



# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

## 概述

DS2775–DS2778以mAh和容量百分比形式报告可充电锂离子(Li+)电池和锂聚合物(Li-Poly)电池的剩余电量。集成的Li+保护器确保器件安全工作。DS2776/DS2778除了具备DS2775/DS2777的所有功能外，还支持基于SHA-1的质询响应认证。

器件通过精密的电压、温度和电流测量，结合电池特性和应用参数估算电池容量。容量寄存器根据当前温度、放电速率、存储电荷和应用参数提供电量的保守估计。

DS2775–DS2778工作于+4.0V至+9.2V，可直接连接到2节Li+或锂聚合物电池包内。

除了存储电池补偿参数和应用参数的非易失存储器外，DS2775–DS2778还提供16字节EEPROM，主机系统和/或电池制造商可以用来存储电池批号和数据追踪信息。EEPROM还可用作系统和/或电池使用统计数据的非易失存储。提供Maxim 1-Wire® (DS2775/DS2776)或2线(DS2777/DS2778)串行接口，用于访问测量和容量数据寄存器、控制寄存器以及用户存储器。DS2776/DS2778在电池包认证中采用SHA-1散列算法作为质询响应认证协议。

## 应用

低成本笔记本电脑

UMPC

DSLR摄像机

摄像机

商用及军用无线通信设备

便携式医疗设备

## 特性

- ◆ 高端nFET驱动器和保护电路
- ◆ 精密的电压、温度和电流测量系统
- ◆ 根据库仑计、放电速率、温度和电池特性估算剩余容量
- ◆ 学习过程中估算电池老化
- ◆ 采用低成本检流电阻
- ◆ 可校准增益和温度系数
- ◆ 可编程过压和过流门限
- ◆ 采用SHA-1算法(DS2776/DS2778)进行电池包认证
- ◆ 32字节参数EEPROM
- ◆ 16字节用户EEPROM
- ◆ 带有64位唯一ID的Maxim 1-Wire接口(DS2775/DS2776)
- ◆ 具有64位唯一ID的2线接口(DS2777/DS2778)
- ◆ 3mm x 5mm、14引脚TDFN无铅封装

## 订购信息

| PART            | PIN-PACKAGE | TOP MARK |
|-----------------|-------------|----------|
| <b>DS2775G+</b> | 14 TDFN-EP* | D2775    |
| DS2775G+T&R     | 14 TDFN-EP* | D2775    |
| <b>DS2776G+</b> | 14 TDFN-EP* | D2776    |
| DS2776G+T&R     | 14 TDFN-EP* | D2776    |
| <b>DS2777G+</b> | 14 TDFN-EP* | D2777    |
| DS2777G+T&R     | 14 TDFN-EP* | D2777    |
| <b>DS2778G+</b> | 14 TDFN-EP* | D2778    |
| DS2778G+T&R     | 14 TDFN-EP* | D2778    |

注：所有器件均工作于-20°C至+70°C温度范围。

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

T&R = 卷带包装。

\*EP = 裸焊盘。

选型指南在数据资料的最后给出。

1-Wire是Maxim Integrated Products, Inc.的注册商标。



Maxim Integrated Products 1

本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。

有关价格、供货及订购信息，请联络Maxim亚洲销售中心：10800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，或访问Maxim的中文网站：china.maxim-ic.com。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on PLS, CP, CC, DC Pins  
Relative to  $V_{SS}$  .....-0.3V to +18V  
Voltage Range on  $V_{DD}$ ,  $V_{IN1}$ ,  $V_{IN2}$ , SRC Pins  
Relative to  $V_{SS}$  .....-0.3V to +9.2V  
Voltage Range on All Other Pins Relative to  $V_{SS}$  ..-0.3V to +6.0V

Continuous Sink Current, PIO, DQ .....20mA  
Continuous Sink Current, CC, DC .....10mA  
Operating Temperature Range .....-20°C to +70°C  
Storage Temperature Range .....-55°C to +125°C  
Lead Temperature (soldering, 10s) .....+300°C  
Soldering Temperature (reflow) .....+260°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.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{DD}$  = +4.0V to +9.2V,  $T_A$  = -20°C to +70°C, unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A$  = +25°C.)

| PARAMETER                                  | SYMBOL     | CONDITIONS                                                                                                                                                   | MIN             | TYP             | MAX   | UNITS              |
|--------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|
| Supply Current                             | $I_{DD0}$  | Sleep mode, $T_A \leq +50^\circ\text{C}$                                                                                                                     |                 | 3               | 5     | $\mu\text{A}$      |
|                                            |            | Sleep mode, $T_A > +50^\circ\text{C}$                                                                                                                        |                 |                 | 10    |                    |
|                                            | $I_{DD1}$  | Active mode                                                                                                                                                  |                 | 80              | 135   |                    |
|                                            | $I_{DD2}$  | Active mode during SHA-1 computation                                                                                                                         |                 | 120             | 300   |                    |
| Temperature Accuracy                       | $T_{ERR}$  |                                                                                                                                                              | -3              |                 | +3    | $^\circ\text{C}$   |
| Voltage Accuracy                           |            | $2.0\text{V} \leq V_{IN1} \leq 4.6\text{V}$ , $2.0\text{V} \leq (V_{IN2} - V_{IN1}) \leq 4.6\text{V}$ ,<br>$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +50^\circ\text{C}$ | -35             |                 | +35   | mV                 |
|                                            |            | $2.0\text{V} \leq V_{IN1} \leq 4.6\text{V}$ , $2.0\text{V} \leq (V_{IN2} - V_{IN1}) \leq 4.6\text{V}$ ,<br>$T_A = +25^\circ\text{C}$                         | -22             |                 | 22    |                    |
|                                            |            | $2.0\text{V} \leq V_{IN1} \leq 4.6\text{V}$ , $2.0\text{V} \leq (V_{IN2} - V_{IN1}) \leq 4.6\text{V}$ ,                                                      | -50             |                 | +50   |                    |
| Input Resistance ( $V_{IN1}$ , $V_{IN2}$ ) |            |                                                                                                                                                              | 15              |                 |       | $\text{M}\Omega$   |
| Current Resolution                         | $I_{LSB}$  |                                                                                                                                                              |                 | 1.56            |       | $\mu\text{V}$      |
| Current Full Scale                         | $I_{FS}$   |                                                                                                                                                              | -51.2           |                 | +51.2 | mV                 |
| Current Gain Error                         | $I_{GERR}$ |                                                                                                                                                              | -1              |                 | +1    | % FS               |
| Current Offset                             | $I_{OERR}$ | $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$ (Note 1)                                                                                                   | -9.375          |                 | 9.375 | $\mu\text{Vh}$     |
| Accumulated Current Offset                 | $q_{OERR}$ | $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$ (Note 1)                                                                                                   | -255            |                 | 0     | $\mu\text{Vh/Day}$ |
| Time-Base Error                            | $t_{ERR}$  | $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +50^\circ\text{C}$                                                                                                            | -2              |                 | +2    | %                  |
|                                            |            |                                                                                                                                                              | -3              |                 | +3    |                    |
| CP Output Voltage ( $V_{CP} - V_{SRC}$ )   | $V_{GS}$   | $I_{OUT} = 0.9\mu\text{A}$                                                                                                                                   | 4.4             | 4.7             | 5     | V                  |
| CP Startup Time                            | $t_{SCP}$  | $CE = 0$ , $DE = 0$ , $C_{CP} = 0.1\mu\text{F}$ , active mode                                                                                                |                 |                 | 200   | ms                 |
| Output High: CC, DC                        | $V_{OHCP}$ | $I_{OH} = 100\mu\text{A}$ (Note 2)                                                                                                                           | $V_{CP} - 0.4$  |                 |       | V                  |
| Output Low: CC                             | $V_{OLCC}$ | $I_{OL} = 100\mu\text{A}$                                                                                                                                    |                 | $V_{SRC} + 0.1$ |       | V                  |
| Output Low: DC                             | $V_{OLDC}$ | $I_{OL} = 100\mu\text{A}$                                                                                                                                    |                 | $V_{SRC} + 0.1$ |       | V                  |
| DQ, PIO Voltage Range                      |            |                                                                                                                                                              | -0.3            |                 | +5.5  | V                  |
| DQ, PIO, SDA, SCL Input Logic-High         | $V_{IH}$   |                                                                                                                                                              | 1.5             |                 |       | V                  |
| DQ, PIO, SDA, SCL Input Logic-Low          | $V_{IL}$   |                                                                                                                                                              |                 | 0.6             |       | V                  |
| OVD Input Logic-High                       | $V_{IH}$   |                                                                                                                                                              | $V_{BAT} - 0.2$ |                 |       | V                  |
| OVD Input Logic-Low                        | $V_{IL}$   |                                                                                                                                                              |                 | $V_{SS} + 0.2$  |       | V                  |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC, 提供保护电路和SHA-1认证选项

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>DD</sub> = +4.0V to +9.2V, T<sub>A</sub> = -20°C to +70°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

| PARAMETER                          | SYMBOL             | CONDITIONS                                               | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-------|
| DQ, PIO, SDA Output Logic-Low      | V <sub>OL</sub>    | I <sub>OL</sub> = 4mA                                    |     |     | 0.4 | V     |
| DQ, PIO Pullup Current             | I <sub>PU</sub>    | Sleep mode, V <sub>PIIN</sub> = (V <sub>DD</sub> - 0.4V) | 30  | 100 | 200 | nA    |
| DQ, PIO, SDA, SCL Pulldown Current | I <sub>PD</sub>    | Active mode, V <sub>PIIN</sub> = 0.4V                    | 30  | 100 | 200 | nA    |
| DQ Input Capacitance               | C <sub>DQ</sub>    |                                                          |     | 50  |     | pF    |
| DQ Sleep Timeout                   | t <sub>SLEEP</sub> | DQ < V <sub>IL</sub>                                     | 2   |     | 9   | s     |
| PIO, DQ Wake Debounce              | t <sub>WDB</sub>   | Sleep mode                                               |     | 100 |     | ms    |

## SHA-1 COMPUTATION TIMING (DS2776/DS2778 ONLY)

(V<sub>DD</sub> = +4.0V to +9.2V, T<sub>A</sub> = 0°C to +70°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

| PARAMETER        | SYMBOL            | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|------------------|-------------------|------------|-----|-----|-----|-------|
| Computation Time | t <sub>COMP</sub> |            |     |     | 30  | ms    |

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS: PROTECTION CIRCUIT

(V<sub>DD</sub> = +4.0V to +9.2V, T<sub>A</sub> = 0°C to +50°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

| PARAMETER                     | SYMBOL           | CONDITIONS                                                                                                                            | MIN   | TYP   | MAX   | UNITS |
|-------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Overvoltage Detect            | V <sub>OV</sub>  | V <sub>OV</sub> = 1110111b                                                                                                            | 4.438 | 4.473 | 4.508 | V     |
|                               |                  | V <sub>OV</sub> = 1100011b                                                                                                            | 4.242 | 4.277 | 4.312 |       |
| Charge-Enable Voltage         | V <sub>CE</sub>  | Relative to V <sub>OV</sub>                                                                                                           |       | -100  |       | mV    |
| Undervoltage Detect           | V <sub>UV</sub>  | Programmable in Control register 0x60h, UV[1:0] = 10                                                                                  | 2.415 | 2.450 | 2.485 | V     |
| Overcurrent Detect: Charge    | V <sub>COC</sub> | OC = 11b                                                                                                                              | -60   | -75   | -90   | mV    |
|                               |                  | OC = 00b                                                                                                                              | -12.5 | -25   | -38   |       |
| Overcurrent Detect: Discharge | V <sub>DOC</sub> | OC = 11b                                                                                                                              | 80    | 100   | 120   | mV    |
|                               |                  | OC = 00b                                                                                                                              | 25    | 38    | 50    |       |
| Short-Circuit Current Detect  | V <sub>SC</sub>  | SC = 1b                                                                                                                               | 240   | 300   | 360   | mV    |
|                               |                  | SC = 0b                                                                                                                               | 120   | 150   | 180   |       |
| Overvoltage Delay             | t <sub>OVD</sub> | (Note 3)                                                                                                                              | 600   |       | 1400  | ms    |
| Undervoltage Delay            | t <sub>UV</sub>  | (Note 3)                                                                                                                              | 600   |       | 1400  | ms    |
| Overcurrent Delay             | t <sub>OCD</sub> |                                                                                                                                       | 8     | 10    | 12    | ms    |
| Short-Circuit Delay           | t <sub>SCD</sub> |                                                                                                                                       | 80    | 120   | 160   | μs    |
| Charger-Detect Hysteresis     | V <sub>CD</sub>  | V <sub>UV</sub> condition                                                                                                             |       | 50    |       | mV    |
| Test Threshold                | V <sub>TP</sub>  | COC, DOC condition                                                                                                                    | 0.4   | 1.0   | 1.2   | V     |
| Test Current                  | I <sub>TST</sub> | DOC condition                                                                                                                         | 20    | 40    | 80    | μA    |
|                               |                  | COC condition                                                                                                                         | -45   | -60   | -95   |       |
| PLS Pulldown Current          | I <sub>PPD</sub> | Sleep mode                                                                                                                            | 200   | 400   | 630   | μA    |
| Recovery Current              | I <sub>RC</sub>  | V <sub>UV</sub> condition, max: V <sub>PLS</sub> = 15V, V <sub>DD</sub> = 1.4V;<br>min: V <sub>PLS</sub> = 4.2V, V <sub>DD</sub> = 2V | 3.3   | 8     | 13    | mA    |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## EEPROM RELIABILITY SPECIFICATION

( $V_{DD} = +4.0V$  to  $+9.2V$ ,  $T_A = -20^{\circ}C$  to  $+70^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

| PARAMETER             | SYMBOL    | CONDITIONS           | MIN    | TYP | MAX | UNITS  |
|-----------------------|-----------|----------------------|--------|-----|-----|--------|
| EEPROM Copy Time      | $t_{EEC}$ |                      |        |     | 10  | ms     |
| EEPROM Copy Endurance | $N_{EEC}$ | $T_A = +50^{\circ}C$ | 50,000 |     |     | Cycles |

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS: 1-Wire INTERFACE, STANDARD (DS2775/DS2776 ONLY)

( $V_{DD} = +4.0V$  to  $+9.2V$ ,  $T_A = -20^{\circ}C$  to  $+70^{\circ}C$ .)

| PARAMETER            | SYMBOL     | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS   |
|----------------------|------------|------------|-----|-----|-----|---------|
| Time Slot            | $t_{SLOT}$ |            | 60  |     | 120 | $\mu s$ |
| Recovery Time        | $t_{REC}$  |            | 1   |     |     | $\mu s$ |
| Write-Zero Low Time  | $t_{LOW0}$ |            | 60  |     | 120 | $\mu s$ |
| Write-One Low Time   | $t_{LOW1}$ |            | 1   |     | 15  | $\mu s$ |
| Read Data Valid      | $t_{RDV}$  |            |     |     | 15  | $\mu s$ |
| Reset Time High      | $t_{RSTH}$ |            | 480 |     |     | $\mu s$ |
| Reset Time Low       | $t_{RSTL}$ |            | 480 |     | 960 | $\mu s$ |
| Presence-Detect High | $t_{PDH}$  |            | 15  |     | 60  | $\mu s$ |
| Presence-Detect Low  | $t_{PDL}$  |            | 60  |     | 240 | $\mu s$ |

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS: 1-Wire INTERFACE, OVERDRIVE (DS2775/DS2776 ONLY)

( $V_{DD} = +4.0V$  to  $+9.2V$ ,  $T_A = -20^{\circ}C$  to  $+70^{\circ}C$ .)

| PARAMETER            | SYMBOL     | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS   |
|----------------------|------------|------------|-----|-----|-----|---------|
| Time Slot            | $t_{SLOT}$ |            | 6   |     | 16  | $\mu s$ |
| Recovery Time        | $t_{REC}$  |            | 1   |     |     | $\mu s$ |
| Write-Zero Low Time  | $t_{LOW0}$ |            | 6   |     | 16  | $\mu s$ |
| Write-One Low Time   | $t_{LOW1}$ |            | 1   |     | 2   | $\mu s$ |
| Read Data Valid      | $t_{RDV}$  |            |     |     | 2   | $\mu s$ |
| Reset Time High      | $t_{RSTH}$ |            | 48  |     |     | $\mu s$ |
| Reset Time Low       | $t_{RSTL}$ |            | 48  |     | 80  | $\mu s$ |
| Presence-Detect High | $t_{PDH}$  |            | 2   |     | 6   | $\mu s$ |
| Presence-Detect Low  | $t_{PDL}$  |            | 8   |     | 24  | $\mu s$ |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC, 提供保护电路和SHA-1认证选项

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS: 2-WIRE INTERFACE (DS2777/DS2778 ONLY)

(V<sub>DD</sub> = +4.0V to +9.2V, T<sub>A</sub> = -20°C to +70°C.)

| PARAMETER                                        | SYMBOL              | CONDITIONS   | MIN                       | TYP | MAX | UNITS |
|--------------------------------------------------|---------------------|--------------|---------------------------|-----|-----|-------|
| SCL Clock Frequency                              | f <sub>SCL</sub>    | (Note 4)     | 0                         |     | 400 | kHz   |
| Bus-Free Time Between a STOP and START Condition | t <sub>BUF</sub>    |              | 1.3                       |     |     | μs    |
| Hold Time (Repeated) START Condition             | t <sub>HD:STA</sub> | (Note 5)     | 0.6                       |     |     | μs    |
| Low Period of SCL Clock                          | t <sub>LOW</sub>    |              | 1.3                       |     |     | μs    |
| High Period of SCL Clock                         | t <sub>HIGH</sub>   |              | 0.6                       |     |     | μs    |
| Setup Time for a Repeated START Condition        | t <sub>SU:STA</sub> |              | 0.6                       |     |     | μs    |
| Data Hold Time                                   | t <sub>HD:DAT</sub> | (Notes 6, 7) | 0                         |     | 0.9 | μs    |
| Data Setup Time                                  | t <sub>SU:DAT</sub> | (Note 6)     | 100                       |     |     | ns    |
| Rise Time of Both SDA and SCL Signals            | t <sub>R</sub>      |              | 20 +<br>0.1C <sub>B</sub> |     | 300 | ns    |
| Fall Time of Both SDA and SCL Signals            | t <sub>F</sub>      |              | 20 +<br>0.1C <sub>B</sub> |     | 300 | ns    |
| Setup Time for STOP Condition                    | t <sub>SU:STO</sub> |              | 0.6                       |     |     | μs    |
| Spike Pulse Widths Suppressed by Input Filter    | t <sub>SP</sub>     | (Note 8)     | 0                         |     | 50  | ns    |
| Capacitive Load for Each Bus Line                | C <sub>B</sub>      | (Note 9)     |                           |     | 400 | pF    |
| SCL, SDA Input Capacitance                       | C <sub>BIN</sub>    |              |                           |     | 60  | pF    |

**Note 1:** Accumulation bias and offset bias registers set to 00h. NBEN bit set to 0.

**Note 2:** Measurement made with V<sub>SRC</sub> = +8V, V<sub>GS</sub> driven with external +4.5V supply.

**Note 3:** Overvoltage (OV) and undervoltage (UV) delays (t<sub>OV</sub>, t<sub>UV</sub>) are reduced to zero seconds if the OV or UV condition is detected within 100ms of entering active mode.

**Note 4:** Timing must be fast enough to prevent the DS2777/DS2778 from entering sleep mode due to bus low for period > t<sub>SLEEP</sub>.

**Note 5:** f<sub>SCL</sub> must meet the minimum clock low time plus the rise/fall times.

**Note 6:** The maximum t<sub>HD:DAT</sub> need only be met if the device does not stretch the low period (t<sub>LOW</sub>) of the SCL signal.

**Note 7:** This device internally provides a hold time of at least 75ns for the SDA signal (referred to the V<sub>IHMIN</sub> of the SCL signal) to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.

