

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

概述

MAX17048/MAX17049 IC为小尺寸、低功耗电池电量计，用于手持及便携产品的锂离子(Li+)电池。MAX17048配置工作在单节锂电池，MAX17049配置工作在2节串联锂电池。

IC采用成熟的Li+电池建模算法ModelGauge™，在不同的充电和放电条件下连续跟踪电池的相对充电状态(SOC)。ModelGauge算法省去了传统电量计中的检流电阻和电池学习过程，采用系统微控制器实现温度补偿。

IC自动检测电池何时进入低电流状态并切换到4μA低功耗休眠模式，同时保持精密的电量计量功能。当系统返回工作状态后，IC自动退出休眠模式。

当电池插入时，IC对初始电压测量进行去抖，以提高初始SOC估算，使器件能够用在系统侧。可通过I²C接口读取SOC、电压、充/放电速率信息。IC提供微型0.9mm × 1.7mm、8焊球晶片级封装(WLP)和2mm × 2mm、8引脚TDFN封装。

应用

无线手持设备
智能电话/PDA
平板电脑与手持电脑
便携式游戏机
电子书
数码相机与摄像机
便携式医疗设备

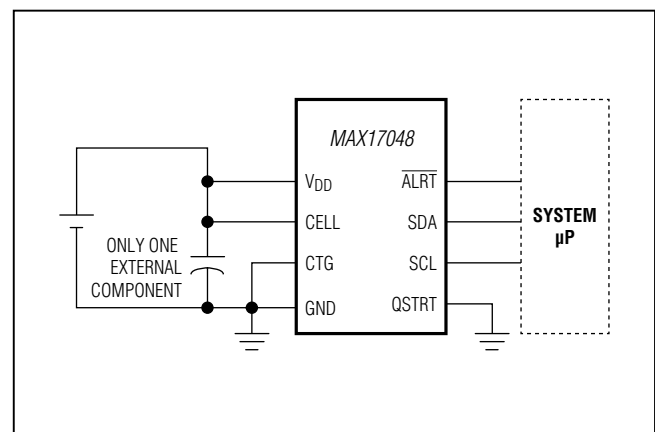
特性与优势

- ◆ MAX17048: 1 节电池; MAX17049: 2节电池
- ◆ ±7.5mV/节精确测量电压
- ◆ ModelGauge算法
 - ◇ 提供精确的充电状态信息
 - ◇ 对温度/负载变化进行补偿
 - ◇ 与库伦计数器不同，无累计误差
 - ◇ 无需学习
 - ◇ 无需检流电阻
- ◆ 超低静态电流
 - ◇ 4μA休眠模式，23μA工作模式
 - ◇ 休眠模式下保持电量计量
 - ◇ 自动进入和退出休眠模式
- ◆ 报告充电和放电速率
- ◆ 电池插入去抖
 - ◇ 采用最佳的16次采样，用于估算初始SOC
- ◆ 更换电池时可编程复位
 - ◇ 范围为2.28V至3.48V
- ◆ 可配置报警指示
 - ◇ 低SOC
 - ◇ SOC变化1%
 - ◇ 电池欠压/过压
 - ◇ VRESET报警
- ◆ I²C接口
- ◆ 8位OTP ID寄存器(联系工厂)

订购信息在数据资料的最后给出。

ModelGauge是Maxim Integrated Products, Inc.的商标。

简化工作电路



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.maximintegrated.com。

MAX17048 / MAX17049

微功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

CELL to GND.....-0.3V to +12V
 V_{IN} , SCL, SDA, \overline{ALRT} to GND.....-0.3V to +6V
 Continuous Sink Current, SDA, \overline{ALRT} 20mA
 Operating Temperature Range.....-40°C to +85°C
 Storage Temperature Range.....-55°C to +125°C

Lead Temperature (TDFN only) (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_{IN} = 2.5V to 4.5V, T_A = -20°C to +70°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{IN}	(Note 2)	2.5		4.5	V
Fuel-Gauge SOC Reset (VRESET Register)	V_{RST}	Configuration range, in 40mV steps	2.28		3.48	V
		Trimmed at 3V	2.85	3.0	3.15	V
Data I/O Pins	SCL, SDA, \overline{ALRT}	(Note 2)	-0.3		+5.5	V
Supply Current	I_{DD0}	Sleep mode, $T_A \leq +50^\circ\text{C}$		0.5	2	μA
		Hibernate mode, reset comparator enabled (VRESET.Dis = 0)		3	5	
		Hibernate mode, reset comparator disabled (VRESET.Dis = 0)		4		
	I_{DD1}	Active mode		23	40	
Time Base Accuracy	t_{ERR}	Active, hibernate modes (Note 3)	-3.5	± 1	+3.5	%
ADC Sample Period		Active mode		250		ms
		Hibernate mode		45		s
Voltage Error	V_{ERR}	$V_{CELL} = 3.6\text{V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 4)	-7.5		+7.5	mV/cell
			-20		+20	
Voltage-Measurement Resolution				1.25		mV/cell
Voltage-Measurement Range		MAX17048: V_{IN} pin	2.5		5	V
		MAX17049: CELL pin	5		10	
SDA, SCL, QSTRT Input Logic-High	V_{IH}		1.4			V
SDA, SCL, QSTRT Input Logic-Low	V_{IL}			0.5		V
SDA, \overline{ALRT} Output Logic-Low	V_{OL}	$I_{OL} = 4\text{mA}$		0.4		V
SDA, SCL Bus Low-Detection Current	I_{PD}	$V_{SDA} = V_{SCL} = 0.4\text{V}$ (Note 5)		0.2	0.4	μA
Bus Low-Detection Timeout	t_{SLEEP}	(Note 6)	1.75		2.5	s

MAX17048 / MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (I²C INTERFACE)

(2.5V < V_{BATT} < 4.5V, T_A = -20°C to +70°C, unless otherwise noted.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	(Note 7)	0		400	kHz
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t _{BUF}		1.3			μs
START Condition (Repeated) Hold Time	t _{HD:STA}	(Note 8)	0.6			μs
Low Period of SCL Clock	t _{LOW}		1.3			μs
High Period of SCL Clock	t _{HIGH}		0.6			μs
Setup Time for a Repeated START Condition	t _{SU:STA}		0.6			μs
Data Hold Time	t _{HD:DAT}	(Notes 9, 10)	0		0.9	μs
Data Setup Time	t _{SU:DAT}	(Note 9)	100			ns
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t _R		20 + 0.1C _B		300	ns
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t _F		20 + 0.1C _B		300	ns
Setup Time for STOP Condition	t _{SU:STO}		0.6			μs
Spike Pulse Widths Suppressed by Input Filter	t _{SP}	(Note 11)	0		50	ns
Capacitive Load for Each Bus Line	C _B	(Note 12)			400	pF
SCL, SDA Input Capacitance	C _{B,IN}				60	pF

Note 1: Specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Limits over the operating range are guaranteed by design and characterization.

Note 2: All voltages are referenced to GND.

Note 3: Test is performed on unmounted/unsoldered parts.

Note 4: The voltage is trimmed and verified with 16x averaging.

Note 5: This current is always present.

Note 6: The IC enters shutdown mode after SCL < V_{IL} and SDA < V_{IL} for longer than 2.5s.

Note 7: Timing must be fast enough to prevent the IC from entering sleep mode due to bus low for period > t_{SLEEP}.

Note 8: f_{SCL} must meet the minimum clock low time plus the rise/fall times.

Note 9: The maximum t_{HD:DAT} has to be met only if the device does not stretch the low period (t_{LOW}) of the SCL signal.

Note 10: This device internally provides a hold time of at least 100ns for the SDA signal (referred to the V_{IH,MIN} of the SCL signal) to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.

Note 11: Filters on SDA and SCL suppress noise spikes at the input buffers and delay the sampling instance.

Note 12: C_B is total capacitance of one bus line in pF.

