

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

概述

MAX17047/MAX17050采用Maxim ModelGauge™ m3算法，既具有库仑计出色的短期高精度、高线性度特性，又具有电压电量计出色的长期稳定性，而温度补偿还提供业内领先的计量精度。ModelGauge m3消除了库仑计的累计失调误差，与任何单纯的电压测量电量计相比，能够提供更高的短期精度。此外，ModelGauge m3算法没有通常库仑计算法中的突发式修正模式，而是采用连续微调。

器件在较宽的工作条件下自动补偿老化、温度和放电率并以mAh、%或者剩余工作时间提供精确的充电状态(SOC)。器件提供两种方式报告电池寿命：减少的容量和充电次数。

器件提供精确的电流、电压和温度测量。利用辅助输入支持比例测量，采用外部热敏电阻测量电池组的温度。通过2线(I²C)接口访问数据和控制寄存器。MAX17047采用3mm × 3mm、10引脚TDFN无铅(Pb)封装，MAX17050采用0.4mm焊球间距的9焊球WLP封装。

应用

2.5G/3G/4G无线手持设备	电子书
智能手机/PDA	数码相机与摄像机
平板电脑与手持电脑	便携式医疗设备
便携式游戏机	

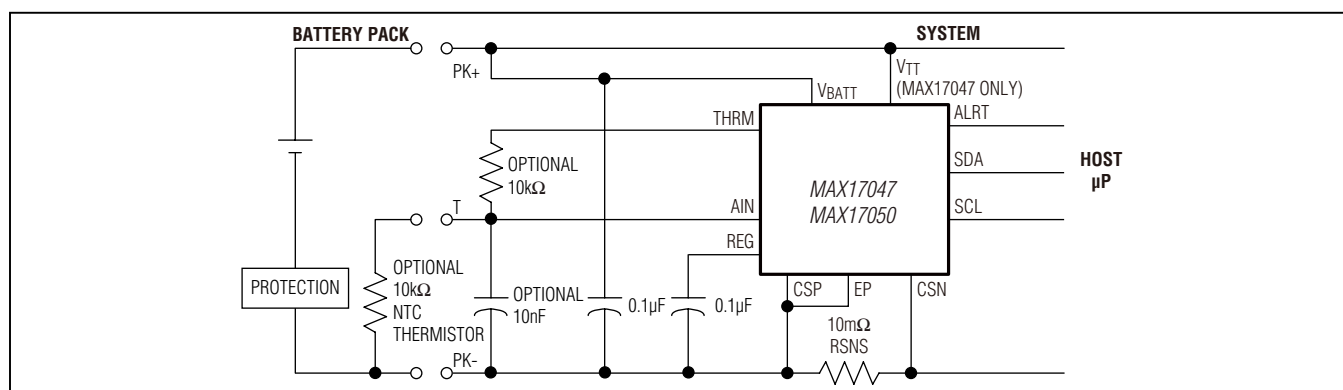
特性

- ◆ 精确的电池容量和剩余工作时间估算
 - ◇ 温度、老化和充电速率补偿
 - ◇ 不需要空、满或空闲状态来保持精度
- ◆ 精确的测量系统
 - ◇ 无需校准
- ◆ ModelGauge m3算法
 - ◇ 电压计量方式的长期影响消除了库仑计漂移
 - ◇ 以库仑计短期影响提供卓越的线性度
 - ◇ 适合电池特性
- ◆ 外部温度测量网络
 - ◇ 有效转换热敏电阻分压器，减小电流消耗
- ◆ 低静态电流
 - ◇ 25μA工作电流，关断电流低于0.5μA
- ◆ 充电状态、电压、温度和电池拔出/插入事件的报警指示
- ◆ 以比率估算剩余电量
- ◆ 2线(I²C)接口
- ◆ 微型3mm x 3mm、10引脚TDFN无铅(Pb)封装或微型0.4mm焊球间距的9焊球WLP封装量

订购信息在数据资料的最后给出。

相关型号以及配合该器件使用的推荐产品，请参见：china.maxim-integrated.com/MAX17047.related

简化工作电路



ModelGauge是Maxim Integrated Products, Inc.的商标。

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。

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{BATT}, SDA, SCL, ALRT to CSP-0.3V to +6V
REG to CSP-0.3V to +2.2V
V_{TT} to CSP-0.3V to +6V
THRM, AIN to CSP-0.3V to (V_{TT} + 0.3V)
CSN to CSP-2V to +2V
Continuous Sink Current (V_{TT})20mA
Continuous Sink Current (SCL, SDA, ALRT).....20mA

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
TDFN (derate 24.4mW/°C above +70°C).....1951.2mW
WLP (derate 11.9mW/°C above +70°C).....952.0mW
Operating Temperature Range.....-40°C to +85°C
Junction Temperature+150°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.

PACKAGE THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

TDFN

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA})41°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC})9°C/W

WLP

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA})84°C/W

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{BATT} = 2.5V to 4.5V, T_A = -20°C to +70°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{BATT}	(Note 3)	2.5		4.5	V
Supply Current	I _{DD0}	Shutdown mode, T _A ≤ +50°C		0.5	2	μA
	I _{DD1}	Active mode, average current		25	42	
REG Regulation Voltage	V _{REG}		1.5		1.9	V
Measurement Error, V _{BATT}	V _{GERR}	T _A = +25°C	-7.5		+7.5	mV
			-20		+20	
Measurement Resolution, V _{BATT}	V _{LSb}			0.625		mV
V _{BATT} Measurement Range	V _{FS}		2.5		4.98	V
Input Resistance CSN, AIN			15			MΩ
Ratiometric Measurement Accuracy, AIN	T _{GERR}		-0.5		+0.5	%
Ratiometric Measurement Resolution, AIN	T _{LSb}			0.0244		% Full Scale
Current Register Resolution	I _{LSb}			1.5625		μV
Current Full-Scale Magnitude	I _{FS}			±51.2		mV
Current Offset Error	I _{OERR}			±1.5		μV
Current Gain Error	I _{GERR}		-1		+1	% of Reading
Time-Base Accuracy	t _{ERR}	V _{DD} = 3.6V at T _A = +25°C	-1		+1	%
		T _A = 0°C to +50°C	-2.5		+2.5	
		T _A = -20°C to +70°C	-3.5		+3.5	

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{BATT} = 2.5V$ to $4.5V$, $T_A = -20^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
THRM Output Drive		$I_{OUT} = 0.5mA$	$V_{TT} - 0.1$			V
THRM Precharge Time	t_{PRE}		8.48			ms
SDA, SCL, ALRT Input Logic High	V_{IH}		1.5			V
SDA, SCL, ALRT Input Logic Low	V_{IL}				0.5	V
SDA, ALRT Output Logic Low	V_{OL}	$I_{OL} = 4mA$			0.4	V
SDA, ALRT Pulldown Current	I_{PD}	Active mode, $V_{SDA} = 0.4V$, $V_{ALRT} = 0.4V$	0.05	0.2	0.4	μA
ALRT Leakage					1	μA
THRM Operating Range			2.5		V_{TT}	V
Battery-Removal Detection Threshold— V_{AIN} Rising	V_{DETR}	$V_{THRM} - V_{AIN}$	40	125	200	mV
Battery-Removal Detection Threshold— V_{AIN} Falling	V_{DETF}	$V_{THRM} - V_{AIN}$	70	150	230	mV
Battery-Removal Detection Comparator Delay	t_{TOFF}	V_{AIN} step from 70% to 100% of V_{THRM} to ALRT falling; Alrtp = logic 0; EnAIN = logic 1; FTHRM = logic 1			100	μs
External AIN Capacitance		$R_{THM} = 10k\Omega$ NTC			100	nF

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (2-WIRE INTERFACE)

($2.5V \leq V_{BATT} \leq 4.5V$, $T_A = -20^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f_{SCL}	(Note 4)	0		400	kHz
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t_{BUF}		1.3			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HD:STA}$	(Note 5)	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 6, 7)	0		0.9	μs
Data Setup Time	$t_{SU:DAT}$	(Note 6)	100			ns
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t_R		20 + $0.1C_B$		300	ns

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (2-WIRE INTERFACE) (continued)

($2.5V \leq V_{BATT} \leq 4.5V$, $T_A = -20^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
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 8)	0		50	ns
Capacitive Load for Each Bus Line	C_B	(Note 9)			400	pF
SCL, SDA Input Capacitance	C_{BIN}				60	pF

Note 2: Specifications are 100% tested at $T_A = +25^{\circ}C$. Limits over the operating range are guaranteed by design and characterization.

Note 3: All voltages are referenced to CSP.

Note 4: Timing must be fast enough to prevent the device from entering shutdown mode due to bus low for a period $> 45s$ minimum.

Note 5: f_{SCL} must meet the minimum clock low time plus the rise/fall times.

Note 6: The maximum $t_{HD:DAT}$ has only to be met if the device does not stretch the low period (t_{LOW}) of the SCL signal.

Note 7: This device internally provides a hold time of at least 100ns for the SDA signal (referred to the minimum V_{IH} 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_B —total capacitance of one bus line in pF.

I²C总线时序图

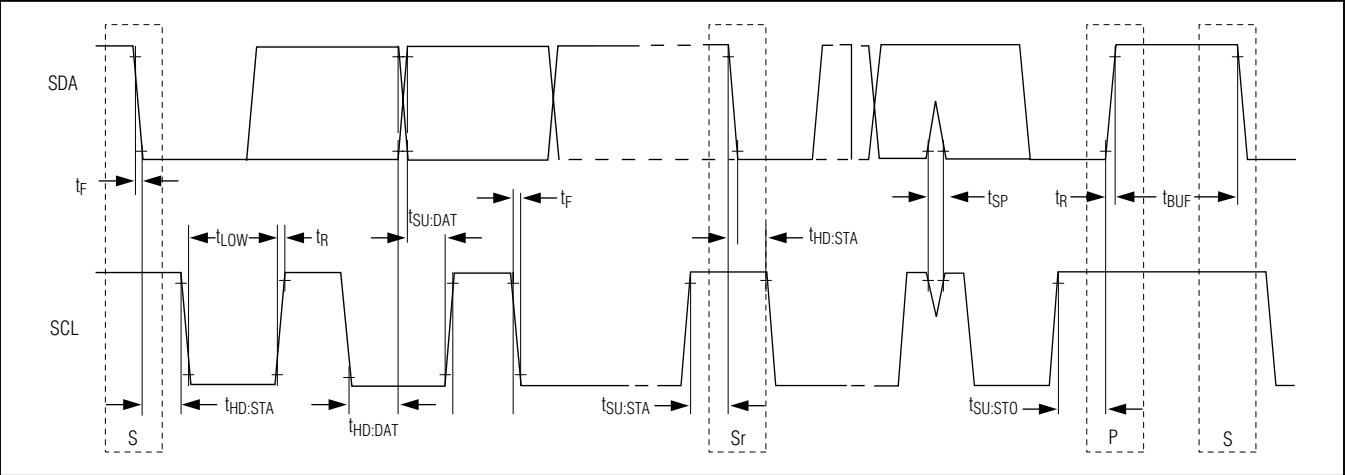


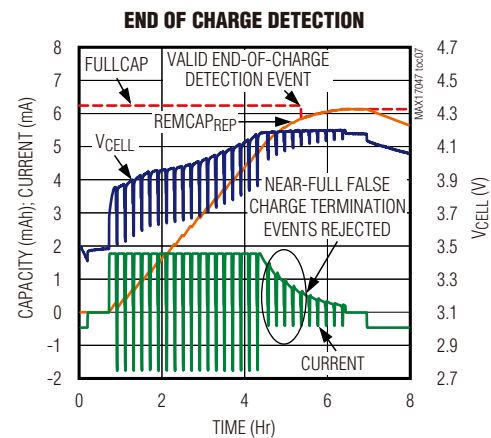
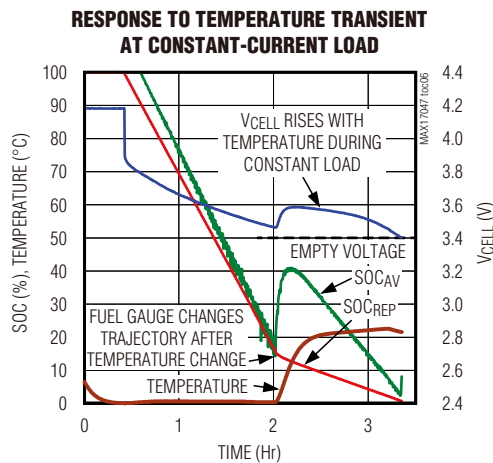
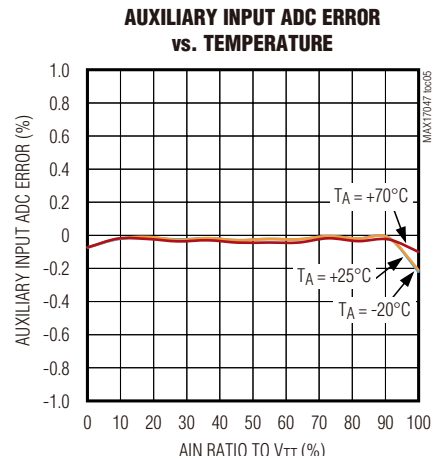
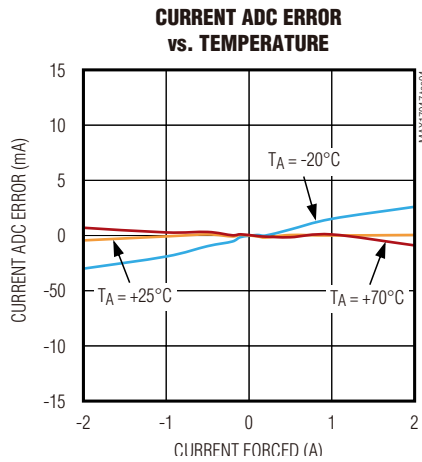
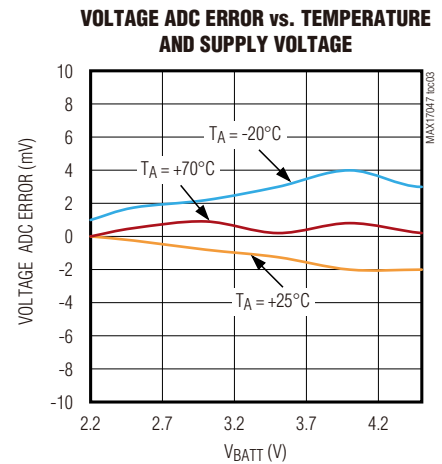
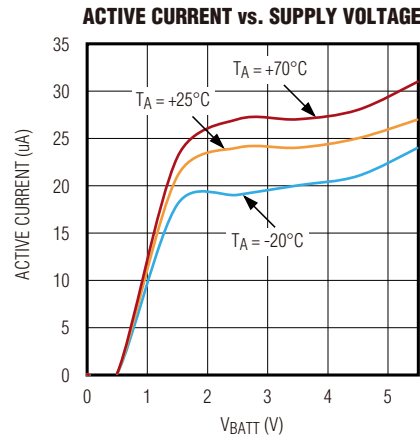
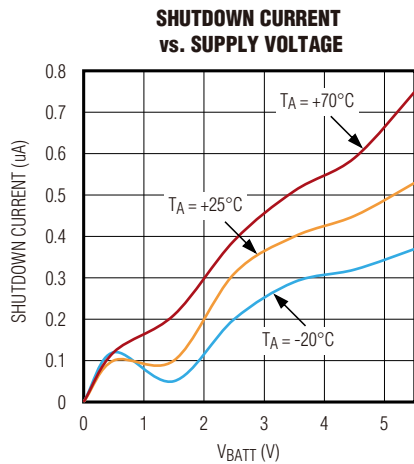
图1. I²C总线时序图

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

典型工作特性

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

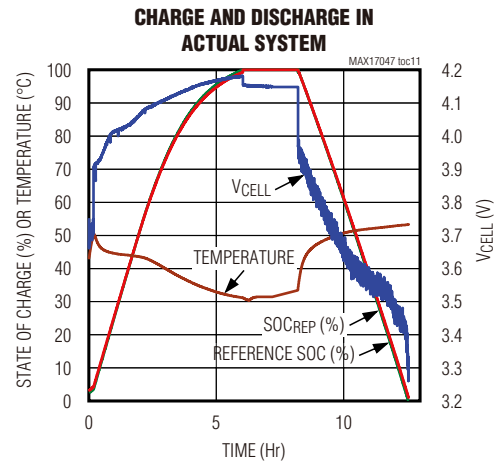
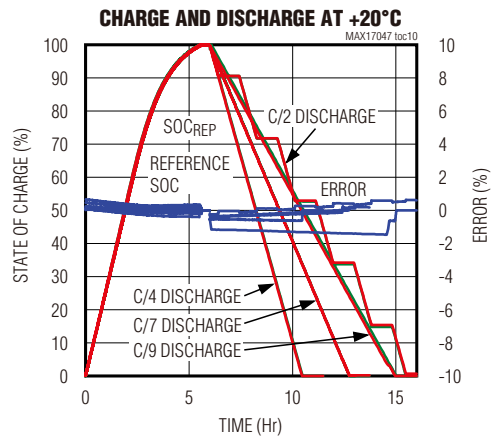
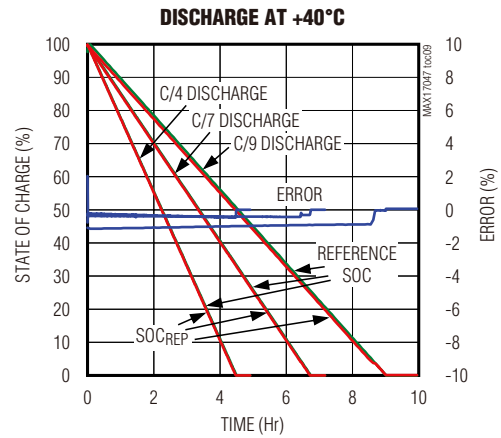
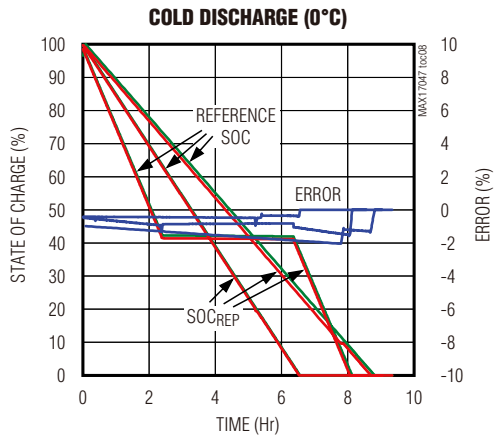


MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

典型工作特性(续)

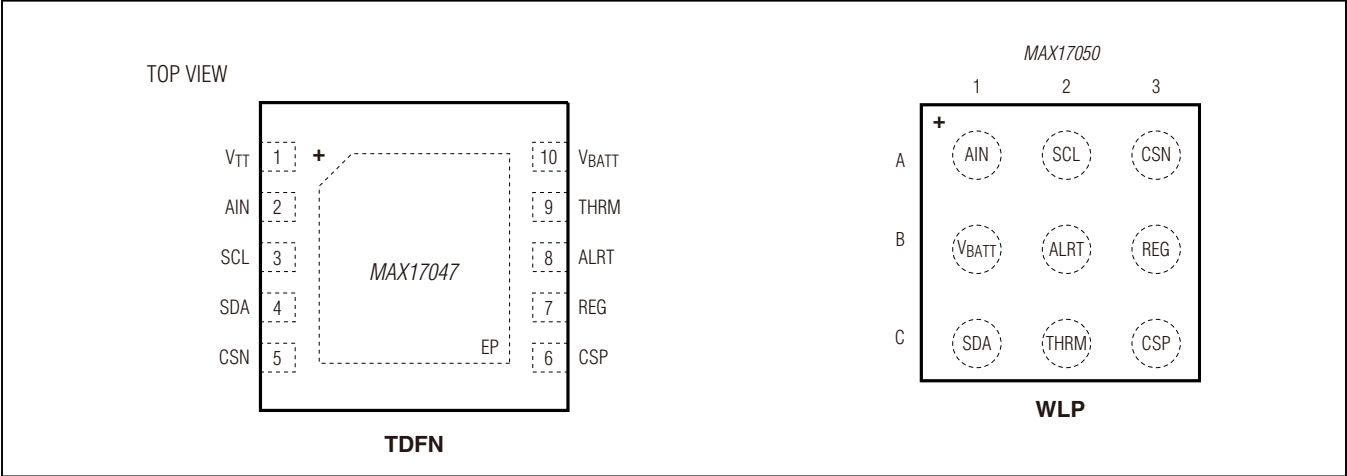
($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)



MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

引脚/焊球配置



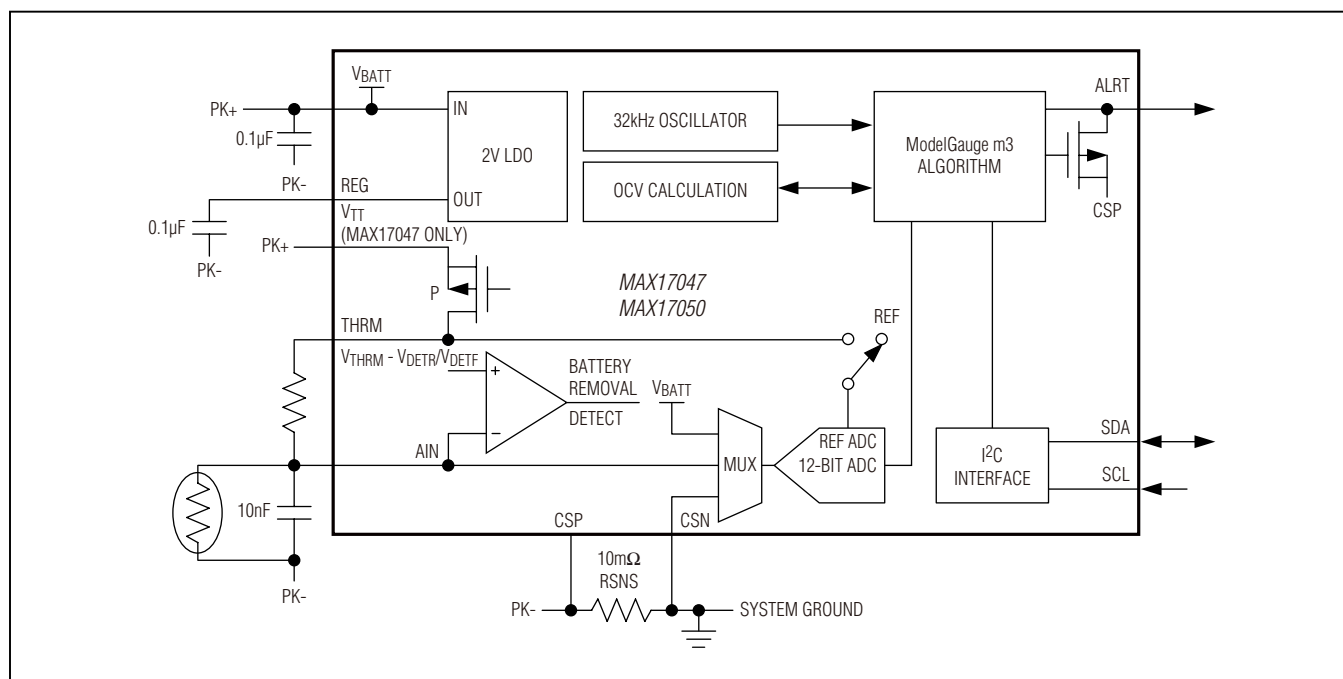
引脚/焊球说明

焊球	引脚	名称	功能
WLP	TDFN		
—	1	V _{TT}	热敏电阻偏置开关的电源输入(MAX17047); MAX17050的V _{TT} 在内部连接至V _{BATT} 。连接至电源对AIN引脚电压进行比例测量。大多数应用中, 将V _{TT} 连接至V _{BATT} 。
A1	2	AIN	辅助电压输入。辅助电压输入由外部温度测量网络提供, AIN也提供电池插入/拔出检测。如果不使用该引脚, 将其连接至V _{BATT} 。
A2	3	SCL	串行时钟输入。2线时钟线, 仅作为输入。
C1	4	SDA	串行数据输入/输出。2线数据线, 开漏输出驱动器。
A3	5	CSN	检测电阻连接。系统地连接和检测电阻输入。
C3	6	CSP	芯片地和检测电阻输入。
B3	7	REG	稳压器旁路。在REG和CSP之间连接0.1μF电容。
B2	8	ALRT	报警指示。开漏n沟道输出, 用于指示达到规定条件门限的情况。作为输出时, 与电源之间需要连接200kΩ上拉电阻。或者, 输出功能禁用时, ALRT可作为关断输入。
C2	9	THRM	热敏电阻偏置连接。为热敏电阻分压器供电, 连接至热敏电阻/电阻分压器的高端。温度测量期间, THRM从内部连接至V _{TT} 。
B1	10	V _{BATT}	电源和电池电压检测输入。开尔文连接至电池组的正端, 利用0.1μF电容旁路至CSP。
—	—	EP	裸焊盘(TDFN封装)。连接至CSP。

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

方框图



详细说明

MAX17047/MAX17050采用Maxim ModelGauge m3算法，既具有库仑计出色的短期高精度、高线性度特性，又具有电压电量计出色的长期稳定性，而温度补偿还提供业内领先的计量精度。ModelGauge m3消除了库仑计的累计失调误差，与任何单纯的电压测量电量计相比，能够提供更高的短期精度。此外，ModelGauge m3算法没有通常库仑计算法中的突发式修正模式，而是采用连续微调。

器件在较宽的工作条件下自动补偿老化、温度和放电率并以mAh或%提供精确的充电状态(SOC)。器件提供两种方式报告电池寿命：减少的容量和充电次数。

器件提供精确的电流、电压和温度测量。利用辅助输入支持比例测量，采用外部热敏电阻测量电池组的温度。通过2

线(I²C)接口访问数据和控制寄存器。MAX17047采用3mm × 3mm、10引脚TDFN封装，MAX17050采用0.4mm焊球间距的9焊球WLP封装。

ModelGauge m3算法

ModelGauge m3算法整合了高精度库仑计和电压电量计(VFG)，如图2所示。

基于库仑计的传统电量计具有优异的线性度和短期性能，然而，电流检测测量中的累计失调误差会造成电量计偏移。尽管失调误差通常非常小，但不容忽视，会造成容量测试误差随时间增大，并且需要定期修正。修正通常在满或空电量时进行。其它一些系统也利用空载电池电压进行修正，这些系统在长时间没有电流消耗时，则根据电池电压确定

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

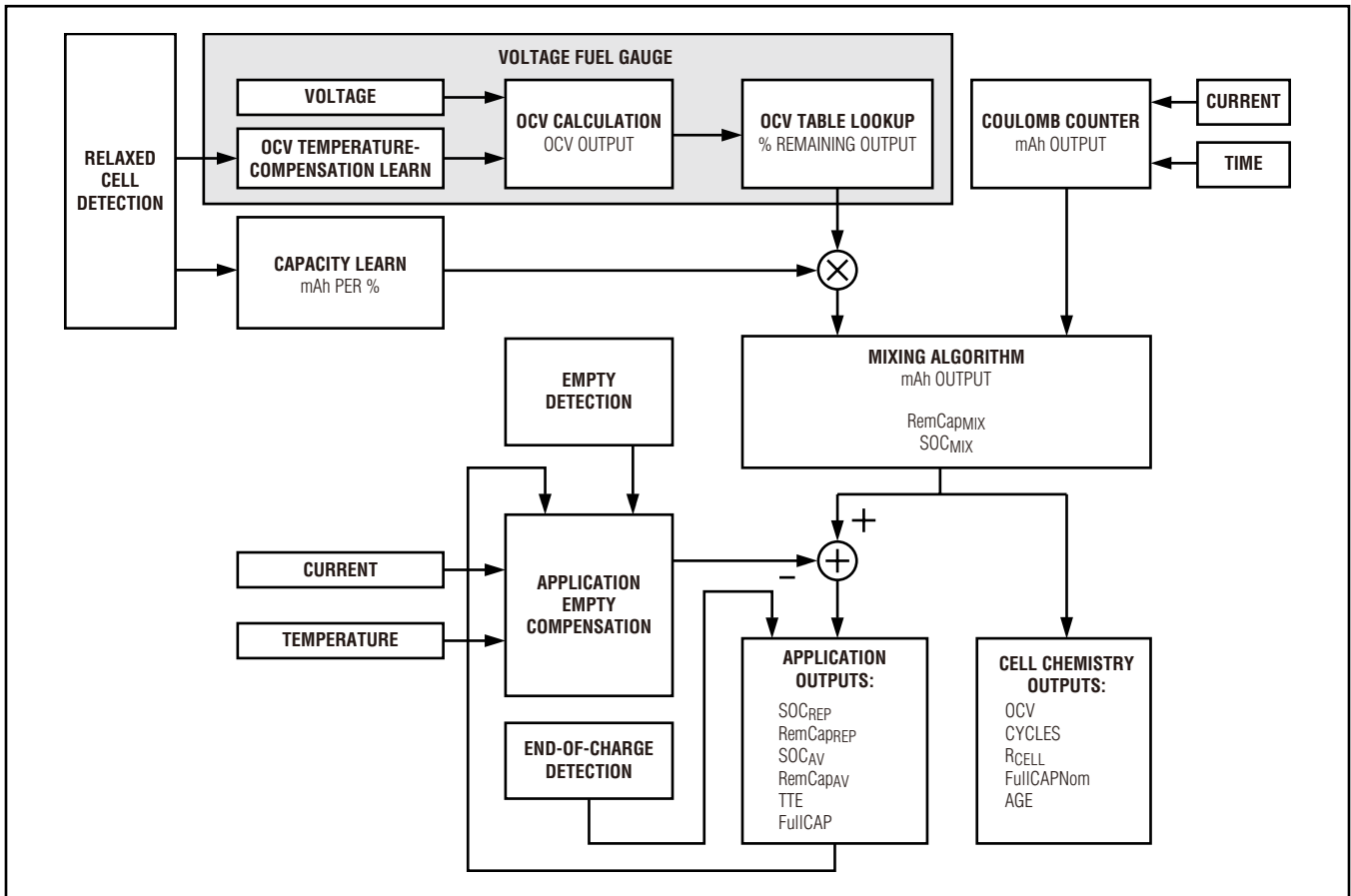


图2. ModelGauge m3概览

SOC。两者具有相同的局限性：如果在实际应用中未观察到修正条件，系统误差将会无限增大。传统库伦计的性能主要由此类修正精度决定。

基于电压测量的传统SOC估算方法由于无法很好地进行电池建模，精度很差，但是失调误差不随时间累计。

器件包括先进的VFG，用于估算开路电压(OCV)，即使在电流流动期间也是如此。器件还模拟锂离子(Li+)电池的非线性内部动态行为，确定SOC，提高精度。模型考虑化学反应引起的电池时间效应及电池阻抗，根据查找表确定SOC。这种SOC估算方法不随时间累计失调误差。

ModelGauge m3算法整合了高精度库伦计和VFG。互补组合避免了库伦计和VFG的缺点，具备两者的优势。混合算法将VFG容量与库伦计相组合，并对每个结果进行评估，通过两种方式最准确地确定电池状态。按照这种方式，VFG容量结果用于连续对电池状态进行小幅调节，抵消库伦计漂移。

ModelGauge m3算法利用这一电池状态信息并考虑温度、电池电流、老化和应用参数，确定系统可用的剩余电量。

ModelGauge m3算法通过独立的学习程序连续适应电池和应用。随着电池的老化，监测和更新其容量变化，而且VFG还根据应用中的电池电压行为进行动态适应。

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

OCV估算和库伦计数的整合

ModelGauge m3算法的核心是整合了OCV状态估算和库伦计的混合算法。IC上电复位后，库伦计精度不确定。相对于库伦计数，OCV状态估算所占比重较大。随着电池在应用中继续使用，库伦计精度提高，混合算法则改变权重系数，主要依靠库伦计估算电量。由此，IC切换至伺服混合算法。伺服混合算法可以对库伦计数进行固定幅度的连续误差修正，根据OCV估算误差的趋势，调高或调低估算值，可快速修正库伦计和OCV估算之间的差异，参见图3。

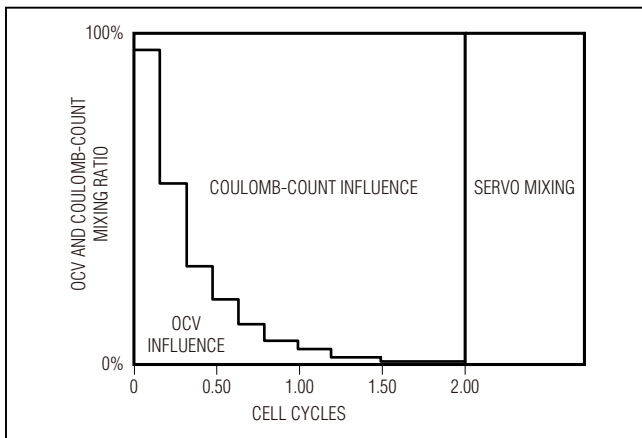


图3. ModelGauge m3 OCV和库伦计数混合算法

混合算法产生的结果输出不会因为电流测量失调误差而产生漂移，并且比独立OCV估算算法更稳定，参见图4。初始精度取决于电池的空闲状态。电池完全空闲时可获得最高的初始精度。

电量计空电量补偿

随着温度和电池放电率的变化，能够供给系统的电荷总量也会发生变化。ModelGauge m3算法能够区分剩余电池容量(RemCap_{MIX})和可供系统使用的剩余容量(RemCap_{AV})，并向用户报告两个结果。

电量计学习

器件根据电池特征和应用信息定期进行内部调节，以消除初始误差，随着电池老化仍可维持计量精度。器件始终进行这类微调，避免系统不稳定，还可防止电量计输出出现任何显著变化。自动学习无需主处理器进行任何输入。断电期间，为保存学习的精度，主处理器必须定期保存学习的信息，从而在电源恢复后才能恢复信息。详细信息请参见[上电和上电复位](#)部分。

- **应用满容量(FullCAP)。**这是电池满电量时能够供给系统的总容量。检测到充电终止条件时，在即将终止充电时更新FullCAP。参见[充电终止检测](#)部分。

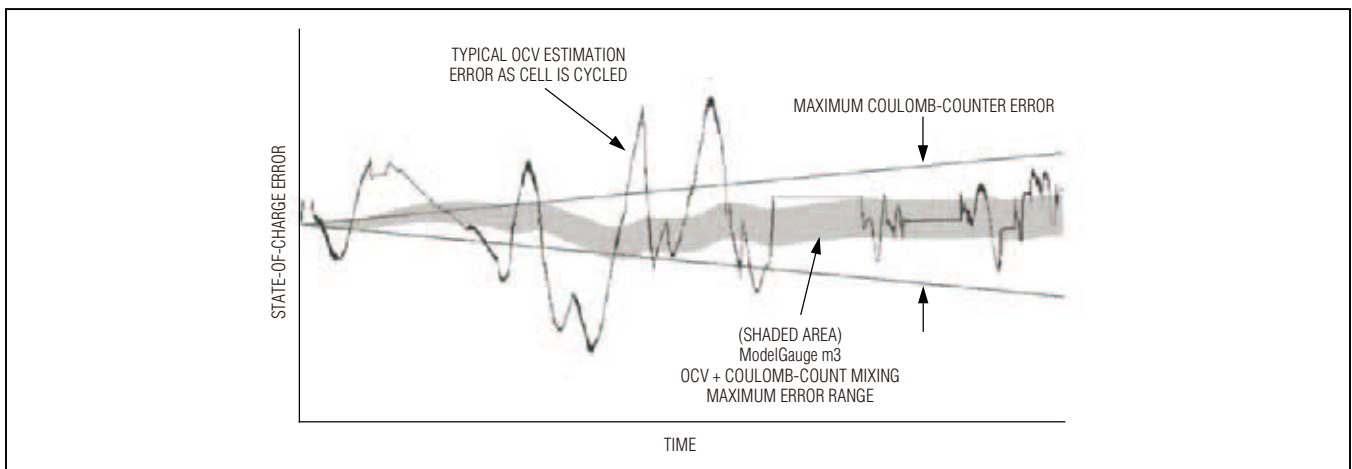


图4. ModelGauge m3混合算法原理示意图

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

- **电池容量(FullCapNom)。**这是电池满电量时的总容量，由VFG而定。这包括在大负载和/或低温下系统无法使用的部分容量。电池充电和放电时，器件定期比较OCV测量与库伦计数变化的百分比。该信息允许器件能够随着电池老化保持准确估算电池容量(单位为mAh)。
- **电压电量计自适应。**器件监视电池的空载响应并调节VFG的动态操作。这种自适应在电池空载期间调节RCOMP0寄存器。
- **空电量补偿。**只要检测到电池为空($V_{CELL} < V_{empty}$)，器件便更新内部数据，补偿电池老化或电池偏离其特征信息的误差。

确定电量计精度

正如最终用户所感受的那样，为确定电量计的真实精度，应以动态方式使用电池。仅利用简单的循环，无法了解最终用户精度。

为了检验经过修正的电量计，例如库伦计，必须采用部分加载的方式测试电池。例如，通常用户可能使器件工作10分钟，然后一小时或更长时间停止使用。可靠的测试方法是在不同负载、温度和持续时间的条件下，多次执行此类测试。请参考应用笔记4799: *Cell Characterization Procedure for a ModelGauge m3 Fuel Gauge*。

初始精度

器件使用上电后或电池安装后的第一个电压读数确定电量计的初始值，假设电池在该读数之前完全处于空载状态。而实际情况并非总是如此，如果电池最近经过充电或放电，器件测得的电压可能不能代表电池电量的真实状态，造成电量计输出初始误差。大多数情况下，该误差很小，并很快被正常工作期间的电量算法所消除。

典型工作电路

器件安装在被监测电池组的外部。由VBATT和CSP连接直接在电池组端子测量电池电压，由CSP和CSN引脚之间的外部检流电阻测量电流。外部电阻分压器网络允许器件通过监测AIN引脚测量电池组温度。THRM引脚为电阻分压器提供强上拉，无需测量温度时，由内部控制禁用。

通过标准I²C接口与主处理器通信。SCL为来自于主处理器的输入，SDA为开漏I/O引脚，需要外部上拉。ALRT引脚为输出，如果检测到特定应用条件，可作为主处理器的外部中断。ALRT也可作为输入，允许主处理器关断器件。该引脚为开漏输出，需要外部上拉电阻，图5所示为典型工作电路。

多节电池电路

MAX17047可用于具有多节电池的系统。电阻分压器网络对电池组电压进行分压，使IC所监测的电压大小等同于单节电池的电压。MAX9910对分压器输出进行缓冲，从而使MAX17047的负载不会影响到精度。V_{TT}必须连接至系统中的稳压源，防止MAX9910过载。关于MAX17050的多节电池应用电路，请联络厂方。参见图6。

共用热敏电阻电路

MAX17047可与系统充电器共用电池热敏电阻。该电路中，电池组内部有一个热敏电阻，电池组外部有一个偏置电阻。器件与充电器电路共用相同的外部偏置以及热敏电阻上的测量点。该配置下，每个器件均可独立或同时测量温度，不存在冲突。或者，如果器件不能使用充电器电路的偏置电压，可使用V_{TT}引脚的独立偏置电压。为确保正确工作，独立偏置电压必须大于器件的最小工作电压，但不能比充电器电路偏置电压高出一个二极管压降以上。MAX17050不具备这种配置。参见图7。

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

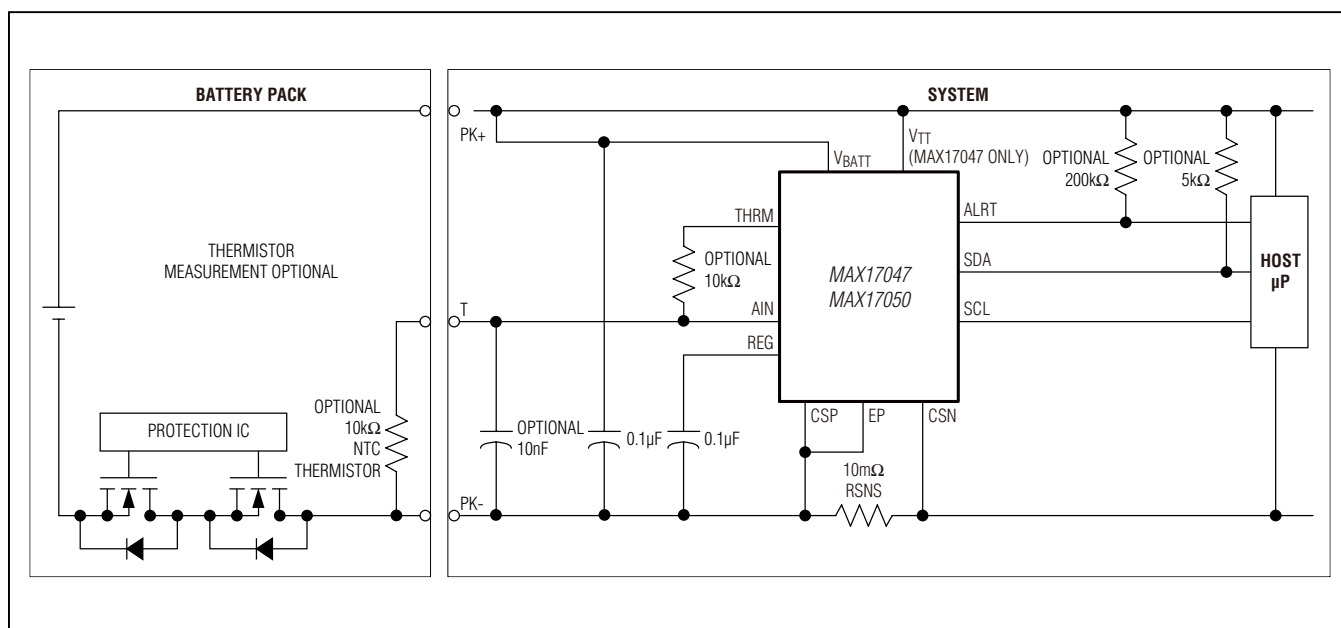


图5. 典型工作电路

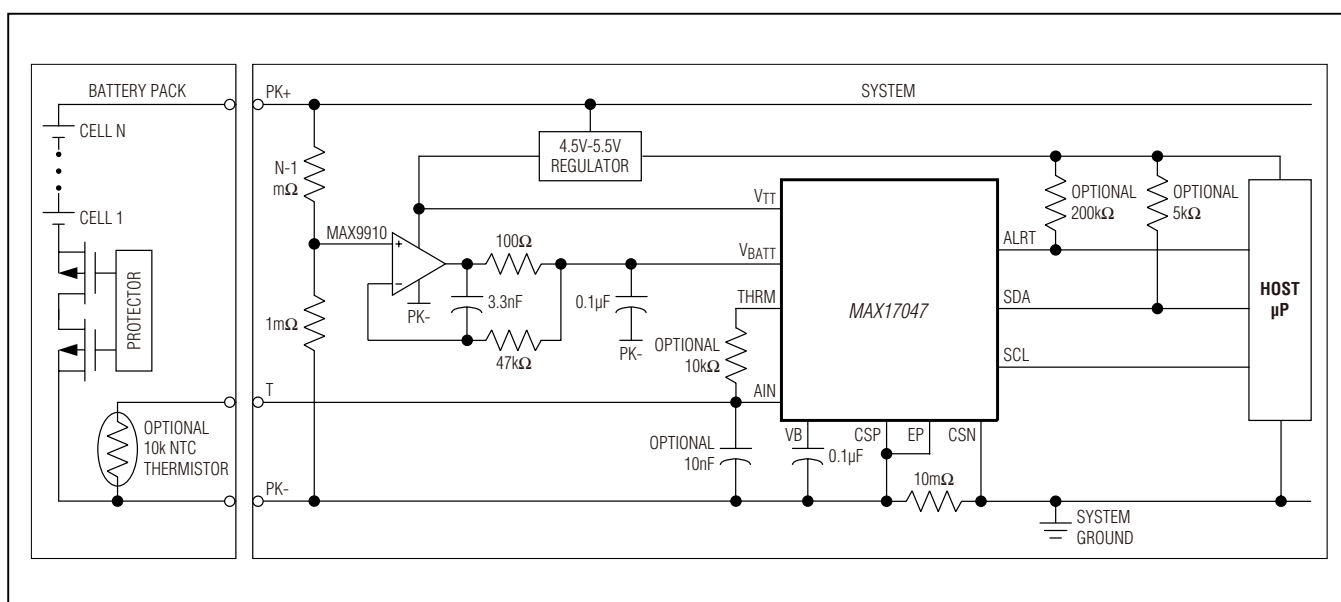


图6. 多节电池应用电路

ModelGauge m3电量计

- 3) CSN和CSP与 R_{SNS} 之间应采用开尔文连接。器件通过CSN和CSP引脚以差分方式测量电流。这些走线上任何共用的大电流通路将影响电流测量增益精度。对应用电池特征化期间，可补偿不能消除的PCB走线电阻。
- 4) V_{BATT} 电容走线环路面积应最小化。器件的电压测量和IC电源共用 V_{BATT} 引脚。限制 V_{BATT} 引脚上的噪声对电流测量精度非常重要。
- 5) REG 电容走线环路面积应最小化。这有助于滤除内部稳压电源的噪声。
- 6) 对其它IC连接没有限制。THRM、ALRT、SDA、SCL、 V_{TT} 和AIN上的连接，以及连接至这些引脚的外部元件，没有特别的布局要求。



MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

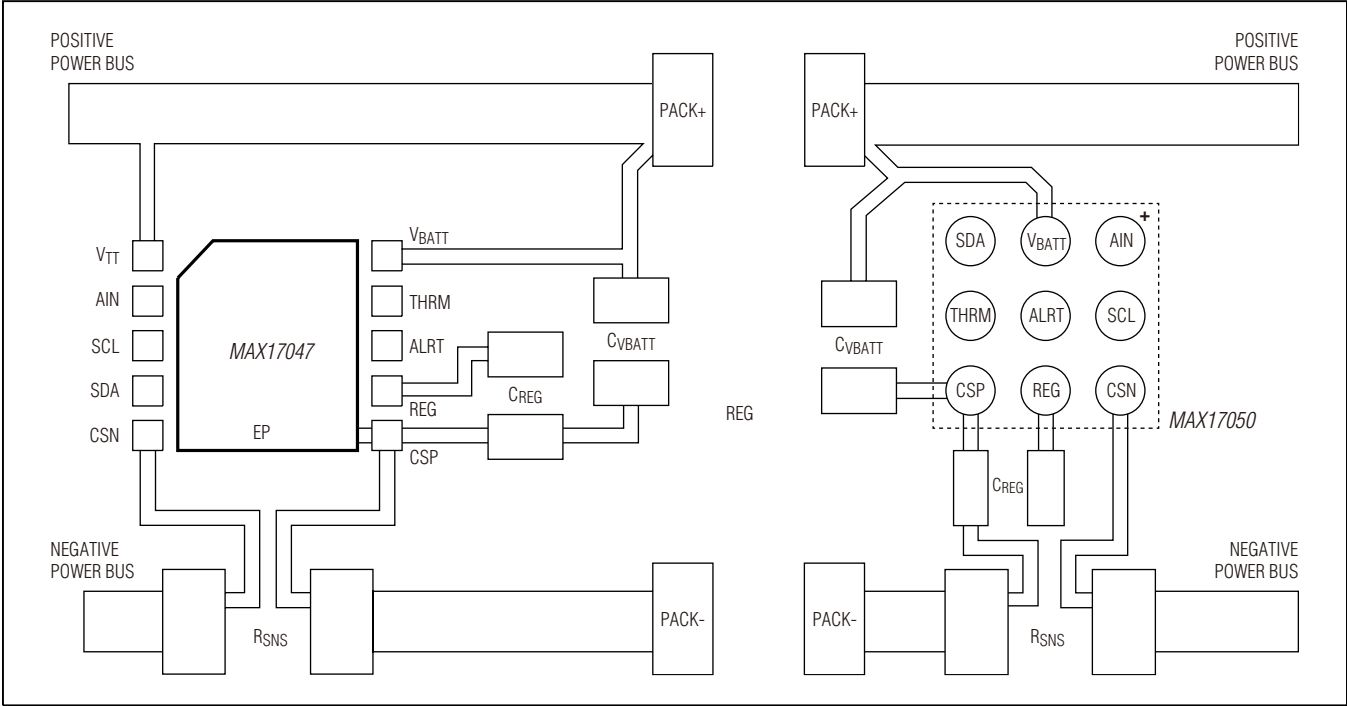


图8. 正确的电路板布局

ModelGauge m3寄存器

为了计算精确结果，ModelGauge m3需要关于电池、应用的信息，以及器件实时测得的信息。图9所示为按类型分组算法的输入和输出。模拟输入寄存器为器件实时测得的电压、温度和电流测量值；应用寄存器由用户设置，以反映系统的工作状况；电池特征信息寄存器保存特征数据，为系统工作范围内的电池状况建模；算法配置寄存器允许主处理器根据器件的具体应用调节性能；保存和恢复寄存器允许器件重复上电后维持算法的精度。下面详细介绍每个寄存器。

ModelGauge算法输出寄存器

以下寄存器保存ModelGauge m3算法的输出结果。

SOC_{MIX}寄存器(0Dh)

SOC_{MIX}寄存器保存进行任何空电量补偿调节之前计算的电池当前充电状态。寄存器值储存为百分比，每个LSb的分辨率为0.0039%。如果希望采用8位充电状态值，主处理器可丢弃该寄存器的低字节，仅使用高字节，分辨率为1.0%。图10所示为SOC_{MIX}寄存器格式。

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

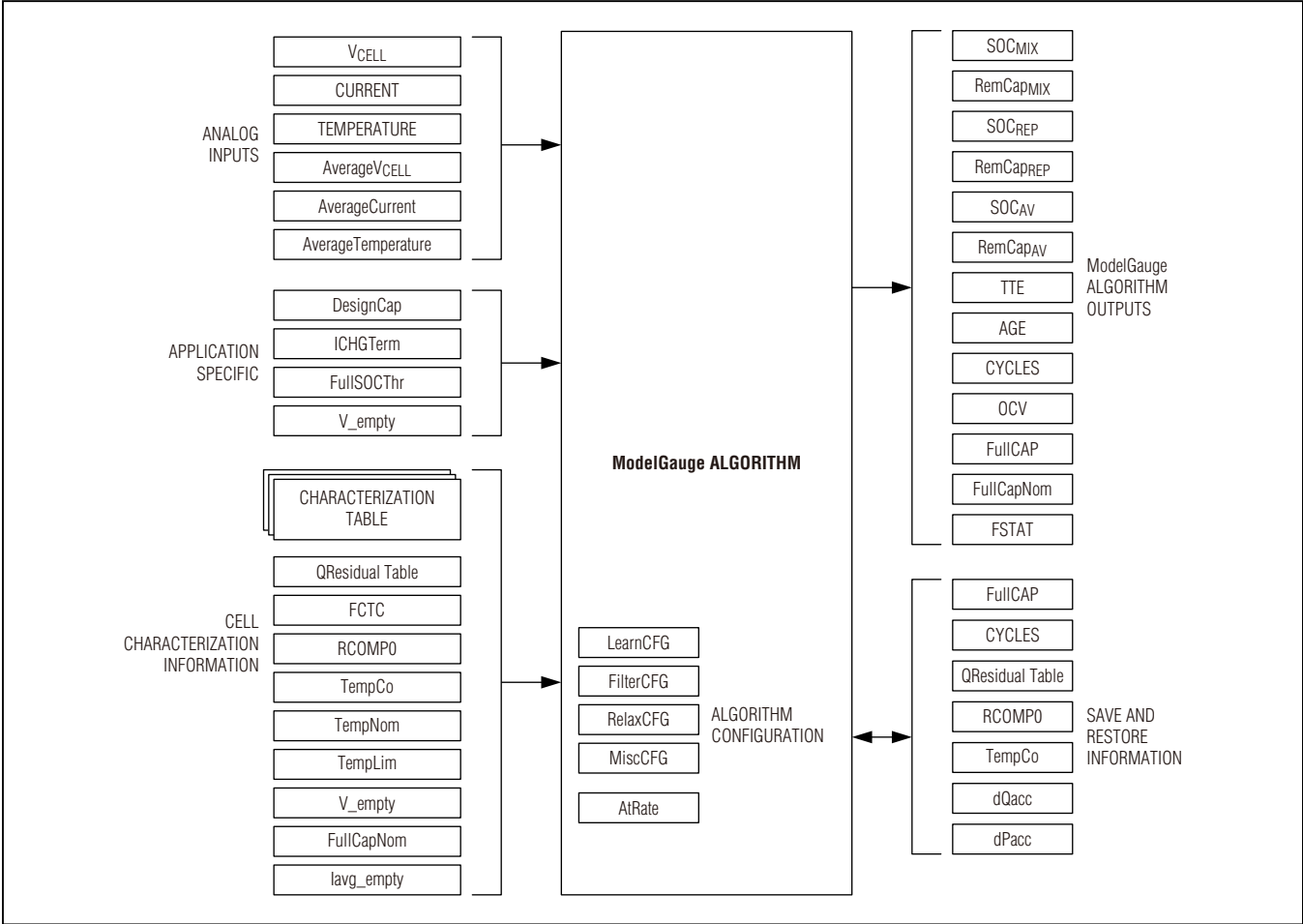


图9. ModelGauge m3寄存器映射

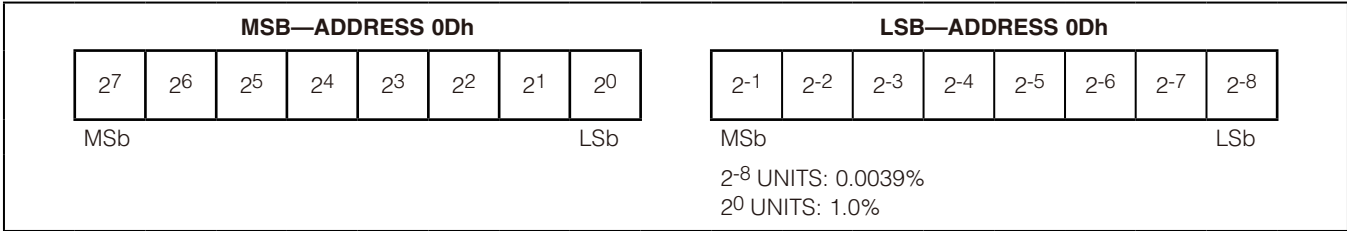


图10. SOC_{MIX}寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

RemCapMIX寄存器(0Fh)

RemCapMIX寄存器保存进行任何空电量补偿调节之前计算的电池剩余容量。该值以μVh储存，必须除以检测电阻值，以确定以mAh为单位的剩余容量。图11所示为RemCapMIX寄存器格式。

SOCREP寄存器(06h)

SOCREP为SOC_{AV}寄存器的滤波版本，防止应用变化(例如负载电流急剧变化)造成输出值发生大的跳变。寄存器值储存为百分比，每个LSb的分辨率为0.0039%。如果希望采用8

位SOC值，主处理器可丢弃该寄存器的低字节，仅使用高字节，分辨率为1.0%。图12所示为SOCREP寄存器格式。

RemCapREP寄存器(05h)

RemCapREP为RemCap_{AV}寄存器的滤波版本，防止应用变化(例如负载电流急剧变化)造成输出值发生大的跳变。该值以μVh储存，必须除以检测电阻值，以确定以mAh为单位的剩余容量。应用空闲期间，平均电流寄存器值小于±6 LSb时，RemCapREP不变化。在此期间测得的电流仍然累计至RemCapMIX，一旦发生电池加载或充电，会在RemCapREP中逐渐反映出来。图13所示为RemCapREP寄存器格式。

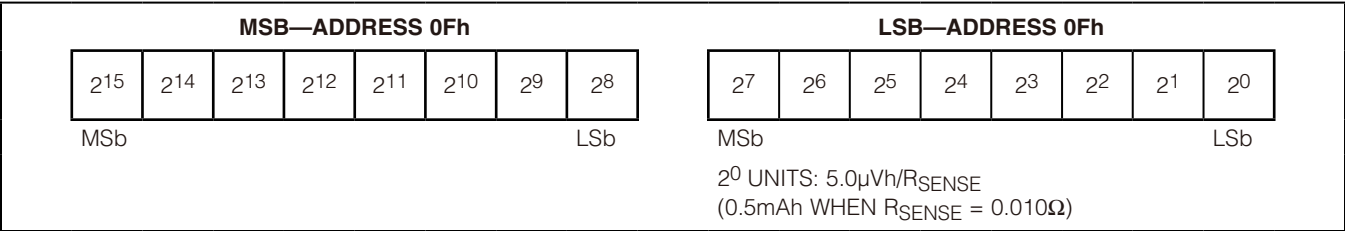


图11. RemCapMIX寄存器格式(输出)

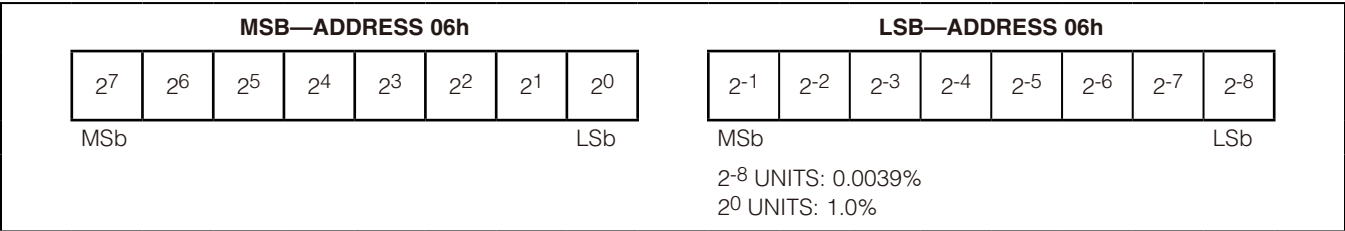


图12. SOCREP寄存器格式(输出)

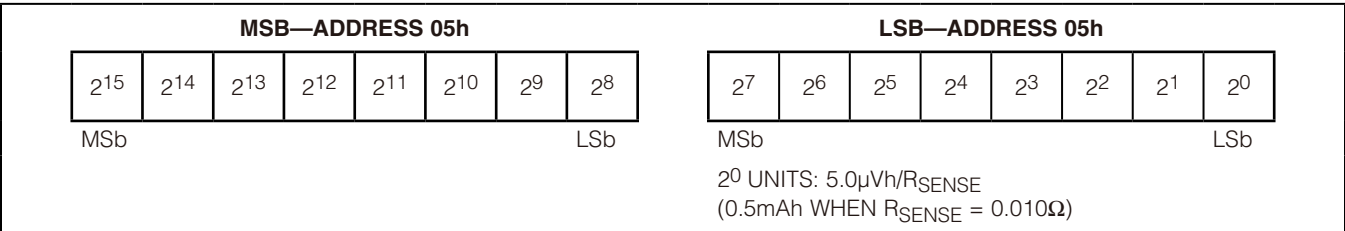


图13. RemCapREP寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

SOC_{AV}寄存器(0Eh)

SOC_{AV}寄存器保存根据ModelGauge m3算法的全部输入(包括空电量补偿)计算的电池当前充电状态。寄存器值储存为百分比，每个LSb的分辨率为0.0039%。如果希望采用8位充电状态值，主处理器可丢弃该寄存器的低字节，仅使用高字节，分辨率为1.0%。SOC_{AV}寄存器值为非滤波计算值。应用的变化(例如负载电流急剧变化)会导致该值跳变。图14所示为SOC_{AV}寄存器格式。

RemCap_{AV}寄存器(1Fh)

RemCap_{AV}寄存器保存根据ModelGauge m3算法的全部输入(包括空电量补偿)计算的电池剩余电量。该值以μVh储存，必须除以检测电阻值，以确定以mAh为单位的剩余容量。寄存器值为非滤波计算值。应用的变化(例如负载

电流急剧变化)会导致该值跳变。图15所示为RemCap_{AV}寄存器格式。

SOC_{VF}寄存器(FFh)

SOC_{VF}寄存器保存电压电量计计算的电池当前SOC。寄存器值储存为百分比，每个LSb的分辨率为0.0039%。如果希望采用8位SOC值，主处理器可丢弃该寄存器的低字节，仅使用高字节，分辨率为1.0%。图16所示为SOC_{VF}寄存器格式。

TTE寄存器(11h)

TTE寄存器保存当前应用状态下估算的剩余工作时间。TTE值由RemCap_{AV}寄存器除以平均电流寄存器确定。结果储存在TTE寄存器，分辨率为5.625s/LSb。

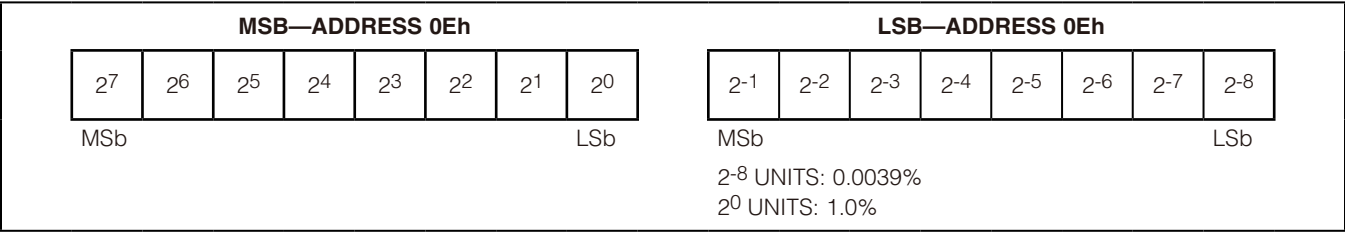


图14. SOC_{AV}寄存器格式(输出)

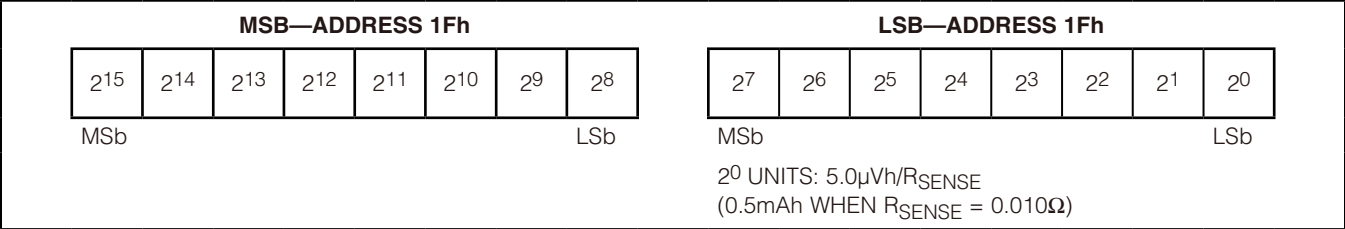


图15. RemCap_{AV}寄存器格式(输出)

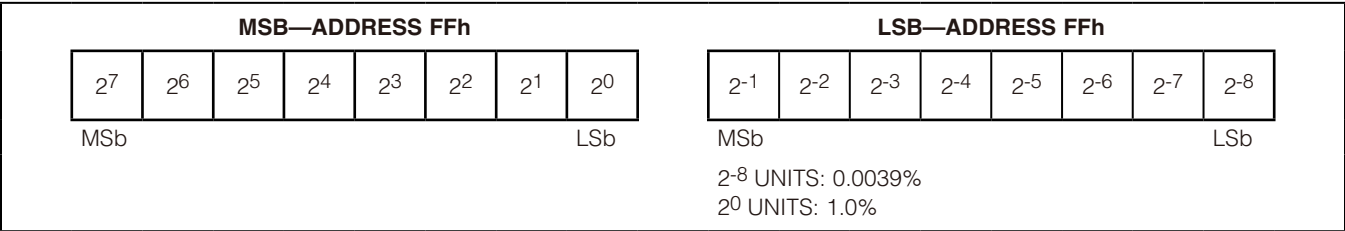


图16. SOC_{VF}寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

或者，TTE寄存器也可用于估算任何给定负载电流下的剩余工作时间。只要AtRate寄存器设置为负数，表示放电电流，TTE寄存器就基于AtRate寄存器值显示应用的估算剩余工作时间。[图17](#)所示为TTE寄存器格式。

老化寄存器(07h)

老化寄存器包含一个计算得出的百分比值，该值为应用的当前电池容量与其预期容量之比。主处理器可利用该结果评估电池相对于相同类型新电池的健康状况。结果显示为从0至256%的百分比值，LSb为0.0039%。[图18](#)所示为老化寄存器格式。寄存器输出公式为：

$$\text{老化寄存器} = 100\% \times (\text{FullCAP寄存器} / \text{DesignCap寄存器})$$

循环寄存器(17h)