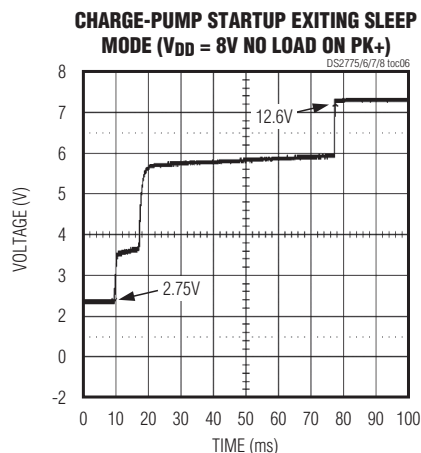
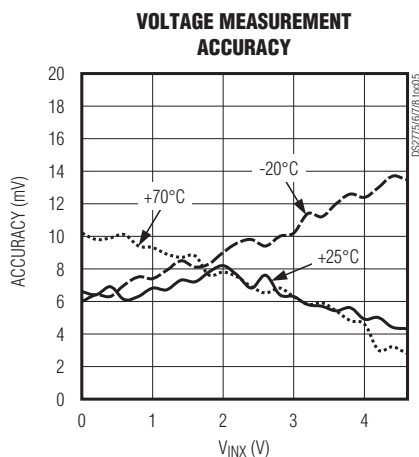
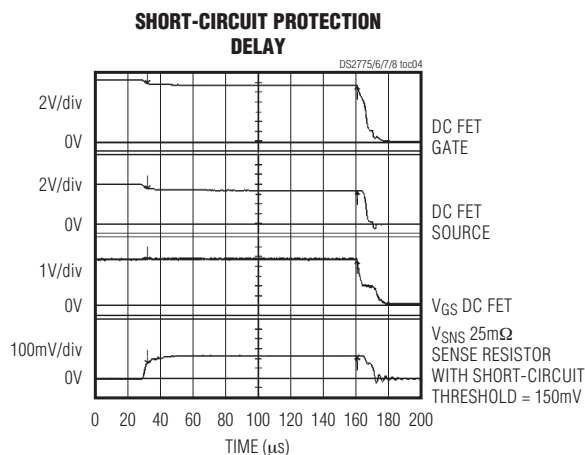
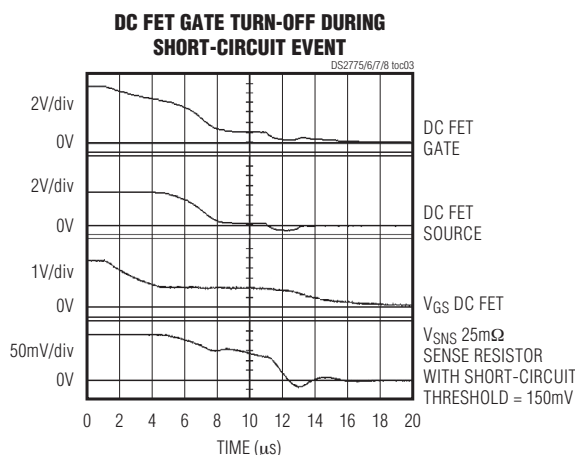
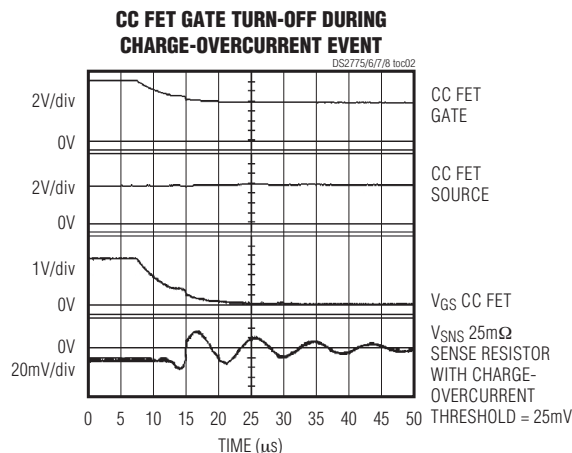
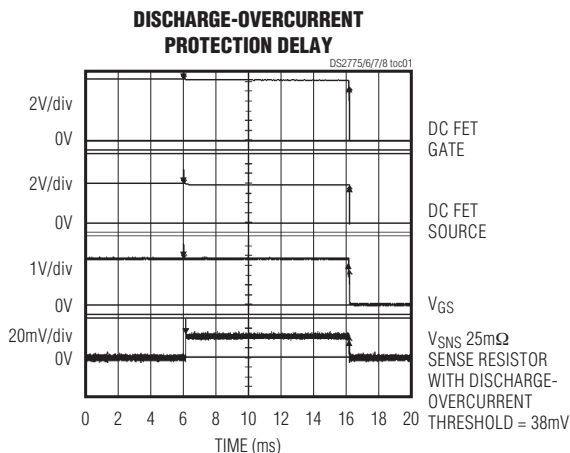
**Note 8:** Filters on SDA and SCL suppress noise spikes at the input buffers and delay the sampling instant.

**Note 9:** C<sub>B</sub> is total capacitance of one bus line in pF.

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 典型工作特性

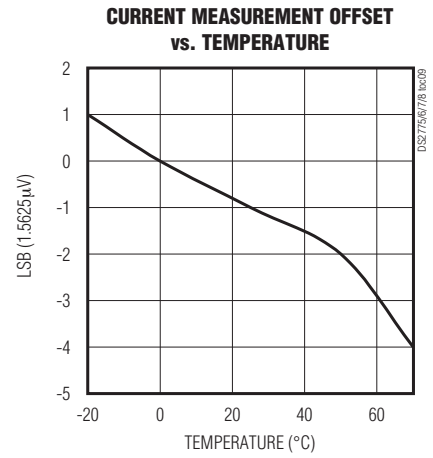
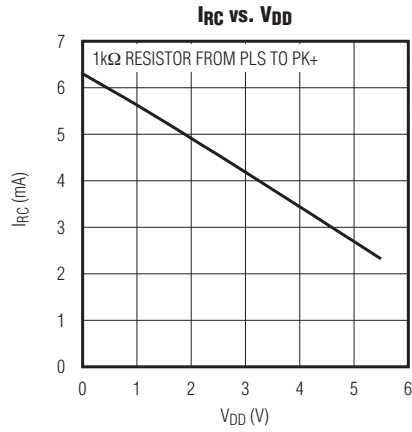
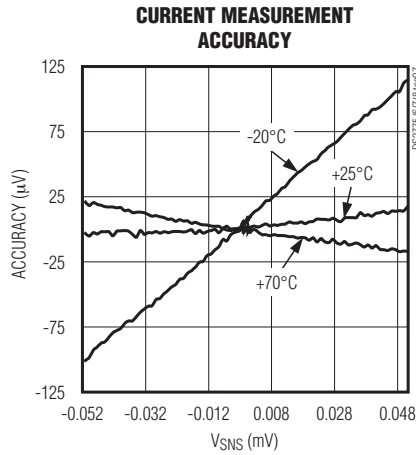
( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)



# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

典型工作特性(续)

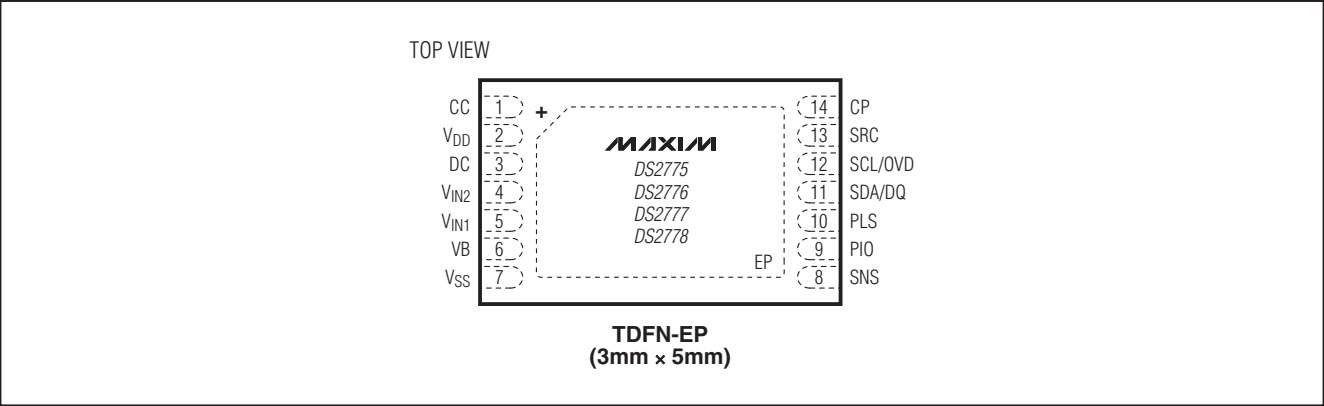
( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)



DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

独立式、2节Li+电池电量计IC，  
提供保护电路和SHA-1认证选项

引脚配置

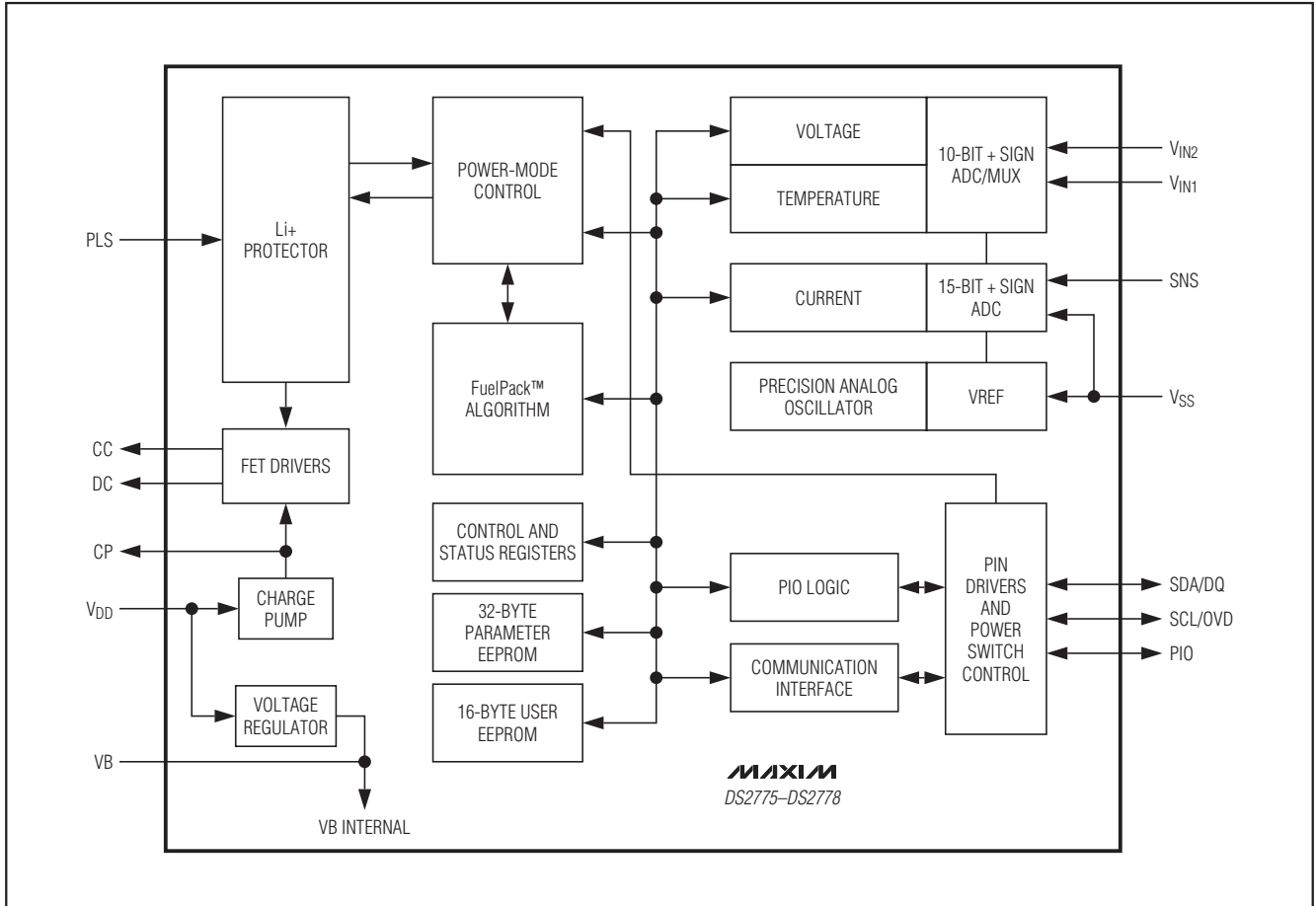


引脚说明

| 引脚 | 名称      | 功能                                                   |
|----|---------|------------------------------------------------------|
| 1  | CC      | 充电控制。充电FET控制输出。                                      |
| 2  | VDD     | 芯片电源输入。通过0.1μF电容旁路到VSS。                              |
| 3  | DC      | 放电控制。放电FET控制输出。                                      |
| 4  | VIN2    | 电池电压检测输入2。通过去耦网络连接至电池组正极的最高电压处。                      |
| 5  | VIN1    | 电池电压检测输入1。通过去耦网络连接至电池组正极的最低电压处。                      |
| 6  | VB      | 经过稳压的工作电压。通过0.1μF电容旁路到VSS。                           |
| 7  | VSS     | 器件接地端。芯片地与电池侧检流电阻输入。                                 |
| 8  | SNS     | 检流电阻连接端，电池侧检流电阻的检测输入端。                               |
| 9  | PIO     | 可编程I/O引脚，可以配置为唤醒输入。                                  |
| 10 | PLS     | 电池组正端检测输入。用来检测是否发生短路、放电过流以及充电过流状态。                   |
| 11 | SDA/DQ  | 数据输入/输出。串行数据I/O，带有弱下拉，用于检测电池是否断开，还可配置为1-Wire器件的唤醒输入。 |
| 12 | SCL/OVD | 串行时钟输入/高速模式选择。2线器件的通信时钟输入或1-Wire器件的高速模式选择引脚。         |
| 13 | SRC     | 保护MOSFET源极连接。用作电荷泵的基准。                               |
| 14 | CP      | 电荷泵输出。为保护FET提供栅极驱动电压。通过0.47μF电容旁路到SRC。               |
| —  | EP      | 裸焊盘，连接至地或悬空。                                         |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

方框图

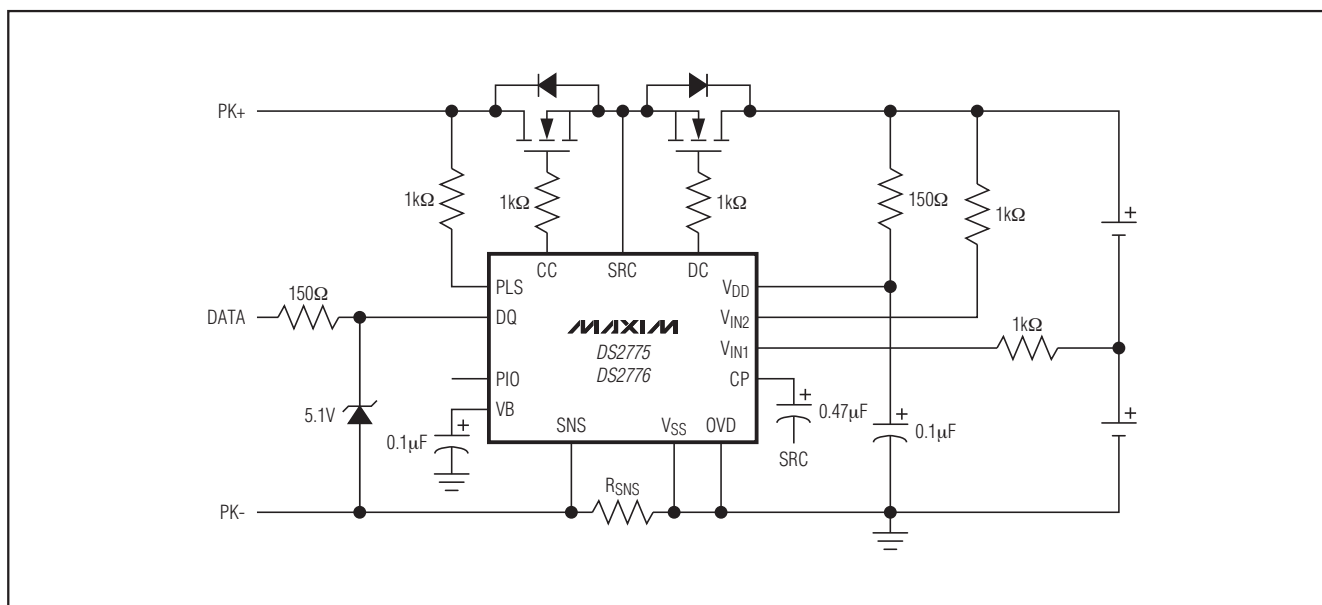


DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

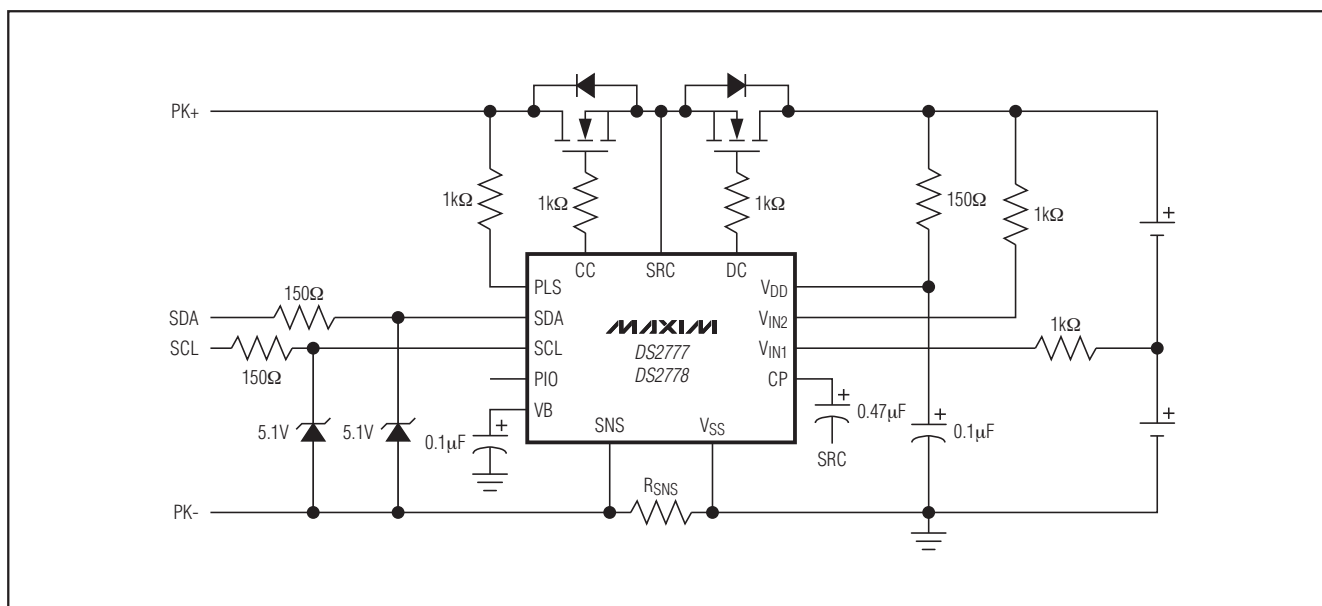
FuelPack是Maxim Integrated Products, Inc.的商标。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

DS2775/DS2776典型应用电路



DS2777/DS2778典型应用电路



# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 详细说明

DS2775–DS2778是精确的电量计，带有Li+电池保护和基于SHA-1的令牌认证(仅DS2776/DS2778具有基于SHA-1的认证)。该电量计可以准确估算剩余电量并报告实时的电压、温度和电流测量数据。器件根据不同负载和温度以及系统参数下电池性能的分段线性模型估算电池容量。该算法的参数是用户可编程的，可在电池包中修改。器件定期保存重要的电量与老化数据至EEPROM中，以防止由于短路或深度放电而出现数据丢失。

Li+电池保护功能确保器件安全，高效的工作。nFET保护开关由电荷泵驱动，该电荷泵能在电池电压降低时保持栅极驱动。高边拓扑可保护串行通信的接地通路，同时消除了低边配置时电量计IC位于保护FET内部时形成的寄生电荷路径。过压、欠压、过流以及短路电流的门限是用户可编程的，可针对各电池及不同应用方便定制。

32位SHA-1引擎带64位密钥和64位质询字，可抵挡穷举和其它攻击，实现金融级HMAC的安全性。供应链中的管理密钥质询用于计算下一个密钥。唯一序列号或ROM ID可以为每个电池分配一个独一无二的密钥。

## 供电模式

DS2775–DS2778有两种供电模式：工作模式和休眠模式。初次上电时，DS2775–DS2778默认处于工作模式。该模式下，DS2775–DS2778执行测量功能并持续更新电量估算寄存器。保护电路监测电池包、电池电压及电流，防止出现故障。处于安全工作时，保护FET栅极驱动器使能。另外，工作模式下，SHA-1认证功能有效。执行SHA-1计算时，电源电流增加至 $I_{DD2}$ 并维持 $t_{SHA}$ 。休眠模式下，DS2775–DS2778不进行测量及电量估算，因此可以节省功耗，但仍然保存寄存器的内容。休眠模式下，FET的栅极驱动不工作。SHA-1认证特性不起作用。

IC会在两种情况下进入休眠状态：总线为低电平及欠压。两种情况，均可通过一个使能位进入休眠模式。若连接充电器( $V_{PLS} > V_{DD} + V_{CD}$ )或检测到SNS和 $V_{SS}$ 间的充电电流为 $1.6mV/R_{SNS}$ ，器件将不会进入休眠状态。连接充电器或任意通信线上出现由低变高电平时，DS2775–DS2778将脱离休眠模式。总线为低时，即所有通信线路为低电平的时间持续 $t_{SLEEP}$ ，表示电池包断开连接或者系统关闭，此时总线上不存在上拉电压 $V_{PULLUP}$ 。总线为低时，应将供电模式位(PMOD)置1，才能进入休眠模式。当总线为低时，DS2775–DS2778将进入休眠模式，此时器件认为没有充电或放电电流流过，因此不再需要进行库仑计数。

另一个进入休眠模式的条件是欠压状态，这时可以减少由于DS2775–DS2778自身电源电流对电池放电，防止电池过放电。如果 $V_{IN1}$ 或 $V_{IN2}$ 电压低于 $V_{UV}$ 且欠压使能(UVEN)位置1，DS2775–DS2778将进入休眠状态。总线必须处于稳定状态，即DQ(对于2线的SDA和SCL)为高电平或低电平的持续时间达到 $t_{SLEEP}$ 。DQ(对于2线的SDA和SCL)逻辑状态变化时，DS2775–DS2778从休眠模式变为工作模式。更多休眠模式状态的信息，请参见图1和图2。

DS2775–DS2778带有“电源开关”，当主机系统断电时，可以唤醒器件并启动保护FET。PIO或DQ引脚处的简易的干触点开关可以用来唤醒电池包。电源开关功能由控制寄存器内的PSPIO和PSDQ配置位使能。