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

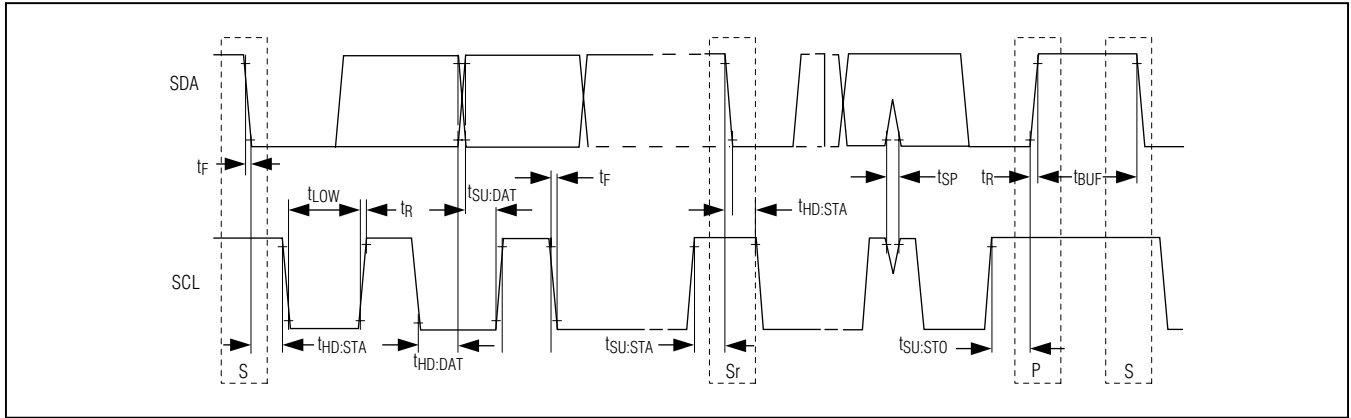
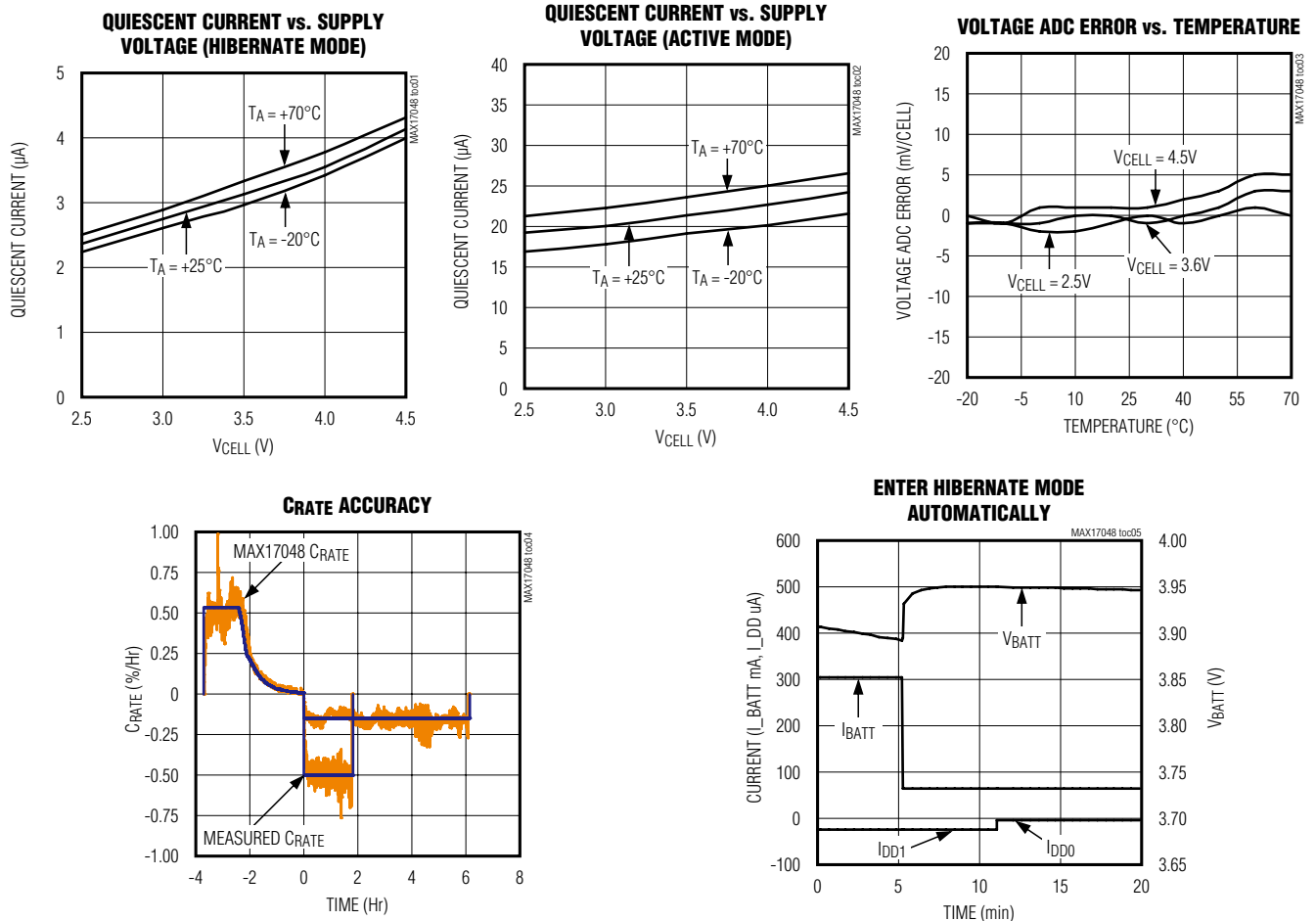


图1. I²C总线接口时序图

典型工作特性

($T_A = +25^\circ\text{C}$, battery is Sanyo UF504553F, unless otherwise noted.)

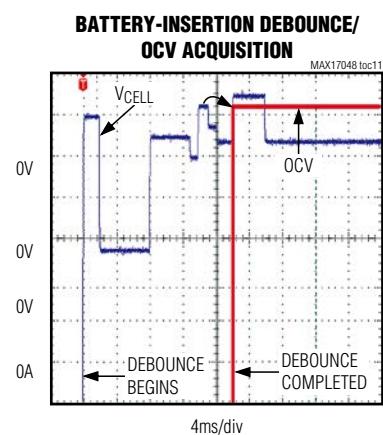
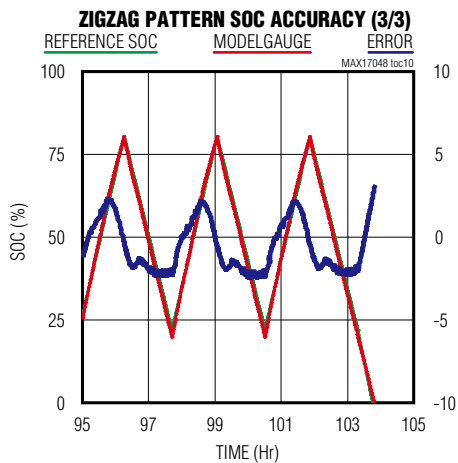
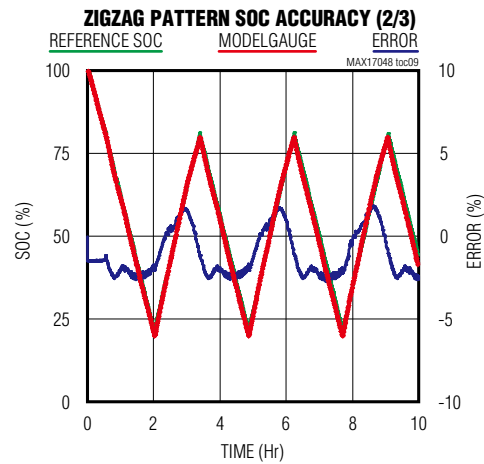
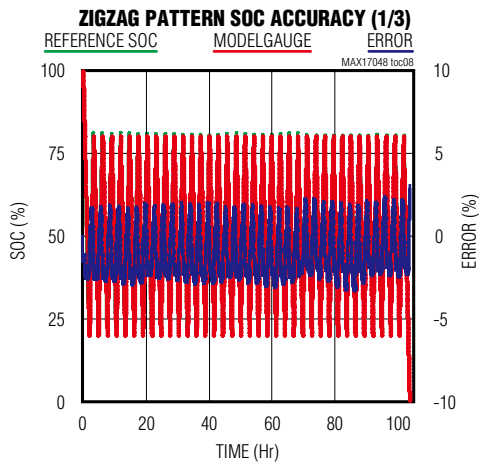
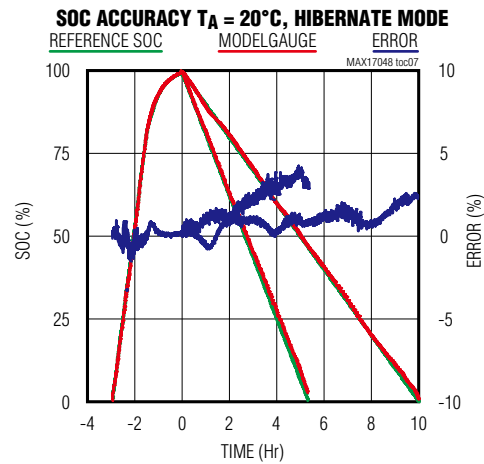
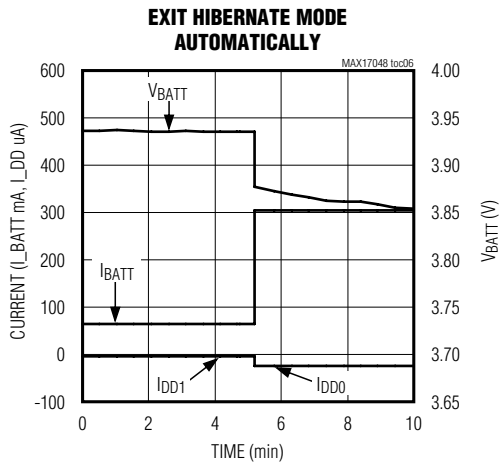


MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

典型工作特性(续)

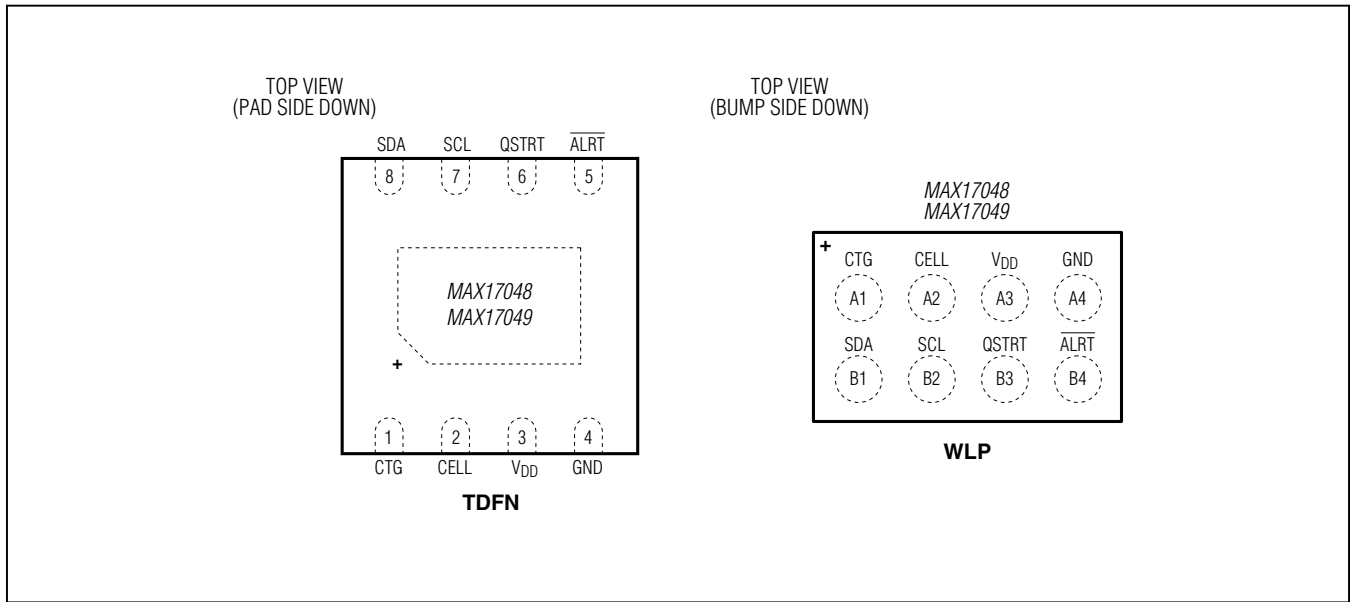
($T_A = +25^\circ\text{C}$, battery is Sanyo UF504553F, unless otherwise noted.)



MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

引脚/焊球配置



引脚/焊球说明

引脚/焊球		名称	功能
TDFN	WLP		
1	A1	CTG	连接至地。
2	A2	CELL	连接至电池正端。 MAX17048: 无内部连接。 MAX17049: 电压检测输入。
3	A3	V _{DD}	电源输入, 通过0.1μF电容旁路至GND。 MAX17048: 电压检测输入, 连接至电池正端。 MAX17049: 连接至稳压电源。
4	A4	GND	地, 连接至电池负端。
5	B4	ALRT	开漏、低电平有效报警输出。可选择连接至系统微控制器的中断输入。
6	B3	QSTRT	快速启动输入, 可通过硬件复位器件。如果不使用, 则将其连接至GND。
7	B2	SCL	I ² C时钟输入, SCL具有内部下拉(I _{PD}), 用于检测断开状态。
8	B1	SDA	I ² C数据开漏输入/输出, SDA具有内部下拉(I _{PD}), 用于检测断开状态。
—	—	EP	裸焊盘(仅限TDFN封装), 连接至GND。

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

详细说明

ModelGauge工作原理

MAX17048/MAX17049 IC模拟Li+电池的内部非线性特性，以确定其SOC。传统的电池模型包括：电池内阻以及电池内部的慢化学反应(图2)。

ModelGauge算法通过在多种放电电流和温度下对电池进行特征分析，精确建模，利用定制模型获得最佳结果。上电复位(POR)时，IC具有预载ROM模型，该模型对部分电池具有较好性能。如需定制模型，请与Maxim联系。

电量计性能

在基于库伦计数器的电量计中，由于电流检测ADC中的失调误差随时间发生累计，SOC产生漂移。瞬时误差可能非常小，但不会精确到零。需要定期修正此类系统中随时间累计的误差(典型值为0.5%–2%/天)，有些算法采用偶然事件修正漂移，算法误差可能非常大：

- 接近满电量或空电量时达到预定义的SOC
- 长时间不工作后，测量空闲电池电压
- 完成一次完整的充电/放电周期

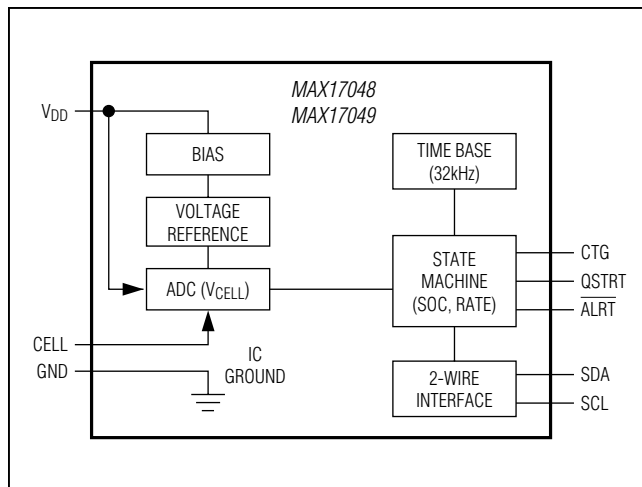


图2. 方框图

ModelGauge仅仅使用电压值，而电压特性随时间保持稳定，无需进行修正。如TOC 8、9和10所示，即使没有以上任何事件，ModelGauge算法也能保持精确；在整个电池工作期间既不会发生漂移，也不产生累计误差。