循环寄存器累计充电和放电期间的总百分比变化。结果储存为进行完整充电/放电次数的总量。例如，经过一次完整的充电/放电后，使循环寄存器增大100%。循环寄存器范围为0至65535%，1个LSb为1%。该寄存器在上电时复位至0%。为了保存电池重复充放电的次数，主处理器必须定期保存该寄存器并在上电时重写器件。详细信息请参见[保存和恢复寄存器](#)部分，循环寄存器格式请参见[图19](#)。

VFOCV寄存器(FBh)

VFOCV寄存器包含电压电量计的原始开路电压输出。该值用于其它内部计算，可读取用于调试。该结果为12位值，从2.5V至5.119V，LSb为1.25mV。该寄存器的最低4位为无关位。VFOCV寄存器格式请参见[图20](#)。

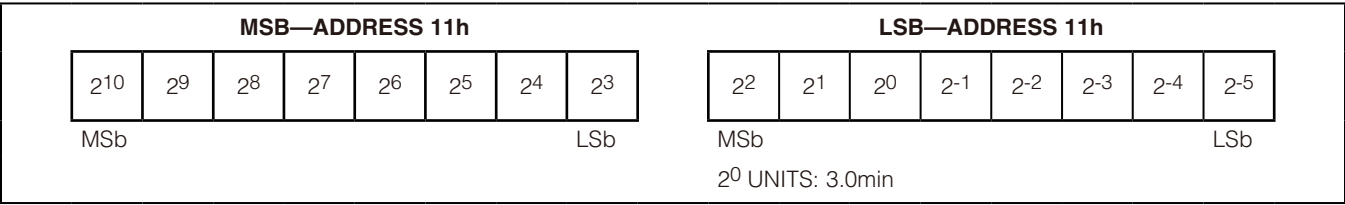


图17. TTE寄存器格式(输出)

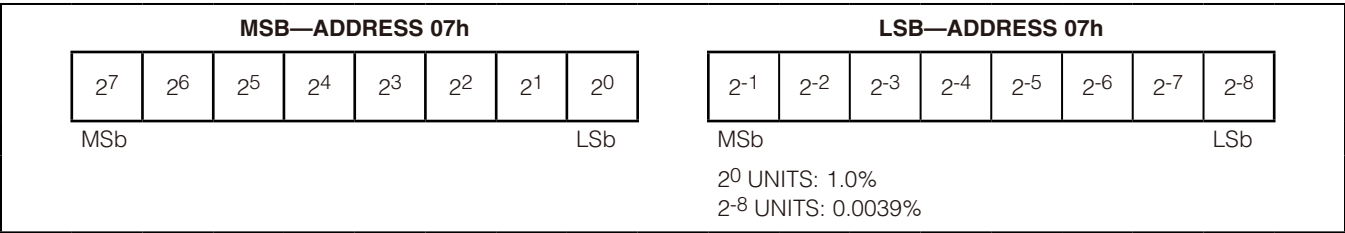


图18. 老化寄存器格式(输出)

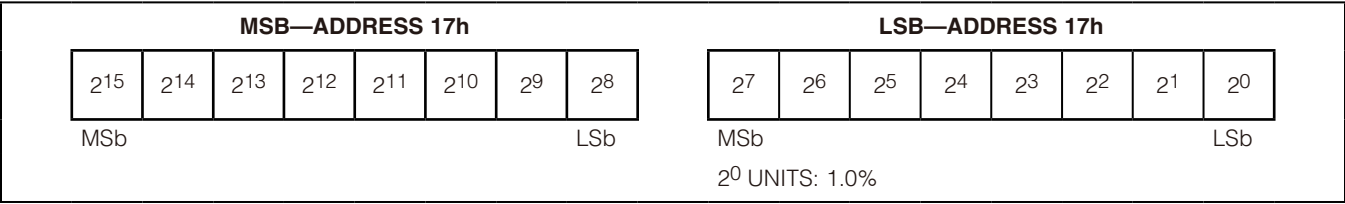


图19. 循环寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

FullCAP寄存器(10h)

该寄存器保存电池在最佳条件下(轻载，高温)由ModelGauge m3算法计算得到的满容量值。应用中每次充电结束后计算新的满容量值。该值以 μVh 储存，必须除以检测电阻值，以确定mAh为单位的容量。[图21](#)所示为FullCAP寄存器格式，参见[充电终止检测](#)部分。

FullCapNom寄存器(23h)

该寄存器保存计算的电池满容量，不包括温度和充电器容限。工作期间，IC定期计算新的满容量值。该值以 μVh 储存，必须除以检测电阻值，以确定以mAh为单位的容量。该寄存器用于计算ModelGauge m3算法的输出，用户可访问(仅供调试)，[图22](#)所示为FullCapNom寄存器格式。

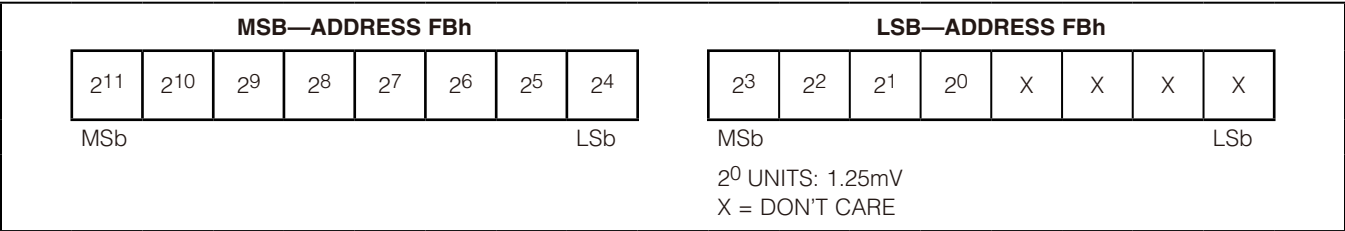


图20. VFOCV寄存器格式(输出)

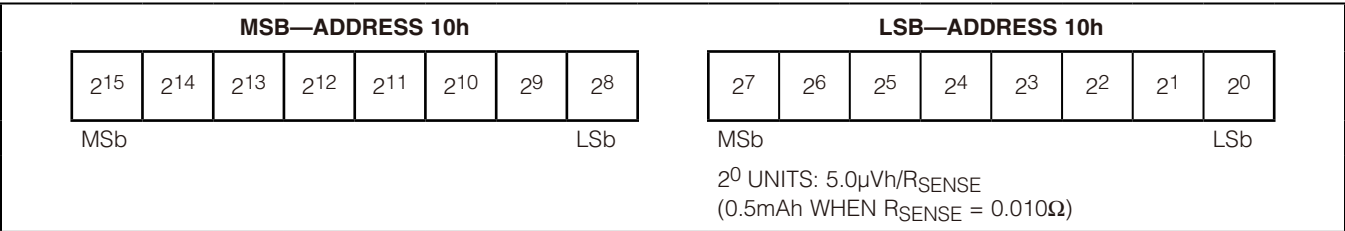


图21. FullCAP寄存器格式(输出)

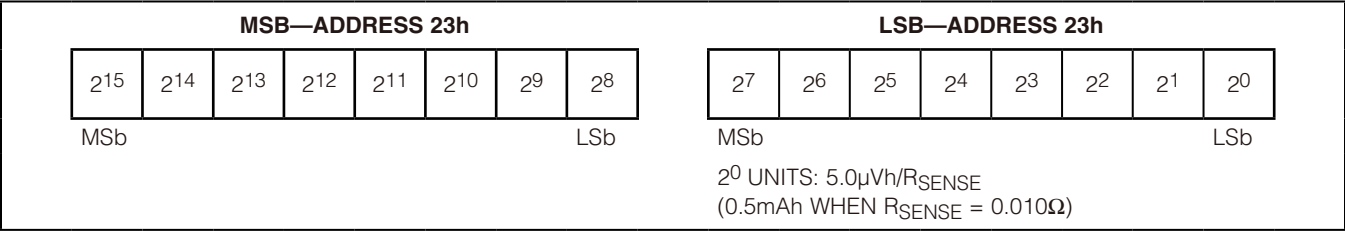


图22. FullCapNom寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

QH寄存器(4Dh)

QH寄存器保存器件产生的原始库伦计数。该寄存器在内部作为混合算法的输入。监测QH随时间的变化对调试器件工作非常有用。上电时，QH寄存器设置为0000h。QH寄存器格式如图23所示。

应用寄存器

以下寄存器定义应用状况。用户必须对其进行设置，才能保证ModelGauge m3算法精确。这些寄存器发生任何变化，都要求重新对电池进行特征化处理。

DesignCap寄存器(18h)

DesignCap寄存器保存电池的期望容量。通过将该值与FullCAP寄存器中保存的计算得到的当前容量相比较，确

定电池的老化和健康状况。DesignCap的LSb等于5.0μVh，满范围为0至327.68mVh。用户应将电池的mAh容量与检测电阻值相乘，确定储存在DesignCap寄存器中的μVh值。DesignCap寄存器格式如图24所示。

FullSOCThr寄存器(13h)

FullSOCThr寄存器控制充电终止的检测。SOC_{VF}必须大于FullSOCThr值，ICHGTerm才能够与平均电流寄存器值进行比较。为大多数应用推荐的FullSOCThr值为95%。详细信息请参见ICHGTerm寄存器说明。上电时，FullSOCThr寄存器为70%。图25所示为FullSOCThr寄存器格式。

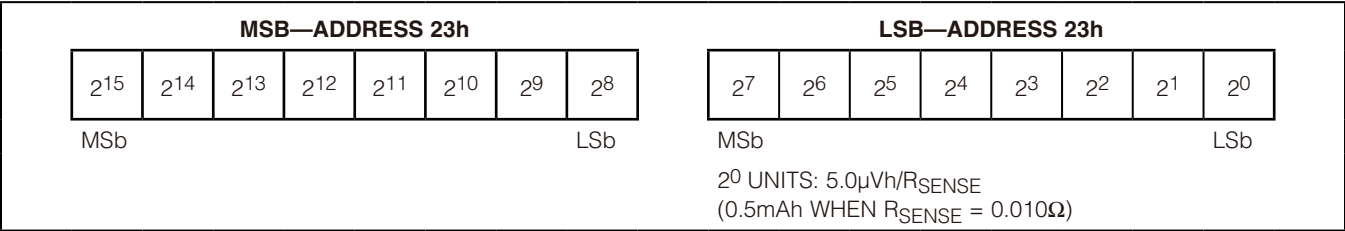


图23. QH寄存器格式(输出)

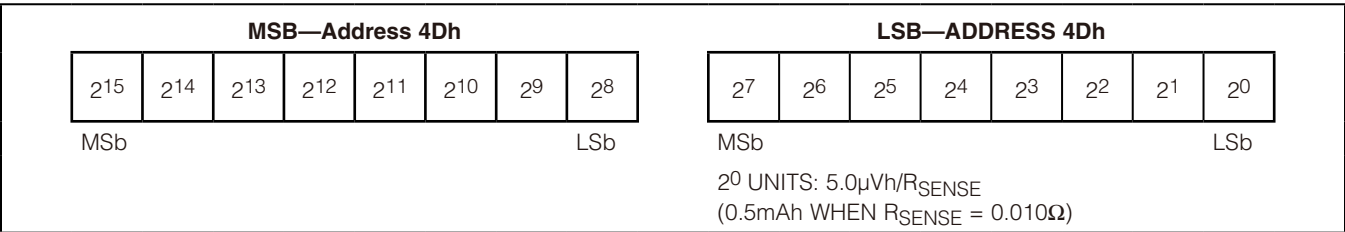


图24. DesignCap寄存器格式(输入)

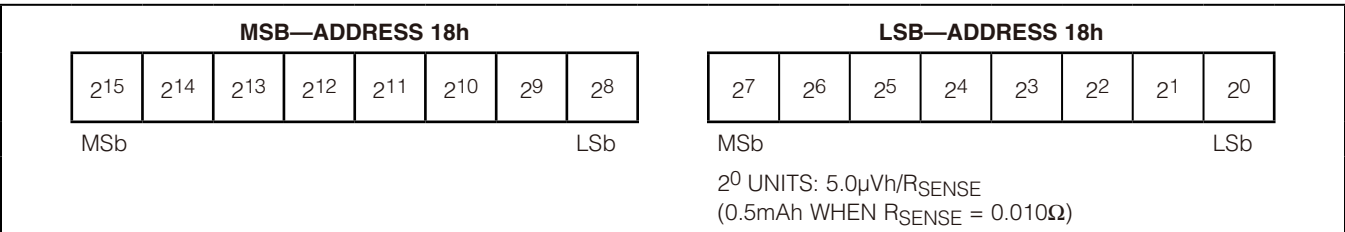


图25. FullSOCThr寄存器格式(输入)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

充电终止检测

应用电流下降至ICHGTerm寄存器值设置的区域时，器件检测充电循环终止。通过监测电流和平均电流寄存器，器

件可防止错误的充电终止事件，例如应用负载尖峰或过早断开充电源。请参见[典型工作特性](#)部分的充电终止检测图和[图26](#)。

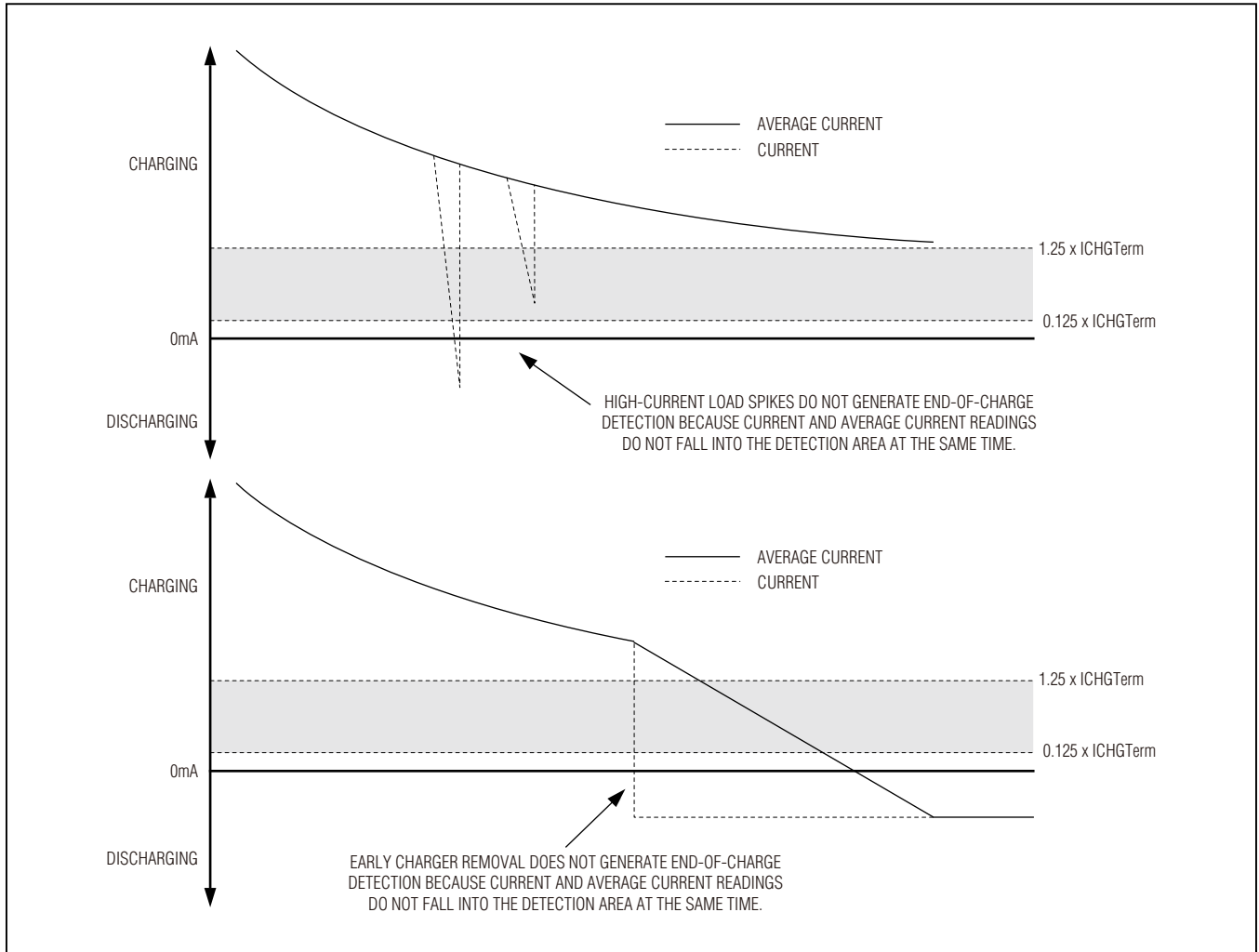


图26. 错误的充电终止事件

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

检测到正确的充电终止事件时，器件根据RemCapREP输出学习新FullICAP寄存器值。如果原FullICAP值太高，在最后的有效充电终止检测之后将其调低；如果原FullICAP值太低，将其调高，以匹配RemCapREP。由此，防止计算的充电状态不断报告一个高于100%的值。请参见图27。

ICHGTerm寄存器(1Eh)

ICHGTerm寄存器允许器件检测何时完成电池充电循环。主处理器应将ICHGTerm寄存器值设置为等于应用中实际使用的充电终止电流。如果满足以下全部条件，器件检测充电终止：

- $SOC_{VF} > FullSOC_{Thr}$
- 且 $ICHGTerm \times 0.125 < \text{电流} < ICHGTerm \times 1.25$
- 且 $ICHGTerm \times 0.125 < \text{平均电流} < ICHGTerm \times 1.25$

以 μV 为单位保存数值。将终止电流与检测电阻相乘，确定相应的寄存器值。该寄存器的范围和分辨率与电流寄存器相同。图28所示为ICHGTerm寄存器格式。上电时，ICHGTerm默认为150mA (03C0h)。

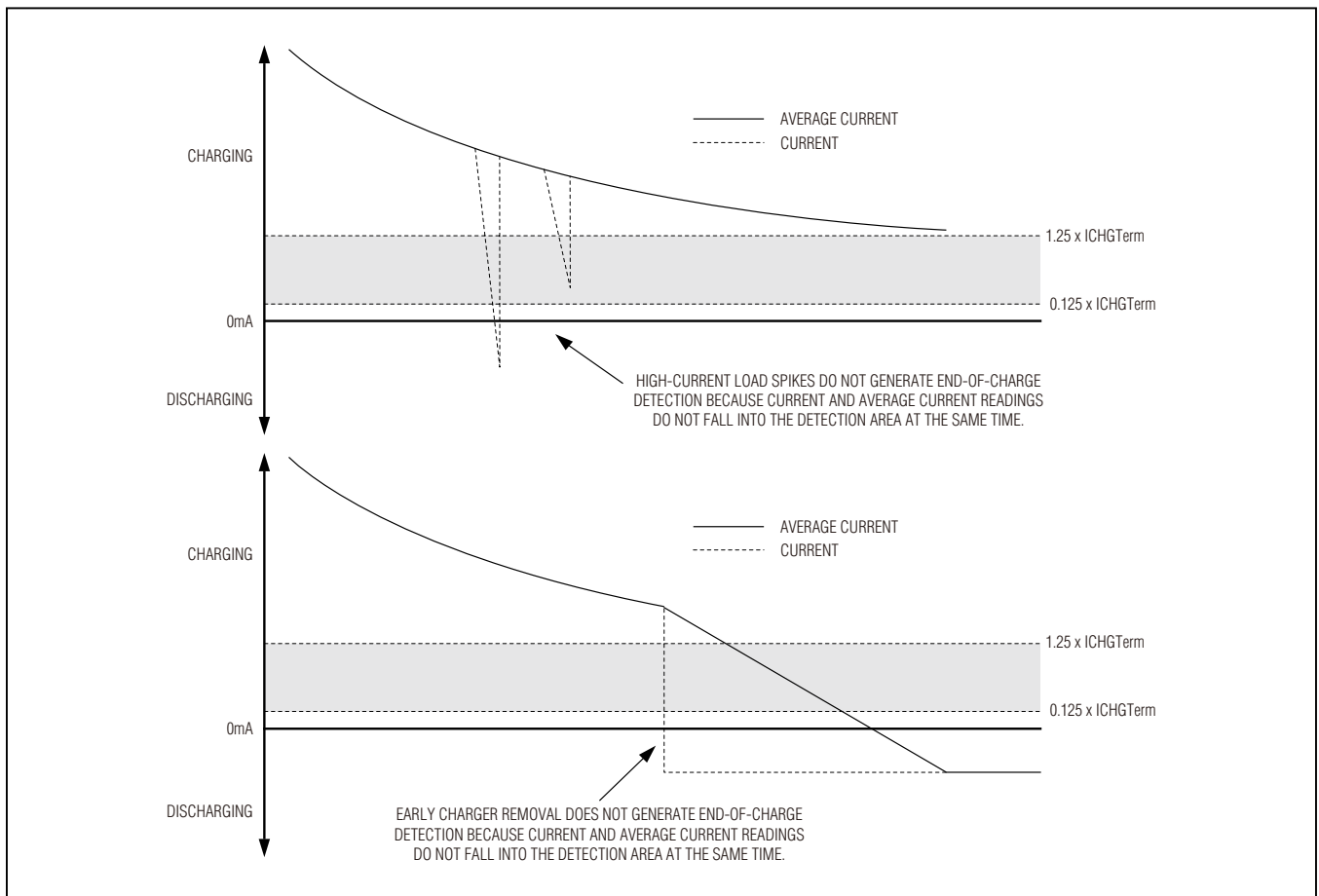


图27. 充电终止时FullICAP学习

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

V_empty寄存器(3Ah)

