

基于OCV的独立式电量计

DS2786B

概述

DS2786B根据电池闲置期间的开路电压估算可充电锂离子(Li+)和锂离子聚合物电池的可用电量。利用储存在IC中的查找表,根据开路电压(OCV)可以确定电池的相对电量。这种功能可以在插入电池后立即得到准确的电量信息。高速率放电时无法使用OCV测量,因此DS2786B可以使用库仑计作为估算相对电量的第二种方法。

剩余电量以百分比形式给出,另外还可以监测电池电压、电流和温度信息。电量计算所需的电池特性和应用参数存储在片上EEPROM中。

DS2786B设计用于便携式设备的主机侧,但也可以安装在电池包内。通过I²C接口访问测量和电量估算数据,片上传感器提供温度数据。在两个辅助输入端可通过比例测量支持电池包识别电阻和热敏电阻的阻值。

DS2786B提供带有裸焊盘(EP)的3mm x 3mm、10引脚TDFN无铅封装。

应用

3G多媒体无线手机
数码相机
数字音频(MP3)播放器

特性

- ◆ 利用库仑计与电池开路电压(OCV)的模型组合计算相对电量
- ◆ 即使在第一次充电周期也能提供精确的低电池电压报警(没有学习周期)
- ◆ 12位电池电压测量
±10mV精度
0V至4.5V输入电压时, LSB为1.22mV
- ◆ 11位双向电流测量
±51.2mV动态范围时, LSB为25μV
±3.4A ($R_{SNS} = 15m\Omega$)动态范围时, LSB为1.67mA
- ◆ 累积电流测量分辨率
±204.8mVh范围
±13.65Ah ($R_{SNS} = 15m\Omega$)
- ◆ 内部温度测量
LSB为0.125°C, 精度为±3°C
- ◆ 两个11位辅助输入电压测量
精度为±8 LSB, 比例输入可消除电源精度的影响
- ◆ V_{OUT} 引脚驱动电阻分压器, 降低功耗
- ◆ 2线接口
- ◆ 低功耗
工作电流: 50μA (典型值), 80μA (最大值)
休眠电流: 1μA (典型值), 3μA (最大值)

订购信息

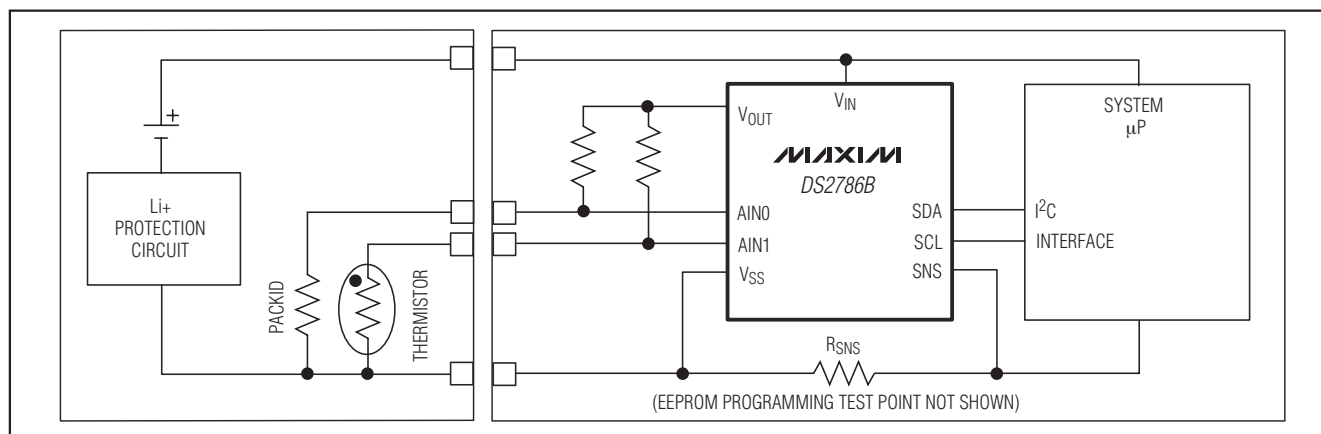
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
DS2786BG+	-20°C to +70°C	10 TDFN-EP*
DS2786BG+T&R	-20°C to +70°C	10 TDFN-EP*

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

*EP = 裸焊盘。

T&R = 卷带包装。

工作框图



基于OCV的独立式电量计

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage on All Pins Except V_{PROG} Relative to V_{SS}...-0.3V to +6V
 Voltage on V_{PROG} Relative to V_{SS}.....-0.3V to +18V
 Operating Temperature Range-40°C to +85°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.

RECOMMENDED DC OPERATING PROCEDURE

(2.5V ≤ V_{DD} ≤ 4.5V, T_A = -20°C to +70°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{DD}	(Note 1)	+2.5		+4.5	V
Data I/O Pins	SCL, SDA	(Note 1)	-0.3		+4.5	V
Programming Pin	V _{PROG}	(Note 1)	-0.3		+15.5	V
V _{IN} , AIN0, AIN1 Pin	V _{IN} , AIN0, AIN1	(Note 1)	-0.3		V _{DD} + 0.3	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(2.5V ≤ V_{DD} ≤ 4.5V, T_A = -20°C to +70°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Current	I _{ACTIVE}			50	75	μA
Sleep-Mode Current	I _{SLEEP}	V _{DD} = 2.0V, SCL, SDA = V _{SS}		0.3	1.0	μA
		SCL, SDA = V _{SS}		1	3	
Current-Measurement Resolution	I _{LSB}			25		μV
Current-Measurement Full-Scale Magnitude	I _{FS}	(Note 1)		±51.2		mV
Current-Measurement Offset Error	I _{OERR}	(Note 2)	-50		+50	μV
Current-Measurement Gain Error	I _{GERR}		-1.5		+1.5	% of reading
Timebase Accuracy	t _{ERR}	V _{DD} = 3.6V at +25°C	-1		+1	%
		T _A = 0°C to +70°C	-2		+2	
		T _A = -20°C to +70°C	-3		+3	
Voltage Error	V _{GERR}	V _{DD} = V _{IN} = 3.6V, T _A = 0°C to +50°C	-10		+10	mV
		T _A = -20°C to +70°C	-20		+20	
Input Resistance V _{IN} , AIN0, AIN1	R _{IN}		15			MΩ
AIN0, AIN1 Error			-8		+8	LSB
V _{OUT} Output Drive		I _O = 1mA		V _{DD} - 0.5		V
V _{OUT} Precharge Time	t _{PRE}		13.2	13.7	14.2	ms
Temperature Error	T _{ERR}		-3		+3	°C