为了改善最终用户体验，正确测量电量计的性能，需动态跟踪电池状态。不能仅靠简单地重复操作来保证精度。

电池电压和充电状态

Li+ 电池的开路电压(OCV)唯一确定其SOC；一个SOC只有一个OCV值。相比而言，由于 V_{CELL} 是时间、OCV、负载、温度、老化及阻抗等变量的函数，一个给定 V_{CELL} 电压可能对应于多个不同的OCV数值；一个特定的OCV电压也可能对应不同的 V_{CELL} 电压。因此，特定的SOC可对应多个 V_{CELL} ，仅由 V_{CELL} 不能唯一确定SOC。

图3中，在2%、50%和72% SOC时， $V_{CELL} = 3.81V$ 。

由于系统中通常会发生负载瞬变，即使采用周密的测试表格将电压、负载考虑在内，也会产生明显误差。充电或放电期间，大约30分钟之后， V_{CELL} 和OCV会产生很大差别， V_{CELL} 已经受到电池之前数小时工作状态的影响。ModelGauge算法通过长期监测电压，综合考虑了上述因素的影响。

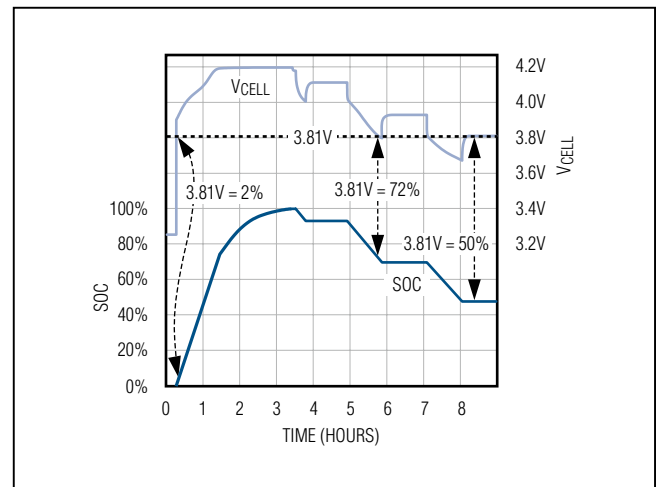


图3. 瞬间电压不会直接转换成SOC

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

温度补偿

为获得最佳性能，微控制器主机必须定期测量电池温度，并相应地补偿RCOMP ModelGauge参数，至少每分钟一次。每个定制模型定义常数RCOMP0 (默认值为0x97)、TempCoUp (默认值为-0.5)和TempCoDown (默认值为-5.0)。按照以下方法计算新CONFIG.RCOMP值：

```
// T is battery temperature (degrees Celsius)
if (T > 20) {
    RCOMP = RCOMP0 + (T - 20) x TempCoUp;
}
else {
    RCOMP = RCOMP0 + (T - 20) x TempCoDown;
}
```

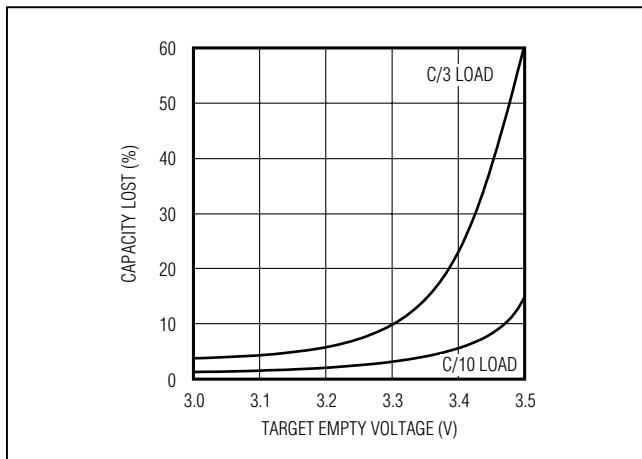


图4. 提高空电量电压将降低电池容量

空电量电压选择的影响

大多数应用具有最小工作电压，低于该电压时，系统立即关断(空电压)。在对电池进行特征分析以建立定制模型时，须仔细选择空电量电压。如图4所示，随着空电量电压的增大，系统不能利用的容量会迅速增大。

为确保受控关断，必须考虑到电量计基于SOC下限的工作裕量，例如在3%或5%时关断。这比在空电量电压中增加误差裕量更能有效地利用电池容量。

电池插入

电池首次插入系统时，电量计IC没有关于电池SOC的前期信息。假如电池处于空闲状态，IC将首次测量的V_{CELL}转换为最佳初始估算SOC。无论初始转换后负载情况如何，非空闲状态的电池所引起的初始误差会随时间的变化而减小。尽管库伦计数器估算的SOC有一定偏差，ModelGauge SOC进行聚合，自动修正误差，如图5所示；初始误差没有长期影响。

电池插入去抖

IC任何时间上电或复位时(参见VRESET/ID寄存器(0x18)部分)，估算OCV为16个V_{CELL}采样(1ms一次，12位分辨率)中的最大值。电池插入17ms后，OCV就绪，SOC在之后的175ms后就绪。

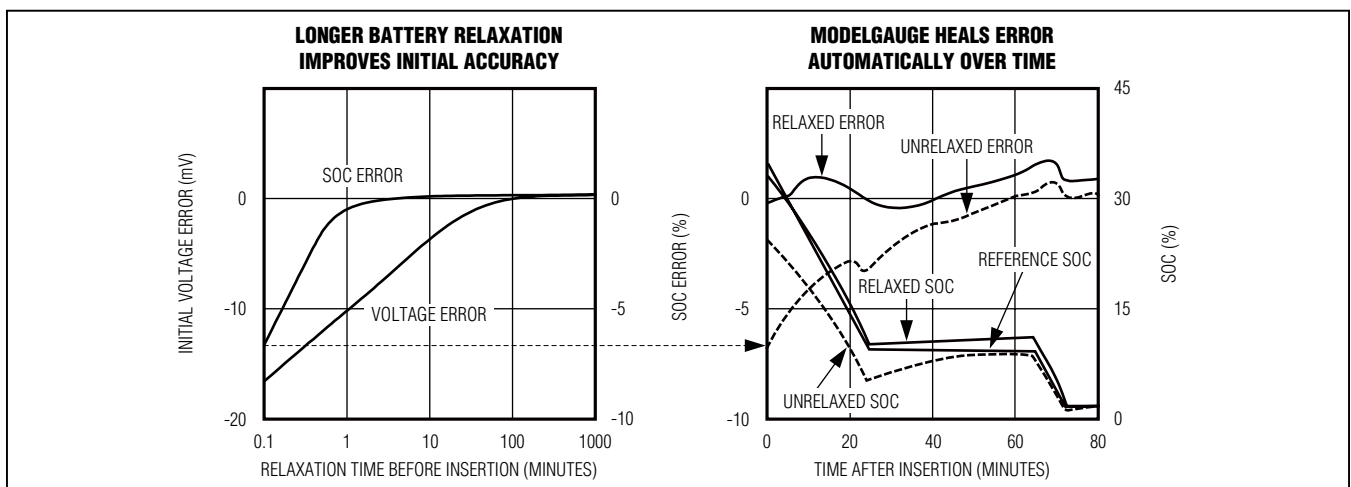


图5. ModelGauge算法自动消除误差

微功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

更换电池检测

如果 V_{CELL} 下降到 V_{RST} 以下，在 V_{CELL} 恢复到 V_{RST} 以上时，IC将快速启动。由此处理电池更换，前一电池的SOC不影响新电池的SOC，参见[快速启动](#)和[VRESET/ID寄存器\(0x18\)](#)部分。

快速启动

如果IC产生的初始SOC不正确，则必须检查电池插入和系统上电波形，以确定是否需要快速启动，以及执行命令的最佳时间。IC在开始的17ms采集最大 V_{CELL} ，参见[电池插入去抖](#)部分。除非 V_{CELL} 完全置于空闲状态，否则的话，即使最佳采样电压也会大于或小于OCV。因此，必须谨慎使用快速启动。