当PSPIO或PSDQ位置1且通过PMOD条件\*进入休眠状态时，PIO和DQ引脚分别拉高。检测PIO或DQ上出现由高到低的跳变时，退出休眠模式。如果将一个处于休眠状态的电池接入系统，PIO上的100ms去抖可以滤除由此产生的毛刺。

\*如果因为UV条件进入休眠模式，则禁止“电源开关”功能。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

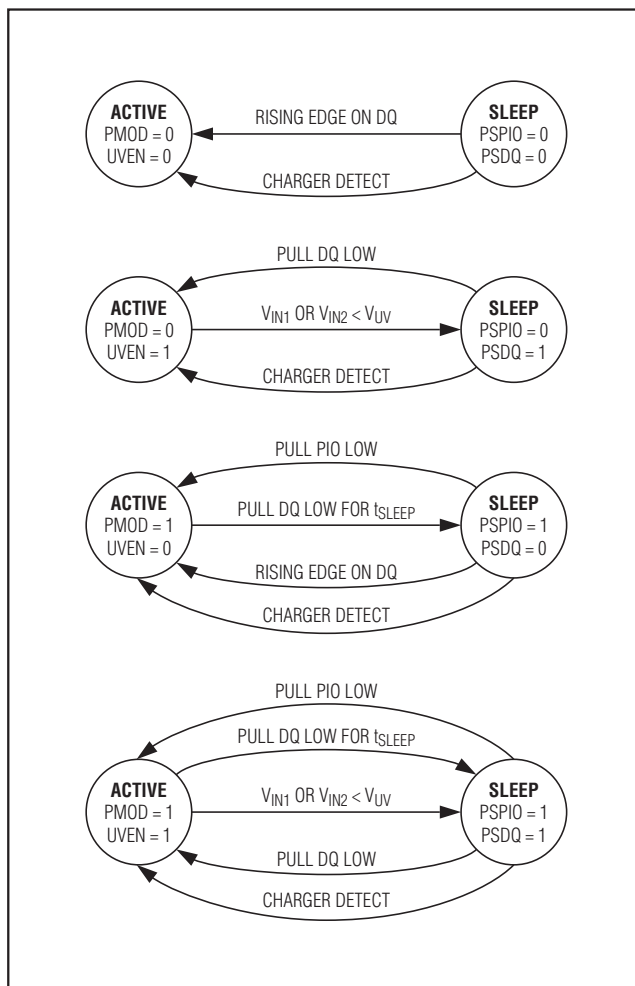


图1. DS2775/DS2776休眠模式状态图

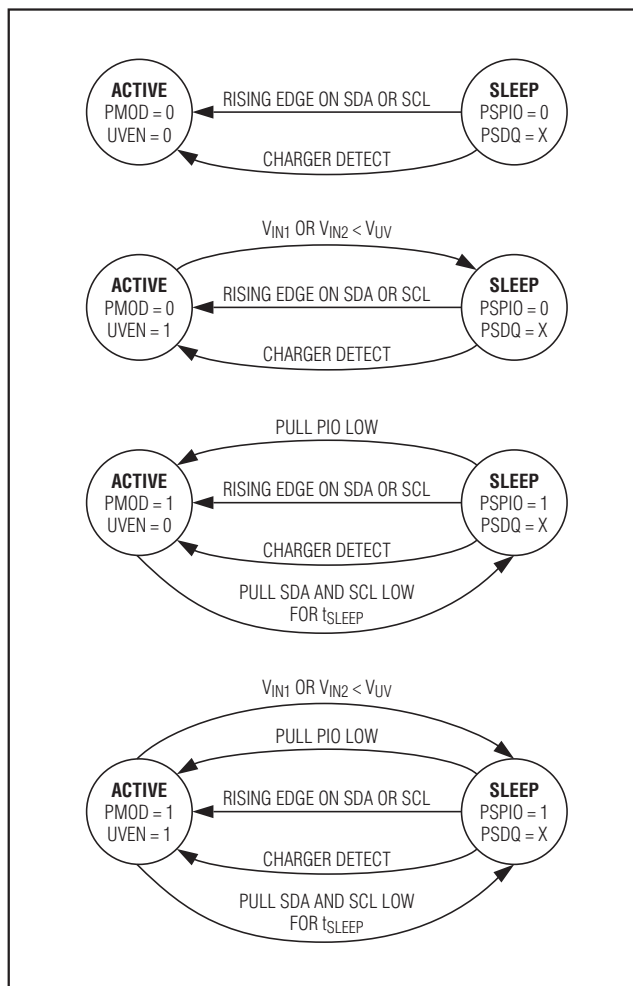


图2. DS2777/DS2778休眠模式状态图

## Li+ 电池保护电路

在工作模式下，DS2775–DS2778持续监测SNS、 $V_{IN1}$ 、 $V_{IN2}$ 和PLS，以防止电池过压(过充电)、欠压(过放电)，以及过充和过放电流(过流、短路)。表1总结了启动保护电路的条件、DS2775–DS2778的响应和从保护状态释放DS2775–DS2778的门限。图3所示为Li+ 保护电路示例波形。

## 过压(OV)

如果 $(V_{IN2} - V_{IN1})$ 或 $(V_{IN1} - V_{SS})$ 电压超过过压门限( $V_{OV}$ )，且持续时间超过过压延迟时间( $t_{OVD}$ )，则CC引脚驱动为低，从而关闭外部充电FET。过压期间，DC输出保持为高，从而允许放电。当 $(V_{IN2} - V_{IN1})$ 和 $(V_{IN1} - V_{SS})$ 低于充电使能门限 $V_{CE}$ 时，DS2775–DS2778驱动CC为高，重新使能充电FET。如果持续放电时检测到 $V_{SNS} \geq 1.2mV$ ，并且 $[(V_{IN2} - V_{IN1})和(V_{IN1} - V_{SS})] < V_{OV}$ ，则在 $[(V_{IN2} - V_{IN1})和(V_{IN1} - V_{SS})] < V_{CE}$ 之前，DS2775–DS2778将驱动CC为高。

独立式、2节Li+电池电量计IC，  
提供保护电路和SHA-1认证选项

表 1. Li+ 电池保护条件和DS2775/DS2776的响应

| CONDITION                    | ACTIVATION          |           |                                     | RELEASE THRESHOLD                                                                              |
|------------------------------|---------------------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | THRESHOLD           | DELAY     | RESPONSE                            |                                                                                                |
| Overvoltage (OV) (Note 1)    | $V_{CELL} > V_{OV}$ | $t_{OVD}$ | CC Off                              | Both $V_{CELL} < V_{CE}$ or $(V_{SNS} \geq 1.2mV$ and both $V_{CELL} < V_{OV})$ (Note 1)       |
| Undervoltage (UV) (Note 1)   | $V_{CELL} < V_{UV}$ | $t_{UVD}$ | CC Off, DC Off, Sleep Mode (Note 2) | $V_{PLS} > V_{IN2}$ (charger connected) or (both $V_{CELL} > V_{UV}$ and $UVEN = 0$ ) (Note 3) |
| Overcurrent, Charge (COC)    | $V_{SNS} < V_{COC}$ | $t_{OCD}$ | CC Off, DC Off                      | $V_{PLS} < V_{DD} - V_{TP}$ (charger removed) (Note 4)                                         |
| Overcurrent, Discharge (DOC) | $V_{SNS} > V_{DOC}$ | $t_{OCD}$ | DC Off                              | $V_{PLS} > V_{DD} - V_{TP}$ (load removed) (Note 5)                                            |
| Short Circuit (SC)           | $V_{SNS} > V_{SC}$  | $t_{SCD}$ | DC Off                              | $V_{PLS} > V_{DD} - V_{TP}$ (Note 5)                                                           |

注释1:  $V_{CELL}$  等于  $(V_{IN1} - V_{SS})$  或  $(V_{IN2} - V_{IN1})$ 。

注释2: 只有当  $UVEN = 1$  时, 才进入休眠模式。

注释3: 接充电器时若  $V_{CELL} < V_{UV}$ , 则要等到  $V_{CELL} \geq V_{UV}$  才脱离欠压状态。恢复充电路径为电池安全充电提供了一个内部电流限制 ( $I_{RC}$ )。

注释4: 测试电流  $I_{PPD}$  由 PLS 流向  $V_{SS}$  (下拉 PLS)。

注释5: 测试电流  $I_{TST}$  由  $V_{DD}$  流向 PLS (上拉 PLS)。

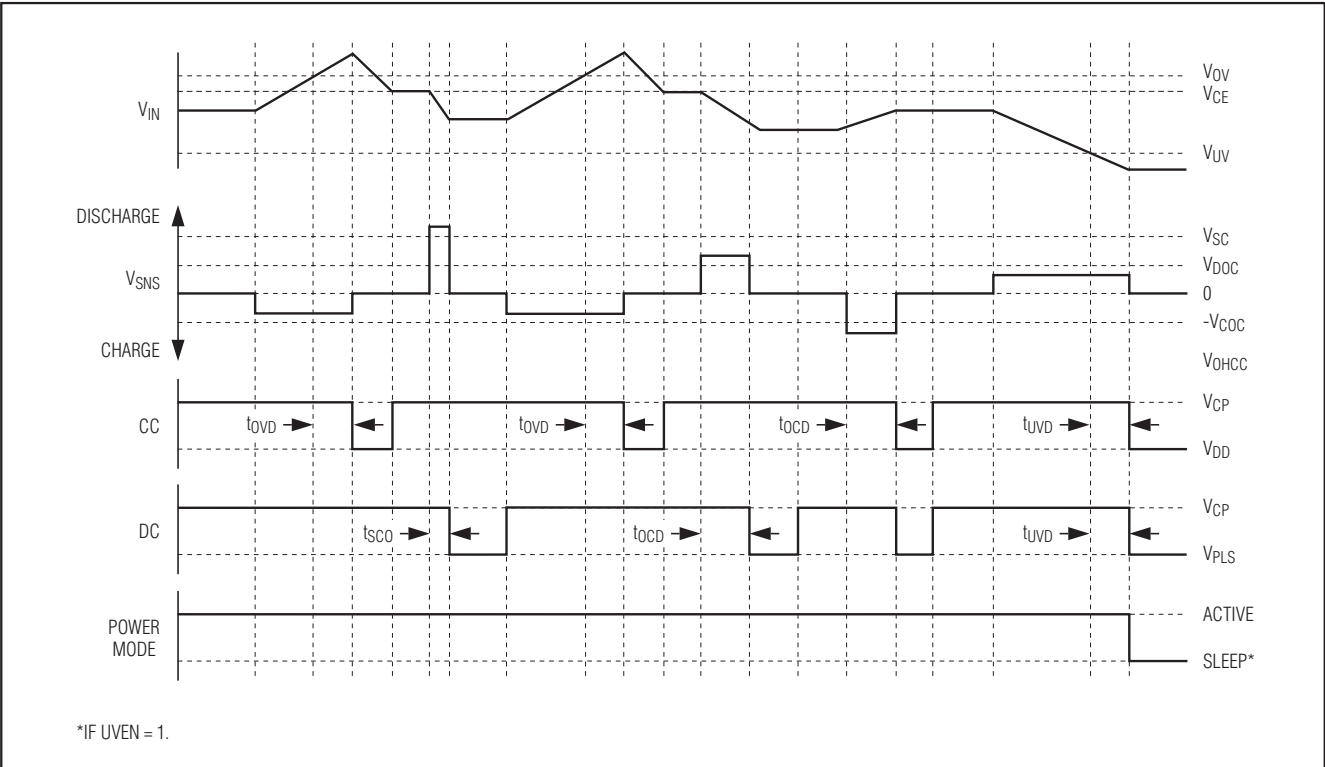


图3. Li+ 保护电路示例波形

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 欠压(UV)

如果( $V_{IN2} - V_{IN1}$ )或( $V_{IN1} - V_{SS}$ )电压跌落至低于欠压门限( $V_{UV}$ )，且持续时间超过欠压延迟时间( $t_{UVD}$ )，则DS2775–DS2778关闭充电和放电FET。UVEN为1时，DS2775–DS2778也进入休眠模式。当检测到充电器且 $V_{PLS} > V_{IN2}$ 时，DS2775–DS2778提供PLS和 $V_{DD}$ 之间的限流恢复充电通道( $I_{RC}$ )，逐渐对深度放电的电池进行充电。当 $0 \leq [(V_{IN2} - V_{IN1}) \text{ 和 } (V_{IN1} - V_{SS})] < V_{CE}$ 时，恢复充电电路使能。直到( $V_{IN2} - V_{IN1}$ )和( $V_{IN1} - V_{SS}$ )超出 $V_{UV}$ 之前，FET保持关断。

## 过流、充电检测(COC)

充电电流会使 $V_{SNS}$ 出现负压(以 $V_{SS}$ 为参考)。如果 $V_{SNS}$ 低于充电过流门限( $V_{COC}$ )，且持续时间大于过流延迟时间( $t_{OCD}$ )，则DS2775–DS2778关闭两个外部FET。除非PLS引脚电压跌落至( $V_{DD} - V_{TP}$ )以下，否则充电电流通路不会恢复。DS2775–DS2778可提供由PLS流向 $V_{SS}$ 的测试电流( $I_{PPD}$ )，可拉低PLS用于检测不正常的充电电流源是否已断开。

## 过流、放电检测(DOC)

放电电流会使 $V_{SNS}$ 出现正压(以 $V_{SS}$ 为参考)。如果 $V_{SNS}$ 高于放电过流门限( $V_{DOC}$ )，且持续时间大于 $t_{OCD}$ ，则DS2775–DS2778关闭外部放电FET。除非PLS引脚电压上

升至( $V_{DD} - V_{TP}$ )以上，否则放电电流通路不会恢复。DS2775–DS2778可提供由 $V_{DD}$ 流向PLS的测试电流( $I_{TST}$ )，可上拉PLS用于检测不正常的低阻抗负载是否断开。

## 短路(SC)

如果 $V_{SNS}$ 高于短路门限 $V_{SC}$ ，且持续时间大于短路延迟时间( $t_{SCD}$ )，则DS2775–DS2778关闭外部放电FET。除非PLS上的电压上升至 $V_{DD} - V_{TP}$ ，否则放电电流通路不会恢复。DS2775–DS2778提供了由 $V_{DD}$ 流向PLS的测试电流 $I_{TST}$ ，可上拉PLS用于检测短路情况是否消除。

上述所有保护状态对CC和DC输出产生的影响表现为逻辑与。

CC = (过压) AND (欠压) AND (过流、充电方向) AND  
(保护寄存器位CE = 0)

DC = (欠压) AND (过流、任意方向)  
AND (短路) AND (保护寄存器位DE = 0)

## 电压测量

电池电压每隔440ms测量一次。电池电压最小值 $V_{IN1}$ ，以 $V_{SS}$ 为基准；电池电压最大值 $V_{IN2}$ ，以 $V_{IN1}$ 为基准。电池电压测量范围为-5V至+4.9951V，分辨率为4.8828mV，测量值以二进制补码格式存入结果寄存器中。电压高于最大寄存器值时，报告为7FE0h。

|                                        |                |                |                |                |                |                |                |                                        |                |                |   |   |   |   |   |
|----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------------|----------------|----------------|---|---|---|---|---|
| MSB - ADDRESS 0Ch, $V_{IN1} - V_{SS}$  |                |                |                |                |                |                |                | LSB - ADDRESS 0Dh, $V_{IN1} - V_{SS}$  |                |                |   |   |   |   |   |
| MSB - ADDRESS 1Ch, $V_{IN2} - V_{IN1}$ |                |                |                |                |                |                |                | LSB - ADDRESS 1Dh, $V_{IN2} - V_{IN1}$ |                |                |   |   |   |   |   |
| S                                      | 2 <sup>9</sup> | 2 <sup>8</sup> | 2 <sup>7</sup> | 2 <sup>6</sup> | 2 <sup>5</sup> | 2 <sup>4</sup> | 2 <sup>3</sup> | 2 <sup>2</sup>                         | 2 <sup>1</sup> | 2 <sup>0</sup> | X | X | X | X | X |
| MSb                                    |                |                |                |                |                |                |                | MSb                                    |                |                |   |   |   |   |   |
| "S": SIGN BIT(S), "X": RESERVED        |                |                |                |                |                |                |                | UNITS: 4.883mV                         |                |                |   |   |   |   |   |
| LSb                                    |                |                |                |                |                |                |                | LSb                                    |                |                |   |   |   |   |   |

图4. 电压寄存器格式

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 温度测量

DS2775–DS2778采用内置温度传感器测量电池温度，分辨率为0.125°C。温度测量结果以二进制补码形式存放在温度寄存器中，每440ms更新一次。

## 电流测量

工作模式下，DS2775–DS2778通过测量低阻值电流检测电阻 $R_{SNS}$ 两端的压降来持续检测流入和流出电池的电流。SNS和 $V_{SS}$ 间的电压检测范围为 $\pm 51.2\text{mV}$ ，每个最低有效

位(LSb)为 $1.5625\mu\text{V}$ 。只要持续信号电平(整个转换周期内的平均值)不超过 $\pm 51.2\text{mV}$ ，则输入可线性转换的峰值信号幅度高达 $102.4\text{mV}$ 。ADC以 $18.6\text{kHz}$ 速率对输入进行差分采样，并在每个转换周期(3.52s)结束时更新电流寄存器。高于寄存器最大值的充电电流以 $7\text{FFFh}$ 表示，低于寄存器最小值的放电电流以 $8000\text{h}$ 表示。

平均电流寄存器给出前28.16s内的平均电流值。寄存器数值采用二进制补码形式，更新间隔28.16s，它是电流寄存器前面8个更新值的平均值。

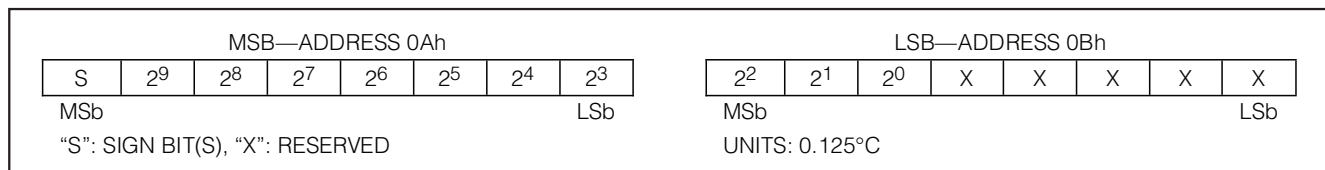


图5. 温度寄存器格式

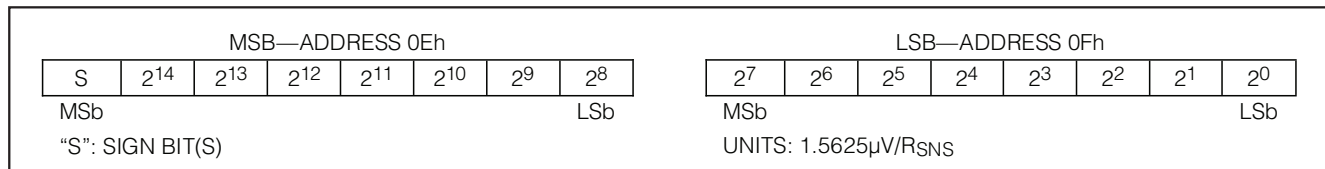


图6. 电流寄存器格式

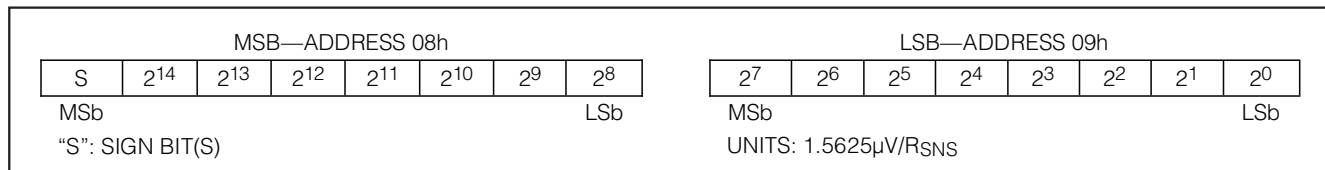


图7. 平均电流寄存器格式

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 电流失调校准

每进行第1024次转换时，ADC测量其输入失调以进行失调校准。失调校准大约每小时进行一次。所得到的校准因数用来校准接下来的1023次测量结果。在转换输入失调的过程中，ADC不再测量检流电阻的信号。累计电流寄存器(ACR)的最大误差可能达到1/1024；但为了减小该误差，电流寄存器采用失调转换的前一次电流测量结果作为电流累计过程中漏掉的这次电流测量。这就使得失调校准所引起的累计电流误差小于1/1024。

## 电流失调偏置

电流失调偏置(COB)寄存器允许给原始电流测量值加一个可调的偏置。原始电流测量结果加上COB值作为电流测量结果存入电流寄存器，该结果用于电流累计。COB可用来校准静态失调误差，或人工修正电流测量结果以及电流累计值。可以对COB进行读写访问。写入COB后，新值都将用于接下来的电流测量结果。COB能以1.56μV的步长进行设置，设置范围在-199.7μV至+198.1μV之间。COBR的值以二进制补码形式存储在易失存储器中，上电时必须通过接口进行初始化。工厂默认值为00h。

## 电流屏蔽

在电流测量结果被累计到ACR之前，可以利用电流屏蔽特性对其进行修正。当电流测量值(原始电流值 + COBR)进入两个定义的范围之一时，启用电流屏蔽功能。第一个范围防止对检测电压低于100μV的充电电流进行累计。第二个范围防止对检测电压低于25μV的放电电流进行累计。充电电流屏蔽功能始终是使能的，但是放电电流屏蔽功能必须通过将控制寄存器内的NBEN位置1来使能。更多信息参见控制寄存器格式说明。