V_empty寄存器设置与工作期间空电量检测相关的门限。[图29](#)所示为V_empty寄存器格式。

VE⁸:VE⁰—空电量电压。设置检测空电量的电压值。分辨率为10mV，范围为0至5.11V。上电时，写该值为3.12V。

VR⁶:VR⁰—恢复电压。设置清除空电量检测的电压值。一旦电池电压上升至该点以上，重新使能空电量电压检测。分辨率为40mV，范围为0至5.08V。上电时，写该值为3.68V。

电池特征信息寄存器

为了实现精度要求，需要正确的电池特征。以下寄存器([表1](#))保存必须通过电池特征化处理生成的信息。Maxim提供电池特征化服务。详细情况请与厂方联系。

表1. 电池特征信息寄存器

REGISTER	ADDRESS
Characterization Table (48 words)	80h to AFh
FullCap	10h
DesignCap	18h
ICHGTerm	1Eh
FullCapNom	23h
RCOMP0	38h
lavg_empty	36h
TempCo	39h
QResidual 00	12h
QResidual 10	22h
QResidual 20	32h
QResidual 30	42h

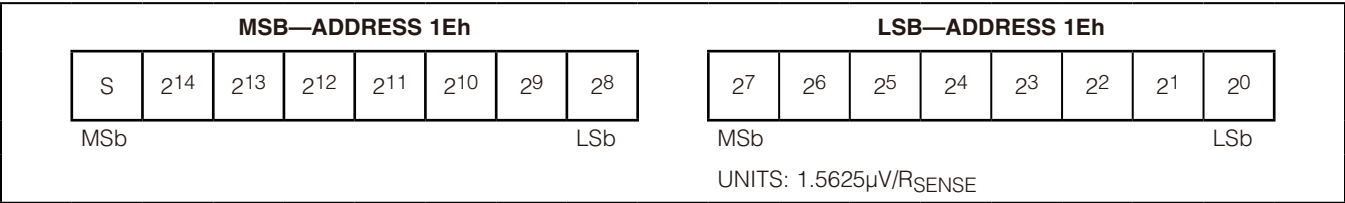


图28. ICHGTerm寄存器格式(输入)

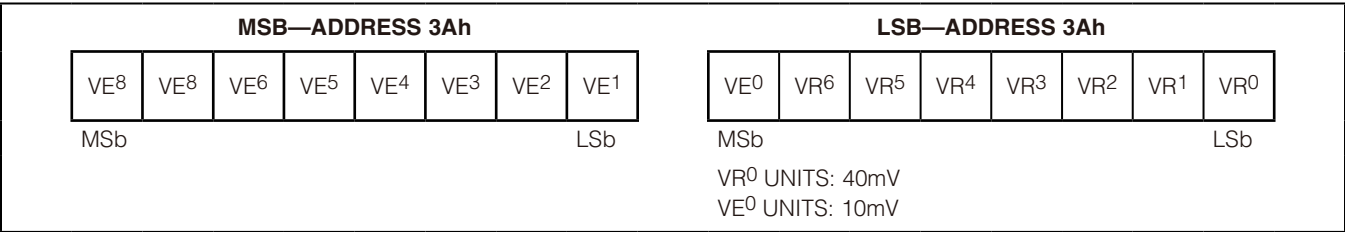


图29. V_empty寄存器格式(输入)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

算法配置寄存器

以下寄存器允许根据应用调节ModelGauge m3算法的工作。建议使用这些寄存器的默认值。

FilterCFG寄存器(29h)

FilterCFG寄存器设置所有A/D读数的平均时间，用于混合OCV结果和库伦计数结果。建议不要更改这些值，除非应用要求必须更改。图30所示为FilterCFG寄存器格式：

CURR3:CURR0—设置平均电流寄存器的时间常数。POR默认值为4h，时间常数为11.25s。设置周期的公式为：

平均电流时间常数 = 175.8ms x 2^(2+CURR)

VOLT2:VOLT0—设置AverageV_{CELL}寄存器的时间常数。POR默认值为2h，时间常数为45.0s。设置周期的公式为：

AverageV_{CELL}时间常数 = 175.8ms x 2^(6+VOLT)

MIX3:MIX0—设置混合算法的时间常数。POR默认值为Dh，时间常数为12.8小时。设置周期的公式为：

混合周期 = 175.8ms x 2^(5+MIX)

TEMP2:TEMP0—设置平均温度寄存器的时间常数。POR默认值为1h，时间常数为12分钟。设置周期的公式为：

平均温度时间常数 = 175.8ms x 2^(8 + TEMP)

X—保留。不更改。

RelaxCFG寄存器(2Ah)

RelaxCFG寄存器定义器件如何检测电池是否处于空载状态，请参考图32。对认为处于空载状态的电池，通过电池的电流必须保持最小，同时电池电压随时间的变化dV/dt呈现很小或没有变化。如果平均电流保持低于负载门限，V_{CELL}在两个连续周期dt内的变化小于dV门限，则认为电池空载。图31所示为RelaxCFG寄存器格式：

Load6:Load0—设置与平均电流寄存器进行比较的门限。平均电流寄存器必须保持低于该门限值，才认为电池空载。Load为无符号7位值，1个LSb = 50μV。默认值为800μV。

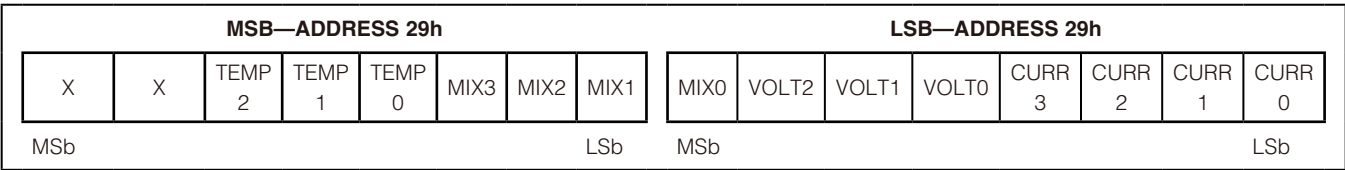


图30. FilterCFG寄存器格式(输入)

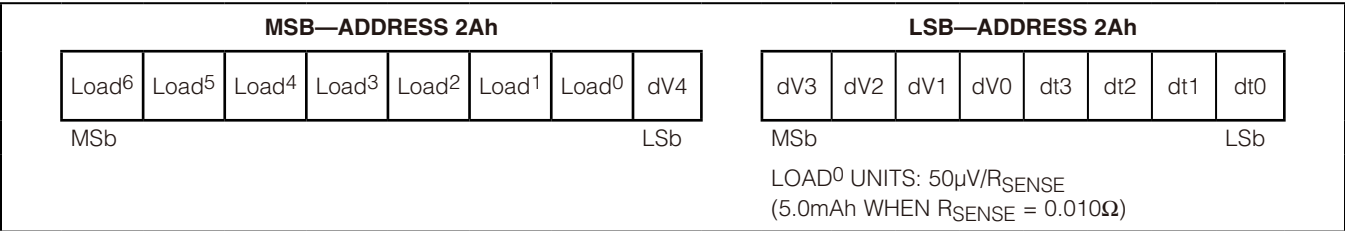


图31. RelaxCFG寄存器格式(输入)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

dV4:dV0—设置与V_{CELL}进行比较的门限。如果电池电压在dt设置的连续两个周期内的变化小于dV，则认为电池为空载；dV范围为0至40mV，1个LSb = 1.25mV。默认值为1.75mV。

dt3:dt0—设置时间周期，在此周期内的V_{CELL}变化与dV进行比较。如果电池电压在dt设置的连续两个周期内的变化小于dV，则认为电池为空载。默认值为6分钟。比较周期计算如下：

空载周期 = 2^{dt} x 0.1758s

LearnCFG寄存器(28h)

LearnCFG寄存器控制工作期间与自适应相关的全部功能。不应更改LearnCFG寄存器的默认值，除非应用有特殊要求。图33所示为LearnCFG寄存器格式：

0—必须写0，不能写1。

1—必须写1，不能写0。

Filt Empty—空电量检测滤波器。该位选择是否用滤波或非滤波电压读数进行空电量检测。将该位置1，空电量检测算法使用AverageV_{CELL}寄存器；将该位置0，强制空电量检测算法使用V_{CELL}寄存器。上电时，写该值为0。

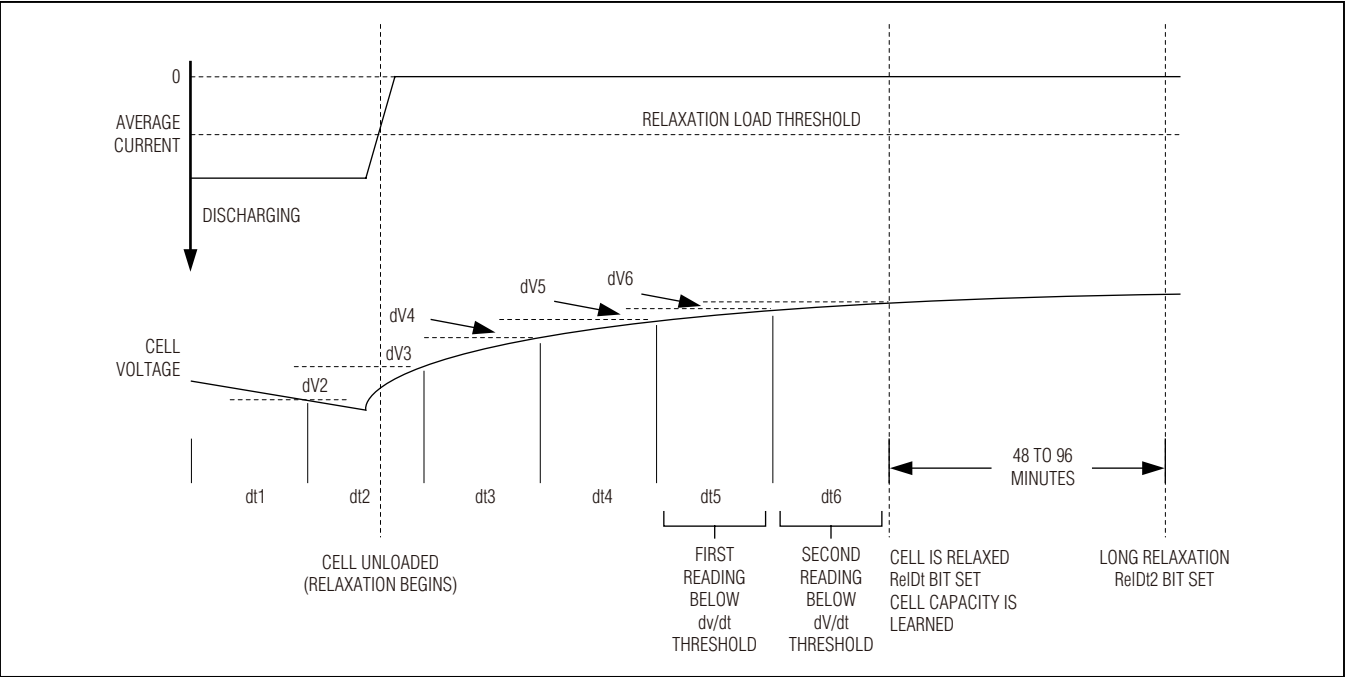


图32. 电池空载检测

MSB—ADDRESS								LSB—ADDRESS							
0	0	1	0	0	1	1	0	0	LS ²	LS ¹	LS ⁰	0	Filt Empty	1	0
MSb								LSb							

图33. LearnCFG寄存器格式(输入/输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

LS2:LS0—学习阶段。参见图3，学习阶段值控制VFG对混合算法的影响。上电时，学习阶段默认值为0h，使电压电量计主控。然后经过两个完整的电池循环过程后学习阶段进阶至7h，使库伦计主控。任何时间，主处理器软件可将学习阶段值写为7h，进入最终阶段。写1h至6h之间的任何值均被忽略。学习阶段反映循环寄存器的D5、D6和D7位。更新循环寄存器进入中间状态。例如，设置循环为160%，进入学习阶段5。

MiscCFG寄存器(2Bh)

MiscCFG控制寄存器使能器件的其它各种功能。不应更改MiscCFG寄存器的默认值，除非应用有特殊要求。图34所示为MiscCFG寄存器格式：

0—必须写0，不能写1。

1—必须写1，不能写0。

X—无关。可为0或1。

SACFG1:SACFG0—SOC报警配置。可通过监测以下任意SOC寄存器产生SOC报警。上电时，SACFG默认值为00：

0 0 基于SOC_{REP}寄存器产生SOC报警。

0 1 基于SOC_{AV}寄存器产生SOC报警。

1 0 基于SOC_{MIX}寄存器产生SOC报警。

1 1 基于SOC_{VF}寄存器产生SOC报警。

MR4:MR0—混合比例。达到最终混合状态后(> 2.08完整循环)，该值设置伺服混合比的大小。单位为MR0 = 6.25μV，采用标准0.010Ω检测电阻时，最大范围为19.375mA。将该值设置为00000b禁用伺服混合，IC继续无限期采用时间常数混合。默认值为18.75μV或采用标准检测电阻时为1.875mA。

enBi1—使能电池插入检测复位。将该位置1，根据AIN监测引脚检测到电池插入时，强制复位电量计。上电时，写该值为1。

FSTAT寄存器(3Dh)

FSTAT寄存器为只读寄存器，监测ModelGauge算法的状态。不得对该寄存器进行写操作。图35所示为FSTAT寄存器格式：

RelDt—空载电池检测。ModelGauge m3算法检测到电池处于完全空载状态时，将该位置1；只要检测到电流大于负载门限时，该位清0。请参见图32。

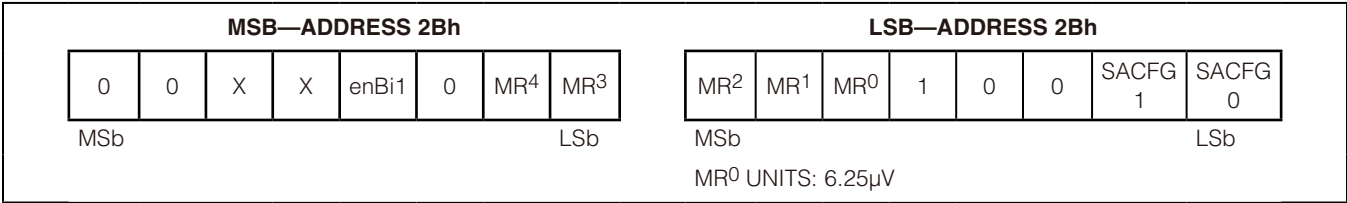


图34. MiscCFG寄存器格式(输入)

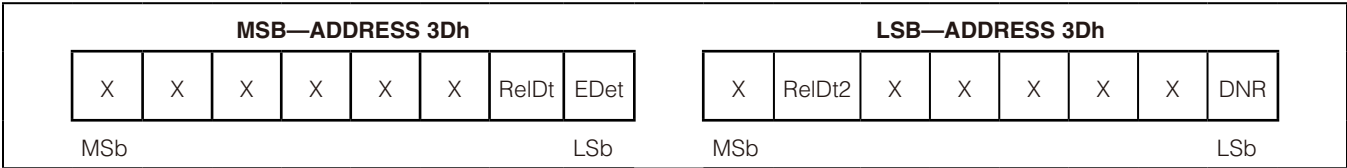


图35. FSTAT寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

RelDt2—长期空载。ModelGauge m3算法监测到电池已处于空载状态达到48至96分钟或更长时，将该位置1；当电池不再处于空载状态时，该位清0。请参见图32。

DNR—数据未就绪。电池插入时，该位置1，并保持置位，直到输出寄存器更新。此后，IC清除该位，表示当前电量计算已更新至最新状态。这需要445ms至1.845s，取决于IC在电池插入事件之前是否为上电状态。

EDet—空电量检测。IC检测到已经达到电池空电量点时，将该位置1；电池电压上升至恢复门限以上时，该位复位为0。详细信息请参见V_empty寄存器。

X—无关。该位无定义，可为逻辑0或1。

AtRate寄存器(04h)

AtRate寄存器允许主处理器软件估算剩余容量、SOC以及理论负载电流下的剩余工作时间。只要AtRate寄存器设置为0或正值时，器件利用A/D测量值确定SOC_{AV}、RemCap_{AV}和TTE寄存器值。只要AtRate寄存器设置为负值时，表示假设放电电流、SOC_{AV}、RemCap_{AV}和TTE寄存器值根据AtRate寄存器理论电流值计算。AtRate寄存器保存16位二进制补

码值。不要向该寄存器写8000h。图36所示为AtRate寄存器格式。

上电和上电复位

器件的任何上电复位(POR)将全部存储器复位至其默认POR值。因此，会清除全部自定义电池特征和应用数据，影响ALRT中断和关断模式设置，并复位电量计所做的全部学习调节。为了维持电量计的精度并重置器件的工作设置，主处理器必须重新装载所有的应用存储器数据，并恢复全部已学习的电量计信息。注意，发生POR事件后，器件可能需要最长445ms的时间才能完全复位工作。请参见图37。保存的数据应在该周期结束后恢复。推荐采用以下步骤：

- 1) 读取状态寄存器。如果POR = 0，退出。
- 2) 等待600ms，使POR工作全部完成。
- 3) 恢复全部应用寄存器值。
- 4) 恢复电量计学习值信息(参见保存和恢复寄存器部分)。
- 5) 清除POR位。

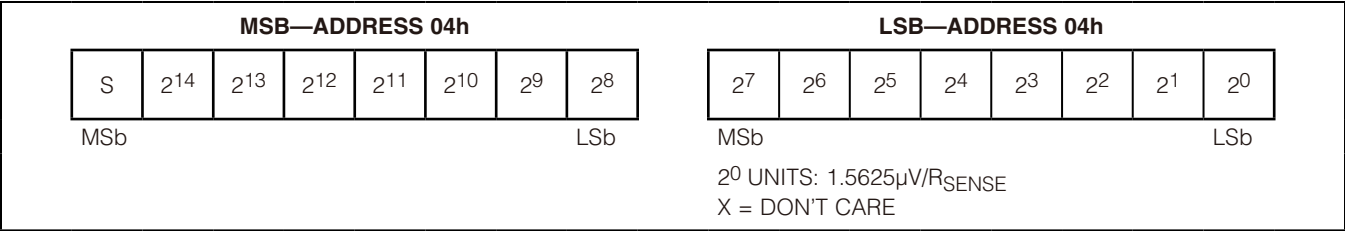


图36. AtRate寄存器格式(输入)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

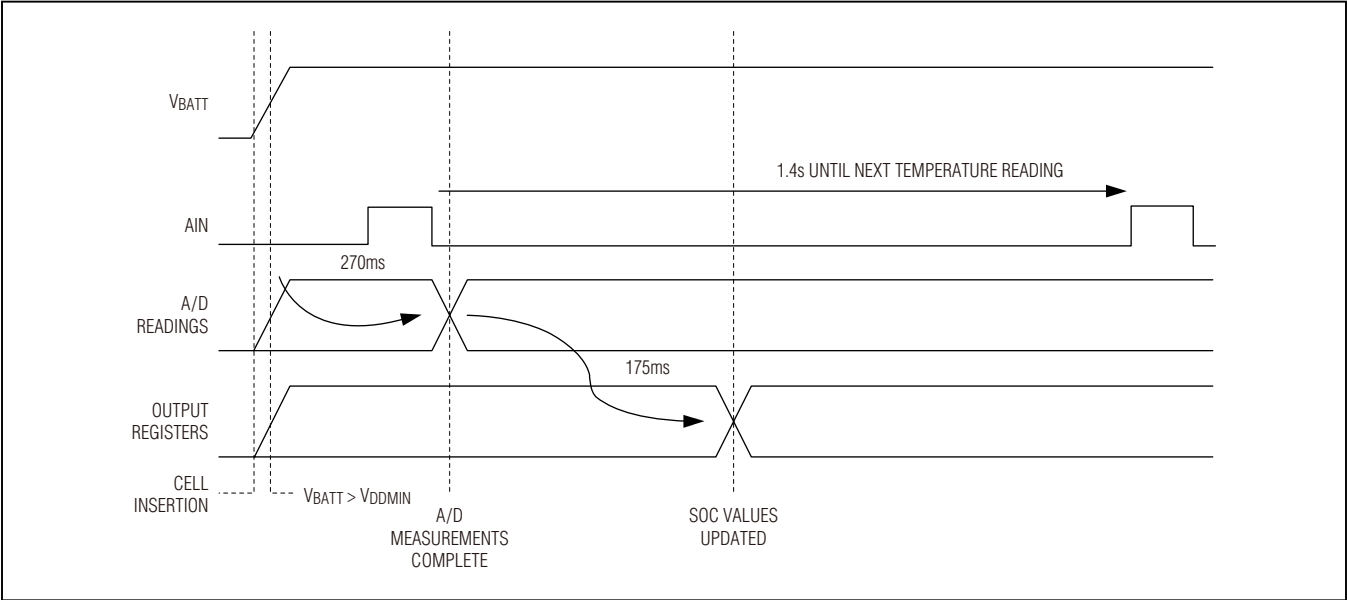


图37. 上电操作

保存和恢复寄存器

器件设计工作在电池组外部，因此在应用中会受到断电的影响。为防止电源通/断电期间丢失学习的信息，可采用保存和恢复程序将寄存器值保存在器件外部的非易失存储器中。必须在外部储存寄存器(表2)，并在上电后重写至器件，以维持学习的工作状态。

注意，有些寄存器为应用输出，有些寄存器用于内部计算，有些寄存器为特征设置寄存器。非内部寄存器均在其各自部分说明。应用程序应定期保存这些值。推荐的备份事件包括：

- 充电终止
- 放电终止
- 应用进入关断状态之前

主处理器负责在器件首次上电时装载默认特征数据，并在随后发生上电事件时恢复默认特征数据及学习信息。

表2. 保存和恢复寄存器

REGISTER	ADDRESS
FullCap	10h
Cycles	17h
RCOMP0	38h
TempCo	39h
QResidual 00	12h
QResidual 10	22h
QResidual 20	32h
QResidual 30	42h
dQacc	45h
dPacc	46h