由于IC透明处理大多数启动问题，例如插入期间电池端的间歇连接动作，大多数系统不应采用快速启动。如果电池电压稳定时间小于17ms，如图6所示，则不使用快速启动。

快速启动命令重新启动电量计计算的方式与IC初始上电时相同。如果系统上电序列噪声很大，最初估算的SOC将存在不可接受的误差，系统微控制器可通过使用快速启动减

小误差。快速启动由QSTRT引脚的上升沿启动，或者通过向MODE寄存器中的快速启动位写1启动。

上电复位(POR)

POR包括快速启动，所以只在电池完全空闲时使用，参见[快速启动](#)部分。该命令将所有寄存器复原为默认值。该命令之后，重新装载定制模型，参见[CMD寄存器\(0xFE\)](#)部分。

深度休眠模式

IC具有低功耗深度休眠模式，在充电/放电率较低时可以精确计量电池。默认设置下，器件根据充电/放电率自动进入/退出深度休眠模式，使静态电流降至最小(5 μ A以下)，不影响电量计精度。IC可强制进入深度休眠或工作模式。在最大负载小于C/4速率的应用中，强制IC进入深度休眠模式以降低功耗。对于负载较大的应用，Maxim推荐自动控制深度休眠模式的默认配置。

深度休眠模式下，器件将其ADC转换周期和SOC刷新降低到每45s一次。关于IC如何自动进入和退出深度休眠模式的详细信息，请参见[HIBRT寄存器\(0x0A\)](#)部分。

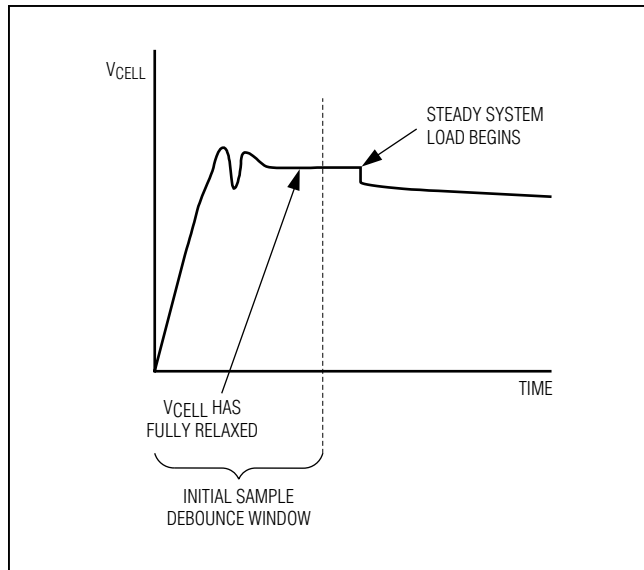


图6. 不需要快速启动命令的插入波形

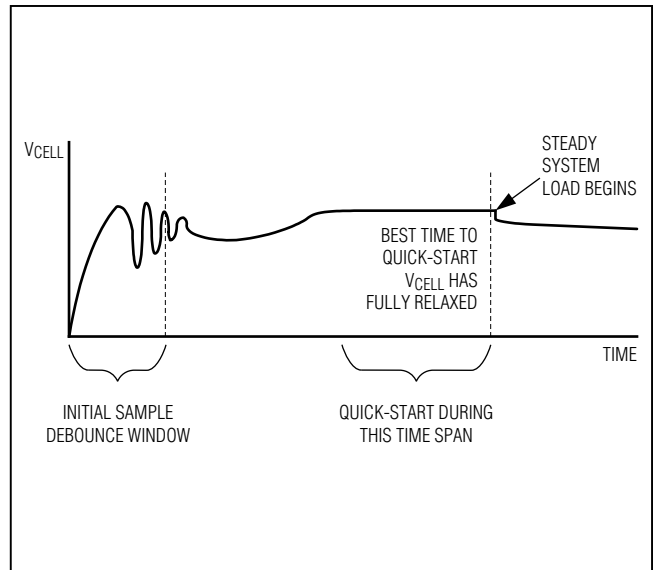


图7. 需要快速启动命令的插入波形

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

报警中断

IC具有5种可配置报警中断,用于触发系统微控制器中断(见表1)。所有报警可利用软件禁用或使能,发生中断时,系统微控制器可根据STATUS寄存器确定原因。

触发报警时,IC将 $\overline{\text{ALRT}}$ 引脚驱动为逻辑低,并设置 $\text{CONFIG.ALRT} = 1$ 。 $\overline{\text{ALRT}}$ 引脚保持为逻辑低,直到系统软件写 $\text{CONFIG.ALRT} = 0$ 清除报警。默认使能报警功能,上电后允许任何报警中断。进入休眠模式不清除报警。

休眠模式

休眠模式下,IC暂停全部工作,电流损耗降至 $1\mu\text{A}$ 以下。退出休眠模式后,IC继续正常工作。休眠模式下,IC不检测自放电。如果IC处于休眠模式时改变电池状态,IC则不能检测到状态改变,会引起SOC错误。充电或放电之前,唤醒IC。为进入休眠模式,写入 $\text{MODE.EnSleep} = 1$ 并采取以下方式之一:

- 将SDA和SCL保持为逻辑低电平并持续 t_{SLEEP} 。SDA或SCL的上升沿唤醒IC。
- 写入 $\text{CONFIG.SLEEP} = 1$ 。为唤醒IC,写入 $\text{CONFIG.SLEEP} = 0$,其它通信不会唤醒IC,POR也不唤醒IC。

可接受 $4\mu\text{A}$ 容限的应用应采用深度休眠模式而非休眠模式。

表1. 报警中断汇总

ALERT FUNCTION	WHERE CONFIGURED	INDICATOR BIT
Low SOC	CONFIG.ATHD	STATUS.HD
SOC 1% change	CONFIG.ALSC	STATUS.SC
Reset	VRESET , STATUS.RI	STATUS.VR
Overvoltage	VALRT.MAX	STATUS.VH
Undervoltage	VALRT.MIN	STATUS.VL

表2. 寄存器汇总

ADDRESS	REGISTER NAME	16-BIT LSb	DESCRIPTION	READ/WRITE	DEFAULT
0x02	VCELL	$78.125\mu\text{V}/\text{cell}$	ADC measurement of VCELL.	R	—
0x04	SOC	1%/256	Battery state of charge.	R	—
0x06	MODE	—	Initiates quick-start, reports hibernate mode, and enables sleep mode.	W	0x0000
0x08	VERSION	—	IC production version.	R	0x0011
0x0A	HIBRT	—	Controls thresholds for entering and exiting hibernate mode.	R/W	0x8030

寄存器汇总

全部寄存器必须作为16位字进行读/写操作,8位写操作将无任何反应。任何标有X(无关)的位或只读位必须随寄存器的其它部分进行写操作,但IC忽略写入数值。从无关位读取的数值不确定,通过将16位字与寄存器的LSb相乘,计算寄存器数值,如表2所示。

VCELL寄存器(0x02)

MAX17048在 V_{DD} 和GND引脚之间测量VCELL。MAX17049在CELL和GND引脚之间测量VCELL值。VCELL为四个ADC转换值的平均值。该值在工作模式下每250ms更新一次,深度休眠模式下每45s更新一次。

SOC寄存器(0x04)

IC利用ModelGauge算法计算SOC。由于ModelGauge本质上是识别相对SOC,所以该寄存器自动适应电池大小的变化。

高字节最低有效位的单位为1%,低字节提供更高的分辨率。IC在POR之后大约1s进行首次更新。根据不同的应用,随后的更新间隔可发生变化。

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

表2. 寄存器汇总(续)

ADDRESS	REGISTER NAME	16-BIT LSb	DESCRIPTION	READ/WRITE	DEFAULT
0x0C	CONFIG	—	Compensation to optimize performance, sleep mode, alert indicators, and configuration.	R/W	0x971C
0x14	VALRT	—	Configures the VCELL range outside of which alerts are generated.	R/W	0x00FF
0x16	CRATE	0.208%/hr	Approximate charge or discharge rate of the battery.	R	—
0x18	VRESET/ID	—	Configures VCELL threshold below which the IC resets itself, ID is a one-time factory-programmable identifier.	R/W	0x96__
0x1A	STATUS	—	Indicates overvoltage, undervoltage, SOC change, SOC low, and reset alerts.	R/W	0x01__
0x40 to 0x7F	TABLE	—	Configures battery parameters.	W	—
0xFE	CMD	—	Sends POR command.	R/W	0xFFFF