## 电流测量增益

DS2775-DS2778的电流测量增益可以通过RSGAIN寄存器调节，为了满足数据资料给出的精度指标，出厂前对其进行了校准。用户可以访问RSGAIN，该寄存器可以在模块或电池包制造完成后重新设置，以提高电流测量精度。调节RSGAIN能够校准外部检流电阻标称值的误差，从而允许使用低成本、非精密的检流电阻。RSGAIN是一个11位数值，存储在2字节的参数EEPROM存储器模块内。RSGAIN的增益调节范围为0至1.999，步长为0.001 (分辨率为2-10)。用户设置RSGAIN时必须慎重，以确保电流测

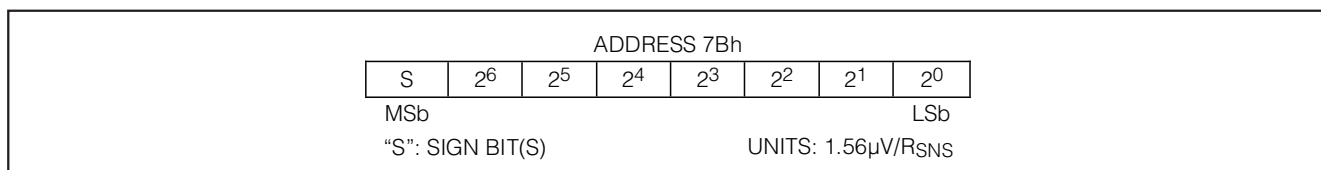


图8. 电流失调偏置寄存器格式

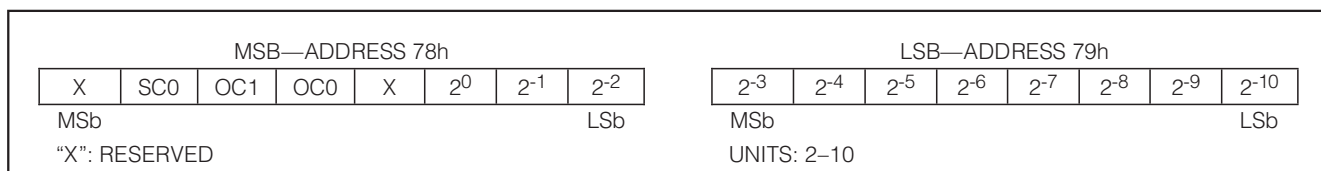


图9. RSGAIN寄存器

## 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

量的精度。器件出厂时，增益校准值被同时存储在参数EEPROM模块内的两个位置，分别是可编程的RSGAIN以及只读存储区FRSGAIN。RSGAIN决定了电流测量所需的增益。FRSGAIN值仅用来存储工厂校准值，不能用于校准电流测量。16位FRSGAIN值可从地址B0h和B1h读取。

### 检流电阻温度补偿

DS2775–DS2778能够对检流电阻进行温度补偿，以校准由于温度对检流电阻值的影响。DS2775–DS2778的检流电阻温度系数RSTC在出厂时设置为零，即关闭了温度补偿功能。用户可访问RSTC，当使用温度系数较大的检流电阻时，可以在模块或电池包制造完成后重新设置RSTC，以提高电流测量精度。RSTC是一个8位数值，存储在参数EEPROM存储器模块中。RSTC值可将温度系数设置在0至+7782ppm/°C之间，步长为30.5ppm/°C。用户设置RSTC时必须慎重，以确保精密的电流测量结果。

当温度寄存器的值越过0.5°C步长边界时，将调节温度补偿值。检流电阻应尽可能靠近V<sub>SS</sub>端，从而保证最佳的温度补偿效果。这实际上优化电阻与片上温度传感器之间的热交换。如果电流分流器带有PCB覆铜层布线，无论何时，尽可能将走线布在DS2775–DS2778封装下面。

### 电流累加

在每一次转换周期结束时，电流测量值在片内求和或累计，累计结果存储在累计电流寄存器(ACR)中。ACR的精度取决于电流测量精度和转换时基精度。ACR的范围为0至+409.6mVh，分辨率为6.25μVh。附加寄存器保留了每次累计结果的小数部分，以消除截断误差。结果的小数部分用户是不能访问的。充电电流的累加值超过最大寄存器值时，则报告最大寄存器值；相反放电电流累加值低于最小寄存器值时，则报告最小寄存器值。

检测电压低于100μV的充电电流(正的电流寄存器值)不进行累加，以消除长时间小失调误差的累计所造成的影响。这限制了最小的充电电流，对于库仑计数，R<sub>SNS</sub> = 0.020Ω时为5mA，R<sub>SNS</sub> = 0.005Ω时为20mA (更多信息参见表2)。

可以对ACR进行读/写操作。写ACR时必须先写最高有效字节(MSB)，然后再写LSB。无论何时写ACR，都将清除累计结果的小数部分。写操作必须在3.5s内完成。每次写ACR时，将迫使ADC执行一次失调校准转换并更新内部失调校准因数。在写ACR后的第二次转换时开始电流测量和累计。掉电时，ACR值被备份到EEPROM内。上电时，从EEPROM中恢复ACR值。专用地址和备份频率参见存储器映射。

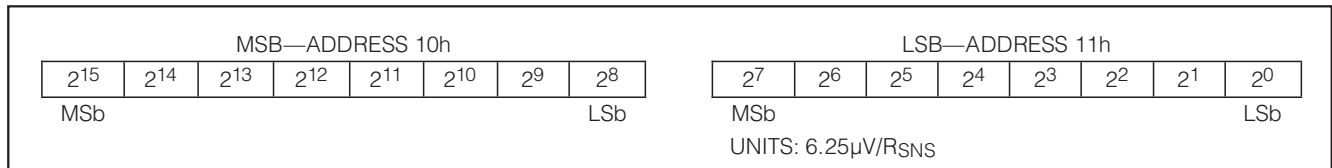


图10. 累加电流寄存器格式

表2. 分辨率、范围与检流电阻值的关系

| TYPE OF RESOLUTION/RANGE | V <sub>SS</sub> - V <sub>SNS</sub> | R <sub>SNS</sub> |          |          |          |
|--------------------------|------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
|                          |                                    | 20mΩ             | 15mΩ     | 10mΩ     | 5mΩ      |
| Current Resolution       | 1.5625μV                           | 78.13μA          | 104.2μA  | 156.3μA  | 312.5μA  |
| Current Range            | ±51.2mV                            | ±2.56A           | ±3.41A   | ±5.12A   | ±10.2A   |
| ACR Resolution           | 6.25μVh                            | 312.5μAh         | 416.7μAh | 625μAh   | 1.250mAh |
| ACR Range                | ±409.6mVh                          | ±20.48Ah         | ±27.30Ah | ±40.96Ah | ±81.92Ah |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 累加偏置

有些设计中，由于系统误差或应用的特定需求，需要在电流累加过程中引入一个随机偏置。电流累加偏置寄存器(CAB)可在电流累加过程中引入一个用户可编程的正或负偏置常数。CAB中的值用于估计未流经检流电阻的电池电流，估计电池自放电电流，或估算低于电流检测分辨率以至于无法测出的电流。用户编程值以二进制补码形式表示，每次电流转换周期加到ACR上一次，各位权值与电流寄存器相同。CAB的值是在上电时从EEPROM加载的。

## 循环计数器

循环计数器用来计算累积放电周期的绝对计数值。该寄存器可看成是“电池里程表”。一个LSb是两个周期，使得最高计数可达510个放电周期。该寄存器不循环。一旦达到最高值，寄存器锁定。当参数EEPROM存储器模块(模块1)未锁定时，该寄存器可进行读、写操作。一旦EEPROM存储器模块被锁定，循环计数寄存器变为只读。

## 电量估算算法

在估算剩余电量时，使用的数据包括实时测量值、存储器中描述电池组特性参数以及应用工作极限。图13描述了算法的输入和输出。

## 电池组特性建模

在估算剩余电量时，为了得到合理的精度，必须考虑电池组在不同温度下、负载电流和充电终止条件下的性能特性。由于Li+电池的特性是非线性的，因此，在电量估算时必须考虑到这些特性，才能获得满意的电量估算精度。DS2775–DS2778采用FuelPack模型，应用笔记131：*Lithium-Ion Cell Fuel Gauging with Maxim Battery Monitor ICs*中概要介绍了该方法。为提高硬件执行效率，DS2775–DS2778对AN131给出的方法进行了改进，将电池特性参数存储在器件内。通过查找过程获得满电量和空电量点，查找过程重构分段线性模型，模型包括满电量、有效空电量和待机空电量三条模型曲线。每条模型曲线由五个线段组成，标记为第1段至第5段。温度超过+40°C时，第5段模型曲线以零斜率无限延伸，以逼近+40°C以上时Li+电池电量的近似平坦变化。每条模型曲线的第4段的高点开始于+40°C，并且随温度向下延伸，直到与第3段相交。第3段接下来与第2段相交，第2段再与第1段相交。每一条模型曲线的第1段从与第2段的交点处开始，无限延伸至更低的温度。连接各段的三个连接点或转折点(标记为TBP12、TBP23和TBP34，见图14)可在-128°C至+40°C范围内设置，步长为1°C。第1、2、3、4段的斜率或导数也可在0至15,555ppm范围内编程设置，步长为61ppm。

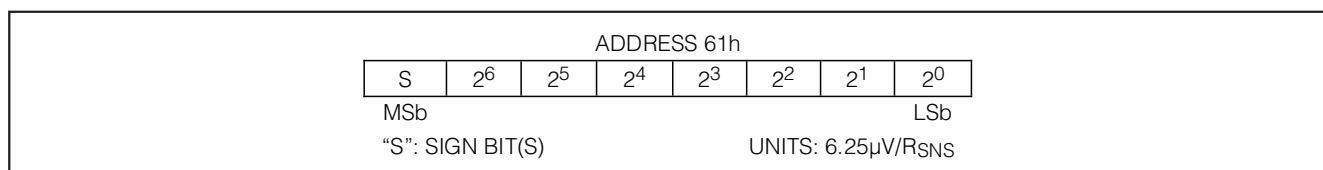


图11. 电流累加偏置寄存器格式

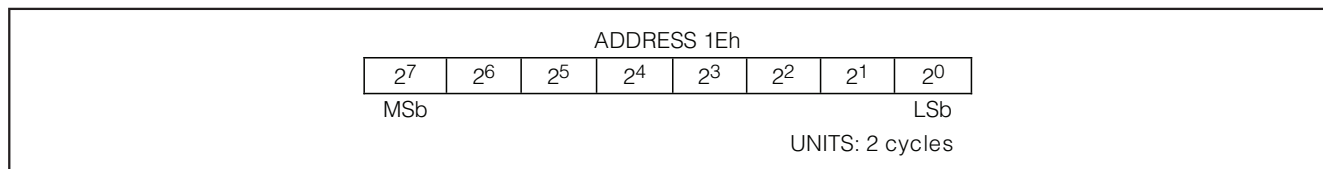


图12. 循环计数器寄存器格式

独立式、2节Li+电池电量计IC，  
提供保护电路和SHA-1认证选项

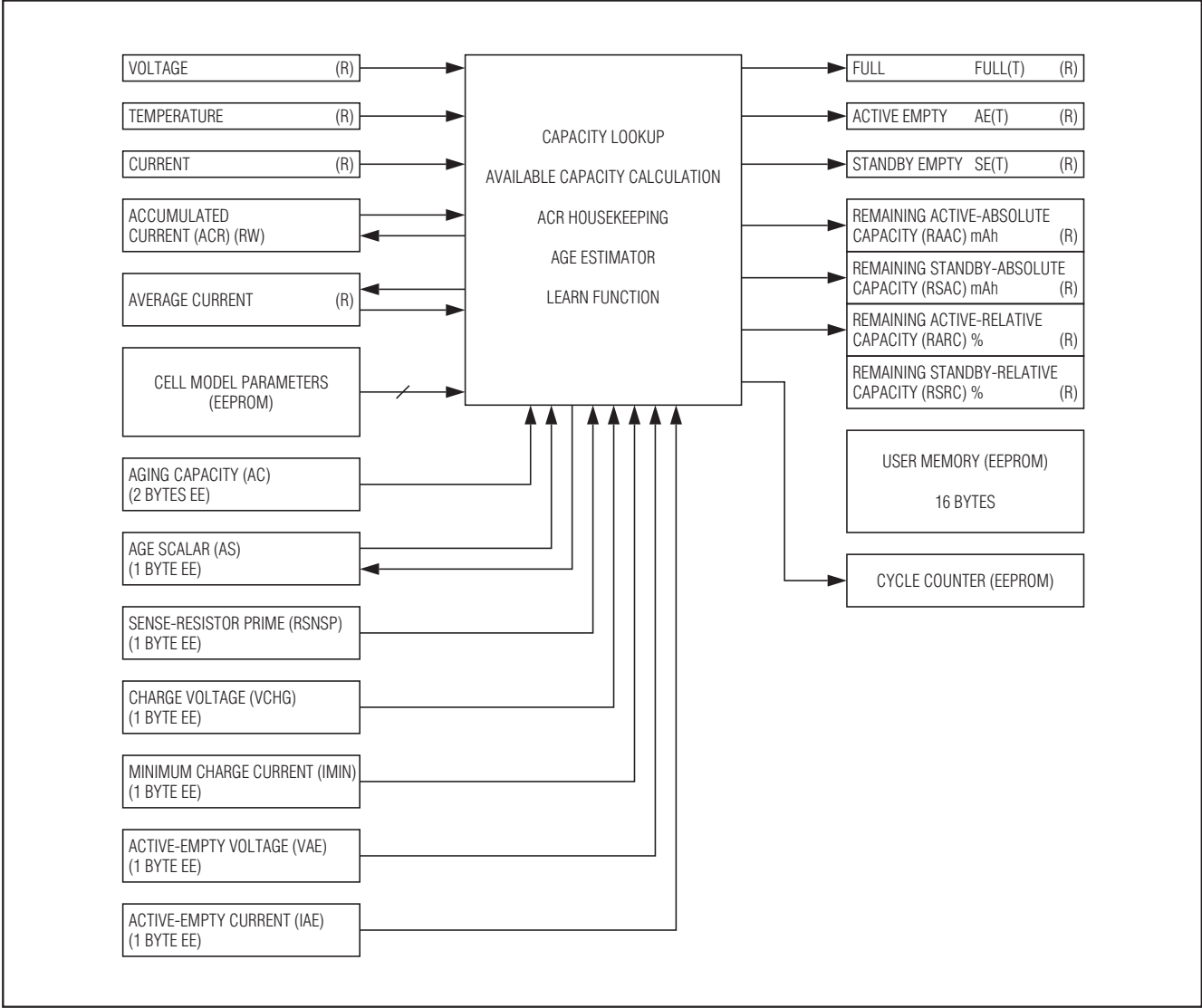


图13. 顶层算法框图

满电量

满电量曲线定义了在给定的充电终止模式下某电池组的满电量随温度变化的情况。实际应用中充电终止模式将决定电池特性表中的值。DS2775-DS2778根据电池特性表中的值重建满电量曲线，并以此确定每一温度下电池的满电量。温度每变化1°C时重建一次满电量。

有效空电量

有效空电量曲线定义了有效空电量点随温度的变化情况。有效空电量点定义为在给定放电速率下，系统在大负载电流下(工作在大功率模式下的电流)正常工作时所需的最小电压。这个负载电流被称作有效空电流(IAE)，其值是3.5s内电流寄存器读数的平均值。而规定的最小电压或有

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

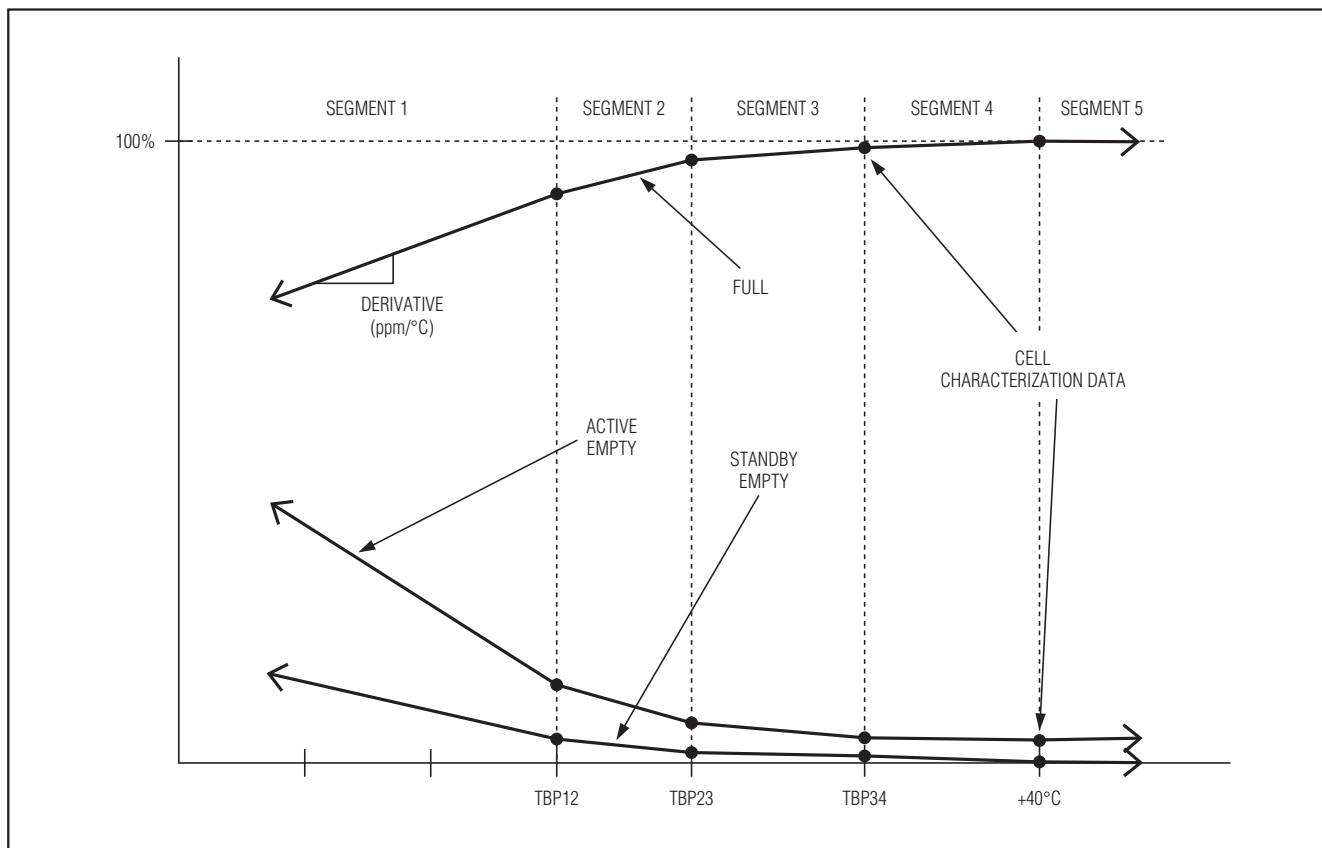


图14. 电池模型示例图

效空电压(VAE)是110ms内电压寄存器读数的平均值。VAE值是两个电池电压 $V_{IN1}$ 和 $V_{IN2}$ 的平均值。DS2775–DS2778依照电池特性表中的值重建有效空电量曲线，并以此确定每一温度下电池的有效空电量。温度每变化1°C时重建一次有效空电量。

## 待机空电量

待机空电量曲线定义了待机空电量点随温度的变化情况。待机空电量点定义为在一定的放电速率下，系统在相应的待机电流下待机工作所需要的最小电压。通常在便携式应用场合，待机空电量点表示电池已不能再支持DRAM刷新，因此待机电压由DRAM所需的最小电源电压决定。

在其它应用中，待机空电量点表示电池已不能再支持应用中的某些功能，如游戏或管理功能。待机负载电流和电压用来确定电池特性，但并不能在DS2775–DS2778中进行设置。DS2775–DS2778依照电池特性表中的值重建待机空电量曲线，并以此确定每一温度下电池的待机空电量。温度每变化1°C时重建一次待机空电量。

## 建立电池模型

建立模型时将所有点都归一化到+40°C下电池充满的状态。所有值均存储在电池参数EEPROM模块中。+40°C下的满电量值以 $\mu Vh$ 为单位，一个LSb为6.25 $\mu Vh$ 。+40°C下的有效空电量值以+40°C下满电量值的百分比存储，分辨

## 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

率为 $2^{-10}$ 。 $+40^{\circ}\text{C}$ 下的待机空电量值被定义为零，因此不需要储存。每种模型曲线中4个段的斜率(导数)以 $\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 存放在电池参数EEPROM模块中。每段的断点温度也存储在该模块内(关于数值存储的详细信息，请参考应用笔记3584: *Storing Battery Fuel Gauge Parameters in DS2780*)。这种方式下的数据存储范例见表3。