基于OCV的独立式电量计

DS2786B

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(2.5V ≤ V_{DD} ≤ 4.5V, T_A = -20°C to +70°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Logic-High: SCL, SDA	V _{IH}	(Note 1)	1.4			V
Input Logic-Low: SCL, SDA	V _{IL}	(Note 1)			0.6	V
Output Logic-Low: SDA	V _{OL}	I _{OL} = 4mA (Note 1)			0.4	V
Pulldown Current: SCL, SDA	I _{PD}	V _{DD} = 4.2V, V _{PIN} = 0.4V		0.2	1.0	μA
V _{PROG} Pulldown	R _{VPROG}			20		kΩ
Input Capacitance: SCL, SDA	C _{BUS}				50	pF
Bus Low Timeout	t _{SLEEP}	(Note 3)	1.5		2.2	s
EEPROM Programming Voltage	V _{PROG}		14		15	V
EEPROM Programming Current	I _{PROG}				2	mA
EEPROM Programming Time	t _{PROG}		3.1		14	ms
EEPROM Copy Endurance			100			Writes

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: 2-WIRE INTERFACE

(2.5V ≤ V_{DD} ≤ 4.5V, T_A = -20°C to +70°C.)

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
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 1: All voltages are referenced to V_{SS}.

Note 2: Offset specified after autocalibration cycle and Current Offset Bias Register = 00h.

Note 3: The DS2786B enters the sleep mode 1.5s to 2.2s after (SCL < V_{IL}) and (SDA < V_{IL}).

Note 4: Timing must be fast enough to prevent the DS2786B from entering sleep mode due to bus low for period > t_{SLEEP}.

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

基于OCV的独立式电量计

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: 2-WIRE INTERFACE (continued)

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

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 V_{IHMIN} 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.

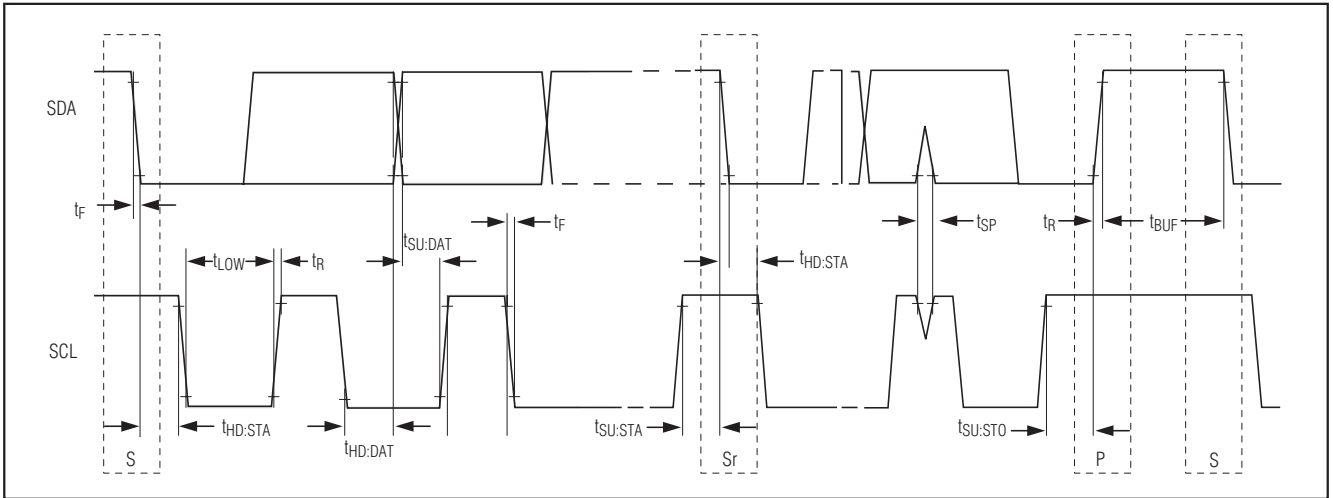
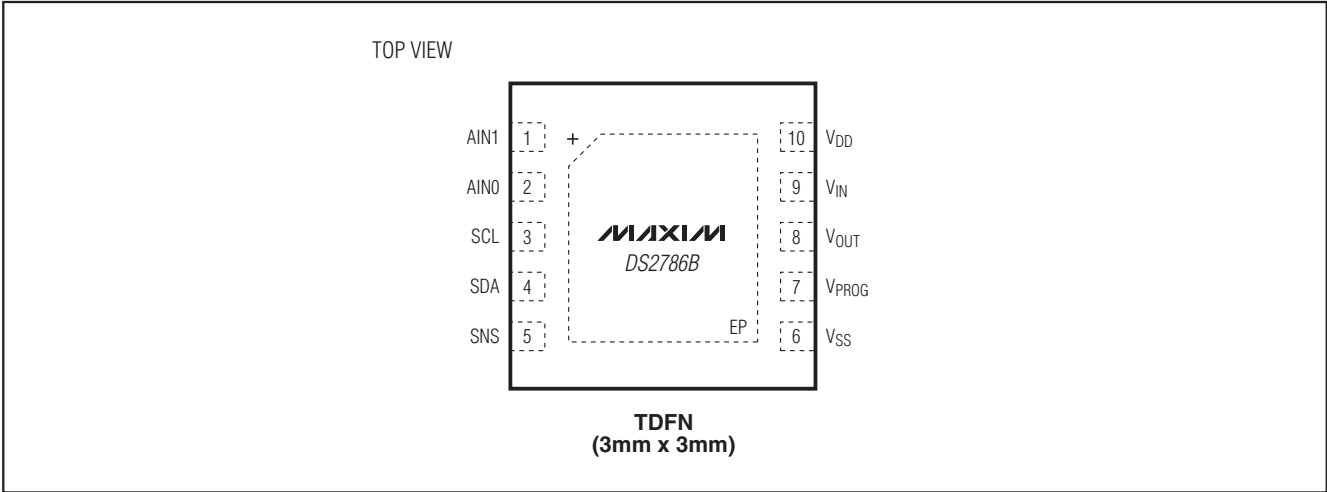