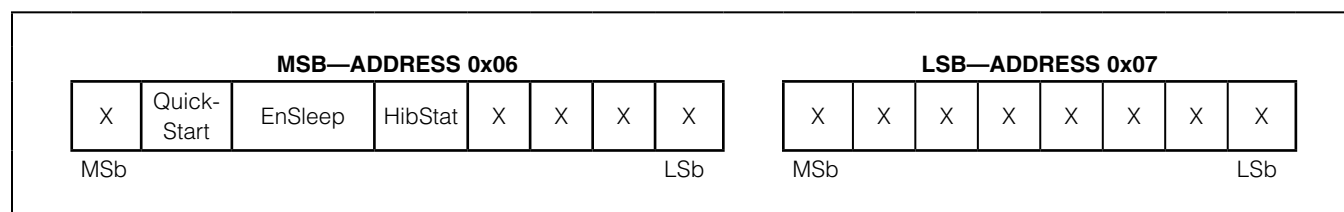


图8. MODE寄存器格式

MODE寄存器(0x06)

MODE寄存器允许系统处理器向IC发送特殊命令(见图8)。

- Quick-Start根据直接电池电压产生OCV和SOC的第一个估算值。谨慎使用，请参见[快速启动](#)部分。

- EnSleep使能休眠模式，请参见[休眠模式](#)部分。
- 当器件处于深度休眠模式时，置位HibStat (只读)。

VERSION寄存器(0x08)

该只读寄存器的值表示IC的生产版本。

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

HIBRT寄存器(0x0A)

为解除深度休眠模式，设置HIBRT = 0x0000。如需一直使用深度休眠模式，则设置HIBRT = 0xFFFF (见图9)。

- **ActThr** (有效门限): 如果任意ADC采样 $[OCV-CELL]$ 大于ActThr, IC退出深度休眠模式。1 LSb = 1.25mV。
- **HibThr** (深度休眠门限): 如果CRATE的绝对值小于HibThr的时间长于6min, IC进入深度休眠模式。1 LSb = 0.208%/hr。

CONFIG寄存器(0x0C)

- **RCOMP**为8位值, 对于不同的锂物质或不同的工作温度, 可调节该值用于优化IC性能。关于优化的指令, 请联系Maxim。RCOMP的POR值为0x97。
- **SLEEP**在Mode.EnSleep置位时可强制IC进入或退出休眠模式。写1强制IC进入休眠模式, 写0强制IC退出休眠模式。SLEEP的POR值为0。

- **ALSC** (SOC更改报警)在SOC变化至少1%时使能报警。每个报警持续到清除STATUS.SC, 此后报警自动清除, 直到SOC再次变化1%。不要利用该报警累计SOC的变化。
- **ALRT** (报警状态位)在发生报警时由IC置位。置位时, ALRT引脚变为有效的低电平。清零后, 解除ALRT引脚的报警状态。ALRT的上电默认值为0。STATUS寄存器规定ALRT引脚变为有效的原因。
- **ATHD** (空报警门限)设置SOC门限, 可在ALRT引脚上产生中断, 门限值从1%至最大32%可编程, 为(32 - ATHD)% (例如00000b → 32%、00001b → 31%、00010b → 30%、11111b → 1%)。ATHD的POR值为0x1C或4%。当下降沿越过该门限时才产生报警。

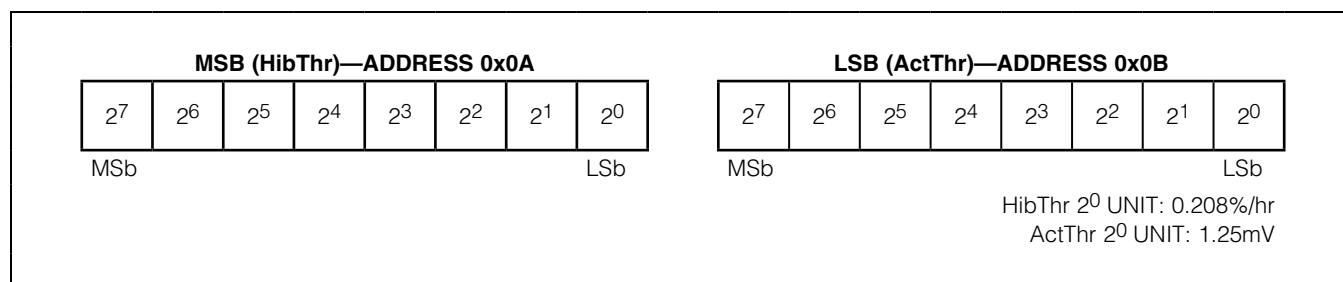


图9. HIBRT寄存器格式

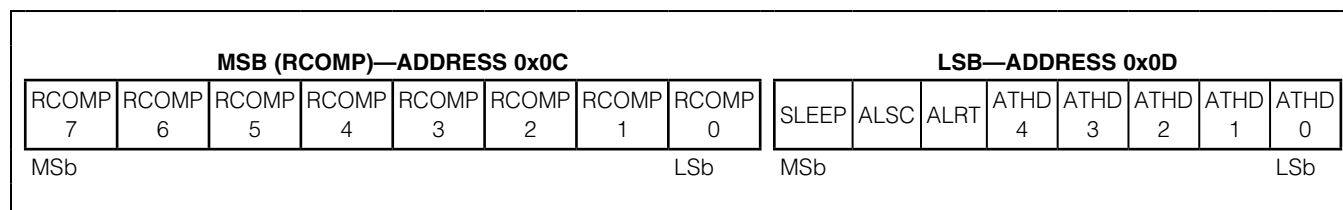


图10. CONFIG寄存器格式

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

VALRT寄存器(0x14)

该寄存器分为两个门限：电压报警最大值(VALRT.MAX)和最小值(VALRT.MIN)。两个寄存器均为1LSb = 20mV。VCELL > VALRT.MAX或VCELL < VALRT.MIN时，IC报警(见图11)。

CRATE寄存器(0x16)

IC计算SOC变化率的近似平均值。1LSb = 0.208%/小时(不适用于转换为安培)。

VRESET/ID寄存器(0x18)

请参见图12。

- ID为工厂一次可编程的8位只读值，可作为生产中区别多种电池类型的标识。忽略对这些位的写操作。
- VRESET[7:1]调节快速模拟比较器和较慢的数字ADC门限，以检测电池拔出和插入。根据应用的预期复位门限，设置为2.28V至3.48V，比应用的空电压低40mV至80mV。如果使能比较器，VCELL上升至该门限以上1ms后，IC复位；否则，VCELL寄存器上升至该门限以上250ms后，IC复位。
- Dis。设置Dis = 1，则在深度休眠模式下禁用模拟比较器，以节省大约0.5μA。