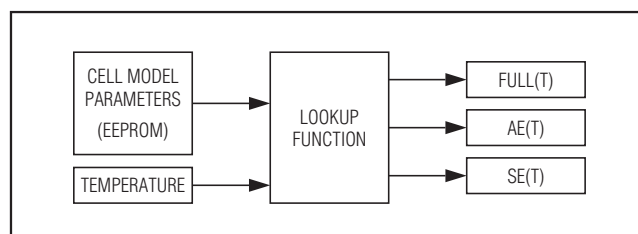


图15. 查找功能框图

表3. 电池特性示例(归一化至 $+40^{\circ}\text{C}$ )

|                                                    |                                  |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Manufacturer's Rated Cell Capacity: 1000mAh</b> |                                  |
| <b>Charge Voltage: 4.2V</b>                        | <b>Termination Current: 50mA</b> |
| <b>Active Empty (V): 3.0V</b>                      | <b>Standby Empty (I): 300mA</b>  |
| <b>Sense Resistor: 0.020Ω</b>                      |                                  |

| <b>SEGMENT BREAKPOINTS</b>                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| TBP12 = $-12^{\circ}\text{C}$<br>TBP23 = $0^{\circ}\text{C}$<br>TBP34 = $18^{\circ}\text{C}$ |

| <b>CALCULATED VALUE</b> | <b><math>+40^{\circ}\text{C}</math> NOMINAL<br/>(mAh)</b> | <b>SEGMENT 1<br/>(ppm/<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>SEGMENT 2<br/>(ppm/<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>SEGMENT 3<br/>(ppm/<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> | <b>SEGMENT 4<br/>(ppm/<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b> |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Full                    | 1051                                                      | 3601                                                     | 3113                                                     | 1163                                                     | 854                                                      |
| Active Empty            |                                                           | 2380                                                     | 1099                                                     | 671                                                      | 305                                                      |
| Standby Empty           |                                                           | 1404                                                     | 427                                                      | 244                                                      | 183                                                      |

### 应用参数

除了电池模型特性参数以外，还需要几个应用参数来检测电池满电量点和空电量点，以及获得以mAh为单位的计算结果。

#### 检流电阻初值(RSNSP)

RSNSP存储检流电阻的值，用来计算绝对电量。该值长度为1个字节，以电导形式存储，单位为姆欧( $1/\Omega$ )。RSNSP支持 $1\Omega$ 至 $3.922\text{m}\Omega$ 的电阻值。RSNSP位于参数EEPROM模块。

$$\text{RSNSP} = 1/R_{\text{SNS}} \text{ (单位为姆欧, } 1/\Omega)$$

#### 充电电压(VCHG)

VCHG存储充电电压门限值，用来检测完全充满状态。该值长度为1字节，单位为 $19.5\text{mV}$ ，范围为0至 $4.978\text{V}$ 。VCHG的设定值应稍小于充电周期结束时的电池组平均电压，以确保可靠的充电终止检测。VCHG位于参数EEPROM模块。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 最小充电电流(IMIN)

IMIN存放充电电流门限，用来检测完全充满状态。该值长度为1字节，单位为 $50\mu\text{V}$  ( $\text{IMIN} \times R_{\text{SNS}}$ )，范围从0至12.75mV。假设 $R_{\text{SNS}} = 20\text{m}\Omega$ ，那么IMIN可在0至637.5mA之间设置，步长为2.5mA。IMIN的设定值应当稍大于充电周期结束时的充电电流，以确保可靠的充电终止检测。IMIN位于参数EEPROM模块。

## 有效空电压(VAE)

VAE存储电压门限，用于检测有效工作时的空电池电量点。该值长度为1个字节，单位为19.5mV，范围为0至4.978V。VAE是电池电压的平均值，VAE位于参数EEPROM模块。更多信息参见电池组特性建模部分。

## 有效空电流(IAE)

IAE存储放电电流门限，用于检测有效工作时的空电池电量点。这个无符号数值代表放电电流的大小，长度为1个字节，单位为 $200\mu\text{V}$ ，范围从0至51.2mV。假设 $R_{\text{SNS}} = 20\text{m}\Omega$ ，IAE能在0至2550mA范围内以10mA步长进行设置。IAE位于参数EEPROM模块。更多信息参见电池组特性建模部分。

## 老化电量(AC)

AC用于存放额定电池电量，用来估算正常使用情况下电池容量减少的情况。此值存放在2个字节的空间内，单位同ACR一样( $6.25\mu\text{Vh}$ )。AC设置为厂商给出的额定电量时，每100个等效完全放电周期的老化速率设置为大约2.4%。对于不完全放电周期，则相加以折合成等效完全放电周期。在500个等效周期后，缺省估算结果为剩下88%的容量。通过将AC设置为与厂商额定值不同的值，能够调节老化估计速率。将AC设置为较小值，可加大老化估计速率。将AC设置为较大值时，则减缓老化估计速率。AC位于参数EEPROM模块。

## 老化系数(AS)

AS可以逐步调低电池容量估计结果，以补偿电池老化特性。AS值的长度为1个字节，数值范围在49.2%和100%之间。最低有效位的权值为0.78% (分辨率为 $2^{-7}$ )。AS值为

100% (十进制128或80h)时表示电池未老化。厂商封装电池包时，推荐将AS初始值设为95%，如此一来，当电池的初始容量大于电池特性表中设置好的标称容量时，允许学习该较大容量。通过上述老化电量中介绍的老化估计和容量学习功能修改AS值。

当满电量达到额定容量的80%时，通常要考虑电池损耗，因此，AS值的范围不需达到0%。AS值箝位至50% (十进制64或40h)。如果AS的读数为50%，主机应提示用户开始学习周期。

主机系统可以读、写AS，然而在写AS时必须慎重，以免累积的老化估计值被错误数值覆盖。AS自动保存到EEPROM内。上电时重新恢复EEPROM存储的AS值。

## 电量估算功能

### 基于循环计数的老化估算

正如以上所述，根据累计放电次数会不定期调整AS寄存器的值。当每次放电周期内ACR寄存器递减时，内部计数器会递增，直至等于32倍的AC。然后AS值递减1，电池满容量递减0.78% (每100个周期大约2.4%)。学习周期期间内部计数器复位。关于定制老化估计速率的推荐值，请参考老化电量(AC)部分。

### 学习功能

由于Li+电池的充电效率接近1，将Li+电池从已知空电量点充电到已知满电量点时所提供的电荷量是测量电池电量的可靠依据。将电池从空电量连续充电到满电量，可实现一个“学习周期”。首先，必须检测到有效空电量点。该点将置位学习标志(LEARNF)。然后，一旦开始充电，必须不间断地持续充电，直到电池充满。当检测到电池充满时，将清除LEARNF标志，置位满充(CHGTF)标志，并按照学习到的电池组容量调整AS。

基于学习功能的满电量估算相比基于循环计数的估算方法来说更为精确。学习功能反映了电池的电流性能。基于循环计数的估算方法是制造商针对大部分电池建议采用的近似方法。因此，在一个学习周期之后，用于基于循环计数估算方法的内部计数器复位。基于循环计数的估算方法仅在未进行学习周期时使用。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## ACR管理

有时会调整ACR寄存器值，使库仑计数处于模型曲线范围内。当电池充满(CHGTF置1)时，对当前温度下的满电量查找值进行老化修正，并以该修正结果设置ACR。如果正在执行学习周期，则在更新老化系数(AS)之后再校正ACR值。当检测到空电量状态(LEARNF和/或AEF置1)时，ACR的调整受以下条件限制：

- 如果AEF置1而LEARNF未置1，则不能检测到有效空电量点。电池电量有可能低于模型的有效空电量。只有当ACR大于当前温度的有效空电量模型值时，才能将ACR设置为当前温度的有效空电量模型值。
- 如果AEF置1，LEARNF未置1，并且ACR低于当前温度的有效空电量模型值，ACR不更新。
- 如果LEARNF置1，那么电池处于有效空电量点，并且ACR设置为有效空电量模型值。

## 满电量检测

如果 $V_{IN1}$ 和 $V_{IN2}$ 电压寄存器读数的平均值在两次平均电流(IAVG)读数之间始终高于充电电压(VCHG)门限，并且两个平均电流IAVG读数都低于终止电流(IMIN)，则检测到满电量。这两个连续的IAVG读数还必须是非零的正数(>16个LSB)。这样才能确保从充电器中取出电池时不会导致错误的满电量检测。检测到满电量时将状态寄存器中的充满(CHGTF)位置1。

## 有效空电量点检测

当 $V_{IN1}$ 和 $V_{IN2}$ 电压寄存器值跌至VAE门限以下，并且先前的两个电流读数大于IAE时，则检测到有效空电量点。这样就确认电池达到有效空电量点了。需要注意的是，先前的两个电流读数必须为负，并且电流值要大于IAE(也就是说，其放电电流比IAE门限所规定的值要大)。满足电压限制条件和放电速率要求，可确保检测到有效空电量点时的负载大小不会比构建模型所用的负载轻很

多。同样，如果先使用非常轻的负载深度放电，紧接着使用大于IAE的负载时，也绝不会检测到有效空电量。否则，在接下来的电池充电学习周期中，无论哪种情况都会导致有效容量测量结果中包含部分待机容量。检测到有效空电量时将置位状态寄存器中的学习标志(LEARNF)。

**注：**不要将有效空电量点与有效空电量标记混淆。只有当大于VAE门限时有效空电量标记才置1。

## 结果寄存器

DS2775–DS2778以3.5s的间隔时间处理测量结果和电池特性参数，并产生7个结果寄存器值。在大多数应用中，结果寄存器直接用于用户显示已经足够。结合测量数据、结果和用户EEPROM值，主机系统可生成系统所用的定制数据或用户显示数据。

## FULL(T)

报告当前温度下电池的满电量，归一化为+40°C下满电量的百分比。这个15位数值反映了给定温度下的电池组模型满电量值。FULL(T)值在100%和50%之间，分辨率为61ppm(分辨率为 $2^{-14}$ )。虽然寄存器格式允许数值大于100%，但寄存器值被箝位在100%的最大值。

## 有效空电量、AE(T)

报告当前温度下电池的有效空电量，归一化为+40°C下满电量的百分比。这个13位数值反映了给定温度下电池组模型的有效空电量。AE(T)值在0%和49.8%之间，分辨率为61ppm(分辨率为 $2^{-14}$ )。

## 待机空电量、SE(T)

报告当前温度下电池的待机空电量，归一化为+40°C下满电量的百分比。这个13位数值反映了当前温度下电池组模型的待机空电量。SE(T)值在0%和49.8%之间，分辨率为61ppm(分辨率为 $2^{-14}$ )。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

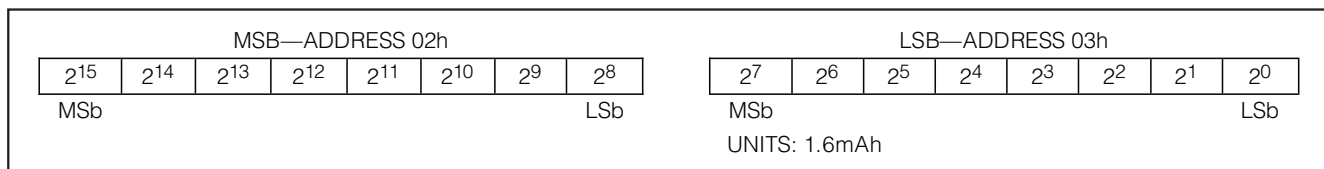


图16. 剩余绝对有效电量(RAAC) [mAh]

RAAC寄存器报告当前温度下放电到有效空电量点时的可用电量，采用绝对单位毫安/时(mAh)表示。RAAC为16位。

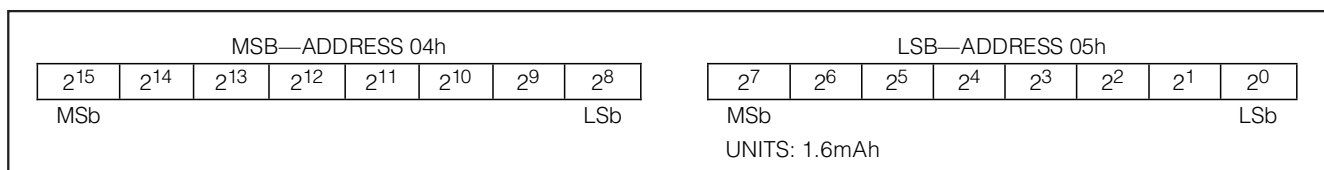


图17. 剩余绝对待机电量(RSAC) [mAh]

RSAC寄存器报告当前温度下放电到待机空电量点时的剩余电量，采用绝对单位毫安/时(mAh)表示。RSAC为16位。

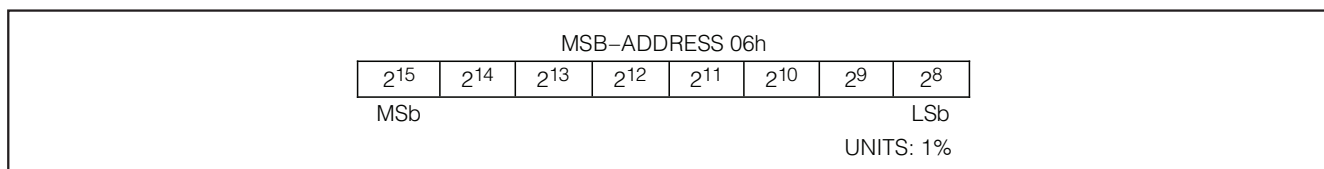


图18. 剩余相对有效电量(RARC) [%]

RARC寄存器报告当前温度下放电到有效空电量点时的可用电量，采用相对单位百分比(%)表示。RARC为8位。

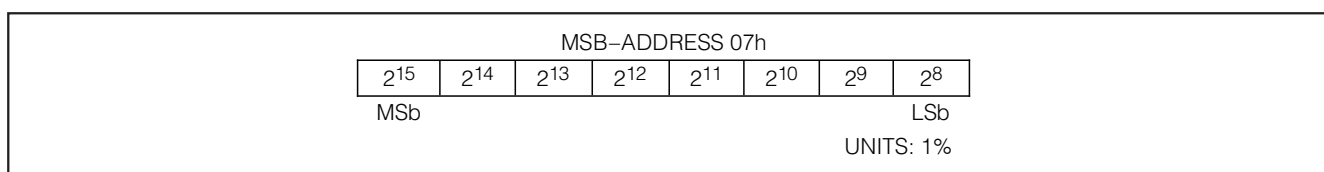


图19. 剩余相对待机电量(RSRC) [%]

RSRC寄存器报告当前温度下放电到待机空电量点时的剩余电量，采用相对单位百分比(%)表示。RSRC为8位。

## 计算结果

$$\text{RAAC [mAh]} = (\text{ACR[mVh]} - \text{AE(T)} \times \text{FULL40[mVh]}) \times \text{RSNSP [mhos]}^*$$

$$\text{RSAC [mAh]} = (\text{ACR[mVh]} - \text{SE(T)} \times \text{FULL40[mVh]}) \times \text{RSNSP [mhos]}^*$$

$$\text{RARC [\%]} = 100\% \times (\text{ACR[mVh]} - \text{AE(T)} \times \text{FULL40[mVh]}) / ((\text{AS} \times \text{FULL(T)} - \text{AE(T)}) \times \text{FULL40[mVh]})$$

$$\text{RSRC [\%]} = 100\% \times (\text{ACR[mVh]} - \text{SE(T)} \times \text{FULL40[mVh]}) / ((\text{AS} \times \text{FULL(T)} - \text{SE(T)}) \times \text{FULL40[mVh]})$$

$$^* \text{RSNSP} = 1/\text{R}_{\text{SNS}}$$

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 保护、状态和控制寄存器

### 保护寄存器格式

保护寄存器的位[3:2]用来报告Li+电池保护电路检测到的事件。0至1位用来禁止充电和放电FET栅极驱动器。位[3:2]仅可由内部硬件设置。2至3位仅由硬件清零。上电时0至1位置1，从休眠模式过渡为工作模式。在工作模式下，这些位可以被清零以禁止任意一个FET的栅极驱动或两个都禁止。如果没有保护故障，将这些位置1只开启FET。

### 保护寄存器(00h)

| BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X     | X     | X     | X     | CC    | DC    | CE    | DE    |

第7位至第4位：保留位。

**第3位：充电控制标记(CC)**。CC表明CC引脚驱动器的逻辑状态。CC为1表明CC引脚为逻辑高电平。CC清零表明CC引脚为低电平。CC标记是只读的。

**第2位：放电控制标记(DC)**。DC表明DC引脚驱动器的逻辑状态。DC为1表明DC引脚为逻辑高电平。DC清零表明DC引脚为低电平。DC标记是只读的。

**第1位：充电使能位(CE)**。CE为1时允许CC引脚驱动充电FET至导通状态。CE作为保护电路的使能输入。如果满足安全条件且CE为1，CC引脚电压为 $V_{CP}$ 。如果CE清零，CC引脚为低以禁止充电FET。CE的上电默认状态为1。

**第0位：放电使能位(DE)**。DE为1时允许DC引脚驱动放电FET至导通状态。DE作为保护电路的使能输入。如果满足安全条件且DE为1，DC引脚电压为 $V_{CP}$ 。如果DE清零，DC引脚为低以禁止放电FET。DE的上电默认状态为1。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 状态寄存器

包含报告器件状态的各个位。这些位均可由DS2775–DS2778内部设置。其中CHGTF、AEF、SEF以及LEARNF位为只读位。

## 状态寄存器(01h)

| BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4  | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| CHGTF | AEF   | SEF   | LEARNF | X     | X     | X     | X     |

**第7位：充电终止标记(CHGTF)。**CHGTF置1表示 $V_{IN1}$ 和 $V_{IN2}$ 电压平均值持续大于VCHG以及平均电流寄存器值低于IMIN门限的时间长到足以检测到满充电。当RARC小于90%时，CHGTF清零。CHGTF为只读。

**第6位：有效空电量标记(AEF)。**AEF置1表示电池正处于或低于有效空电量点。当 $V_{IN1}$ 和 $V_{IN2}$ 电压平均值低于VAE门限时，AEF置1。RARC大于5%时，AEF清零。AEF是只读的。

**第5位：待机空电量标记(SEF)。**SEF置1表示RSRC低于10%。RSRC大于15%时，SEF清零。SEF是只读的。

**第4位：学习标记(LEARNF)。**LEARNF表示可利用当前充电周期学习电池容量。检测到有效空电量点时，LEARNF置1。当 $V_{IN1}$ 和 $V_{IN2}$ 电压平均值低于VAE门限，并且两个之前的电流寄存器值为负且幅值大于IAE门限时，开始学习过程。其它信息，请参考有效空电量点检测部分。在下列情况下，LEARNF清零：

- 1) 学习周期结束(CHGTF置1)。
- 2) 电流寄存器值为负表示有放电电流流过。
- 3)  $ACR = 0$ 。
- 4) 写ACR或从EEPROM中回读。
- 5) 进入休眠模式。

LEARNF是只读的。

**第3位至第0位：保留位。**

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 控制寄存器格式

控制寄存器中的所有位都是可读可写的。上电时控制寄存器从参数EEPROM中调用数据。上电后，可在映射RAM中修改寄存器位的值。利用Copy Data命令，可保存上电缺省值。

## 控制寄存器(60h)

| BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NBEN  | UVEN  | PMOD  | RNAOP | VUV1  | VUV0  | PSPIO | PSDQ  |

**第7位：负电流屏蔽使能(NBEN)。**NBEN为1时使能最大25 $\mu$ V的负电流屏蔽，该位为0时禁止负电流屏蔽。上电时默认NBEN=0。

**第6位：欠压使能(UVEN)。**UVEN为1时，若 $V_{IN1}$ 和 $V_{IN2}$ 电压平均值小于 $V_{UV}$ ，且DQ的逻辑状态(高电平或低电平)在 $t_{SLEEP}$ 内保持稳定，则DS2775–DS2778进入休眠模式。欠压状态下，UVEN为0时将不会进入休眠模式。

**第5位：电源模式使能位(PMOD)。**PMOD为1时，若DQ为低电平的持续时间达到 $t_{SLEEP}$ ，则DS2775–DS2778进入休眠模式。PMOD为0时，DQ将不会进入休眠模式。

**第4位：读网络地址操作码(RNAOP)。**RNAOP为0时，选择33h作为Read Net Address命令的操作码。RNAOP为1时，选择39h作为Read Net Address命令的操作码。

**第3位和第2位：欠压门限(VUV[1:0])。**根据表4设置器件检测欠压条件的电压。

**第1位：电源开关PIO使能(PSPIO)。**PSPIO为1时，允许PIO引脚作为电源开关输入。PSPIO为0时，禁止PIO引脚的电源开关输入功能。该控制与PSDQ状态无关。

**第0位：电源开关DQ使能(PSDQ)。**PSDQ为1时，允许DQ引脚作为电源开关输入。PSDQ为0时，禁止DQ引脚的电源开关输入功能。该控制与PSPIO状态无关。该位与DS2777/DS2778无关。

表4. 欠压门限

| VUV[1:0] BIT FIELD | $V_{UV}$ (V) |
|--------------------|--------------|
| 0 0                | 2.00         |
| 0 1                | 2.30         |
| 1 0                | 2.45         |
| 1 1                | 2.60         |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 过压门限寄存器格式

8位过压门限寄存器(VOV)用来设置保护电路的过压门限。如果 $V_{IN1}$ 或 $V_{IN2}$ 任一电压高于OV门限且持续 $t_{OVD}$ ，则认为检测到了过压故障。VOV寄存器的一个LSB为 $2 \times 5V/1024 = 31.25mV$ 。 $V_{OV}$ 设置点可由下式来计算：

$$V_{OV} = (678 + 2 \times \text{过压门限寄存器的值}) \times 5V/1024$$

示例：

$$\text{过压门限寄存器} = 1110110b = 118D$$

$$V_{OV} = (678 + 2 \times 118) \times 5V/1024 = 4.46289V$$

## 过压门限寄存器(7Fh)

| BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X     | VOV6  | VOV5  | VOV4  | VOV3  | VOV2  | VOV1  | VOV0  |