电池拔出和插入事件

器件检测何时拔出电池或将电池插入系统。这允许器件调节至新电池，以维持精度。使能后，拔出检测特性还可使器件通过即将断电中断快速告知主处理器。

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

通过监测AIN引脚电压，并与THRM引脚比较，进行检测。只要电池存在，外部电阻分压器网络就设置AIN电压。拔出电池时，外部电阻将AIN拉至THRM引脚电压。只要 $V_{AIN} < V_{THRM} - V_{DETF}$ ，器件认为应用中存在电池。如果 $V_{AIN} > V_{THRM} - V_{DETR}$ ，器件认为此时无电池。

电池插入(IC已上电)

如果CONFIG寄存器中的ETHRM或FTHRM位置位，使能THRM引脚输出，器件即准备好检测电池插入。请参见图38。检测到电池插入时，电量计复位，更新所有电量计输出，以反映新插入电池的SOC。从插入时开始，该过程需要最

长1.845s (FTHRM = 0)或620ms (FTHRM = 1)。注意，器件使用电池电压作为电量计的起始点。如果电池电压在插入时并非为完全空载状态，电量计开始时存在一定初始误差。详细信息请参见[电量计学习](#)部分。主处理器可通过清除MiscCFG寄存器中的enBi1位禁用该功能。

器件也可配置为在发生电池插入时向主处理器报警。CONFIG寄存器中的Bei = 1时，器件在电池插入后首次温度转换开始时在ALRT引脚上产生中断。这需要最长1.4s。该特性在应用使用多种电池类型时非常有用，IC必须在每次电池插入时重新配置。

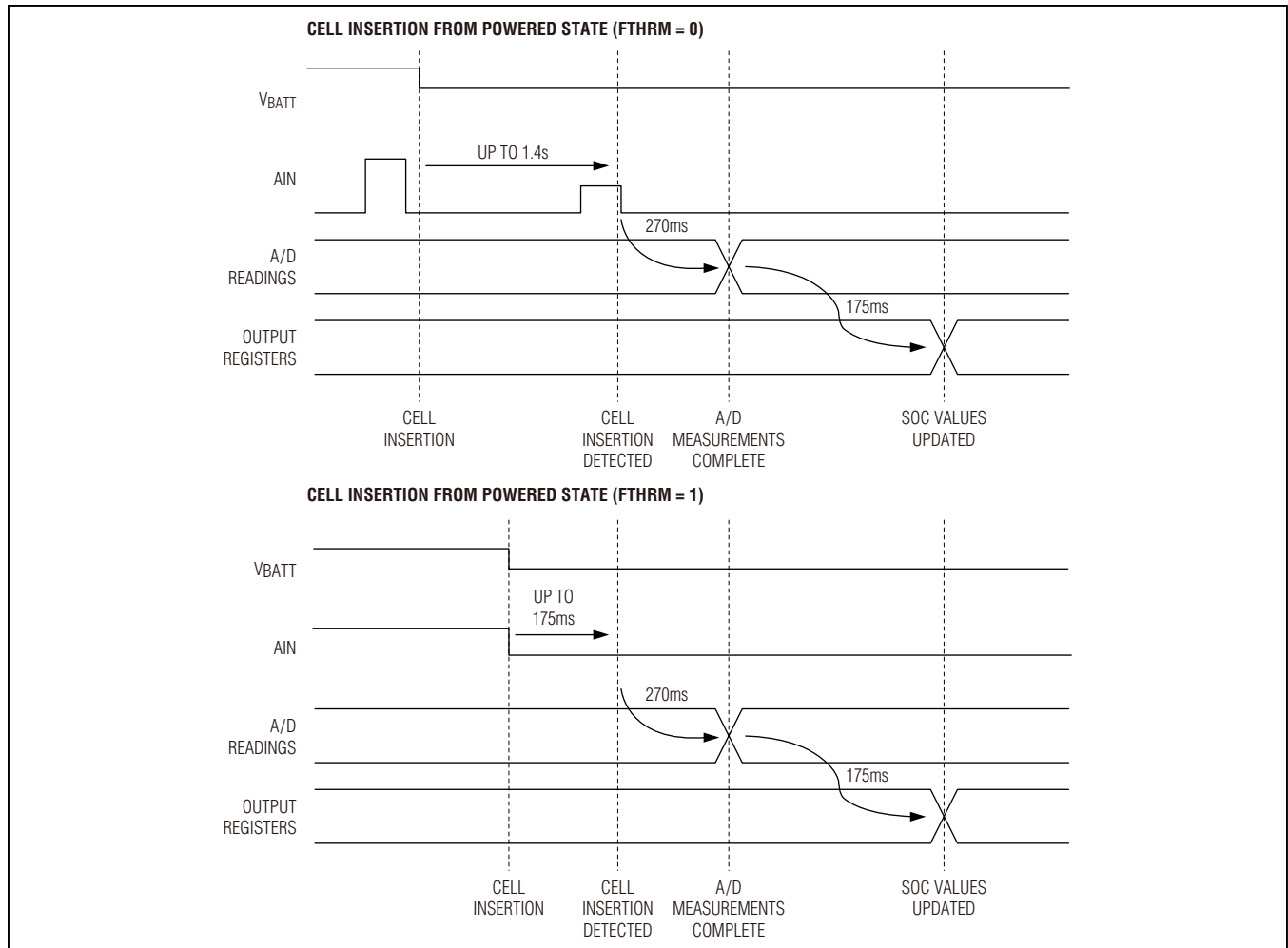


图38. 电池插入后的工作

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

电池拔出

如果CONFIG寄存器中的ETHRM或FTHRM位置位，使能THRM引脚输出，器件检测电池拔出。电池拔出不影响IC工作。器件继续更新电量计输出。主处理器应监测状态寄存器的Br和Bst位，确定电量计输出是否有效。

器件也可配置为在发生电池拔出时向主处理器报警。CONFIG寄存器中的Ber = 1时，器件在电池拔出后首次温度转换开始时在ALRT引脚上产生中断。这需要最长1.4s。该特性在应用使用多种电池类型时非常有用，IC必须在每次电池插入时重新配置。

电池拔出的快速检测

器件可配置为在电池拔出时快速向主处理器报警即将断电事件。这种快速响应允许系统快速、适度地休眠，防止电池插拔期间断电。CONFIG寄存器中的Ber = 1且FTHRM = 1时，在 V_{AIN} 升高至大于 $V_{THRM} - V_{DETR}$ 后的100 μ s内在ALRT引脚上产生中断。如果使用快速检测，建议禁用其它所有IC中断，防止主处理器消耗时间确定中断原因。电池拔出的快速检测对电量计工作没有影响，但使外部电阻分压器工作，增大应用的耗流。请参见图39。

工作模式

器件工作在两种电源模式之一：有效和关断。有效模式下，器件作为高精度电池监测器，连续测量温度、电压、辅助输入、电流和累计电流，在测量寄存器中更新结果。只有在有效模式下才允许READ和WRITE操作。

关断模式下，禁用LDO，全部活动停止，但易失RAM内容保留。维持全部A/D寄存器和电量计输出值。可通过多种选择进入关断模式：

进入关断模式：

- **SHUTDOWN命令**—通过I²C接口写CONFIG寄存器SHDN = 1；等待时间长于SHDNTIMER寄存器值。
- **电池组拔出一**电池组拔出检测有效，时间长于SHDNTIMER寄存器值，CONFIG寄存器AINSH = 1。
- **I²C关断**—I²C线均保持为低，时间长于SHDNTIMER寄存器值，CONFIG寄存器I2CSH = 1。
- **ALRT关断**—ALRT线由外部驱动为低电平的时间长于SHDNTIMER寄存器值(ALSH = 1且ALRTp = 0)时，或ALRT线由外部驱动为高电平的时间长于SHDNTIMER寄存器值(ALSH = 1且ALRTp = 1)时，发生关断。请参见CONFIG寄存器(1Dh)部分。

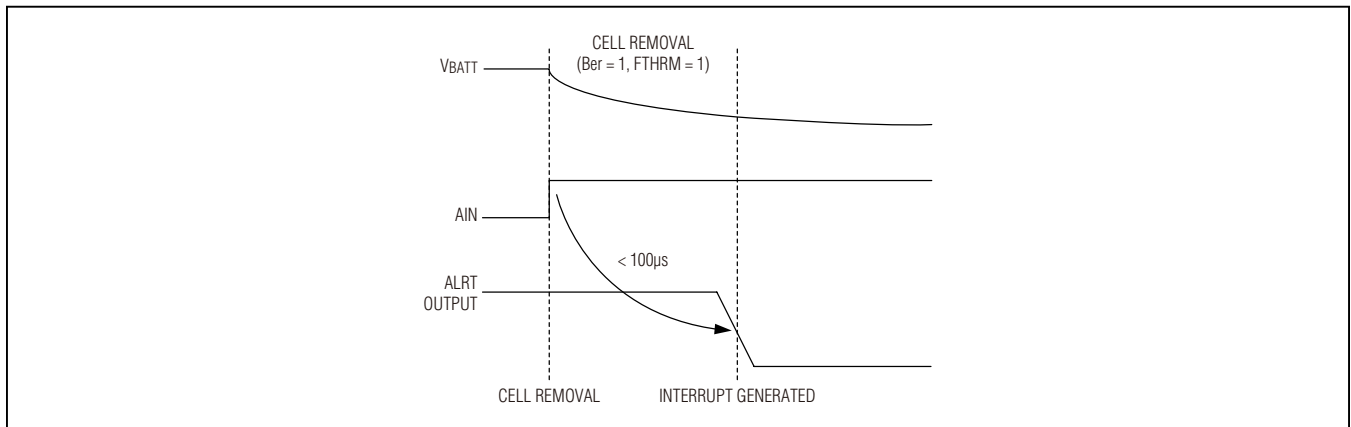


图39. 电池拔出的快速检测

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

这些关断进入模式均可根据应用进行设置。关断事件由SHDNTIMER寄存器控制，允许关断事件和实际关断之间存在长延迟。按照这种方式，器件获得最佳空载电压读数。退出关断：

- I2C唤醒—SCL/SDA上的任意沿。
- ALRT唤醒—ALRT线上的任意沿及(ALSH = 1或I2CSH = ALSH = 0)。
- 复位—IC重新上电。

关于SHDNTIMER和CONFIG寄存器的详细说明，请参见[状态和配置](#)部分。

根据触发事件的不同，器件返回至有效模式时的状态不同。请参见图40。主处理器软件可监测POR和Bi状态位，确定所发生事件的类型。

ALRT功能

报警门限寄存器允许通过检测电压高低、温度高低以及SOC高低产生中断。在ALRT开漏输出驱动器引脚上产生中断。需要外部上拉，以产生逻辑高信号。注意，如果无效时将引脚配置为逻辑低，外部上拉增大耗流。

CONFIG寄存器中的ALRTp位设置ALRT引脚输出的极性。报警可由以下任何条件触发：

- 电池拔出—($V_{AIN} > V_{THRM} - V_{DETR}$)，并使能电池拔出检测(Ber = 1)。
- 电池插入—($V_{AIN} < V_{THRM} - V_{DETF}$)，并使能电池插入检测(Bei = 1)。
- 过压/欠压—偏离(高于或低于) V_{ALRT} 门限，并使能报警(Aen = 1)。
- 高温/低温—偏离(高于或低于) T_{ALRT} 门限，并使能报警(Aen = 1)。
- 过/欠SOC—偏离(高于或低于) S_{ALRT} 门限，并使能报警(Aen = 1)。

为防止错误中断，应在设置Aen位之前初始化门限寄存器。电池插入或拔出产生的报警只能通过清除状态寄存器中的对应位进行复位。偏离门限产生的报警可配置为只能由软件清除或不再偏离门限时自动清除。关于报警功能配置的详细信息，请参见CONFIG (1Dh)寄存器说明。

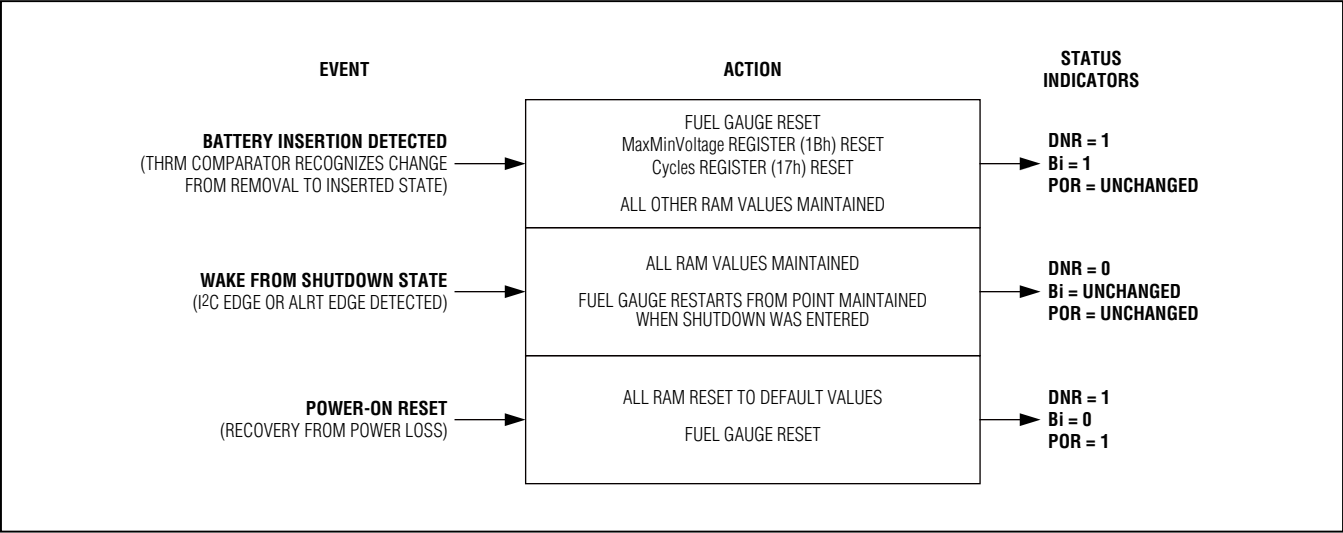


图40. 基于关断退出条件的器件状态

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

*V_{ALRT}*门限寄存器(01h)

V_{ALRT}门限寄存器(图41)设置上限和下限，如果V_{CELL}寄存器值超过门限，产生ALRT引脚中断。高8位设置最大值，低8位设置最小值。中断门限在V_{CELL}寄存器的整个工作范围内以20mV分辨率可选。上电时，门限默认为其最大设置—FF00h (禁用)。

*T_{ALRT}*门限寄存器(02h)

T_{ALRT}门限寄存器设置上限和下限，如果温度寄存器值超过门限，产生ALRT引脚中断。高8位设置最大值，低8位设置最小值。中断门限以二进制补码格式储存，在温度寄

存器的整个工作范围内以1℃分辨率可选。上电时，门限默认为其最大设置——7F80h (禁用)。图42所示为T_{ALRT}门限寄存器格式。

*S_{ALRT}*门限寄存器(03h)

S_{ALRT}门限寄存器(图43)设置上限和下限，如果所选的SOC_{REP}、SOC_{AV}、SOC_{MIX}或SOC_{VF}寄存器值超过门限，产生ALRT引脚中断。详细信息请参见MiscCFG寄存器说明中的SACFG位。高8位设置最大值，低8位设置最小值。中断门限在所选SOC寄存器的整个工作范围内以1%分辨率可选。上电时，门限默认为其最大设置—FF00h (禁用)。

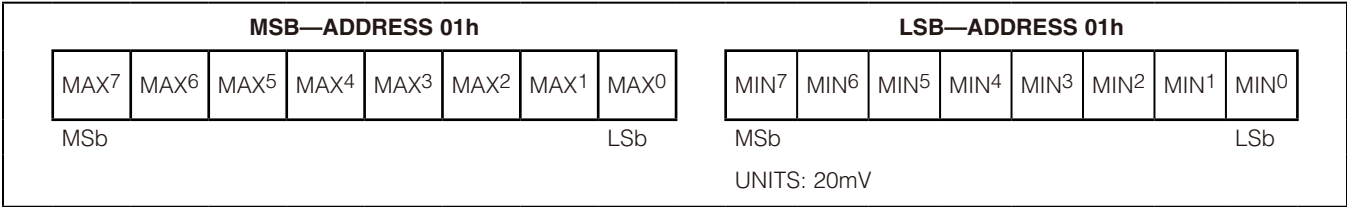


图41. V_{ALRT}门限寄存器格式(输入)

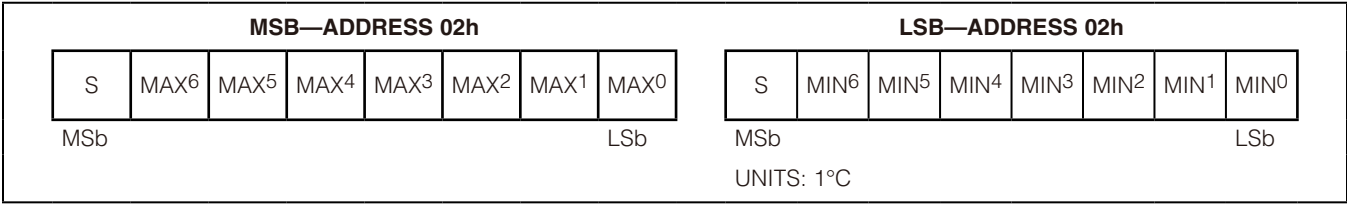


图42. T_{ALRT}门限寄存器格式(输入)

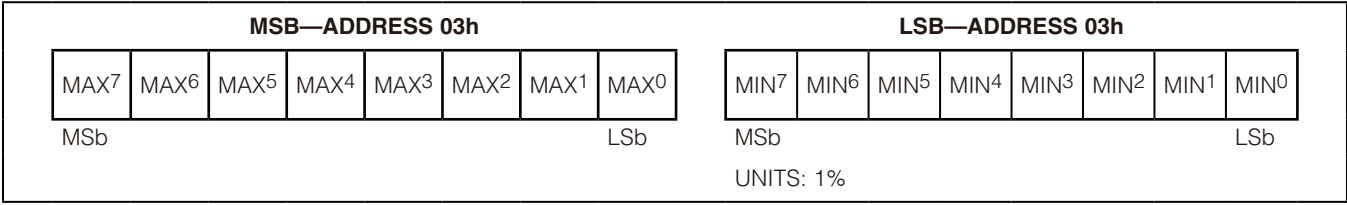


图43. S_{ALRT}门限寄存器格式(输入)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

状态和配置

以下寄存器控制ALRT中断特性的工作，控制应用中有效模式和关断模式的切换，以及为主处理器提供状态更新。

CONFIG寄存器(1Dh)

CONFIG寄存器保存全部关断使能、报警使能和温度使能控制位。对相应位进行写操作后，在175.8ms的任务周期内将使能相应功能。[图44](#)所示为CONFIG寄存器格式。

0—必须写0，不能写1。

Ber—使能电池拔出报警。Ber = 1时，电池拔出条件(由AIN引脚电压检测)触发报警。上电时置0。注意，如果该位置1，ALSH位应置0，防止报警条件造成器件进入关断模式。

Bei—使能电池插入报警。Bei = 1时，电池插入条件(由AIN引脚电压检测)触发报警。上电时置0。注意，如果该位置1，ALSH位应置0，防止报警条件造成器件进入关断模式。

Aen—使能电量计输出报警。Aen = 1时，温度、电压或SOC中任何值偏离报警门限寄存器值时均触发报警。该位仅影响ALRT引脚工作。不禁用Smx、Smn、Tmx、Tmn、Vmx和Vmn位。上电时，该位置0。注意，如果该位置1，ALSH位应置0，防止报警条件造成器件进入关断模式。

FTHRM—强制热敏电阻偏置开关。允许主处理器控制热敏电阻开关的偏置或使能电池拔出的快速检测(见[电池拔出](#)

[的快速检测](#)部分)。设置FTHRM = 1，总是使能热敏电阻偏置开关。如果使用标准10kΩ热敏电阻，电路耗流增加大约200μA。上电时，该位置0。

ETHRM—使能热敏电阻。设置为逻辑1使能自动THRM输出偏置以及每1.4s测量AIN。上电时，该位置1。

ALSH—ALRT关断。设置为逻辑1并清除Aen、Ber和Bei位，将ALRT引脚配置为输入，控制器件的关断模式。如果ALRT引脚保持有效的时间长于SHDNTIMER寄存器的定时，器件进入关断模式。在ALRT引脚上施加反向边沿时器件立即进入有效模式。设置为逻辑0时，ALRT引脚作为中断输出。上电时，该位置0。注意，如果该位置1，Bei、Ber和Aen位应置0，防止报警条件造成器件进入关断模式。

I2CSH—I²C关断。设置为逻辑1时，如果SDA和SCL保持为低电平的时间超过SHDNTIMER寄存器的定时，强制器件进入关断模式。这也将器件配置为在SDA或SCL的上升沿唤醒。上电时置1。注意，如果I2CSH和AINSH均置0，器件在SDA、SCL或ALRT引脚的任一信号沿唤醒。