图1. 2线总线时序图

基于OCV的独立式电量计

引脚配置

DS2786B



引脚说明

引脚	名称	功能
1	AIN1	辅助电压输入1。
2	AINO	辅助电压输入0。
3	SCL	串行时钟输入，2线接口时钟输入信号。将该引脚连接到2线接口的时钟信号，该引脚具有0.2μA的典型下拉电流，用于检测信号是否断开。
4	SDA	串行数据输入/输出。漏极开路2线数据信号。将该引脚连接到2线接口的时钟信号。该引脚具有0.2μA的典型下拉电流，用于检测信号是否断开。
5	SNS	电流检测输入，连接到检流电阻的主机侧。
6	VSS	器件地，连接到检流电阻的电池侧。
7	VPROG	EEPROM编程电压输入，连接到外部电源进行开发编程；正常工作期间连接至VSS。
8	VOUT	电压输出，为辅助输入电压测量分压器供电。连接至电阻分压器电路的高边。
9	VIN	电池电压输入，通过该引脚测量电池组的电压。
10	VDD	电源输入，输入范围为2.5V至4.5V。通过一个去耦网络连接至系统电源。
—	EP	裸焊盘，连接至VSS。

基于OCV的独立式电量计

详细说明

DS2786B提供了电流、电压和温度测量数据，从而支持成本敏感应用中的电池容量监测功能。该IC可双向测量动态范围 $\pm 51.2\text{mV}$ 之内的电流，分辨率为 $25\mu\text{V}$ 。假如检测电阻为 $15\text{m}\Omega$ ，则电流检测范围为 $\pm 3.4\text{A}$ ，最低有效位(LSB)的分辨率为 1.667mA 。器件每隔一定时间测量电流，并且内部累积每次测量结果，用库仑计测量功耗。每一次电流测量结果的符号和幅值均保存在2字节的电流寄存器中。

电池电压测量结果被保存在2字节电压寄存器中，分辨率为12位(1.22mV)；辅助电压测量结果被保存在2字节辅助电压寄存器中，分辨率为11位。此外，片上温度传感器测量温度值，并将结果保存在温度寄存器中，分辨率为 0.125°C ，精度为 $\pm 3^\circ\text{C}$ 。片上温度测量是可选的，可以采用辅助电压通道AIN1替代。图1所示为2线总线时序图，图2所示为DS2786B的方框图，图3所示为一个应用实例。

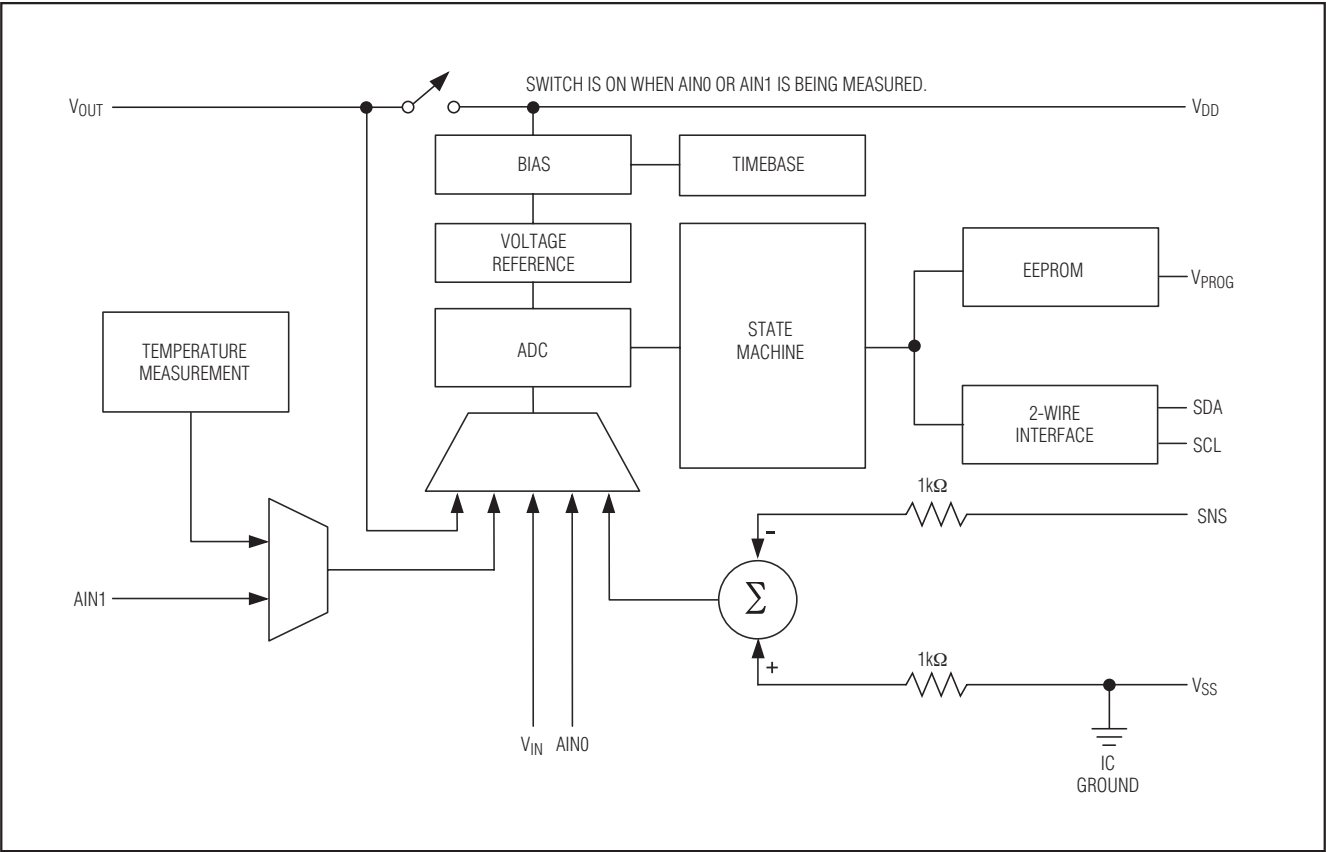


图2. 方框图

DS2786B



供电模式

注意：如果SMOD = 1，则在SCL和SDA上就需要一个上拉电阻，以确保DS2786B在电池充电时能够从休眠模式转换为正常工作模式。如果总线未被拉高，则DS2786B将维持休眠模式，且不对充电电流进行累积。这一点尤其适用于采用独立充电器进行充电的电池。

