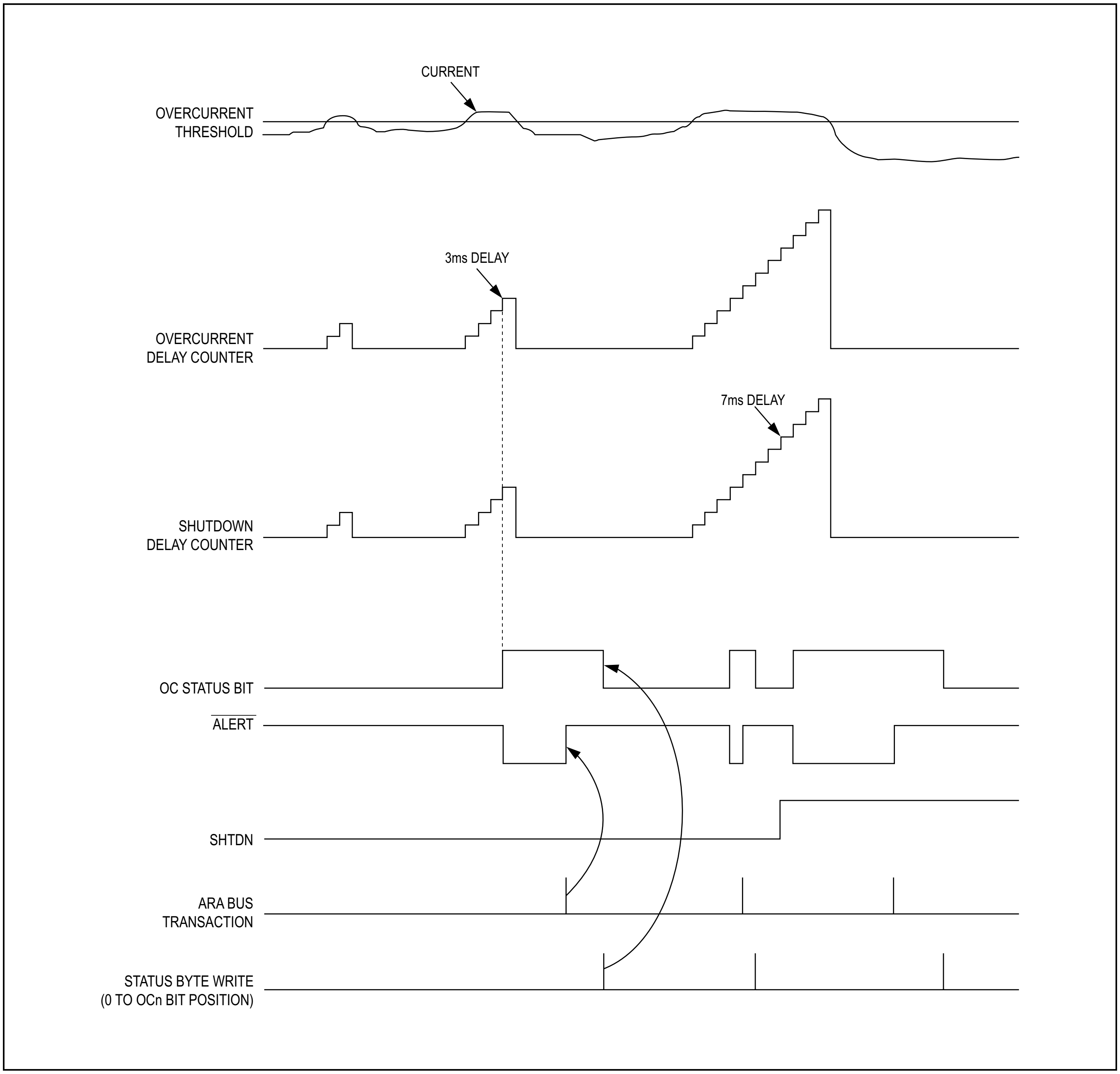

CURRENT
OVERCURRENT THRESHOLD
3ms DELAY
OVERCURRENT DELAY COUNTER
7ms DELAY
SHUTDOWN DELAY COUNTER
OC STATUS BIT
ALERT
SHTDN
ARA BUS TRANSACTION
STATUS BYTE WRITE (0 TO OCn BIT POSITION)

*图4. 延迟时序*

### SHUTDOWN_DELAY (03h)

SHUTDOWN_DELAY命令配置和复位关断延迟计数器。SHUTDOWN_DELAY字节命令的说明请参见表10。

## 表10. SHUTDOWN_DELAY (03h)——读/写字节

| BIT | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NAME | RESET | SHD6 | SHD5 | SHD4 | SHD3 | SHD2 | SHD1 | SHD0 |
| POR | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