表5. VOV寄存器可编程值

| VOV[6:0] BIT FIELD | V <sub>ov</sub> (V) |
|--------------------|---------------------|
| 0 0 0 0 0 0 0      | 3.311               |
| 0 0 0 0 0 0 1      | 3.320               |
| 0 0 0 0 0 1 0      | 3.330               |
| 0 0 0 0 0 1 1      | 3.340               |
| 0 0 0 0 1 0 0      | 3.350               |
| 0 0 0 0 1 0 1      | 3.359               |
| 0 0 0 0 1 1 0      | 3.369               |
| 0 0 0 0 1 1 1      | 3.379               |
| 0 0 0 1 0 0 0      | 3.389               |
| 0 0 0 1 0 0 1      | 3.398               |
| 0 0 0 1 0 1 0      | 3.408               |
| 0 0 0 1 0 1 1      | 3.418               |
| 0 0 0 1 1 0 0      | 3.428               |
| 0 0 0 1 1 0 1      | 3.438               |
| 0 0 0 1 1 1 0      | 3.447               |
| 0 0 0 1 1 1 1      | 3.457               |
| ...                | ...                 |

| VOV[6:0] BIT FIELD | V <sub>ov</sub> (V) |
|--------------------|---------------------|
| 1 1 1 0 0 0 0      | 4.404               |
| 1 1 1 0 0 0 1      | 4.414               |
| 1 1 1 0 0 1 0      | 4.424               |
| 1 1 1 0 0 1 1      | 4.434               |
| 1 1 1 0 1 0 0      | 4.443               |
| 1 1 1 0 1 0 1      | 4.453               |
| 1 1 1 0 1 1 0      | 4.463               |
| 1 1 1 0 1 1 1      | 4.473               |
| 1 1 1 1 0 0 0      | 4.482               |
| 1 1 1 1 0 0 1      | 4.492               |
| 1 1 1 1 0 1 0      | 4.502               |
| 1 1 1 1 0 1 1      | 4.512               |
| 1 1 1 1 1 0 0      | 4.521               |
| 1 1 1 1 1 0 1      | 4.531               |
| 1 1 1 1 1 1 0      | 4.541               |
| 1 1 1 1 1 1 1      | 4.551               |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

## 过流门限

过流门限在RSGAIN寄存器中的上半部分设置。OC1和OC0位设置充、放电门限的过流门限。短路门限由SC0位设置(对于过流和短路门限值，请分别参见表6和表7)。DS2775–DS2778具有内置固定的 $t_{OCD}$ 过流事件延迟和 $t_{SCD}$ 短路事件延迟。这意味着在关断FET之前，电流ADC必须读取到持续 $t_{OCD}$ 以上的大于过流门限的值以及读取到持续 $t_{SCD}$ 以上的大于短路门限的值。低于它们指定延迟的过流和短路事件会被忽略。

| ADDRESS 78h   |     |     |     |     |                |                 |                 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|----------------|-----------------|-----------------|
| X             | SC0 | OC1 | OC0 | X   | 2 <sup>0</sup> | 2 <sup>-1</sup> | 2 <sup>-2</sup> |
| MSb           |     |     |     | LSb |                |                 |                 |
| “X”: RESERVED |     |     |     |     |                |                 |                 |

图20. 过流和短路门限值格式

表6. COC、DOC可编程门限

| OC[1:0] BIT FIELD | V <sub>coc</sub> (mV) | V <sub>doc</sub> (mV) |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 0               | -25                   | 38                    |
| 0 1               | -38                   | 50                    |
| 1 0               | -50                   | 75                    |
| 1 1               | -75                   | 100                   |

表7. SC可编程门限

| SC0 BIT FIELD | V <sub>sc</sub> (mV) |
|---------------|----------------------|
| 0             | 150                  |
| 1             | 300                  |

## 特殊功能寄存器格式

特殊功能寄存器的所有位都是可读写的，在每一位的定义中都给出了其缺省值。

## 特殊功能寄存器(15h)

| BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1    | BIT 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| X     | X     | X     | X     | X     | X     | SHA_IDLE | PIOB  |

第7位至第2位：保留位。

第1位：SHA闲置位(SHA\_IDLE)。对于DS2777/DS2778，进行SHA计算过程中，该位为逻辑1；完成计算时该位为逻辑0。

第0位：PIO引脚检测和控制位(PIOB)。PIOB写为0时，激活PIO引脚开漏输出驱动器，PIO引脚强制拉低。PIOB写为1时，禁止输出驱动器，允许PIO引脚拉高或作为输入。读PIOB时，将获得驱动PIO引脚的逻辑电平。注意：如果PIO引脚悬空时将PIOB置1，弱下拉电流源会将PIO引脚电压下拉至V<sub>SS</sub>。上电时PIOB置1。休眠模式下PIOB也置1，以确保此时PIO引脚为高阻态。注：若PSPIO使能，禁止将PIOB写为0。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## EEPROM寄存器

EEPROM寄存器提供对EEPROM模块的访问控制。EEPROM模块可被锁定以防止更改模块中的数据。锁定模块后禁止对其写访问。一旦模块被锁定，就无法解锁。对EEPROM模块的读访问不受锁定/解锁状态的影响。

EEPROM寄存器格式(1Fh)

| BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EEC   | LOCK  | X     | X     | X     | X     | BL1   | BL0   |

**第7位：EEPROM复制标记(EEC)。**EEC位是只读的，其值为1时表示正在执行Copy Data命令。EEC位为高时，写EEPROM地址被忽略。EEC为0表示可将数据写到未锁定的EEPROM。

**第6位：EEPROM锁定使能(LOCK)。**LOCK为0时，Lock命令被忽略。LOCK为1时，启动Lock命令。将LOCK位置1后，必须紧接着发出Lock命令，否则LOCK位会复位为0。锁定操作完成后，LOCK位复位为0。LOCK位为易失R/W位，POR时初始化为0。

**第5位至第2位：保留位。**

**第1位：参数EEPROM块1锁定标记(BL1)。**BL1位是只读的，其值为1表示EEPROM块1(地址60h至80h)被锁定(只读)，BL1位为0表示EEPROM块1没有锁定(可读可写)。

**第0位：用户EEPROM块0锁定标记(BL0)。**BL0位是只读的，其值为1表示EEPROM块0(地址20h至2Fh)被锁定(只读)，BL0位为0表示EEPROM块0没有锁定(可读可写)。

## 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

### 存储器

DS2775–DS2778包括256字节线性存储器空间，包括用于测量、状态指示和控制的寄存器，以及用于存储参数和用户信息的EEPROM存储器模块。读取标注为“保留位”的字节地址时将返回FFh。保留字节不应写入。为了存储16位数值，一些字节寄存器成对地组成双字节寄存器。16位数值的高字节(MSB)位于偶数地址，而低字节(LSB)位于下一个地址(奇数地址)字节。当读取双字节寄存器的MSB时，MSB和LSB被同时锁存，并在Read Data命令期间保持不变，从而避免了在读取数据期间刷新LSB。这样保证了两个寄存器字节之间的同步。为获得有效的结果，一定要在同一个Read Data命令期间读取双字节寄存器的MSB和LSB。

EEPROM存储器包含非易失性EEPROM单元，并具有相应的易失性映射RAM。Read Data和Write Data命令允许通过1-Wire接口直接访问映射RAM(图21)。Copy Data和Recall Data命令可在映射RAM和EEPROM单元之间传输数据。为了修改存储在EEPROM单元中的数据，必须先将数据写入映射RAM，然后复制到EEPROM中。为了校验存储在EEPROM单元中的数据，必须将EEPROM数据调入映射

RAM，再从映射RAM中读取数据。发出Copy Data命令后，在复制到EEPROM之前不能访问EEPROM模块(参见EEPROM Reliability Specification表中对 $t_{EEC}$ 的定义)。

### 用户EEPROM—块0

16字节用户EEPROM存储器(块0，地址：20h至2Fh)提供的非易失性存储器与其它DS2775–DS2778功能无关。访问用户EEPROM模块不会影响DS2775–DS2778的工作。用户EEPROM是可锁定的，一旦被锁定，则禁止写访问。电池包或主机系统制造商可设置标签码、日期码以及其他制造、授权或诊断信息，然后将其锁定以保护数据不会被篡改。用户EEPROM还可存储充电参数(支持主机设备中不同尺寸的电池)以及辅助的模型数据(如到完全充满时的时间估计参数)。

### 参数EEPROM—块1

电池模型数据以及应用的工作参数都存储在参数EEPROM存储器中(块1，地址：60h至80h)。当RARC结果越过4%的边界值时，ACR(MSB和LSB)和AS寄存器将被自动保存到EEPROM中(更多信息参见表8)。

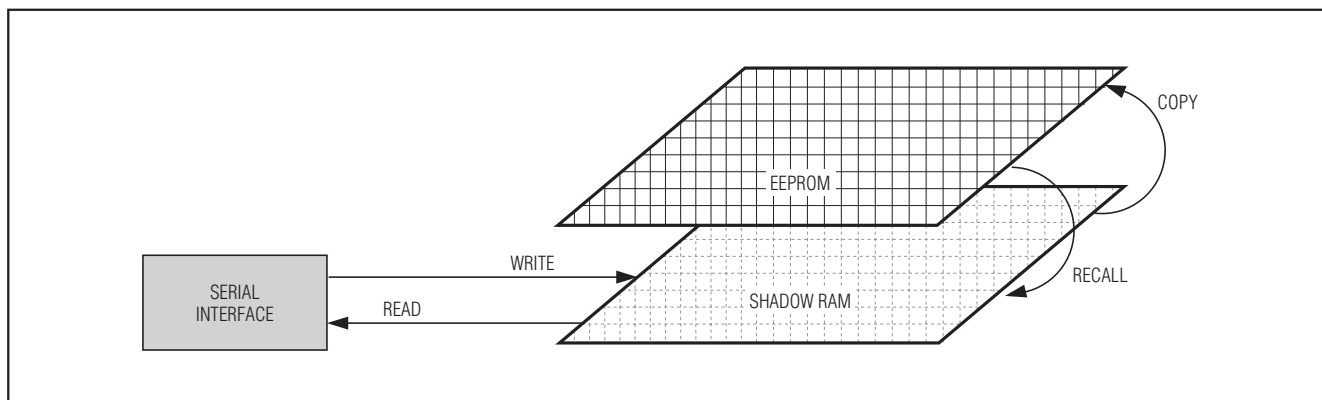


图21. 通过映射RAM进行EEPROM访问

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

表 8. 参数EEPROM存储器块

| ADDRESS (HEX) | DESCRIPTION                            | ADDRESS (HEX) | DESCRIPTION                                            |
|---------------|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| 60h           | Control Register                       | 71h           | AE Segment 3 Slope Register                            |
| 61h           | Accumulation Bias Register (AB)        | 72h           | AE Segment 2 Slope Register                            |
| 62h           | Aging Capacity Register MSB (AC)       | 73h           | AE Segment 1 Slope Register                            |
| 63h           | Aging Capacity Register LSB (AC)       | 74h           | SE Segment 4 Slope Register                            |
| 64h           | Charge Voltage Register (VCHG)         | 75h           | SE Segment 3 Slope Register                            |
| 65h           | Minimum Charge Current Register (IMIN) | 76h           | SE Segment 2 Slope Register                            |
| 66h           | Active-Empty Voltage Register (VAE)    | 77h           | SE Segment 1 Slope Register                            |
| 67h           | Active-Empty Current Register (IAE)    | 78h           | Sense-Resistor Gain Register MSB (RSGAIN)              |
| 68h           | Active-Empty 40 Register               | 79h           | Sense-Resistor Gain Register LSB (RSGAIN)              |
| 69h           | Sense Resistor Prime Register (RSNSP)  | 7Ah           | Sense-Resistor Temperature Coefficient Register (RSTC) |
| 6Ah           | Full 40 MSB Register                   |               |                                                        |
| 6Bh           | Full 40 LSB Register                   | 7Bh           | Current Offset Bias Register (COB)                     |
| 6Ch           | Full Segment 4 Slope Register          | 7Ch           | TBP34 Register                                         |
| 6Dh           | Full Segment 3 Slope Register          | 7Dh           | TBP23 Register                                         |
| 6Eh           | Full Segment 2 Slope Register          | 7Eh           | TBP12 Register                                         |
| 6Fh           | Full Segment 1 Slope Register          | 7Fh           | Protector Threshold Register                           |
| 70h           | AE Segment 4 Slope Register            | 80h           | 2-Wire Slave Address Register                          |

表 9. 存储器映射

| ADDRESS (HEX) | DESCRIPTION                              | READ/WRITE |
|---------------|------------------------------------------|------------|
| 00h           | Protection Register                      | R/W        |
| 01h           | Status Register                          | R/W        |
| 02h           | RAAC Register MSB                        | R          |
| 03h           | RAAC Register LSB                        | R          |
| 04h           | RSAC Register MSB                        | R          |
| 05h           | RSAC Register LSB                        | R          |
| 06h           | RARC Register                            | R          |
| 07h           | RSRC Register                            | R          |
| 08h           | Average Current Register MSB             | R          |
| 09h           | Average Current Register LSB             | R          |
| 0Ah           | Temperature Register MSB                 | R          |
| 0Bh           | Temperature Register LSB                 | R          |
| 0Ch           | Voltage Register MSB, $V_{IN1} - V_{SS}$ | R          |
| 0Dh           | Voltage Register LSB, $V_{IN1} - V_{SS}$ | R          |
| 0Eh           | Current Register MSB                     | R          |
| 0Fh           | Current Register LSB                     | R          |
| 10h           | Accumulated Current Register MSB         | R/W*       |
| 11h           | Accumulated Current Register LSB         | R/W*       |
| 12h           | Accumulated Current Register LSB - 1     | R          |

独立式、2节Li+电池电量计IC，  
提供保护电路和SHA-1认证选项

DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

表9. 存储器映射(续)

| ADDRESS (HEX) | DESCRIPTION                                  | READ/WRITE |
|---------------|----------------------------------------------|------------|
| 13h           | Accumulated Current Register LSB - 2         | R          |
| 14h           | Age Scalar Register                          | R/W*       |
| 15h           | Special Feature Register                     | R/W        |
| 16h           | Full Register MSB                            | R          |
| 17h           | Full Register LSB                            | R          |
| 18h           | Active-Empty Register MSB                    | R          |
| 19h           | Active-Empty Register LSB                    | R          |
| 1Ah           | Standby-Empty Register MSB                   | R          |
| 1Bh           | Standby-Empty Register LSB                   | R          |
| 1Ch           | Voltage Register MSB, $V_{IN2} - V_{IN1}$    | R          |
| 1Dh           | Voltage Register LSB, $V_{IN2} - V_{IN1}$    | R          |
| 1Eh           | Cycle Counter Register                       | R/W*       |
| 1Fh           | EEPROM Register                              | R/W        |
| 20h to 2Fh    | User EEPROM Register, Lockable, Block 0      | R/W        |
| 30h to 5Fh    | Reserved                                     | —          |
| 60h to 80h    | Parameter EEPROM Register, Lockable, Block 1 | R/W        |
| 81h to AFh    | Reserved                                     | —          |
| B0h           | Factory Gain RSGAIN Register MSB             | R          |
| B1h           | Factory Gain RSGAIN Register LSB             | R          |
| B2h to FDh    | Reserved                                     | —          |
| FEh           | 2-Wire Command Register                      | W          |
| FFh           | Reserved                                     | —          |

\*工作模式下寄存器值自动保存到EEPROM中，上电时从EEPROM中回读。

64位网络地址(ROM ID)

每个DS2775–DS2778都有工厂编程的64位唯一ROM ID。网络地址的前8位是产品家族代码(32h)。然后是48位的唯一序列号。最后8位是前56位的循环冗余校验码(CRC) (参见图22)。

认证

DS2776/DS2778认证功能通过符合FIPS 180的SHA-1单向散列算法(位于512位信息块中)实现。该信息块包括64位密钥、64位质询和384位固定数据。散列运算所用的384

位固定数据中的64位可用64位网络地址取代。有关信息块结构方面的详细说明请联系Maxim。

主机和DS2776/DS2778的计算结果均基于互知的密钥。散列运算结果称为消息认证码(MAC)或信息摘要。DS2776/DS2778返回MAC并与主机的MAC作比较。注意：密钥不会在总线上传送，因此不能通过监听总线数据流量来捕获。主机系统发出Write Challenge命令提供64位随机质询，以启动每次认证过程。然后主机发出Compute MAC命令或Compute MAC with ROM ID命令。基于FIPS 180计算MAC，然后返回一个160位串行数据流，从最低有效位开始。

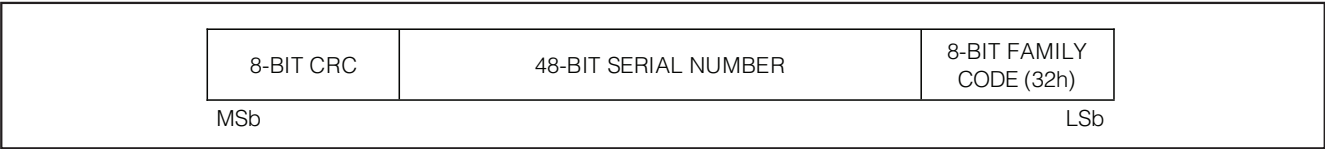


图22. 1-Wire网络地址格式(ROM ID)

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## DS2776/DS2778认证命令

### Write Challenge [0Ch]

该命令向DS2776/DS2778写64位质询。命令的MSB完成后立即开始64位数据的LSB。如果写的数据超过8个字节，质询寄存器的最终值不确定。每当发出Compute MAC或Compute Next Secret命令之前必须发出Write Challenge命令，以得到可靠的结果。

### Compute MAC without ROM ID [36h]

该命令启动SHA-1计算，信息块中不包括ROM ID。由于没有用到ROM ID，该命令允许使用主机密钥，在没有ROM ID的情况下计算MAC作出响应。DS2776/DS2778在收到该命令的最后一位后在t<sub>SHA</sub>计算MAC。完成MAC计算后，主机必须写8个写0时隙，然后再发出160个读时隙，从而得到20字节的MAC。命令时序见图25。

### Compute MAC with ROM ID [35h]

该命令的架构与Compute MAC without ROM ID命令相同，仅有一点不同，那就是ROM ID包含在信息块中。由于计算MAC时每个DS2776/DS2778的ROM ID是唯一的，所以各令牌可以采用唯一的密钥，主器件中可采用主机密钥。更多信息详见应用笔记1099：White Paper 4: Glossary of I-Wire SHA-1 Terms。命令时序见图25。

表10列出了认证电池或外设时的SHA-1相关命令。其它4个命令如密钥清除、密钥计算、密钥锁定的描述参见密钥管理功能命令部分。

## 密钥管理功能命令

表11列出了所有密钥管理功能命令。

### Clear Secret [5Ah]

该命令可将64位密钥设置为全0 (0000 0000 0000 0000h)。主机必须等待t<sub>EEC</sub>以允许DS2776/DS2778将新密钥写入EEPROM。命令时序见图28。

### Compute Next Secret without ROM ID [30h]

该命令启动SHA-1 MAC计算，并用MAC计算结果的一部分作为下一个或新的密钥。MAC计算通过当前的64位密钥和64位质询来实现。此时不载入ROM ID，而是载入逻辑1。输出MAC的64位用来作为新的密钥。发出该命令后主机必须等待t<sub>SHA</sub>以完成SHA计算，然后等待t<sub>EEC</sub>以允许DS2776/DS2778将新密钥写入EEPROM。命令时序见图26。

### Compute Next Secret with ROM ID [33h]

该命令启动SHA-1 MAC计算，并用MAC计算结果的一部分作为下一个或新的密钥。MAC计算通过当前的64位密钥、64位ROM ID和64位质询来实现。输出MAC的64位用来作为新的密钥。发出该命令后主机必须等待t<sub>SHA</sub>以完成SHA计算，然后等待t<sub>EEC</sub>以允许DS2776/DS2778将新密钥写入EEPROM。命令时序见图26。

表 10. 认证功能命令

| COMMAND                                                         | HEX | FUNCTION                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Write Challenge                                                 | 0Ch | Writes 64-bit challenge for SHA-1 processing. Required prior to issuing Compute MAC and Compute Next Secret commands.     |
| Compute MAC without ROM ID (and Return MAC for the DS2776 only) | 36h | Computes hash of the message block with logical 1s in place of the ROM ID. (Returns the 160-bit MAC for the DS2776 only.) |
| Compute MAC with ROM ID (and Return MAC for the DS2776 only)    | 35h | Computes hash of the message block including the ROM ID. (Returns the 160-bit MAC for the DS2776 only.)                   |
| Read ROM ID (DS2778 only)                                       | 39h | Returns the ROM ID (DS2778 only).                                                                                         |
| Read MAC (DS2778 only)                                          | 3Ah | Returns the 160-bit MAC (DS2778 only).                                                                                    |

## 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

表 11. 密钥管理功能命令

| COMMAND                            | HEX | FUNCTION                                          |
|------------------------------------|-----|---------------------------------------------------|
| Clear Secret                       | 5Ah | Clears the 64-bit secret to 0000 0000 0000 0000h. |
| Compute Next Secret without ROM ID | 30h | Generates new global secret.                      |
| Compute Next Secret with ROM ID    | 33h | Generates new unique secret.                      |
| Lock Secret                        | 60h | Sets lock bit to prevent changes to the secret.   |