基于OCV的独立式电量计

参数测量

DS2786B采用了一个 Σ - Δ 模数转换器进行测量。在正常工作模式下，DS2786B持续重复图4所示的测量时序。在AIN0和AIN1转换之前，V_{OUT}引脚被激活持续t_{PRE}时间，以使

V_{OUT}输出电压达到稳定。DS2786B可被配置为利用片上传感器而非AIN1输入来测量温度。当内部温度测量采用AIN1转换间隙时，V_{OUT}被禁用。一个完整的电压测量时序标称需要1760ms。

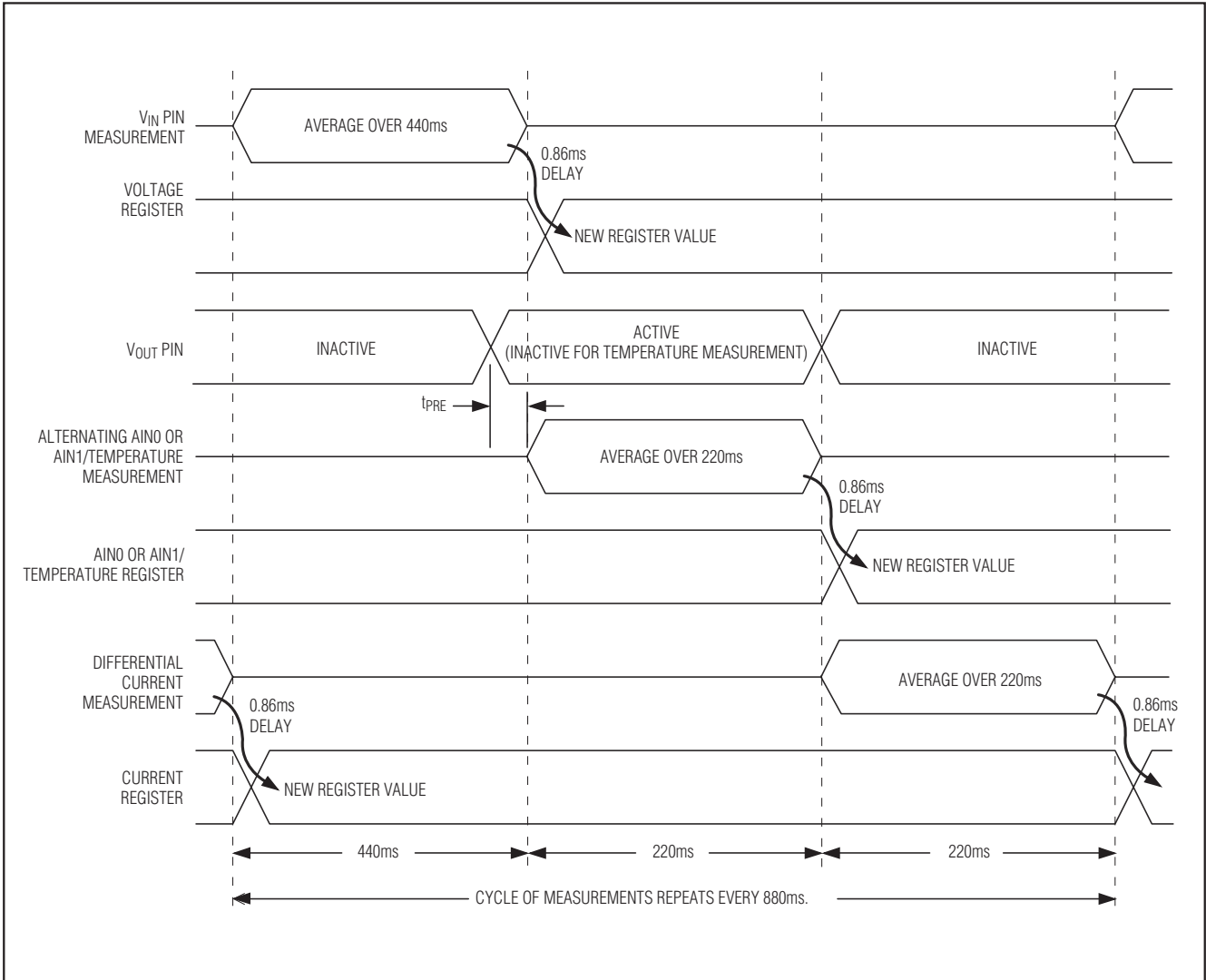


图4. 测量时序

基于OCV的独立式电量计

DS2786B

电压测量

器件在V_{IN}输入端测量电池相对V_{SS}的电压，电压范围在0至4.999V之间，分辨率为1.22mV。测量结果每880ms刷新一次，并以二进制补码的形式存放在电压寄存器。大于最大寄存器值的电压被表示为7FFh。图5所示为电压寄存器的格式。

V_{IN}的输入阻抗非常高(> 15MΩ)，从而可以连接至一个高阻分压器，以支持多电池应用。应该将电池组电压除以串联电池的数量，从而使V_{IN}输入上为单电池的平均电压。

每进行第1024次转换时，ADC测量其输入失调以进行失调校准，从而提高电压精度。失调校准大约每15分钟进行一次。所得到的校准因子用来校准随后的1023次测量结果。在转换失调校准的过程中，ADC不再测量V_{IN}信号。电压寄存器中存储的是失调校准的前一次测量电压值。OCV算法根据失调校准周期的效果自动调整。

辅助输入测量

DS2786B有两路辅助电压测量输入AIN0和AIN1。两路输入均以V_{SS}为参考。这两个输入设计用于测量电阻比，尤其是测量热敏电阻或电池组识别电阻。在开始测量AIN0或AIN1之前，V_{OUT}引脚输出一个基准电压，以驱动由一个已知电阻值形成的电阻分压器，然后测量未知电阻。这种方法以合理成本提供了良好的精度，可消除误差计算中的基准容差。两路输入交替测量。然后每1760ms刷新每路辅助输入测量值，并将其以二进制补码的形式置于相应的AIN0或AIN1寄存器。图6所示为辅助输入寄存器的格式。