SHDN—关断。将该位写为逻辑1，强制器件在SHDNTIMER寄存器超时后关断。上电及退出关断模式时，SHDN复位为0。

Tex—外部温度。置1时，电量计要求主处理器写入外部温度测量值；置0时，AIN引脚上的测量值转换为温度值，并储存在温度寄存器中。上电时，Tex置1。

Ten—使能温度通道。置1并将ETHRM或FTHRM置1，使能AIN引脚上的测量。上电时，Ten置1。

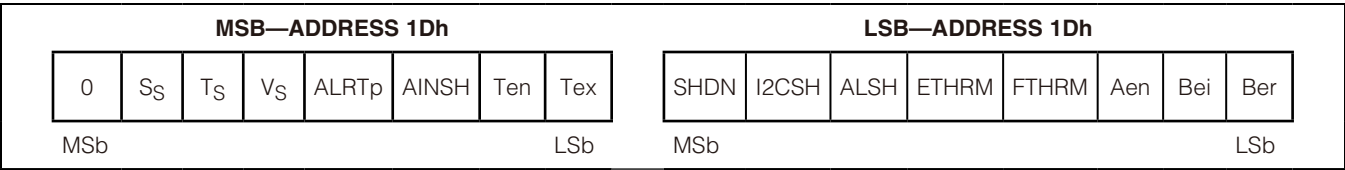


图44. CONFIG寄存器格式(输入)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

AINSH—AIN引脚关断。置1时，使能器件在电池拔出时关断。如果AIN引脚保持为高电平(AIN读数 > $V_{THRM} - V_{DETR}$)的时间长于SHDNTIMER寄存器的定时，IC进入关断模式。这也配置为在AIN由于电池插入而拉低时将器件唤醒。上电时，AINSH置0。注意，如果I2CSH和AINSH均置0，器件在SDA、SCL或ALRT引脚的任一信号沿唤醒。

ALRT_P—ALRT引脚极性。无论ALRT作为输入还是作为输出，如果ALRT_P = 0，ALRT引脚为低电平有效；如果ALRT_P = 1，ALRT引脚为高电平有效。上电时，ALRT_P置0。

V_S—电压ALRT关联位。V_S = 1时，只能通过软件清除电压报警。V_S = 0时，如果电压不再超过门限，自动清除电压报警。上电时，V_S置0。

T_S—温度ALRT关联位。T_S = 1时，只能通过软件清除温度报警。T_S = 0时，如果温度不再超过门限，自动清除温度报警。上电时，T_S置1。

S_S—SOC ALRT关联位。S_S = 1时，只能通过软件清除SOC报警。S_S = 0时，如果SOC不再超过门限，自动清除SOC报警。上电时，S_S置0。

TIMER寄存器(3Eh)

该寄存器保存电量计的定时信息，用户可用其进行调试。[图45](#)所示为TIMER寄存器格式。

SHDNTIMER寄存器(3Fh)

SHDNTIMER寄存器设置从检测到关断事件到器件禁用LDO并进入低功耗模式的超时周期。[图46](#)所示为SHDNTIMER寄存器格式。

CTR12:CTR0—关断计数器。该寄存器计算自关断触发事件以来经过的总时间。完成关断超时后，该计数器停止并复位为0。计数器的LSb为1.4s。

THR2:THR0—设置关断超时周期，从最小45s至最大1.6小时。POR默认值为7h，对应关断延迟为1.6小时。设置周期的公式为：

$$\text{关断超时周期} = 175.8\text{ms} \times 2^{(8+\text{THR})}$$

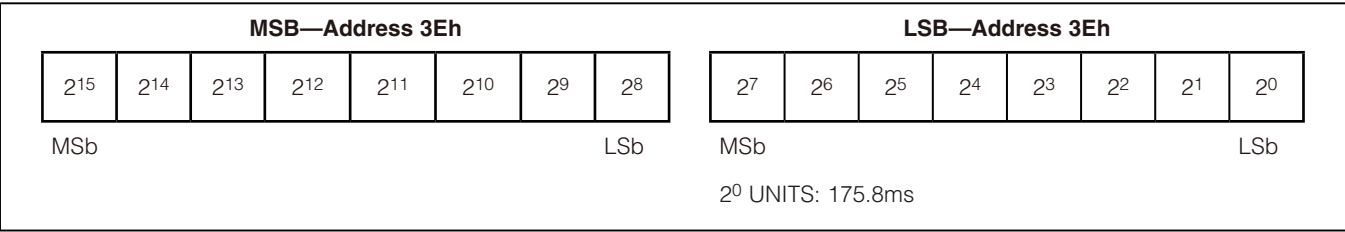


图45. 定时寄存器格式(输出)

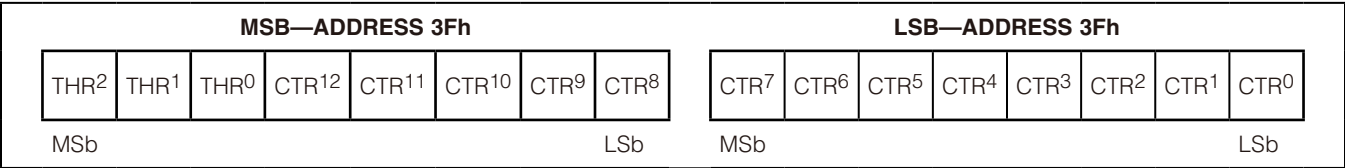


图46. SHDNTIMER寄存器格式(输入/输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

状态寄存器(00h)

状态寄存器提供与报警门限及电池插入或拔出相关的全部标志。图47所示为状态寄存器格式。

POR—上电复位。器件检测到已发生软件或硬件POR事件时，该位置1。如果主处理器检测到POR位已经置位，应重新配置器件，请参见上电和上电复位部分。该位必须由系统软件清除，以检测下次POR事件。上电时，POR置1。

Bst—电池状态。系统中有电池时，该位置0；拔出电池时置1。上电时，Bst置0。

Vmn—超过最小VALRT门限。VCELL寄存器读数低于最小VALRT值时，该位置1。系统软件清除或不清除该位，均可检测下一事件。请参见CONFIG寄存器中的VS。上电时，Vmn置0。

Tmn—超过最小TALRT门限。温度寄存器读数低于最小TALRT值时，该位置1。系统软件清除或不清除该位，均可检测下一事件。请参见CONFIG寄存器中的TS。上电时，Tmn置0。

Smn—超过最小SOCALRT门限。SOC下降至低于最小SOCALRT值时，该位置1。系统软件清除或不清除该位，均可检测下一事件。请参见CONFIG寄存器中的SS和MiscCFG寄存器中的SACFG。上电时，Smn置0。

Bi—电池插入。器件通过监测AIN引脚检测到电池插入至系统时，该位置1。该位必须由系统软件清除，以检测下次插入事件。上电时，Bi置0。

Vmx—超过最大VALRT门限。VCELL寄存器读数高于最大VALRT值时，该位置1。系统软件清除或不清除该位，均可检测下一事件。请参见CONFIG寄存器中的VS。上电时，Vmx置0。

Tmx—超过最大TALRT门限。温度寄存器读数高于最大TALRT值时，该位置1。系统软件清除或不清除该位，均可检测下一事件。请参见CONFIG寄存器中的TS。上电时，Tmx置0。

Smx—超过最大SOCALRT门限。SOC上升至高于最大SOCALRT值时，该位置1。系统软件清除或不清除该位，均可检测下一事件。请参见CONFIG寄存器中的SS和MiscCFG寄存器中的SACFG。上电时，Smx置0。

Br—电池拔出。系统检测到电池从系统拔出时，该位置1。该位必须由系统软件清除，以检测下次拔出事件。上电时，Br置0。

X—无关。该位无定义，可为逻辑0或1。

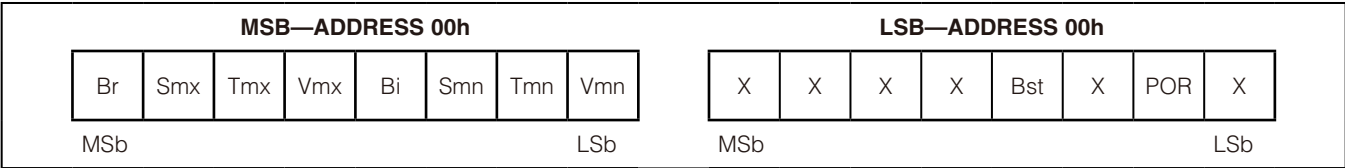


图47. 状态寄存器格式(输入/输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

版本寄存器(21h)

版本寄存器保存16位值，表示器件的版本。[图48](#)所示为版本寄存器格式。

电压测量

有效模式下，器件定期测量V_{BATT}和CSP引脚之间的电压，范围为2.5V至4.98V。产生的数据每175.8ms保存至V_{CELL}寄存器，一个LSb的值为0.625mV。此外，器件保存由器件测得的最小和最大电压记录，以及主处理器定义的时间周期内的平均电压。器件上电后首次转换循环时间周期的V_{CELL}和AverageV_{CELL}寄存器内容不确定。器件进入关断模式时，保存V_{CELL}和AverageV_{CELL}寄存器的最新值。

V_{CELL}寄存器(09h)

有效模式下，器件定期测量V_{BATT}和CSP引脚之间的电压，范围为0至4.98V。产生的数据每175.8ms保存至V_{CELL}寄存器，一个LSb的值为0.625mV。最大寄存器值以上的电

压报告为最大值。V_{CELL}寄存器的最低3位为无关位。[图49](#)所示为V_{CELL}寄存器格式。

AverageV_{CELL}寄存器(19h)

AverageV_{CELL}寄存器保存V_{CELL}寄存器读数在12秒至24分钟可配置时间周期内的平均值。关于设置时间滤波的详细信息，请参见FilterCFG寄存器说明。产生的平均值保存在AverageV_{CELL}寄存器，一个LSb的值为0.625mV。AverageV_{CELL}寄存器的最低3位为无关位。器件上电后的第一个V_{CELL}寄存器读数设置AverageV_{CELL}滤波器的起点。注意，检测到电池空载事件时，AverageV_{CELL}寄存器的平均周期更改为RelaxCFG寄存器中dt3:dt0定义的周期。检测到充电或放电电流时，AverageV_{CELL}寄存器恢复为其正常平均周期。[图50](#)所示为AverageV_{CELL}寄存器格式。

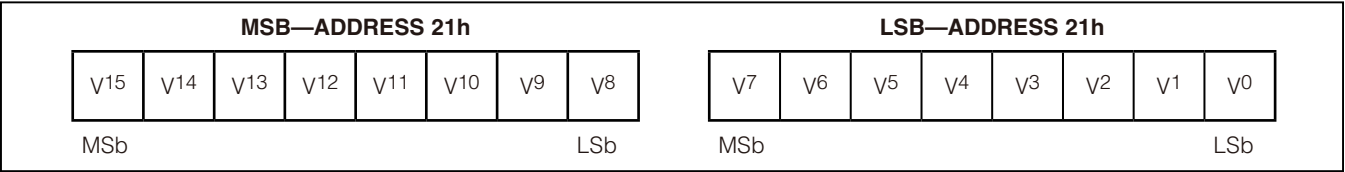


图48. 版本寄存器格式(输出)

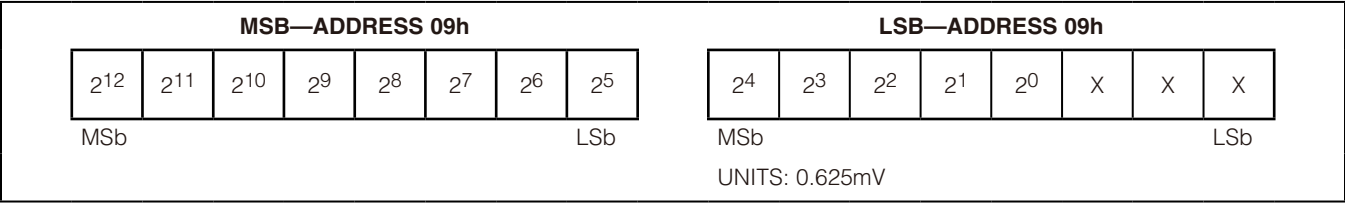


图49. V_{CELL}寄存器格式(输出)

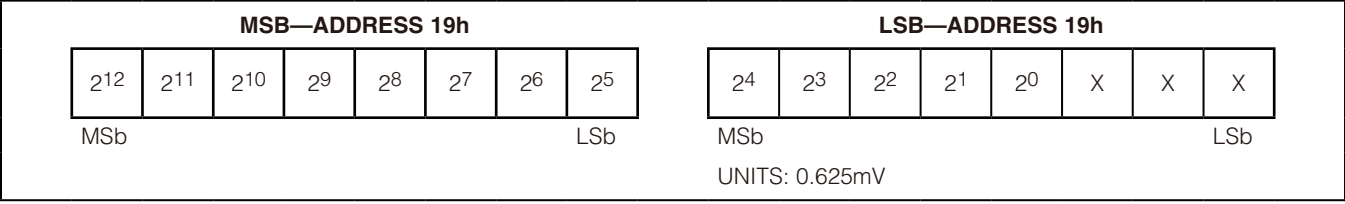


图50. AverageV_{CELL}寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

MaxMinVCELL寄存器(1Bh)

MaxMinVCELL寄存器保存自上次电量计复位或被主处理器软件复位之前的最大和最小VCELL寄存器值。每次VCELL寄存器更新时，将其与这些值进行比较。如果VCELL大于最大值或小于最小值，用新读数代替对应的值。上电时，MaxVCELL值设置为00h（最小值），MinVCELL值设置为FFh（最大值）。因此，首次更新后，两个值均更改为VCELL寄存器读数。主处理器软件可通过将寄存器写为其上电默认值00FFh，将其复位。最大和最小电压值分别储存为8位值，分辨率为20mV。图51所示为MaxMinVCELL寄存器格式。

电流测量

有效模式下，器件定期测量CSN和CSP引脚之间的电压，范围为±51.2mV。产生的数据每175.8ms以有符号二进制补码值的格式储存在电流寄存器中，一个LSb值为1.5625μV/

RSENSE。全部器件在出厂时针对电流测量精度经过校准。然而，如果应用需要，可通过更改COFF和CGAIN寄存器设置调节电流寄存器读数。

此外，器件保存由器件测得的最小和最大电流记录，以及主处理器定义的时间周期内的平均电流。IC上电后首次转换循环时间周期之前的电流和平均电流寄存器值为0000h。IC进入关断模式时，保存电流和平均电流寄存器的最新值。

电流寄存器(0Ah)

有效模式下，器件定期测量CSN和CSP引脚之间的电压，范围为±51.2mV。产生的数据每175.8ms以二进制补码值的格式储存在电流寄存器中，一个LSb值为1.5625μV/RSENSE。超出最小和最大寄存器值的电压报告为最小值或最大值。图52所示为电流寄存器格式，表3所示为采样电流寄存器转换。

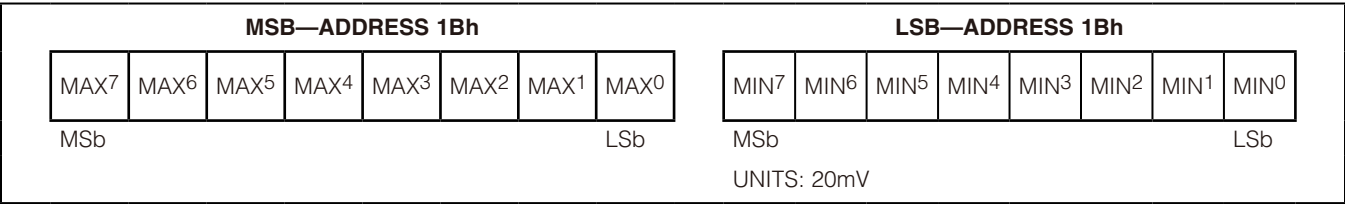


图51. MaxMinVCELL寄存器格式(输出)

表3. 采样电流寄存器转换

FUNCTION	SENSE RESISTOR (Ω)	CGAIN REGISTER	CURRENT REGISTER RESOLUTION (μA)	CURRENT REGISTER RANGE (A)	MAXIMUM CELL CAPACITY (Ah)
Adjusting sense resistor to meet range and accuracy requirements	0.005	4000h	312.50	±10.24	32.768
	0.010	4000h	156.25	±5.12	16.384
	0.020	4000h	78.125	±2.56	8.192
Adjusting CGAIN to keep units constant	0.005	7FFFh	156.25	±5.12	16.384
	0.010	4000h	156.25	±5.12	16.384
	0.020	2000h	156.25	±5.12	16.384

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

平均电流寄存器(0Bh)

平均电流寄存器报告电流寄存器读数在0.7秒至6.4小时可配置时间周期内的平均值。关于设置时间滤波的详细信息，请参见FilterCFG寄存器说明。产生的平均值保存在平均电流寄存器，一个LSb值为1.5625μV/R_{SENSE}。器件上电后的第一个电流寄存器读数设置平均电流滤波器的起点。器件进入关断模式时，保存平均电流寄存器的最新值。图53所示为平均电流寄存器格式。

MaxMinCurrent寄存器(1Ch)

MaxMinCurrent寄存器保存自上次电量计复位或被主处理器软件清除之前的最大和最小电流寄存器值。每次电流寄存器更新时，将其与这些值进行比较。如果读数大于最大值或小于最小值，用新读数代替对应的值。上电时，MaxCurrent值设置为80h (最小值)，MinCurrent值设置为7Fh (最大值)。因此，首次更新后，两个值均更改为电流寄存器读数。主处理器软件通过将该寄存器写为上电默认

值807Fh，可以复位寄存器。最大和最小电压值分别储存为8位二进制补码值，分辨率为0.4mV/R_{SENSE}。图54所示为MaxMinCurrent寄存器格式。

CGAIN寄存器(2Eh)/COFF寄存器(2Fh)

CGAIN和COFF寄存器调节电流测量结果的增益和偏移。电流测量A/D经过工厂微调，符合数据资料精度，无需用户再进行调节。CGAIN和COFF的上电默认设置不对电流寄存器读数进行调节。对于特殊应用要求，CGAIN和COFF寄存器可用于调节读数，公式如下：

$$\text{电流寄存器} = \text{电流A/D读数} \times (\text{CGAIN寄存器}/16384) + (2 \times \text{COFF寄存器})$$

为方便实现系统之间的软件兼容，配置CGAIN使电流LSb分辨率为0.15625mA。鉴于CGAIN的最大值范围，需要一个最小0.005Ω的检测电阻。这保留了电流读数和容量的分辨率。这些寄存器均为有符号二进制补码。CGAIN的

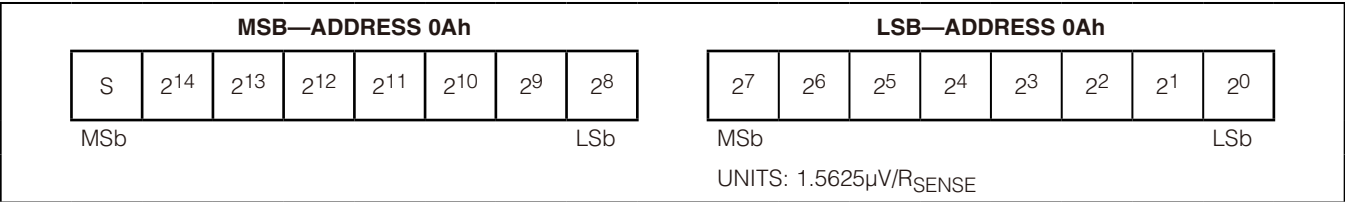


图52. 电流寄存器格式(输出)

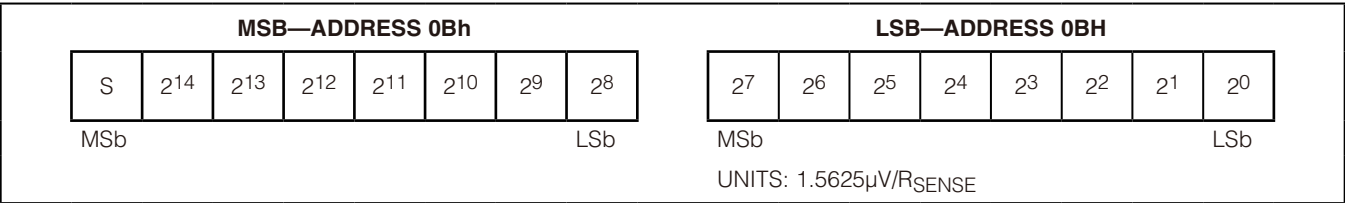


图53. 平均电流寄存器格式(输出)

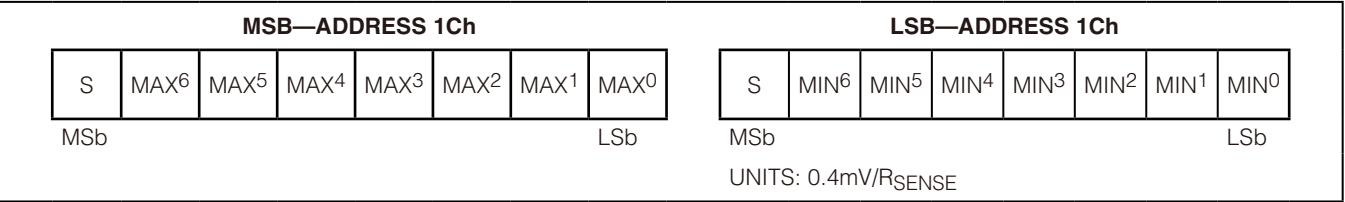


图54. MaxMinCurrent寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

默认值为4000h，COFF为0000h，保留工厂校准和单位值(1.5625μV)。图55所示为CGAIN寄存器格式，图56所示为COFF寄存器格式。

温度测量

有效模式下，CONFIG寄存器中的Ten = 1时，器件定期测量AIN和CSP引脚之间的电压，并将结果与THRM引脚电压进行比较。器件保存结果，为0至100%的比例值。产生的数据每1.4s保存至AIN寄存器，一个LSb值为0.0122%。

通过内部连接THRM和VTT引脚，启动转换。这使能有源上拉至外部分压器网络。使能上拉后，器件等待建立周期tPRE，然后测量AIN引脚。如果ETHRM = 1、FTHRM = 0，