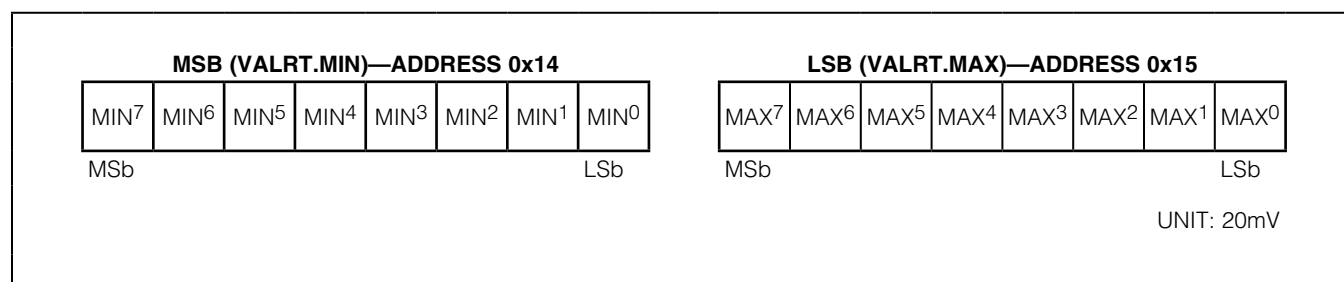


图11. VALRT寄存器格式

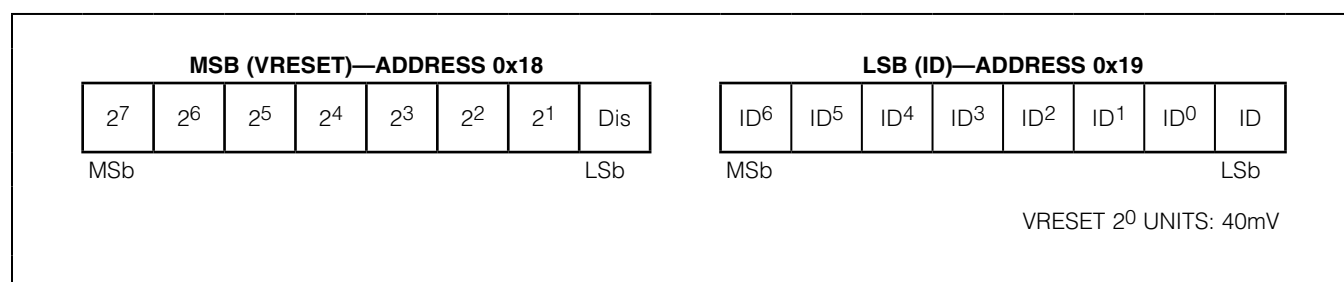


图12. VRESET/ID寄存器格式

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

STATUS寄存器(0x1A)

报警可表示许多不同的条件。STATUS寄存器指示满足哪种报警条件。响应报警后清除对应位(见图13)。

复位指示：

- **RI** (复位指示)在器件上电时置位。任何时间置位该位时，IC未配置，所以应装载模型，并且清除该位。

报警描述符：

这些位只有在引起报警时才被置位(例如，如果CONFIG.ALSC = 0，SC就不会置位)。

- **VH** (电压高)，VCELL高于ALRT.VALRTMAX时置位。
- **VL** (电压低)，VCELL低于ALRT.VALRTMIN时置位。
- **VR** (电压复位)，器件复位后置位，与EnVr无关。
- **HD** (SOC低)，SOC越过CONFIG.ATHD中的值时置位。
- **SC** (1% SOC变化)，如果CONFIG.ALSC置位，SOC变化至少1%时置位。

使能或禁用VRESET报警：

- **EnVr** (使能电压复位报警)置1时，如果在VRESET/ID寄存器规定的条件下发生电压复位事件，使ALRT引脚变为有效。

TABLE寄存器(0x40至0x7F)

关于如何配置这些寄存器的详细信息，请联系Maxim。默认值适合于部分Li+ 电池。

为解锁TABLE寄存器，对地址0x3F写0x57，对地址0x3E写0x4A。TABLE解锁时，ModelGauge寄存器不更新，所以通过写0x00至地址0x3F，写0x00至地址0x3E，尽快重新锁定。

CMD寄存器(0xFE)

向该寄存器写0x5400，使器件完全复位，如同电源断电重新上电一样(见上电复位(POR)部分)。移入最后一位时，发生复位。该命令序列之后，IC不以I²C ACK进行响应。

应用示例

根据应用，IC可进行多种配置。表3所示为最常见的系统配置，以及各种配置的正确引脚连接。

在任何情况下，系统都必须为ALRT[–] (若使用)、SDA和SDL提供上拉电路。

图14所示为1节电池的应用示例。本例中，ALRT[–]引脚连接至微控制器的中断输入，低电池电压状态下，MAX17048可产生中断输出信号。本应用中不使用QSTRT引脚，将其连接至GND。

图15所示为MAX17049的应用示例，采用2节电池。MAX17049安装在系统侧，由系统产生的3.3V电源供电。CELL引脚仍然直接连接至PACK+。

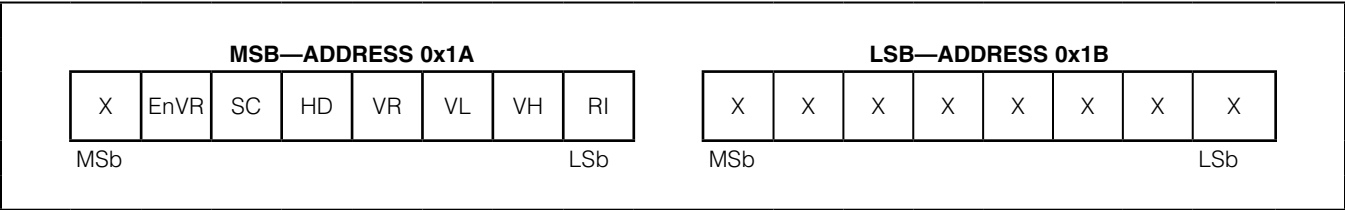


图13. STATUS寄存器格式

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

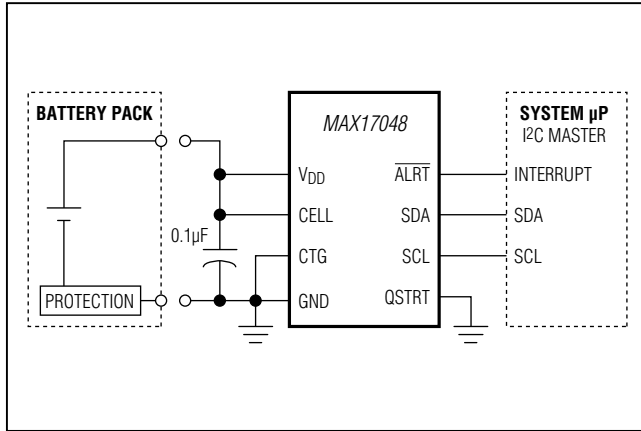


图14. MAX17048应用电路(1节电池)

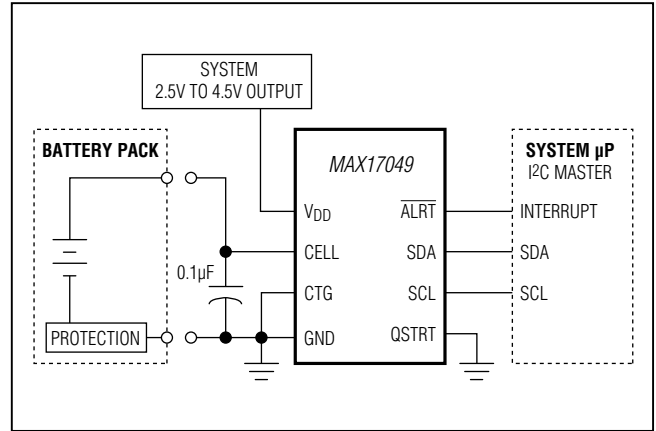


图15. MAX17049应用电路(2节电池)

表3. 可能的应用配置

SYSTEM CONFIGURATION	IC	V _{DD}	ALRT	QSTRT
1S pack-side location	MAX17048	Power directly from battery	Leave unconnected	Connect to GND
1S host-side location	MAX17048	Power directly from battery	Leave unconnected	Connect to GND
1S host-side location, low-cell interrupt	MAX17048	Power directly from battery	Connect to system interrupt	Connect to GND
1S host-side location, hardware quick-start	MAX17048	Power directly from battery	Leave unconnected	Connect to rising-edge reset signal
2S pack-side location	MAX17049	Power from +2.5V to +4.5V LDO in pack	Leave unconnected	Connect to GND
2S host-side location	MAX17049	Power from +2.5V to +4.5V LDO or PMIC	Leave unconnected	Connect to GND
2S host-side location, low-cell interrupt	MAX17049	Power from +2.5V to +4.5V LDO or PMIC	Connect to system interrupt	Connect to GND
2S host-side location, hardware quick-start	MAX17049	Power from +2.5V to +4.5V LDO or PMIC	Leave unconnected	Connect to rising-edge reset signal