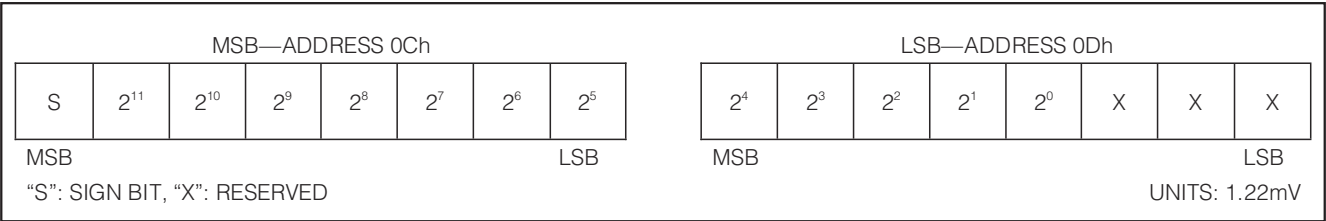


图5. 电压寄存器格式

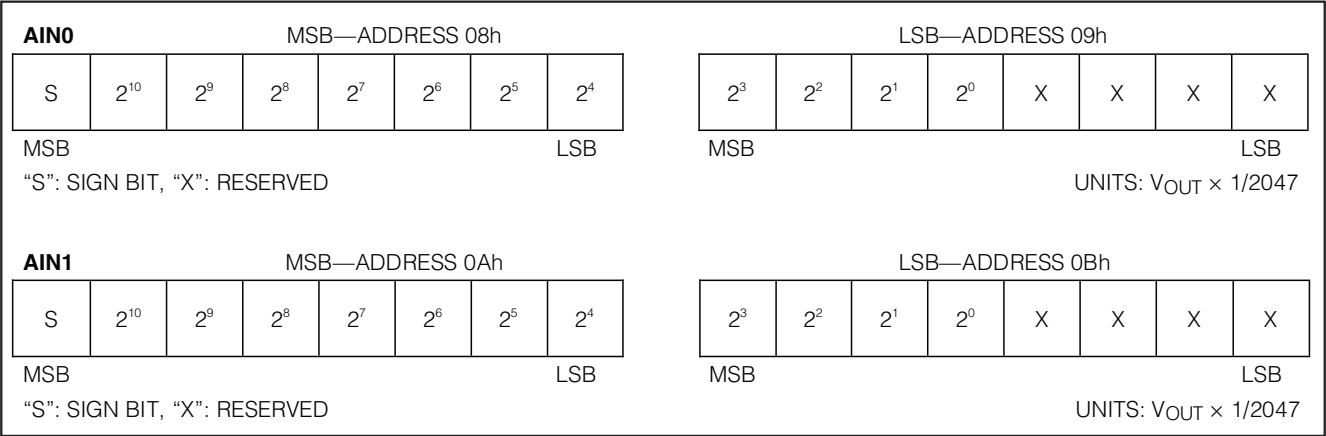


图6. 辅助输入寄存器格式

基于OCV的独立式电量计

温度测量

DS2786B采用集成的温度传感器测量电池温度，分辨率为0.125°C。温度测量结果每1760ms刷新一次，并以二进制补码的形式存储于温度寄存器中。温度寄存器的格式如图7所示。状态/配置寄存器中的ITEMP位必须被置1，以采用内部温度测量而非AIN1测量。

电流测量

在正常工作模式下，DS2786B通过测量一个低阻检流电阻 R_{SNS} 上的压降来连续测量流入和流出电池的电流，检流电阻连接在SNS和 V_{SS} 引脚之间。SNS和 V_{SS} 之间的电压检测范围为 $\pm 51.2\text{mV}$ 。注意，当 V_{SNS} 小于 V_{SS} 时，电流值为正；当 V_{SNS} 大于 V_{SS} 时，电流值为负。只要转换周期内的

连续或平均信号电平不超过 $\pm 51.2\text{mV}$ ，输入处的峰值信号幅值允许高达102mV。在每个转换周期结束时，ADC以差分形式采样输入，并每隔880ms刷新电流寄存器。图8所示为电流测量寄存器的格式和分辨率。高于最大寄存器值的充电电流被表示为最大值(7FFFh = +51.2mV)；低于最小寄存器值的放电电流被表示为最小值(8000h = -51.2mV)。

每进行第1024次转换时，ADC测量其输入失调以进行失调校准，从而提高电流精度。失调校准大约每15分钟进行一次。所得到的校准因子用来校准随后1023次测量结果。在转换失调校准的过程中，ADC不再进行测量。电流寄存器存储的是失调校准的前一次测量的电流值。关于不同 R_{SNS} 值下电流范围和分辨率的信息，请参见表1。