<table>
<tr><th>位</th><th>名称</th><th colspan="3">说明</th></tr>
<tr><td>7</td><td>RESET</td><td colspan="3">如果该位清零，SHD0至SHD6位用于设置控制SHTDN引脚的关断延迟；如果该位置位，复位关断延迟计数器，强制SHTDN引脚无效(低电平)。</td></tr>
<tr><td rowspan="11">6:0</td><td rowspan="11">SHD6至<br>SHD0</td><td colspan="3">这些位配置关断闭锁延迟，如下所示。对于每个通道，只有以下所列的延迟时间内的连续采样均超过数字过流门限，才会触发关断闭锁(进而触发SHTDN引脚)。例如，如果延迟设置为0ms，采样第一次超过门限时，则触发SHTDN输出；如果延迟设置为20ms，只有连续21次采样均超过过流门限时，才触发SHTDN输出。</td></tr>
<tr><th>SHD[6:0]</th><th colspan="2">关断延迟</th></tr>
<tr><td>00h</td><td>0ms</td><td>1次事件</td></tr>
<tr><td>01h</td><td>1ms</td><td>2次连续事件</td></tr>
<tr><td>02h</td><td>2ms</td><td>3次连续事件</td></tr>
<tr><td>03h</td><td>3ms</td><td>4次连续事件</td></tr>
<tr><td>13h</td><td>19ms</td><td>20次连续事件</td></tr>
<tr><td>14h</td><td>20ms (default)</td><td>21次连续事件</td></tr>
<tr><td>15h</td><td>21ms</td><td>22次连续事件</td></tr>
<tr><td>7Eh</td><td>126ms</td><td>127次连续事件</td></tr>
<tr><td>7Fh</td><td>127ms</td><td>128次连续事件</td></tr>
</table>

### ADC1/2/3/4 (04h/05h/06h/07h)

ADC1/2/3/4命令返回对应的最新电流测量读数。ADC1/2/3/4字节命令的说明请参见表11。

## 表11. ADC1/2/3/4 (04h/05h/06h/07h)——读字节

| BIT | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NAME | C7 | C6 | C5 | C4 | C3 | C2 | C1 | C0 |
| POR | X | X | X | X | X | X | X | X |

| 位 | 名称 | 说明 |
|---|---|---|
| 7:0 | C7至C0 | 这些位报告ADC的最新电流读数。报告的读数为按照CONTROL命令中的AVG0至AVG2位配置的平均功能进行平均后的结果。如果读取ADC结果的速度快于采样速度，则报告之前采样值的平均结果。MAX34408中，读取ADC3和ADC4时，总返回00h。 |

### OVER_CURRENT_THRESHOLD_1/2/3/4 (08h/09h/0Ah/0Bh)

OVER_CURRENT_THRESHOLD_1/2/3/4命令设置每个通道的过流门限。OVER_CURRENT_THRESHOLD_1/2/3/4字节命令的说明请参见表12，表13所示为配置公式，表14为例子。

#### 表12. OVER_CURRENT_THRESHOLD_1/2/3/4 (08h/09h/0Ah/0Bh)——读/写字节

| BIT | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NAME | OCT7 | OCT6 | OCT5 | OCT4 | OCT3 | OCT2 | OCT1 | OCT0 |
| POR | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

注：MAX34408中，OCT3和OCT4可读、写，但对器件无影响。

| 位 | 名称 | 说明 |
|---|---|---|
| 7:0 | OCT7至OCT0 | 这些位选择每个通道的数字过流门限。选择门限的公式如表13所示。如果门限设置为FFh，禁止数字比较器，比较器的输出变为无效。 |

#### 表13. 过流门限寄存器配置公式

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Overcurrent Threshold Analog Voltage at the IN+/IN- Pins | ÷ | 0.01225 | = | Ratio to Full Scale | x | 256 | = | Rounded Decimal Value | = | Overcurrent Threshold Register Setting |

#### 表14. 过流门限寄存器示例

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10mV | ÷ | 0.01225 | = | 0.816 | x | 256 | = | 209 | = | D1h |

### DEVICE_ID_&_REVISION (0Ch)

DEVICE_ID_&_REVISION命令返回固定的器件ID和工厂设置的版本。DEVICE_ID_&_REVISION字节命令的说明请参见表15。

#### 表15. DEVICE_ID_&_REVISION (0Ch)——读字节

| BIT | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NAME | ID4 | ID3 | ID2 | ID1 | ID0 | REV2 | REV1 | REV0 |
| POR | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Factory set | | |

| 位 | 名称 | 说明 |
|---|---|---|
| 7:3 | ID4至ID0 | 这些位表示器件识别码(ID)。ID固定为01h。 |
| 2:0 | REV2至REV0 | 这些位表示器件版本。器件版本由工厂设置。 |