完成温度测量时禁用有源上拉。该特性限制外部电阻分压器网络有效的时间，降低系统使用的总电能。

CONFIG寄存器中的Tex = 0且Ten = 1时，器件利用温度增益(TGAIN)和温度偏移(TOFF)寄存器值将AIN寄存器转换为温度：

$$\text{温度寄存器} = (\text{AIN寄存器} \times \text{TGAIN寄存器}/16384) + (\text{TOFF寄存器} \times 2)$$

每次AIN寄存器更新时，产生的结果储存在温度寄存器中。此外，器件保存由其测得的最小和最大温度记录，以及主处理器定义的时间周期内的平均温度。表4给出常见NTC热敏电阻的推荐TGAIN和TOFF寄存器值。

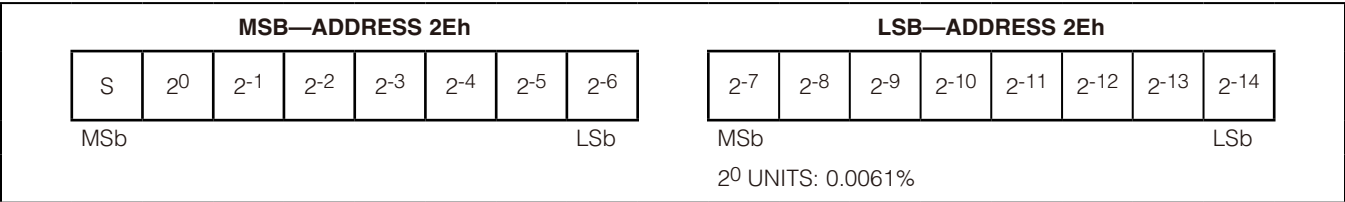


图55. CGAIN寄存器格式(输入)

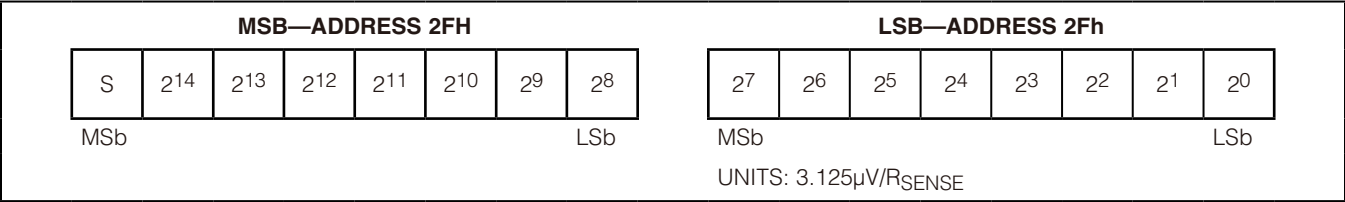


图56. COFF寄存器格式(输入)

表4. 常见NTC热敏电阻的推荐TGAIN和TOFF寄存器值

THERMISTOR	R _{25C} (kΩ)	BETA	RECOMMENDED TGAIN	RECOMMENDED TOFF
Semitec 103AT-2	10	3435	E3E1h	290Eh
Fenwal 197-103LAG-A01	10	3974	E71Ch	251Ah
TDK Type F	10	4550	E989h	22B1h

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

CONFIG寄存器中的Tex = 1时，器件不根据AIN引脚A/D的结果更新温度寄存器。主处理器软件必须定期将已知的应用温度写入温度寄存器，以保持电量计精确。

AIN寄存器(27h)

有效模式下，CONFIG寄存器中的Ten = 1时，器件定期测量AIN和CSP引脚之间的电压，并将结果与THRM引脚电压进行比较。器件保存结果，为0至100%的比例值。产生的数据每1.4s保存至AIN寄存器，一个LSb值为0.0122%。器件上电后首次转换循环时间周期的AIN寄存器内容不确定。器件进入关断模式或CONFIG寄存器中的Ten = 0时，器件保存AIN寄存器的最新值。[图57](#)所示为AIN寄存器格式。

温度寄存器(08h)

有效模式下，CONFIG寄存器中的Tex = 0且Ten = 1时，器件将AIN寄存器值转换为有符号二进制补码温度值。请

参见TGAIN和TOFF配置寄存器。产生的数据每1.4s保存至温度寄存器，分辨率为+0.0039°C。如果希望采用8位温度读数，主处理器可仅读取温度寄存器的高字节，分辨率为+1.0°C。器件上电后首次转换循环时间周期的温度寄存器内容不确定。器件进入关断模式时，保存温度寄存器的最新值。[图58](#)所示为温度寄存器格式。

平均温度寄存器(16h)

平均温度寄存器报告温度寄存器读数在6分钟至12小时可配置时间周期内的平均值。关于设置时间滤波的详细信息，请参见FilterCFG寄存器(29h)说明。产生的平均值保存在平均温度寄存器，一个LSb值为0.0039°C。器件上电后的第一个温度寄存器读数设置平均温度滤波器的起点。器件进入关断模式时，保存平均温度寄存器的最新值。[图59](#)所示为平均温度寄存器格式。

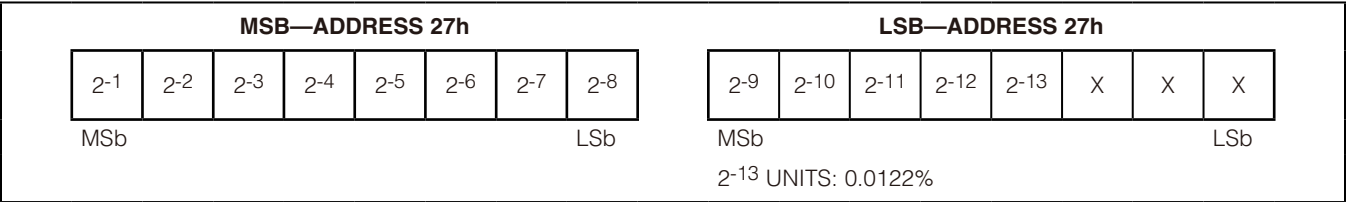


图57. AIN寄存器格式(输出)

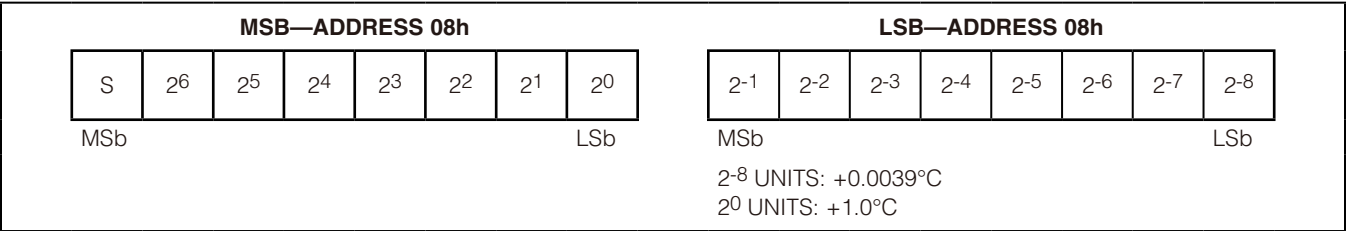


图58. 温度寄存器格式(输入/输出)

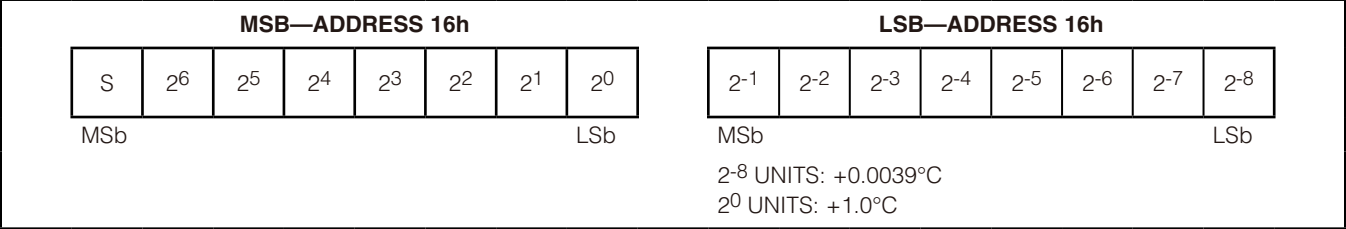


图59. 平均温度寄存器格式(输出)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

MaxMinTemperature寄存器(1Ah)

MaxMinTemperature寄存器保存自上次电量计复位或被主处理器软件清除之前的最大和最小温度寄存器值。每次温度寄存器更新时，将其与这些值进行比较。如果读数大于最大值或小于最小值，用新读数代替对应的值。上电时，MaxTemperature值设置为80h (最小值)，MinTemperature值设置为7Fh (最大值)。因此，首次更新后，两个值均更改为温度寄存器读数。主处理器软件通过将该寄存器写为上电默认值807Fh，可以复位寄存器。最大和最小温度值分别储存为8位二进制补码值，分辨率为1°C。图60所示为MaxMinTemperature寄存器格式。

TGAIN寄存器(2Ch)/TOFF寄存器(2Dh)

TGAIN和TOFF寄存器调节AIN引脚上温度测量A/D的增益和偏移，将结果转换为温度值，公式如下：

$$\text{温度寄存器} = (\text{AIN寄存器} \times \text{TGAIN寄存器}/16384) + (\text{TOFF寄存器} \times 2)$$

这些寄存器均为有符号二进制补码。这些寄存器允许利用各种外部NTC热敏电阻进行高精度温度转换(见表4)。图61所示为TGAIN寄存器格式，图62所示为TOFF寄存器格式。

IC存储器映射

器件具有256字线性存储器空间，包含全部用户可访问寄存器。所有寄存器均为16位宽，作为双字节值进行读和写。读取寄存器的MSB时，MSB和LSB同时被锁存，保持时间为读数据命令的持续时间。这防止读取期间更新LSB，确保2个寄存器字节之间的同步。

全部位置为易失RAM，断电时数据丢失。器件关断期间保留数据。每个寄存器具有上电复位值，为上电默认值。读取保留的字地址时，返回值不确定。不要对这些位置进行写操作。

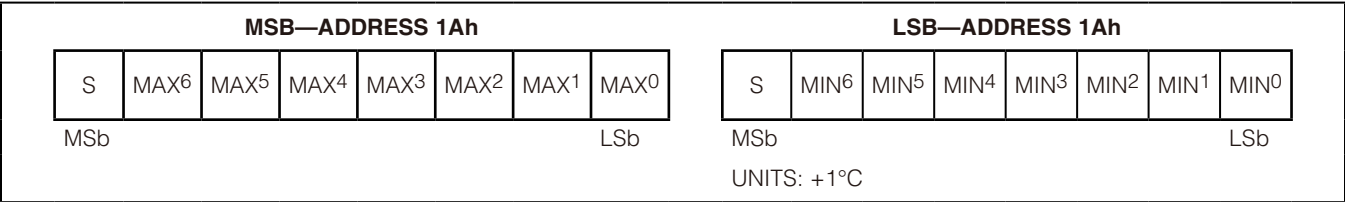


图60. MaxMinTemperature寄存器格式(输出)

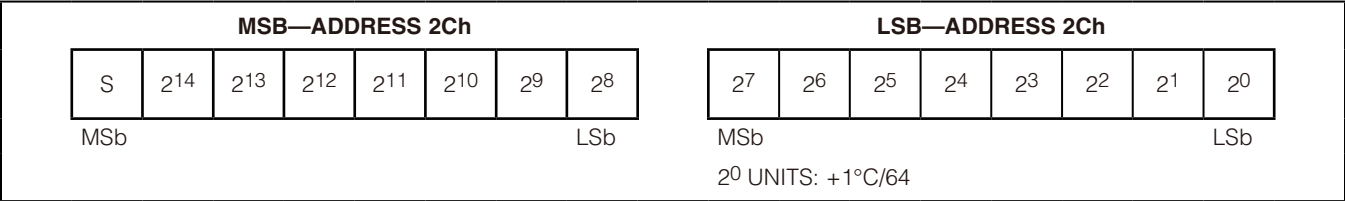


图61. TGAIN寄存器格式(输入)

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

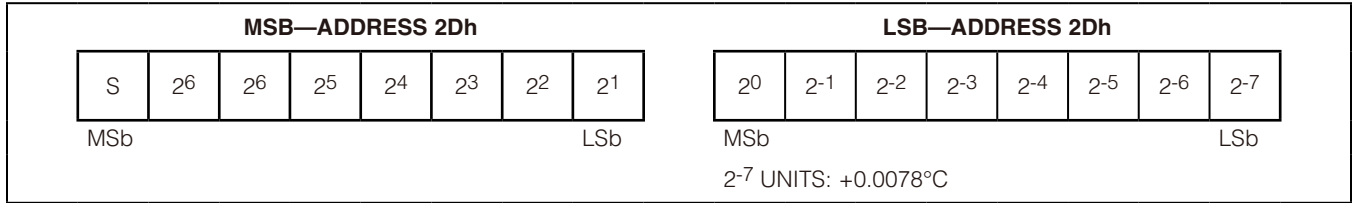


图62. TOFF寄存器格式(输入)

表5. 器件存储器映射

ADDRESS (HEX)	REGISTER NAME	A/D MEASURE	ALERT/ STATUS	MG m3 APP DATA	MG m3 CELL DATA	MG m3 CONFIG	MG m3 SAVE AND RESTORE	MG m3 OUTPUT	POR VALUE	READ/ WRITE
00h	Status		✓						0002h	R/W
01h	V _{ALRT} Threshold		✓						FF00h	R/W
02h	T _{ALRT} Threshold		✓						7F80h	R/W
03h	S _{ALRT} Threshold		✓						FF00h	R/W
04h	AtRate					✓			0000h	R/W
05h	RemCap _{REP}							✓	03E8h	R
06h	SOC _{REP}							✓	3200h	R
07h	Age							✓	6400h	R
08h	Temperature	✓							1600h	R/W
09h	V _{CELL}	✓							B400h	R
0Ah	Current	✓							0000h	R
0Bh	AverageCurrent	✓							0000h	R
0Ch	RESERVED								—	—
0Dh	SOC _{MIX}							✓	3200h	R
0Eh	SOC _{AV}							✓	3200h	R
0Fh	RemCap _{MIX}							✓	03E8h	R
10h	FullCAP						✓	✓	07D0h	R/W
11h	TTE							✓	0000h	R
12h	QResidual 00				✓		✓		1E2Fh	R/W
13h	FullISOCThr			✓					4600h	R/W
14h–15h	RESERVED								—	—
16h	AverageTemperature	✓							1600h	R
17h	Cycles						✓	✓	0000h	R/W
18h	DesignCap			✓					07D0h	R/W
19h	AverageV _{CELL}	✓							B400h	R
1Ah	MaxMinTemperature	✓							807Fh	R/W
1Bh	MaxMinV _{CELL}	✓							00FFh	R/W
1Ch	MaxMinCurrent	✓							807Fh	R/W
1Dh	CONFIG		✓						2350h	R/W
1Eh	ICHGTerm			✓					03C0h	R/W
1Fh	RemCap _{AV}							✓	03E8h	R
20h	RESERVED								—	—
21h	Version		✓						00ACh	R

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

表5. 器件存储器映射(续)

ADDRESS (HEX)	REGISTER NAME	A/D MEASURE	ALERT/ STATUS	MG m3 APP DATA	MG m3 CELL DATA	MG m3 CONFIG	MG m3 SAVE AND RESTORE	MG m3 OUTPUT	POR VALUE	READ/ WRITE
22h	QResidual 10				✓		✓		1E00h	R/W
23h	FullCapNom				✓			✓	07D0h	R/W
24h	TempNom				✓				1400h	R/W
25h	TempLim				✓				2305h	R/W
26h	RESERVED								—	—
27h	AIN	✓							88D0h	R
28h	LearnCFG					✓			2602h	R/W
29h	FilterCFG					✓			4EA4h	R/W
2Ah	RelaxCFG					✓			203Bh	R/W
2Bh	MiscCFG					✓			0870h	R/W
2Ch	TGAIN	✓							E3E1h	R/W
2Dh	TOFF	✓							290Eh	R/W
2Eh	CGAIN	✓							4000h	R/W
2Fh	COFF	✓							0000h	R/W
30h–31h	RESERVED								—	—
32h	QResidual 20				✓		✓		1306h	R/W
33h–35h	RESERVED								—	—
36h	lavg_empty				✓				0780h	R/W
37h	FCTC				✓				05E0h	R/W
38h	RCOMP0				✓		✓		004Bh	R/W
39h	TempCo				✓		✓		262Bh	R/W
3Ah	V_empty			✓					9C5Ch	R/W
3Bh	RESERVED								—	—
3Ch	RESERVED								—	—
3Dh	FSTAT							✓	0001h	R
3Eh	TIMER		✓						0000h	R
3Fh	SHDNTIMER		✓						E000h	R/W
40h–41h	RESERVED								—	—
42h	QResidual 30				✓		✓		0C00h	R/W
43h–44h	RESERVED								—	—
45h	dQacc						✓		007Dh	R/W
46h	dPacc						✓		0C80h	R/W
47h–4Ch	RESERVED								—	—
4Dh	QH							✓	0000h	R/W
4Eh–7Fh	RESERVED								—	—
80h–AFh	Characterization Table				✓				N/A	R/W
B0h–FAh	RESERVED								—	—
FBh	VFOCV							✓	0000h	R
FCh–FEh	RESERVED								—	—
FFh	SOC _{VF}							✓	0000h	R

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

2线总线系统

2线总线系统支持在单从机或多从机系统以及单主机或多主机系统中作为从器件工作。通过设置唯一的7位从地址，多达128个从器件可共用总线。2线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)和主机之间的双向通信，速度高达400kHz。器件的SDA引脚双向工作，也就是说，器件接收数据时，SDA作为输入工作；器件返回数据时，SDA作为开漏输出，主控制器系统提供电阻上拉。器件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，用于开始和结束每一操作。

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，在START序列结束一个操作后开始另一操作，不将总线返回至空闲状态。多主机系统中，Repeated START允许主控制器保持控制总线，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。主从器件均产生应答位。为产生应答，接收器件必须在应答

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返回至低电平。为产生非应答(也称为NACK)，接收器在应答时钟脉冲的上升沿之前释放SDA，并保持SDA为高电平，直到SCL返回至低电平。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，总线主控制器会重试通信。

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。由多字节值组成的器件寄存器，最低有效字节(LSB)在前。

从地址

总线主控制器通过发送START条件，然后发送从地址(SAddr)和读/写(R/W)位，发起与从器件的通信。总线空闲时，器件持续监测START条件以及随后的从地址。当器件接收到的从地址与其可编程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位可编程从地址寄存器为工厂设置，用户不可修改。

IC 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，主控制器将后续字节写至从器件。R/W = 1选择读操作，主控制器从从器件读取后续字节。

总线定时

器件兼容高达400kHz的任何定时总线。以任何速度工作时均无需特殊配置。

2线命令协议

命令协议包括几种操作格式。最简单的格式包括主控制器写START位、从地址、R/W位，然后监测应答位，确认是否存在器件。更复杂的格式，如写数据、读数据和功能命令协议写数据、读数据，以及执行器件相关的操作。每种

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

命令格式中的所有字节都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。每一功能命令定义了其要求的操作格式。[表6](#)适用于操作格式。

基本操作格式

写: S SAddr W A MAddr A DataL A DataH A P

写操作将1个或多个数据字节传输至器件。数据传输从MAddr字节中提供的存储器地址开始。操作过程中，主控制器保持对SDA信号的控制，应答周期除外。

读: S SAddr W A MAddr A Sr SAddr R A DataL A DataH N P

写部分 读部分

读操作从IC读取一个或多个字。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、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。在操作过程中，除应答周期

表6. 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	No Acknowledge—Master	N	No Acknowledge—Slave

外，器件保持对SDA信号的控制。主控制器以非应答响应其请求的最后字节，表示读操作结束。这通知器件，应答时钟后SDA的控制权返回至主控制器。

写数据协议

写数据协议用于将寄存器和RAM数据映像写入至IC，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表示写至MAddr + N的最后数据字节。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 DataL0 A DataH0 A DataL1 A DataH1 A ... DataLN A DataHN A P

MAddr字节应答后，可立即写入要储存在地址MAddr的数据的MSb。由于器件在接收到每个字节的最低有效位(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地址数据的MSb。如果总线主控制器继续自动递增写操作，超过地址FFh时，器件忽略数据。如果对只读地址(非保留地址)执行写操作时，器件将忽略数据。不得对保留的地址位置进行写操作。

读数据协议

读数据协议用于从器件读取寄存器和映像RAM数据，从MAddr指定的存储器地址开始。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 DataL0 A DataH0 A DataL1 A DataH1 A ... DataLN N DataHN N P

返回数据时，从MAddr中数据的最高有效位(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地址的数据的MSb立即提供给主控制器系统。如果总线主控制器继续读取，超过地址FFh时，器件输出数据值FFh。存储器映射中标有“保留”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。

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX17047G+	-40°C to +85°C	10 TDFN-EP*
MAX17047G+T10	-40°C to +85°C	10 TDFN-EP*
MAX17050X+	-40°C to +85°C	9 WLP
MAX17050X+T10	-40°C to +85°C	9 WLP

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

T = 卷带包装。

*EP = 裸焊盘。

封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局(占位面积), 请查询china.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	封装编号	焊盘布局 编号
10 TDFN-EP	T1033+1	21-0137	90-0003
9 WLP	W91G1+1	21-0459	参见 应用笔记1891

MAX17047/MAX17050

ModelGauge m3电量计

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	9/11	最初版本。	—
1	12/11	增加MAX17050和多节电池应用电路信息；更新原理图、订购信息、布局规则以及共用热敏电阻电路部分。	1, 7, 8, 11–41, 43, 45
2	4/12	更正了图8中TDFN布局图中的错误以及LearnCFG寄存器硬件编码位中的错误。	14, 25, 43

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 1-408-601-1000

47