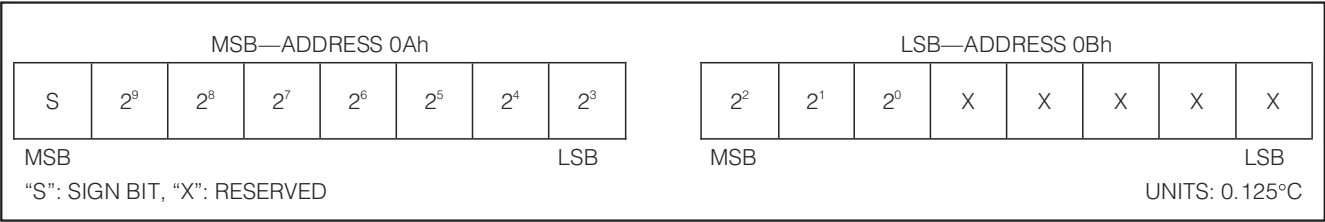


图7. 温度寄存器格式

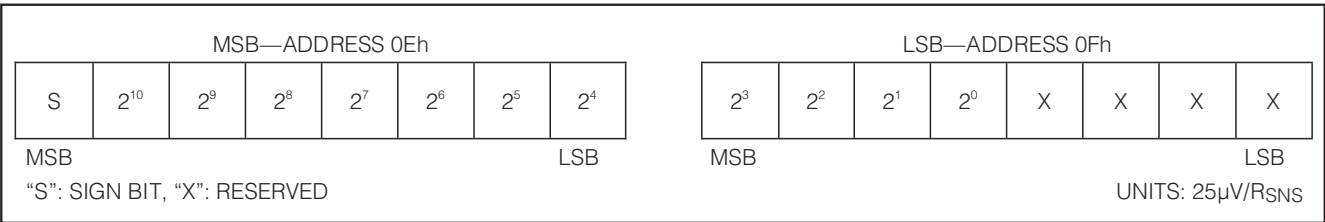


图8. 电流寄存器格式

表1. 不同 R_{SNS} 值下的电流范围和分辨率

CURRENT RESOLUTION (1 LSB)					CURRENT INPUT RANGE				
$ V_{SS} - V_{SNS} $	R_{SNS}				$V_{SS} - V_{SNS}$	R_{SNS}			
	20m Ω	15m Ω	10m Ω	5m Ω		20m Ω	15m Ω	10m Ω	5m Ω
25 μV	1.25mA	1.667mA	2.5mA	5mA	$\pm 51.2\text{mV}$	$\pm 2.56\text{A}$	$\pm 3.41\text{A}$	$\pm 5.12\text{A}$	$\pm 10.24\text{A}$

基于OCV的独立式电量计

电流偏移偏置

利用电流偏移偏置寄存器(COBR)，可以将一个可编程偏移值增加到原始电流测量值。原始电流测量值加上COBR值被作为电流测量结果存储于电流寄存器中，并被用于电流累积和OCV状态检测。COBR值可被用来修正静态失调误差，或修正电流结果以及相应的电流累积结果。

COBR允许读/写操作。写入COBR后，新值被应用于随后的所有电流测量。可在+3.175mV至-3.2mV范围内以25 μ V为步长对COBR进行任意编程。COBR值以二进制补码值存储在非易失(NV)存储器中。COBR的出厂默认值为00h。图9所示为电流偏移偏置寄存器的格式。

电流累积

内部累积电流寄存器(IACR)以加/减计数器方式保存自上次OCV测量以后的净电荷数。在每次电流测量转换周期结束后，对电流测量结果加上可编程偏移进行内部求和或累积。IACR的范围为 $\pm 204.8\text{mVh}$ 。当电流流入或流出电池时，IACR利用初始或学习电池容量寄存器来递增或递减相对容量寄存器。这样即使在扩展时间内没有发生OCV测量，电量计也是准确的。表2所列为各种不同 R_{SNS} 值下的累积电流范围。

ADDRESS 60h							
S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
MSB				LSB			
"S": SIGN BIT				UNITS: 25 μ V/ R_{SNS}			

图9. 电流偏移偏置寄存器格式

表2. 各种不同 R_{SNS} 值下的累积电流范围

IACR RANGE				
$V_{\text{SS}} - V_{\text{SNS}}$	R_{SNS}			
	20m Ω	15m Ω	10m Ω	5m Ω
$\pm 204.8\text{mVh}$	$\pm 10.24\text{Ah}$	$\pm 13.65\text{Ah}$	$\pm 20.48\text{Ah}$	$\pm 40.96\text{Ah}$

电池容量估算

DS2786B采用OCV测量结合库仑计算法对电池剩余容量进行估算。在电池充电或放电期间，DS2786B计算流入和流出电池的电荷。当电池不工作时，DS2786B等待电池电压恢复，然后根据存储在器件EEPROM中的开路电压电池模型调整库仑计。得到的计算结果以0至100%的百分比报告给系统。随着电池的老化，学习功能将调节电池容量。

相对容量寄存器以满电的百分比报告电池剩余电荷量。相对容量的分辨率为0.5%，介于0%至100%之间。IC每次进行电流测量或开路电池电压测量时将相对容量寄存器进行刷新。请参见图10。

ADDRESS 02h							
2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
MSB				LSB			
				UNITS: 0.5%			

图10. 相对容量寄存器格式

基于OCV的独立式电量计

在第一次学习之前，通过将IACR与初始容量比例因子(7Ah)的乘积和上次OCV相对容量(16h)相加计算得到相对容量值。在第一次学习之后，相对容量等于IACR与学习容量比例因子(17h)的乘积和上次OCV相对容量(16h)相加计算得到的结果。

每个容量比例因子寄存器的分辨率为78.125%/Vh，最大范围为0至19921.875%/Vh。生产时，初始容量寄存器应被编程为电池的容量。例如，若采用1Ah容量的电池和0.015Ω的检测电阻，则应将初始容量寄存器设置为(100%/(1Ah x 0.015Ω))/78.125%/Vh = 55h。学习容量比例因子寄存器是由DS2786B控制的。上电值为00h，并在每次学习之后利用计算得到的新容量值刷新寄存器。请参见图11和12。

OCV检测

当测量到的电流幅值(装载COBR之后)小于OCV门限寄存器定义的值时，DS2786B开始检测dV/dt以判别OCV电压状态。所选的门限值应该低于最小工作电流，但大于实际

应用的最大空闲电流。OCV门限寄存器的分辨率为25μV/R_{SNS}，范围为0mV/R_{SNS}至6.375mV/R_{SNS}。出厂默认值为28h。图13所示为OCV门限寄存器格式。

当测量的电流低于OCV门限时，DS2786B通过计算电压寄存器中储存的电池电压在7.5分钟间隔内的变化(dV/dt)确定电池是否处于空闲状态。如果在7.5分钟内四个电压寄存器读数的平均dV/dt小于OCV dV/dt门限寄存器中储存的值，DS2786B将认定电池当前处于空闲状态，并根据参数EEPROM中储存的OCV电池模型调整相对容量寄存器。在电池进入空闲状态后的1hr内，这一检测将每隔7.5分钟重复一次。

OCV dV/dt门限寄存器的分辨率为0.61mV/7.5min，范围为0mV/7.5min至9.15mV/7.5min。出厂默认值为2.44mV/7.5min。注意，OCV dV/dt门限寄存器的高4位被用于状态/配置寄存器的EEPROM备份位。图14所示为OCV dV/dt门限寄存器的格式。