## DATE_CODE_YEAR (0Dh)

DATE_CODE_YEAR命令返回工厂设置的日期编码。DATE_CODE_YEAR字节命令的说明请参见表16。

### 表16. DATE_CODE_YEAR (0Dh)——读字节

| **BIT** | **BIT 7** | **BIT 6** | **BIT 5** | **BIT 4** | **BIT 3** | **BIT 2** | **BIT 1** | **BIT 0** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **NAME** | 0 | 0 | YY5 | YY4 | YY3 | YY2 | YY1 | YY0 |
| **POR** | Factory Set | | | | | | | |

<table>
<tr><th>位</th><th>名称</th><th colspan="2">说明</th></tr>
<tr><td rowspan="5">5:0</td><td rowspan="5">YY5至YY0</td><td colspan="2">这些位表示测试器件年份的最后两个十进制位。<br>年份表示为二进制小数。以下所列为部分示例。有效范围到2063年。</td></tr>
<tr><td>YY[5:0]</td><td>年份</td></tr>
<tr><td>0Ch</td><td>2012</td></tr>
<tr><td>0Dh</td><td>2013</td></tr>
<tr><td>14h</td><td>2020</td></tr>
</table>

## DATE_CODE_WORK_WEEK (0Eh)

DATE_CODE_WORK_WEEK命令返回工厂设置的日期编码。DATE_CODE_WORK_WEEK字节命令的说明请参见表17。

### 表17. DATE_CODE_WORK_WEEK (0Eh)——读字节

| **BIT** | **BIT 7** | **BIT 6** | **BIT 5** | **BIT 4** | **BIT 3** | **BIT 2** | **BIT 1** | **BIT 0** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **NAME** | 0 | 0 | WW5 | WW4 | WW3 | WW2 | WW1 | WW0 |
| **POR** | Factory Set | | | | | | | |

<table>
<tr><th>位</th><th>名称</th><th colspan="2">说明</th></tr>
<tr><td rowspan="5">5:0</td><td rowspan="5">WW5至<br>WW0</td><td colspan="2">这些位表示测试器件的工作周。工作周表示为二进制小数。以下所列为部分示例。00h(十进制0)及36h(十进制54)至3Fh (63)无效。</td></tr>
<tr><td>WW[5:0]</td><td>工作周</td></tr>
<tr><td>06h</td><td>6</td></tr>
<tr><td>0Dh</td><td>13</td></tr>
<tr><td>2Bh</td><td>43</td></tr>
</table>

## 应用信息

### 检测电阻，$R_{SENSE}$

调节$R_{SENSE}$值，以监测较大或较小的电流。根据以下标准选择$R_{SENSE}$：

**电阻值：** 选择的$R_{SENSE}$电阻值使预期最大电流产生10mV满幅电流检测电压。按照下式选择$R_{SENSE}$，表18所列为部分示例：

$$R_{SENSE} = 10mV/(最大电流)$$

**功率耗散：** 根据最大预期电流和功率耗散(瓦特)选择检测电阻的额定值。如果过度变热，检测电阻的值可能发生漂移。

### 精度

实测电流读数越接近12.25mV满幅电流检测电压，电流测量精度越高，这是因为检测电压较大时，失调电压变得不太明显。为获得最佳性能，选择的RSENSE在应用中的满幅电流时提供大约10mV的检测电压。图5所示为输入失调引起的误差与满幅读数百分比之间的关系曲线。

## 表18. $R_{SENSE}$值示例

| $R_{SENSE}$ (mΩ) | MAX CURRENT (A) |
|---|---|
| 0.25 | 40 |
| 0.5 | 20 |
| 1 | 10 |
| 5 | 2 |
| 10 | 1 |
| 50 | 0.2 |
| 100 | 0.1 |
| 200 | 0.05 |
| 500 | 0.02 |