### Lock Secret [60h]

该命令写保护64位密钥，以防止意外或恶意覆盖密钥。存储在EEPROM中的密钥值将是“最终的”。主机必须等待 $t_{EEC}$ 以允许DS2776/DS2778向EEPROM写锁定密钥位。命令时序见图28。

### 1-Wire 总线系统(DS2775/DS2776)

1-Wire是在一条总线上连接一个主机和一个或多个从机设备的系统。多节点总线由挂接了多个从机设备的1-Wire总线组成，单节点总线上只挂接了一个从机设备。任何情况下，DS2775/DS2776都作为从机器件使用。主机系统中的总线主机通常是一个微处理器。对该总线系统的讨论分为五部分：64位网络地址、CRC生成、硬件配置、处理流程和1-Wire信令。

### CRC生成

DS2775/DS2776带有8位CRC校验码，存储在64位网络地址的最高字节中，并在一些命令中生成CRC码。为了确保地址的无差错传输，主机系统可根据网络地址的前56位计算出CRC校验码，并与来自DS2775/DS2776的CRC进行比较。

系统主机负责CRC校验并根据校验结果采取相应措施。DS2775/DS2776并不比较CRC校验码，当CRC校验码不匹配时，也不会阻止命令继续执行。正确利用CRC可使通信信道具有极高的完整性。

主机可利用图23所示的电路生成CRC，该电路由移位寄存器和异或门组成。也可由软件通过多项式 $X^8 + X^5 + X^4 + 1$ 生成。更多关于Maxim 1-Wire CRC的信息，请参见应用笔记27：理解和运用Maxim iButton®产品中的循环冗余校验(CRC)。

在图23所示电路中，首先将移位寄存器初始化为零。然后从家族代码的最低位开始，每次移入一位。当家族代码第8位移入后，再移入序列号。当序列号第48位也移入后，移位寄存器中的值就是CRC值。

在某些命令序列中，DS2775/DS2776也生成一个8位CRC，并将该值提供给总线主机以便于确认传输的命令、地址以及总线主机发送给DS2775/DS2776的数据是否正确。DS2775/DS2776利用从总线主机接收到的命令和地址字节计算一个8位CRC，以验证在执行Read Memory、Read Status和Read/Generate CRC命令时接收到的字节是否正确。执行Read Data/Generate CRC命令以及状态存储器区域的8字节信息时，当每个EEPROM页发送到主机时，DS2775/DS2776中的CRC生成器也用来提供对无差错数据传输的验证。

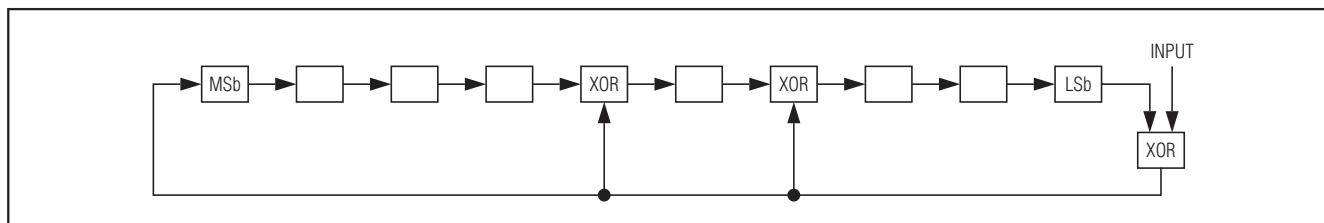


图23. 1-Wire CRC发生器框图

iButton是Maxim Integrated Products, Inc.的注册商标。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

每当CRC用于数据传输验证时，总线主机必须用同一多项式函数计算CRC值，并将计算出的值与存放在DS2775/DS2776网络地址或DS2775/DS2776计算出的CRC相比较。CRC比较及决定是否继续操作完全取决于主机。如果DS2775/DS2776存储或计算的CRC和主机计算的CRC不匹配，DS2775/DS2776没有阻止命令执行的电路。

## 硬件配置

由于1-Wire总线仅有一条数据线，因此在适当的时间驱动总线上的每个器件非常重要。为使上述操作易于实现，挂接在1-Wire总线上的每个器件都采用开漏或三态输出来连接总线。DS2775/DS2776用开漏输出驱动器作为双向接口电路，如图24所示。如果总线主机上没有可利用的双向引脚，可以将独立的输出以及输入引脚连接起来用。

1-Wire总线要求主机侧必须连接一个上拉电阻。建议上拉电阻的阻值在2k $\Omega$ 到5k $\Omega$ 范围内选择。1-Wire总线的空闲状态为高电平。如果由于某种原因需要暂停工作，稍后还要恢复工作的话，必须将总线置于空闲状态。注意，如果总线置为低电平的时间超过 $t_{LOW0}$ ，那么总线上的从机设备会将该低电平周期理解为一个复位脉冲，从而终止通信过程。

## 处理流程

通过1-Wire端口访问DS2775/DS2776的操作流程如下：

- 初始化
- 网络地址命令
- 功能命令
- 数据传输(并非所有命令都涉及数据传输)

## 初始化

1-Wire总线上的所有传输操作均从初始化开始。初始化过程由主机发送的复位脉冲和DS2775/DS2776及其它从器件发送的在线应答脉冲组成。在线应答脉冲用于通知主机一个或多个从机设备已挂接在总线上，并已准备就绪。详细内容请参见1-Wire信令部分。

## 网络地址命令

一旦总线主机检测到从器件的在线应答脉冲，就发出一条网络地址命令(各命令描述见下文)。每条网络地址命令(ROM命令)的名称后跟该命令的8位操作码(位于方括号中)。

## Read Net Address [33h]

该命令允许总线主机读取DS2775/DS2776的1-Wire网络地址。只有当总线上挂接单从设备时才能使用这条命令。如果总线上连接了多个从机设备，那么当所有从机都试图同时发送数据时(漏极开路输出“线与”后的结果)，就会产生数据冲突。

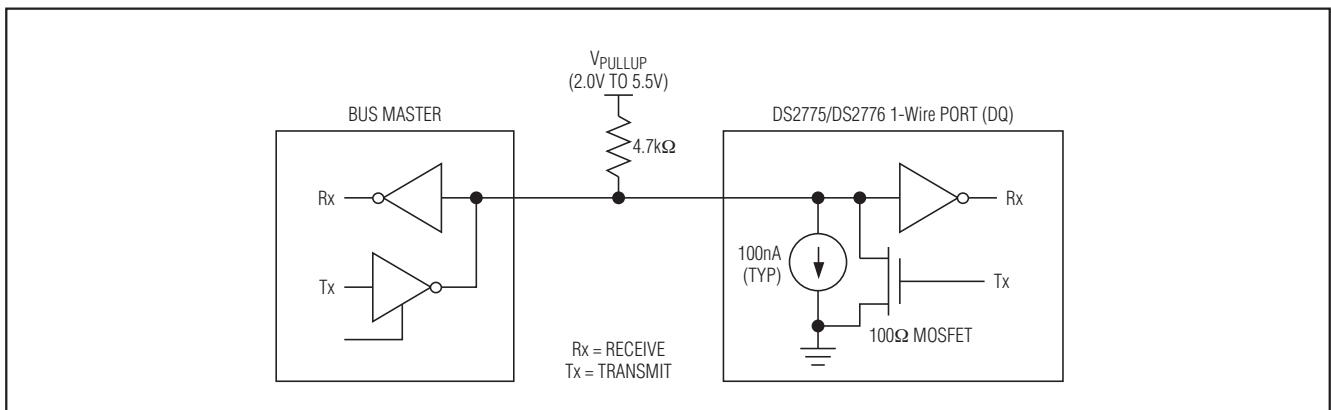


图24. 1-Wire总线接口电路

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

## Match Net Address [55h]

该命令允许总线主机访问1-Wire总线上某个特定的DS2775/DS2776。只有被寻址到的DS2775/DS2776才会响应随后的功能命令，而其它从机设备将忽略随后的功能命令，并等待复位脉冲。该命令适用于总线上挂接一个或多个从机的情况。

## Skip Net Address [CCh]

当总线上只有一个DS2775/DS2776时，允许总线主机在不指定从设备地址的情况下发送功能命令，从而可节省时间。如果总线上挂接有多个从机，随后发出功能命令后，所有从机将同时发送数据，从而将会导致总线冲突。

## Search Net Address [F0h]

该命令允许总线主机采用排除法识别总线上所有从机的1-Wire网络地址。检索过程重复以下三个简单的步骤：读一位、读该位的补码、然后写入希望的数值。总线主机对网络地址的每一位都执行这三个简单的步骤。通过所有64位操作后，总线主机就得到一个从机地址。然后，可通过反复执行该过程识别剩余从机的地址。有关网络地址搜索的全面讨论，请参阅应用笔记937：Book of iButton Standards的第5章，文中还给出了一个实例。

## 功能命令

在成功地执行一个网络地址命令之后，总线主机可以通过下列各段落所描述的任何功能命令来访问DS2775/DS2776。每个功能命令的名称后跟该命令的8位操作码(在方括号中)。表12给出了所有功能命令。表13详细说明了使用功能命令的要求。

## Read Data [69h, XXh]

该命令从存储器地址XXh开始读取DS2775/DS2776的数据。移入地址XXh的最高位后，可立即读取地址XXh中数据的最低位。因为接收到每个数据字节的最高位后，地址自动递增，因此收到地址XXh中数据的最高位后，可立即读取地址XXh+1中数据的最低位。如果总线主机持续读取操作直至超出地址FFh，则从存储器地址00h开始读取数据，并且地址自动递增，直到产生一个复位脉冲为止。存储器映射表中标有“Reserved”的地址包含不确定的值(参见表9)。在位流的任何位置，均可由总线主机发出

复位脉冲来终止Read Data命令。读取EEPROM模块地址的数据时将返回映射RAM中的数据。需要Recall Data命令将数据从EEPROM传输到映射RAM。详细信息参见存储器部分。

## Write Data [6Ch, XXh]

该命令从存储器地址XXh开始将数据写入DS2775/DS2776。移入地址XXh的最高位后，可立即写入要存储在地址XXh处的数据最低位。因为写入每个数据字节的最高位后地址自动递增，因此写入要存储到地址XXh处的数据最高位后，可立即写入要存储在地址XXh+1处的数据最低位。如果总线主机持续写操作直到地址超出FFh，则从存储器地址00开始，原有数据将被覆盖。将忽略对只读地址、保留地址和锁定EEPROM模块的写操作。不会写入不完整的字节。写访问未锁定的EEPROM模块地址将修改映射RAM。需要Copy Data命令将数据从映射RAM传输到EEPROM中。详细信息参见存储器部分。

## Copy Data [48h, XXh]

该命令将EEPROM映射RAM的内容复制到EEPROM地址为XXh的EEPROM单元。锁定地址的Copy Data命令将被忽略。执行Copy Data命令时，EEPROM寄存器的EEC位置1，并忽略其它写EEPROM地址的命令。在复制过程中，对非EEPROM地址的读、写操作仍可进行。Copy Data命令从发送完地址后的下一个下降沿开始执行，所需的时间为 $t_{EEC}$ 。更多信息参见图27。

## Recall Data [B8h, XXh]

该命令可将EEPROM模块中地址为XXh的EEPROM单元存储内容恢复到EEPROM映射存储器中。

## Lock [6Ah, XXh]

该命令锁定(写保护)包含存储器地址XXh的EEPROM存储器模块。在执行Lock命令之前，必须先将EEPROM寄存器的LOCK位置1。为了避免误锁定，将LOCK位(EEPROM寄存器的第6位，地址为1Fh)置1后，必须立即发送Lock命令才执行锁定操作。如果在Lock命令之前LOCK位为0，或LOCK位置1后没有马上发送Lock命令，则Lock命令不起作用。Lock命令生效后存储器块永远锁定，锁定块不能再重新写入。

## 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

表 12. 全部功能命令

| COMMAND                                                         | HEX      | DESCRIPTION                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Write Challenge                                                 | 0Ch      | Writes 64-bit challenge for SHA-1 processing. Required immediately prior to all Compute MAC and Compute Next Secret commands. |
| Compute MAC without ROM ID (and Return MAC for the DS2776 only) | 36h      | Computes hash of the message block with logical 1s in place of ROM ID. (Returns the 160-bit MAC for the DS2776 only.)         |
| Compute MAC with ROM ID (and Return MAC for the DS2776 only)    | 35h      | Computes hash of the message block using the ROM ID. (Returns the 160-bit MAC for the DS2776 only.)                           |
| Clear Secret                                                    | 5Ah      | Clears the 64-bit secret to 0000 0000 0000 0000h.                                                                             |
| Compute Next Secret without the ROM ID                          | 30h      | Generates new global secret.                                                                                                  |
| Compute Next Secret with ROM ID                                 | 33h      | Generates new unique secret.                                                                                                  |
| Read ROM ID (DS2778 only)                                       | 39h      | Returns the ROM ID (DS2778 only).                                                                                             |
| Read MAC (DS2778 only)                                          | 3Ah      | Returns the 160-bit MAC (DS2778 only).                                                                                        |
| Lock Secret                                                     | 60h      | Sets lock bit to prevent changes to the secret.                                                                               |
| Read Data                                                       | 69h, XXh | Reads data from memory starting at address XXh.                                                                               |
| Write Data                                                      | 6Ch, XXh | Writes data to memory starting at address XXh.                                                                                |
| Copy Data                                                       | 48h, XXh | Copies shadow RAM data to EEPROM block containing address XXh.                                                                |
| Recall Data                                                     | B8h, XXh | Recalls EEPROM block containing address XXh to RAM.                                                                           |
| Lock                                                            | 6Ah, XXh | Permanently locks the block of EEPROM containing address XXh.                                                                 |
| Reset                                                           | BBh      | Resets DS2775/DS2776 (software POR).                                                                                          |

表 13. 功能命令要求

| COMMAND                      | ISSUE MEMORY ADDRESS (BITS) | ISSUE 00h BEFORE READ | READ/WRITE TIME SLOTS |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Write Challenge              | —                           | —                     | Write: 64             |
| Compute MAC                  | —                           | Yes                   | Read: Up to 160       |
| Compute Next Secret          | —                           | —                     | —                     |
| Clear/Lock Secret, Set/Clear | —                           | —                     | —                     |
| Read Data                    | 8                           | —                     | Read: Up to 2048      |
| Write Data                   | 8                           | —                     | Write: Up to 2048     |
| Copy Data                    | 8                           | —                     | —                     |
| Recall Data                  | 8                           | —                     | —                     |
| Lock                         | 8                           | —                     | —                     |
| Reset                        | —                           | —                     | —                     |