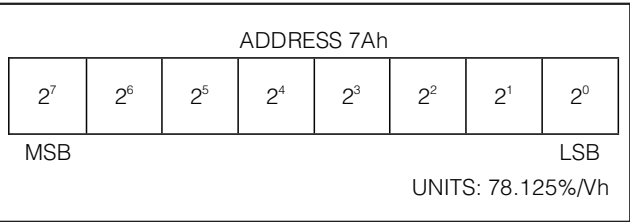


图11. 初始容量比例因子寄存器格式

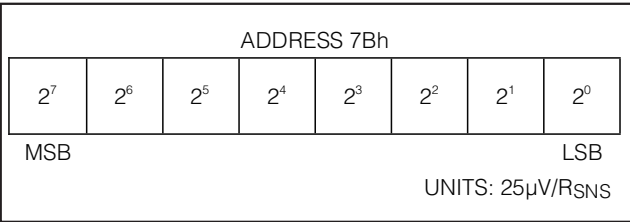


图13. OCV门限寄存器格式

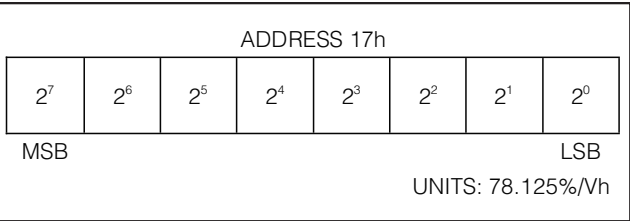


图12. 学习容量比例因子寄存器格式

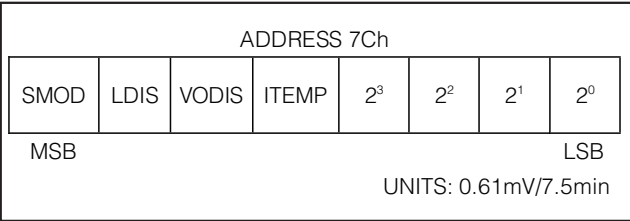


图14. OCV dV/dt门限寄存器格式

基于OCV的独立式电量计

OCV电池模型

OCV电池模型是对开路电池电压与电池剩余电量关系的一种9点分段线性近似。每次更新OCV时，就会根据OCV电压读数和查找表中的一个线性近似值将相对容量寄存器调整至一个新值。图15所示为EEPROM中储存的出厂默认电池模型。

OCV电池模型可通过改变EEPROM中容量和电压断点寄存器进行修改。容量0固定为0%，不得修改。容量1至容量7以0.5%的分辨率分别储存在地址61h至67h。容量值必须保

持单调性(容量1 > 容量0, 容量2 > 容量1, 依此类推)，但是可以写入0.5%至99.5%之间的任意值。容量8固定为100%，不得修改。请参见图16。

每个电压断点需要2个字节，但是存储方式类似：电压断点0：MSB储存在地址68h，LSB储存在地址69h。其它电压断点依次储存，直至地址单元79h。电压断点的分辨率为1.22mV，范围从0.0V至4.996V。电压断点也必须是单调的。图17所示为电压断点寄存器格式。