### 开尔文连接

由于大电流流过$R_{SENSE}$，应消除寄生走线电阻，避免引起检测电压误差。采用图6所示的开尔文(加载和感应) PCB布局技术。

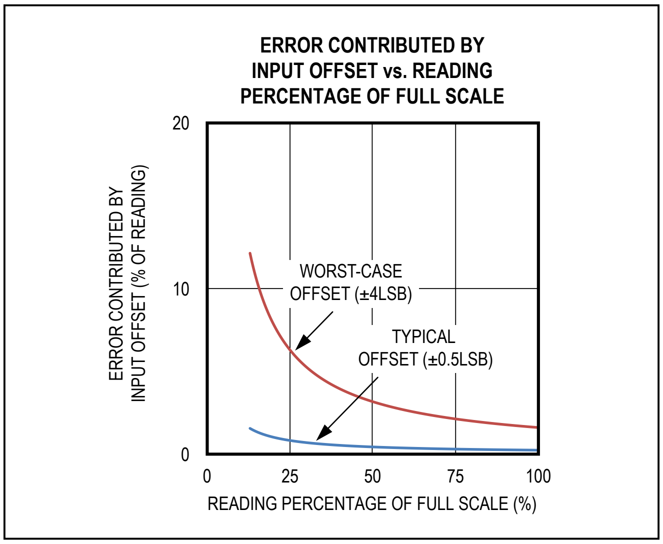



*图5. 输入失调误差*

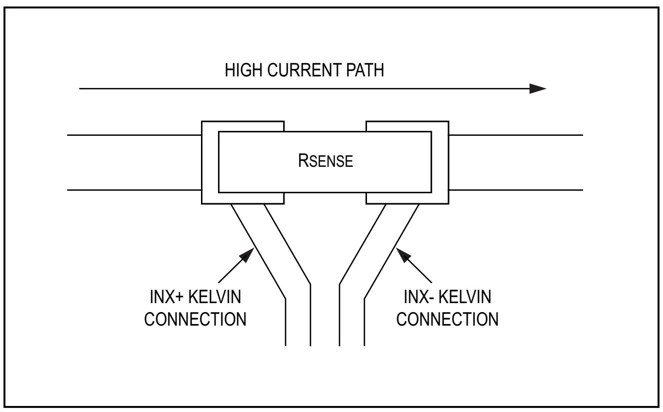



*图6. 开尔文连接布局示例*

### 可选滤波网络

对于多噪环境，可在器件放大器输入端安装简单的低通滤波器，如图7所示。100Ω电阻和1µF电容提供1.6kHz衰减频率。为实现最有效的结果，将滤波器与器件的数字平均功能组合使用，如*CONTROL (01h)*部分所述。

### 布局考虑

对于多噪的数字环境，建议使用独立地层和电源层的多层PCB。使数字信号远离敏感的模拟输入。放大器输入端的未屏蔽长走线会拾取噪声，影响性能。模拟差分电流检测走线应尽可能靠近一起，将共模抑制最大化。

### 电源去耦

在使用器件时为获得最理想结果，需采用一个0.1µF电容对$V_{DD}$电源进行去耦。尽可能采用高质量表贴陶瓷电容，表贴元件将引线电感降至最小，从而改善性能，并且陶瓷电容为去耦应用提供了足够的高频响应。

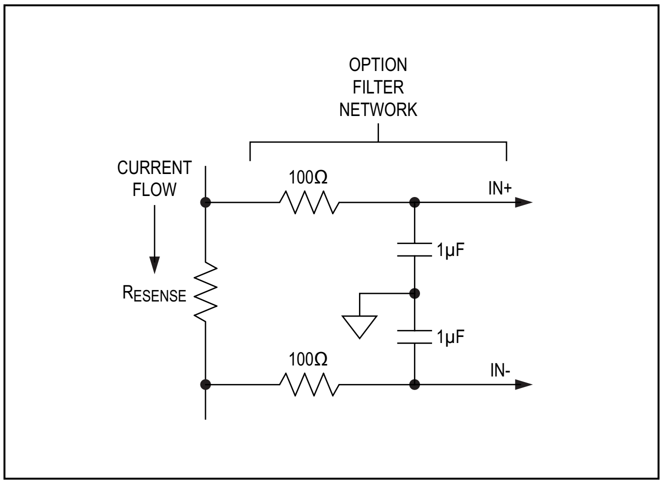



*图7. 滤波网络*

## 定购信息

| 器件 | 配置 | 引脚–封装 |
| --- | --- | --- |
| MAX34408ETE+ | Dual | 16 TQFN-EP* |
| MAX34409ETE+ | Quad | 16 TQFN-EP* |

*+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。*

**EP = 裸焊盘。*

## 封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局(占位面积)，请查询**china.maximintegrated.com/packages**。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符， 但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

| 封装类型 | 封装编码 | 外形编号 | 焊盘布局编号 |
| --- | --- | --- | --- |
| 16 TQFN-EP | T1644+4 | 21-0139 | 90-0070 |

## 修订历史

| 修订号 | 修订日期 | 说明 | 修改页 |
|---|---|---|---|
| 0 | 9/13 | 最初版本。 | — |

Maxim北京办事处
北京8328信箱 邮政编码100083
免费电话：800 810 0310
电话：010-6211 5199
传真：010-6211 5299