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

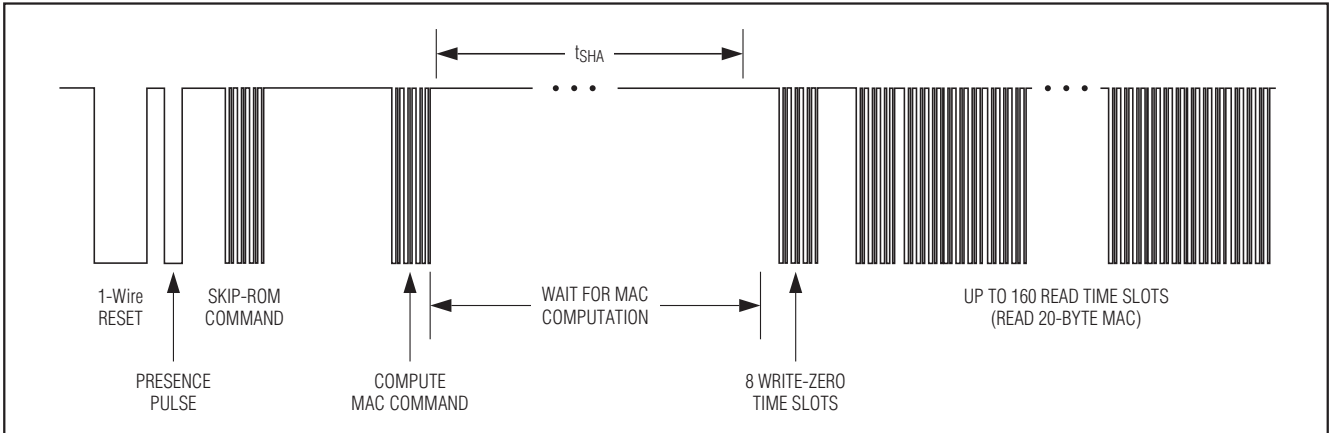


图25. Compute MAC命令

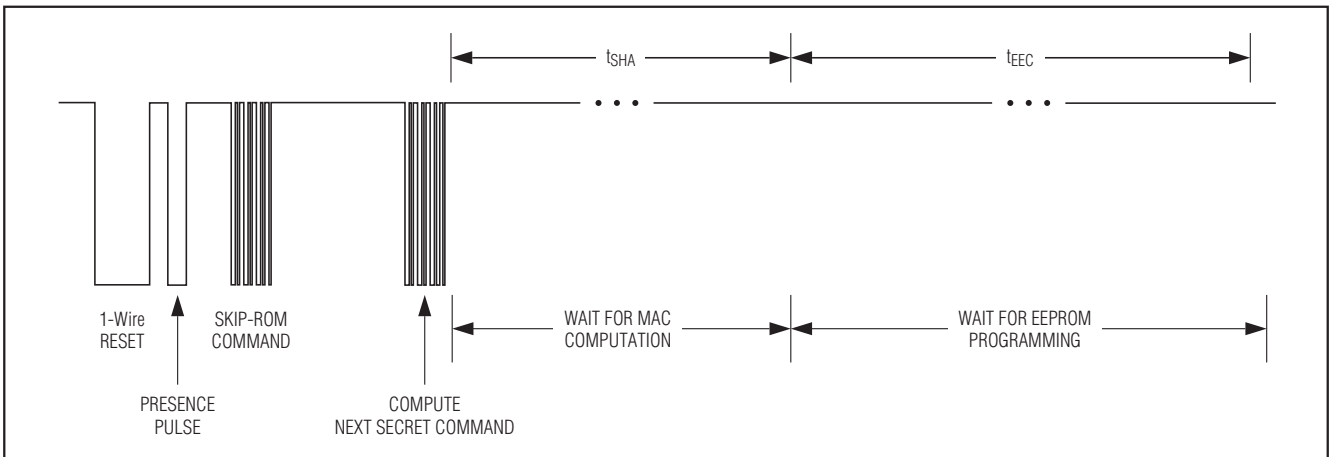


图26. Compute Next Secret命令

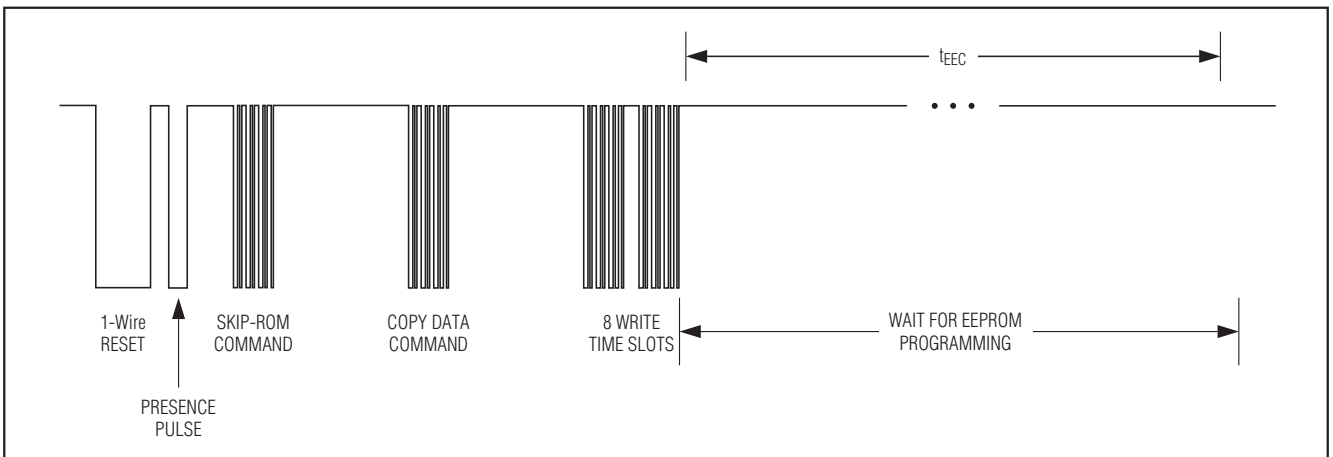


图27. Copy Data命令

## 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

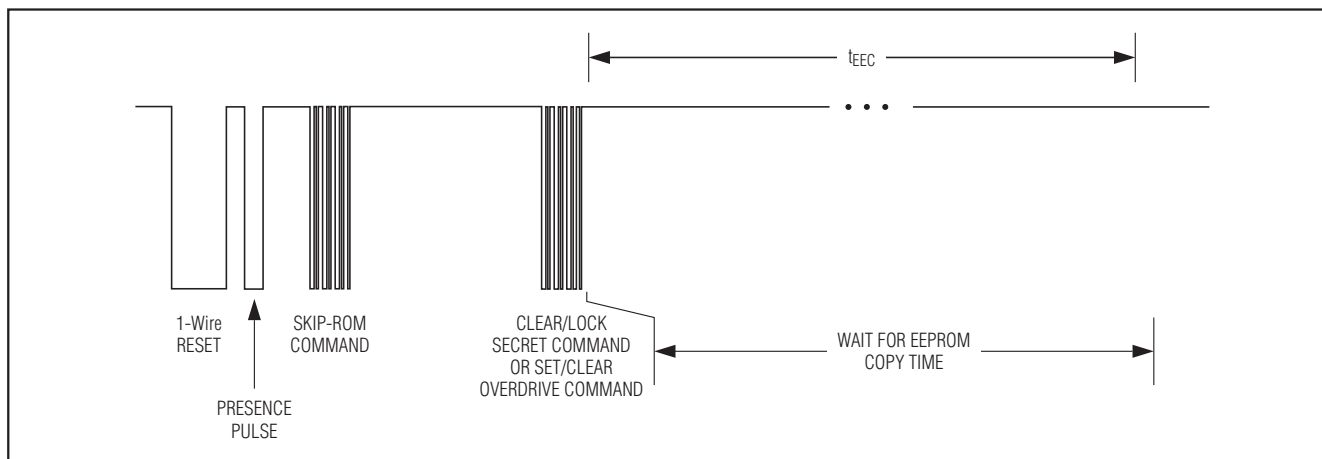


图28. Clear/Lock Secret、Set/Clear高速命令

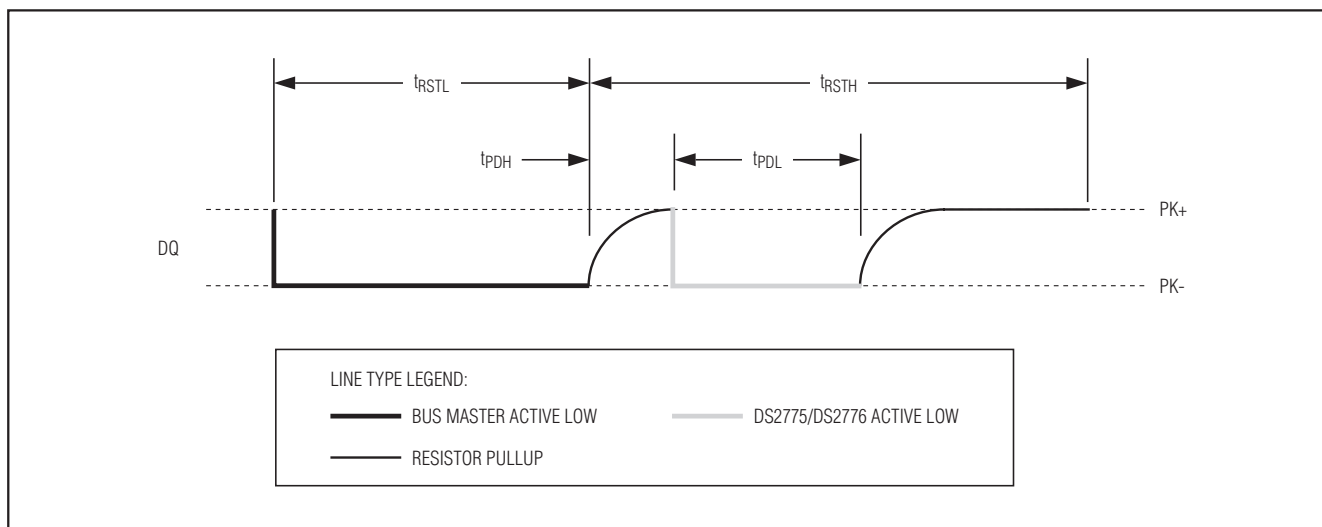


图29. 1-Wire初始化时序

### 1-Wire 信令

1-Wire总线需要严格的信令协议来保证数据的完整性。DS2775/DS2776使用以下四种信令协议：初始化过程(复位脉冲和随后的在线应答脉冲)、写0、写1、读数据。除应答脉冲外，所有其它信令均由总线主机发出。

与DS2775/DS2776的任何通信都必须从初始化开始，如图29所示。复位脉冲后的在线应答脉冲表明DS2775/DS2776已准备好接收网络地址命令。总线主机发送(Tx)一个持续 $t_{RSTL}$ 时间的复位脉冲。然后总线主机释放总线，并进入接收(Rx)模式。这时1-Wire总线通过上拉电阻被拉至高电平。DS2775/DS2776检测到DQ引脚的上升沿后，器件将等待 $t_{PDH}$ 时间，然后发出持续时间为 $t_{PDL}$ 的在线应答脉冲。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 写时隙

当总线主机将1-Wire总线从逻辑高(无效)电平拉至逻辑低电平时，开始写时隙。写时隙有两种类型：写1和写0。所有写时隙必须保持 $t_{\text{SLOT}}$ 的时间，并且两个写时隙之间需要 $1\mu\text{s}$ 的最小恢复时间( $t_{\text{REC}}$ )。DS2775/DS2776将在线路下降沿之后的 $t_{\text{LOW1\_MAX}}$ 至 $t_{\text{LOW0\_MIN}}$ 之间采样1-Wire总线数据。如果采样时总线为高电平，则为写1时隙。如果采样时总线为低电平，则为写0时隙，图30给出了采样窗口。总线主机若要产生写1时隙，必须先拉低总线，然后释放，在写时隙开始后的 $t_{\text{RDV}}$ 时间内将总线拉至高电平。主机若要产生写0时隙，必须拉低总线，并在写时隙期间保持为低电平。

## 读时隙

当总线主机将1-Wire总线从逻辑高电平拉至逻辑低电平时，开始读时隙。总线主机必须使总线为低电平的时间至少持续 $1\mu\text{s}$ ，然后再释放总线，使DS2775/DS2776输出有效数据。总线主机在读时隙开始后的 $t_{\text{RDV}}$ 时间内采样数据。DS2775/DS2776在读时隙结束时释放总线，允许外部上拉电阻将其拉至高电平。所有读时隙必须持续 $t_{\text{SLOT}}$ ，并且在两次读时隙之间需要 $1\mu\text{s}$ 的最小恢复时间( $t_{\text{REC}}$ )。详细信息参见图30以及*Electrical Characteristics: 1-Wire Interface, Standard/Overdrive*表。

## 2线系统

2线系统支持器件在单个或多个从机系统或单个或多个主机系统中作为从机工作。通过设置唯一的7位从机地址，总线可供128个从机设备分享。2线接口包括一条串行数据线(SDA)和一条串行时钟线(SCL)。SDA和SCL提供DS2777/DS2778从机和主机之间的双向通信，速率高达400kHz。DS2777/DS2778的SDA是双向引脚，即当DS2777/DS2778接收数据时SDA为输入端，当DS2777/DS2778返回数据时SDA为漏极开路输出端，由主机系统提供一个阻性上拉。DS2777/DS2778总是作为从机，接收和发送数据

均受主机控制。主机发起总线上的所有传输，并产生SCL信号、START位和STOP位，以启动、终止数据传输。

## 位传输

每个SCL时钟周期内传输一位数据，该时钟周期指SCL由低到高，再由高到低的跳变时间。SDA的逻辑电平必须在SCL时钟脉冲为高期间保持稳定。SCL为高时SDA上的任何变化都被视为START (S)或STOP (P)控制信号。

## 总线空闲

无主机控制时，总线被定义为空闲或不忙状态。总线空闲时SDA和SCL保持为高。STOP条件为使总线退回空闲状态的正确方法。

## START条件和STOP条件

主机通过START条件发起传输，即在SCL为高时，强制SDA由高到低变化。主机通过STOP条件终止传输，即在SCL为高时，SDA由低到高变化。重复START条件( $S_r$ )可通过代替STOP条件并紧接着发出START条件，来终止一次传输并开始另一次传输，而总线无需退回到空闲状态。在多主机系统中，重复START条件允许主机保留对总线的控制。SCL为高时，START条件和STOP条件是SDA的跳变所能带来的唯一总线动作。

## 应答位

每传送一个数据字节，都要由应答位(A)或非应答(N)位应答。主机和DS2777/DS2778从机均可产生应答位。要产生应答位，接收设备必须在应答时钟脉冲(第9个脉冲)的上升沿之前拉低SDA，并保持SDA为低，直到SCL返回低电平为止。要产生非应答位(也叫NACK)，接收器应在应答时钟脉冲的上升沿之前释放SDA，并保持SDA为高，直到SCL返回低电平。监测应答位可以检测出不成功的数据传送。如果接收设备正忙，或者发生了系统故障，则数据传输将不会成功。数据传输失败时，总线主机应重试通信。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

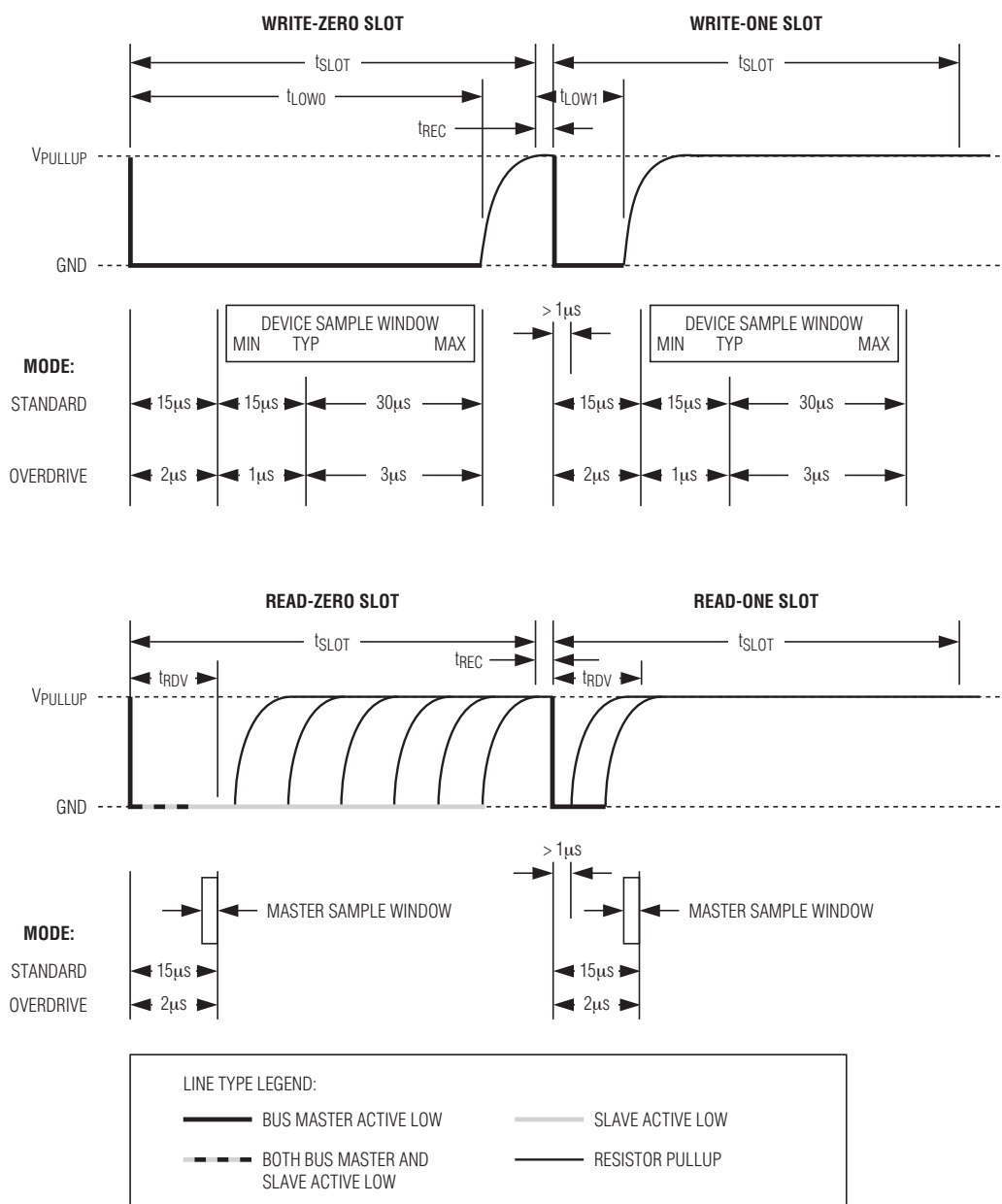


图30. 1-Wire 写时隙和读时隙

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

## 数据顺序

每字节数据包含8个顺序位，最高有效位在前。最低有效位之后是应答位。对于由多个字节组成的DS2777/DS2778寄存器，则采用MSB在前的顺序。多字节寄存器的MSB存储在数据存储器的偶地址。

## 从机地址

总线主机通过发起START条件启动与从机的通信，随后为从机地址(SAddr)和读/写(R/W)位。当总线空闲时，DS2777/DS2778持续监测START条件及随后的从器件地址。当DS2777/DS2778接收到与其从机地址匹配的从器件地址时，将在R/W位之后的时钟周期内以应答位作为响应。7位可编程的从机地址寄存器的出厂编程值为0110100。从机地址可再编程。详细信息参见可编程的从机地址部分。

## 可编程的从机地址

DS2777/DS2778的2线从机地址存储在参数EEPROM模块，地址为80h。对地址编程时，需要向80h写入期待的从机地址。新的从机地址在写入80h后立即生效，而且在随后的传输过程中必须用新地址来寻址DS2777/DS2778。从机地址在执行Copy EEPROM Block1命令之前不会保存到EEPROM。在执行Copy Data命令之前，重新给DS2777/DS2778上电，恢复最初的从机地址值。地址80h中从机地址值的数据格式参见从机地址格式(80h)部分。

## 读/写位

从机地址之后的R/W位确定随后的数据传输方向。R/W = 0时为写操作，表示主机要将数据写入从机。R/W = 1时为读操作，表示主机要从从机读取数据。

## 总线时序

DS2777/DS2778兼容高达400kHz的任何总线时序，并且在任何速率下工作都无需专门配置。

## 2线命令协议

命令协议包括几种传输格式。最简单的格式包括主机写START位、从器件地址、R/W位，然后监测应答位，判断总线上是否存在DS2777/DS2778。更加复杂的格式如Write Data、Read Data，功能命令协议写数据、读数据以及执行设备特定操作的命令。在各种指令格式中，所有字节都要求从机或主机在继续传输下个字节之前返回应答位。每个功能命令都大致定义了其所需的传输格式。表14为传输格式的简写。

## 基本传输格式

写: S SAddr W A MAddr A Data0 A P

写操作向DS2777/DS2778发送一个或多个数据字节。数据传送由MAddr字节提供的存储器地址开始。除了应答周期，传输期间主机保持对SDA信号的控制。

读: S SAddr W A MAddr A Sr SAddr R A Data0 N P

写
读

读操作可从DS2777/DS2778读出一个或多个数据字节。读操作由两部分组成，写命令和之后的读命令，因此读操作必定比写操作长。写命令确定读操作的起始地址，紧接着由重复START条件开始读命令，之后是R/W置为1的从器件地址。DS2777/DS2778假定从从机地址周期开始控制SDA。除了应答周期，传输期间DS2777/DS2778保持对SDA信号的控制。主机用非应答位响应其所需的最后一个字节，以表明读操作结束。这可以通知DS2777/DS2778，应答时钟后主机将恢复对SDA的控制。

## 从机地址格式(80h)

| BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A6    | A5    | A4    | A3    | A2    | A1    | A0    | X     |

第7位至第1位：从机地址(A[6:0])。A[6:0]包含DS2777/DS2778的7位从机地址。出厂默认值为1011001b。

第0位：保留位。

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

表 14. 2线协议关键字

| KEY   | DESCRIPTION                 | KEY  | DESCRIPTION                 |
|-------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| S     | START Bit                   | Sr   | Repeated START              |
| SAddr | Slave Address (7-bit)       | W    | R/W Bit = 0                 |
| FCmd  | Function Command Byte       | R    | R/W Bit = 1                 |
| MAddr | Memory Address Byte         | P    | STOP bit                    |
| Data  | Data Byte Written by Master | Data | Data Byte Returned by Slave |
| A     | Acknowledge Bit (Master)    | A    | Acknowledge Bit (Slave)     |
| N     | Not Acknowledge (Master)    | N    | Not Acknowledge (Slave)     |

## 写数据协议

写数据协议用于将寄存器和映像RAM数据写入DS2777/DS2778，起始地址从MAddr开始。Data0代表写入MAddr的数据，Data1代表写入MAddr + 1的数据，DataN代表写入MAddr + N的最后一个数据字节。在接收完最后一个应答位之后，主机发送STOP条件或重复START条件，表明读操作结束。

S SAddr W A MAddr A Data0 A Data1 A ... DataN A P  
在MAddr字节被应答之后，可以立即将数据的最高有效位写入地址MAddr。由于DS2777/DS2778接收到每个字节的最低有效位之后，自动增加地址，因此地址MAddr处的数据应答之后，就可以立即写地址MAddr+1处数据的最高有效位。如果总线主机继续向高于4Fh的地址写数据，DS2777/DS2778将忽略这些数据。向只读地址、保留地址、锁定的EEPROM块以及功能命令寄存器(地址FEh)写数据时，也会被忽略。DS2777/DS2778未应答的字节和不完整的字节将不会写入存储器。正如存储器部分所述，对未锁定的EEPROM模块进行写操作仅修改其映像RAM。

## 读数据协议

读数据协议用于从DS2777/DS2778的寄存器和映像RAM读出数据，起始地址从MAddr开始。Data0代表存储单元

MAddr的数据字节，Data1代表从MAddr + 1读取的数据，DataN代表主机读取的最后一个字节。

S SAddr W A MAddr A Sr SAddr R A Data0 A Data1 A ... DataN N P

返回数据时，从MAddr处数据的最高有效位开始。由于每个字节的最低有效位返回之后地址自动增加，因此应答地址MAddr处的数据之后，主机可以立即读取地址MAddr + 1处数据的最高有效位。如果总线主机继续从高于地址FFh处读取数据，则DS2777/DS2778输出FFh的数据值。存储器映射中标记为“保留”的地址将返回未定义的数据。通过非应答之后发送STOP或重复START命令，总线主机可在任意字节边界终止读操作。

## 功能命令协议

功能命令协议通过向存储器地址FEh写功能命令值(FCmd)的其中一个来执行特定的器件操作。表15列出了DS2777/DS2778 FCmd值和每个对应的动作。一个字节的写协议用来发送功能命令，并且将MAddr设置为FEh以及将数据字节设置为期待的FCmd值。忽略其它数据字节。从存储器地址FEh读到的数据未定义。

S SAddr W A MAddr = 0FEh A FCmd A P

# 独立式、2节Li+电池电量计IC， 提供保护电路和SHA-1认证选项

DS2775/DS2776/DS2777/DS2778

表 15. 功能命令

| FUNCTION COMMAND | TARGET EEPROM BLOCK | FCmd VALUE | DESCRIPTION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------|---------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Copy Data        | 0                   | 42h        | This command copies the shadow RAM to the target EEPROM block. Copy data commands that target locked blocks are ignored. While the Copy Data command is executing, the EEC bit in the EEPROM register is set to 1, and write data commands with MAddr set to any address within the target block are ignored. Read data and write data commands with MAddr set outside the target block are processed while the copy is in progress. The Copy Data command execution time, $t_{EEC}$ , is 2ms typical and starts after the FCmd byte is acknowledged. Subsequent copy or lock commands must be delayed until the EEPROM programming cycle completes. |
|                  | 1                   | 44h        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Recall Data      | 0                   | B2h        | This command recalls the contents of the targeted EEPROM block to its shadow RAM.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                  | 1                   | B4h        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Lock             | 0                   | 63h        | This command locks (write protects) the targeted EEPROM block. The LOCK bit in the EEPROM register must be set to 1 before the Lock command is executed. If the LOCK bit is 0, the Lock command has no effect. The Lock command is permanent; a locked block can never be written again. The Lock command execution time, $t_{EEC}$ , is 2ms typical and starts after the FCmd byte is acknowledged. Subsequent copy or lock commands must be delayed until the EEPROM programming cycle completes.                                                                                                                                                  |
|                  | 1                   | 66h        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Read ROM ID      | —                   | 39h        | This command initiates a read of the unique 64-bit ROM ID. After the Read ROM ID command is sent, the ROM ID can be read with the following sequence:<br>S SAddr R Data0 A Data1 A ... Data7 N P                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## 选型指南

| PART            | INTERFACE | SHA-1 |
|-----------------|-----------|-------|
| <b>DS2775G+</b> | 1-Wire    | No    |
| DS2775G+T&R     | 1-Wire    | No    |
| <b>DS2776G+</b> | 1-Wire    | Yes   |
| DS2776G+T&R     | 1-Wire    | Yes   |
| <b>DS2777G+</b> | 2-Wire    | No    |
| DS2777G+T&R     | 2-Wire    | No    |
| <b>DS2778G+</b> | 2-Wire    | Yes   |
| DS2778G+T&R     | 2-Wire    | Yes   |

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

T&R = 卷带包装。

## 封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局，请查询 [china.maxim-ic.com/packages](http://china.maxim-ic.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     | 文档编号                    |
|---------|----------|-------------------------|
| 14 TDFN | T1435N+1 | <a href="#">21-0253</a> |

独立式、2节Li+电池电量计IC，  
提供保护电路和SHA-1认证选项

修订历史

| 修订号 | 修订日期  | 说明                                                                                              | 修改页            |
|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 0   | 10/08 | 最初版本。                                                                                           | —              |
| 1   | 3/09  | 更正了VOV寄存器可编程值表(表5)中的值。                                                                          | 27             |
| 2   | 7/09  | 将2线从地址的默认值修正为1011001。                                                                           | 42             |
| 3   | 5/10  | 删除了过压(OV)；欠压(UV)；过流、充电检测(COC)；过流、放电检测(DOC)；短路(SC)；保护、状态和控制寄存器和状态寄存器部分中OV、UV、COC、DOC和POR标志相关的内容。 | 12, 14, 25, 26 |

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