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

I²C总线系统

I²C总线系统支持在单从系统或多从系统以及单主系统或多主系统中作为从器件工作。通过设置唯一的7位从地址，从器件可共用总线。I²C接口包括串行数据线(SDA)和串行时钟线(SCL)。SDA和SCL提供IC从器件和主器件之间的双向通信，速度高达400kHz。IC的SDA引脚双向工作，即IC接收数据时，SDA作为输入工作；IC返回数据时，SDA作为开漏输出，主控制器系统提供电阻上拉。IC总是作为从器件工作，在主器件的控制下接收和发送数据。主控制器在总线上发起操作并产生SCL信号，以及START和STOP位，开始和结束每次操作。

位传输

每个SCL时钟周期传输一个数据位，周期定义为SCL由低电平跃迁为高电平，然后由高电平跃迁为低电平。在SCL时钟脉冲的高电平期间，SDA逻辑电平必须保持稳定。SCL为高电平时，SDA的任何变化都被解析为START或STOP控制信号。

总线空闲

没有主器件控制时，总线定义为空闲或非忙。总线空闲时，SDA和SCL保持高电平。STOP条件是将总线返回空闲状态的正确方法。

START和STOP条件

SCL为高电平时，通过强制SDA由高电平至低电平跃迁，主控制器产生START条件(S)发起操作。SCL为高电平时，通过强制SDA由低电平至高电平跃迁，主控制器产生STOP条件(P)结束操作。Repeated START条件(Sr)可用于代替STOP和随后的START序列，以结束一个操作并开始另一操作，不将总线返回至空闲状态。多主系统中，Repeated START允许主控器件保持控制总线。SCL为高电平时，START和STOP条件是唯一的总线活动，SDA在此期间跃迁。

应答位

利用应答位(A)或非应答位(N)应答数据传输的每一字节。主器件和MAX17048/MAX17049从器件均产生应答位。为产生应答，接收器件必须在应答相关时钟脉冲(第9个脉冲)的上升沿之前将SDA拉低并保持，直到SCL返回低电平。为产生非应答(也称为NAK)，接收器件在应答相关时钟脉冲的上升沿之前释放SDA，并保持SDA为高电平，直到SCL返回低电平。监测应答位可检测失败的数据传输。如果接收器件忙或者系统发生故障，则会发生数据传输失败。若数据传输失败，总线主控制器应重试通信。

数据顺序

数据字节由8位组成，最高有效位(MSb)在前。每个字节的最低有效位(LSb)后跟应答位。对于由多字节值组成的IC寄存器，MSB在前。多字节寄存器的MSB储存在偶数数据存储地址。

从地址

总线主控制器通过发送START条件，然后是从器件地址(SAddr)和读/写(R/W)位发起与从器件通信。总线空闲时，IC持续监测START条件以及随后的从地址。IC接收到的从地址与其从地址寄存器的值相匹配时，在R/W位之后的时钟周期内以应答位响应。7位从地址固定为0x6C (写)/0x6D (读)：

MAX17048/MAX17049 SLAVE ADDRESS	0110110
------------------------------------	---------

读/写位

从地址后边的R/W位确定随后传输字节的数据方向。R/W = 0选择写操作，主器件将随后字节写至从器件。R/W = 1选择读操作，主控制器从从器件读取随后字节(表4)。

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

表4. I2C协议密钥

KEY	DESCRIPTION	KEY	DESCRIPTION
S	START bit	Sr	Repeated START
SAddr	Slave address (7 bit)	W	R/W bit = 0
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	No acknowledge—master	N	No acknowledge bit—slave
		R	R/W bit = 1

总线定时

IC兼容定时高达400kHz的任何总线。以任何速度工作时均无特殊要求。

I2C命令协议

命令协议包括几种格式。最简单的格式包括主器件写START位、从地址、R/W位，然后监测应答位，确认是否存在IC。更复杂的格式，如写数据和读数据，读取数据以及执行器件相关的操作。每种命令格式中的全部字节要求从器件或主控制器系统返回应答位，然后继续下一字节。表4所示为适用于传输格式的密钥。

基本传输格式

写操作将2个或多个数据字节传输至IC。数据传输从MAddr字节中提供的存储器地址开始。传输过程中，主控制器保持对SDA信号的控制，应答周期除外。

读操作从IC读取2个或多个字节。读操作包括两部分：写部分后边跟一个读部分，因此本质上长于写操作。写部分传达读操作的起始点。读部分紧随其后，以Repeated START、从地址以及R/W设置为1开始。从从地址应答周期开始，SDA的控制由IC承担。传输过程中，IC保持对SDA信号的控制，应答周期除外。主控制器通过以非应答应其请求的最后字节，表示读操作结束。这通知IC，应答时钟后，SDA的控制返回至主器件。

写操作： S. SAddr W. A. MAddr. A. Data0. A. Data1. A. P

读操作： S. SAddr W. A. MAddr. A. Sr. SAddr R. A. Data0. A. Data1. N. P
写部分 读部分

写数据协议

写数据协议用于写IC寄存器，从存储器地址MAddr开始。Data0表示写至MAddr的数据，Data1表示写至MAddr + 1的数据，DataN表示最后一个数据字节，写至MAddr + N。主控制器通过在接收到最后应答位后发送STOP或Repeated START，指示写操作结束：

S. SAddr W. A. MAddr. A. Data0. A. Data1. A... DataN. A. P

应答MAddr字节后，可立即写入要在MAddr地址储存的数据的MSb。由于器件在接收到每个字节的LSb后自动递增地址，所以在应答MAddr地址的数据后，可立即写入MAddr + 1地址的数据的MSb。如果总线主控制器继续自动递增写操作，当地址超过4Fh时，IC将忽略数据。有效的写操作必须包括两个寄存器字节。对只读地址执行写操作时，也将忽略数据。不完整的字节和IC没有应答的字节不写入存储器。

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

读数据协议

读数据协议用于从MAddr指定的存储器地址开始读取IC寄存器。必须在同一操作中读取两个寄存器字节，寄存器数据才有效。Data0表示存储器位置MAddr的数据字节，Data1表示MAddr + 1的数据，DataN表示主控制器读取的最后字节：

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

返回数据时，从MAddr中数据的MSb开始。由于返回每个字节的LSb后自动递增地址，所以在应答MAddr地址的数据后，MAddr + 1地址中数据的MSb可立即提供给主控制器。如果地址超过FFh时总线主控制器仍继续读取，IC输出数据值FFh。存储器映射中标有Reserved的地址返回不确定数据。总线主控制器通过发送非应答，后跟STOP或Repeated START，在任意字节边界终止读操作。

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	DESCRIPTION
MAX17048G+	-40°C to +85°C	8 TDFN-EP*	1-Cell ModelGauge IC
MAX17048G+T10	-40°C to +85°C	8 TDFN-EP*	1-Cell ModelGauge IC
MAX17048X+	-40°C to +85°C	8 WLP	1-Cell ModelGauge IC
MAX17048X+T10	-40°C to +85°C	8 WLP	1-Cell ModelGauge IC
MAX17049G+	-40°C to +85°C	8 TDFN-EP*	2-Cell ModelGauge IC
MAX17049G+T10	-40°C to +85°C	8 TDFN-EP*	2-Cell ModelGauge IC
MAX17049X+	-40°C to +85°C	8 WLP	2-Cell ModelGauge IC
MAX17049X+T10	-40°C to +85°C	8 WLP	2-Cell ModelGauge IC

+ 表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

*EP = 裸焊盘。

T = 卷带包装。

封装信息

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

封装类型	封装编码	外形编号	焊盘布局编号
8 WLP	W80A1+1	21-0555	参见 应用笔记1891
8 TDFN-EP	T822+3	21-0168	90-0065

MAX17048/MAX17049

低功耗1节/2节Li+电池ModelGauge IC

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	2/12	最初版本。	—
1	4/12	修正字节顺序错误。	10, 11, 13
2	8/12	更新 <i>Absolute Maximum Ratings</i> 中的焊接温度；更正原先写反了的深度休眠寄存器位名称。	2, 12, 14

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



Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。电气特性表中列出的参数值(最小值和最大值)均经过设计验证，数据资料其它章节引用的参数值供设计人员参考。

Maxim Integrated 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-10 00

19

© 2012 Maxim Integrated

Maxim标志和Maxim Integrated是Maxim Integrated Products, Inc.的商标。