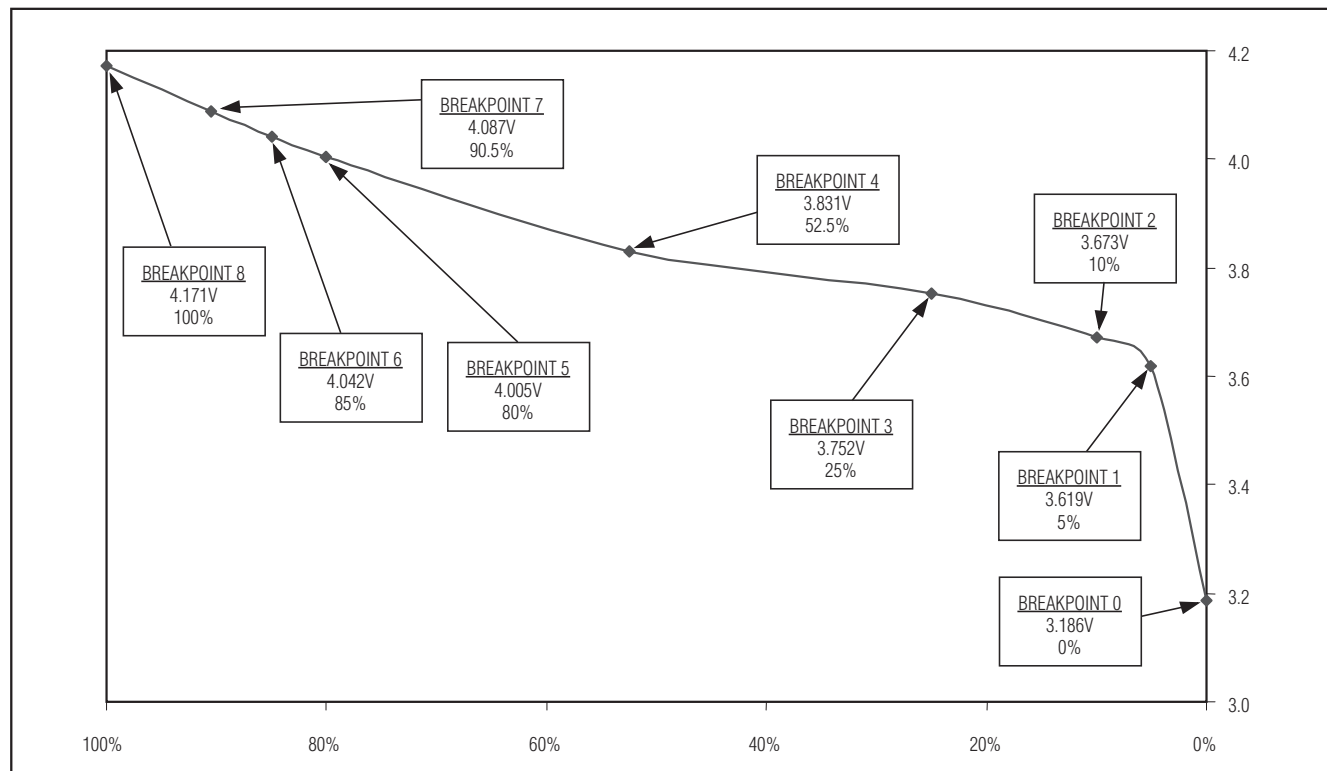


图15. DS2786BG-C3 OCV电池模型

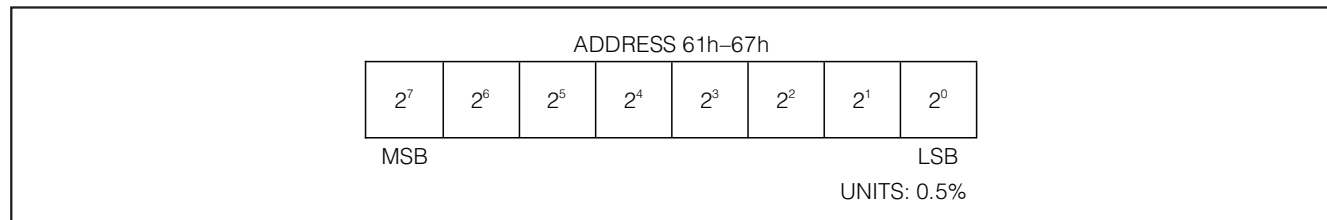


图16. 容量1至容量7寄存器格式

基于OCV的独立式电量计

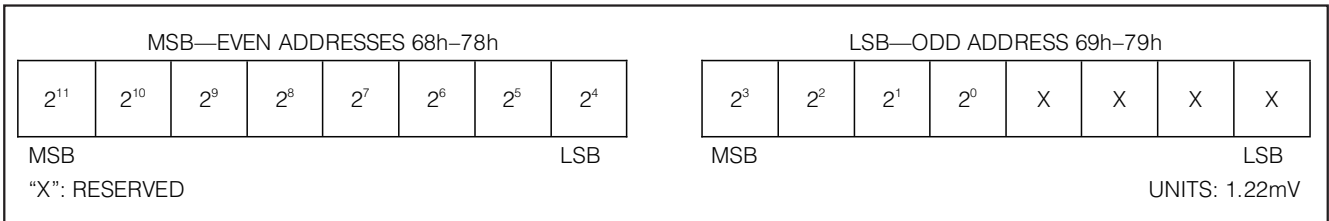


图17. 电压断点寄存器格式

初始容量估算

上电时，DS2786B立即计算相对容量。初始化过程中，DS2786B将测量电池电压，并利用OCV电池模型数据确定相对容量寄存器的起点。这种评估与电池的负载无关。电池负载引起的任何误差将在下次OCV调整时消除。确定起点时使用的初始电压测量值被保存在初始电压寄存器中，直到IC重新上电。请参见图18。

新容量学习

随着电池老化，初始容量比例因子寄存器的值将无法准确反应电池的真实容量，导致库仑计工作模式中相对容量计算误差。DS2786B具有一种学习功能，使IC能够在电池老化时保持准确。DS2786B将最近两次OCV更新之间的相对

容量百分比之差与库仑计中的变化进行比较，从而学习新的电池容量。上次OCV寄存器保持用来学习新电池容量的前一次OCV调整点处的相对容量百分比。在每次OCV调整时以新值刷新上次OCV。图19所示为上次OCV寄存器格式。

实例：假设检流电阻为15mΩ，DS2786B根据空闲期间的OCV测量值将一个1000mAh电池的相对容量调整为10%。然后根据内部库仑计与学习容量比例因子值55h的乘积将电池充电500mAh（至预期值的60%）。下次OCV调整检测相对容量实际为65%，而非60%。那么，DS2786B将学习容量比例因子上调至 $(65\% - 10\%)/(500\text{mAh} \times 0.015\Omega) = 5\text{Eh}$ ，将预期电池容量降低了大约10%。

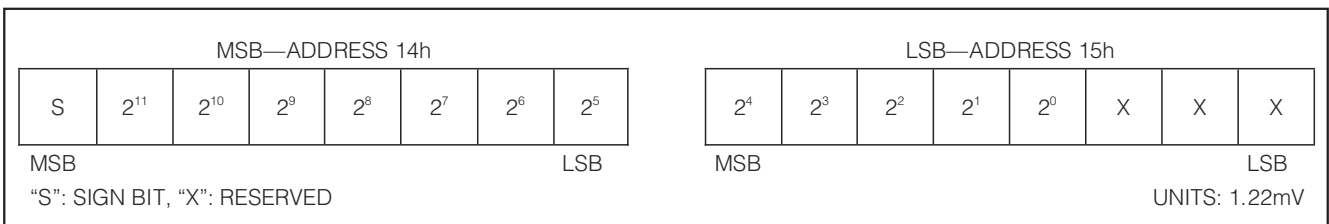


图18. 初始电压寄存器格式

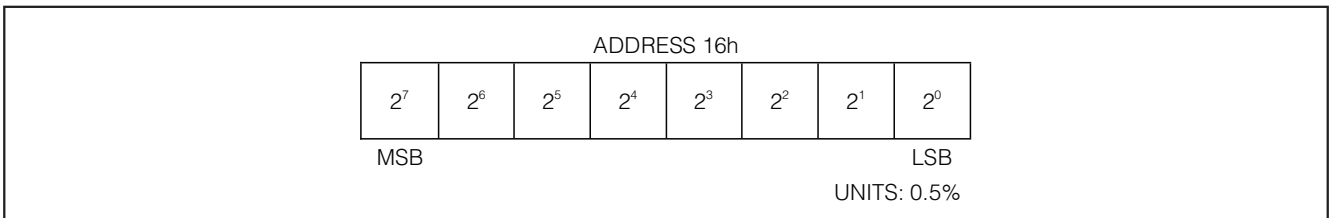


图19. 上次OCV寄存器格式

基于OCV的独立式电量计

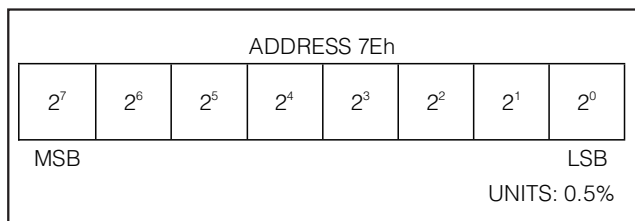


图20. 学习变化百分比门限

学习变化百分比门限决定电池容量发生多大变化时才启动学习新电池容量。当前OCV测量值和上一次OCV测量值之间的差必须大于学习变化百分比门限值，才进行学习。这样可防止IC测量分辨率在学习容量值中引入误差。建议将该值设置为至少50%。图20所示为学习变化百分比门限。

存储器映射

DS2786B带有用于存储指令、状态和控制寄存器的存储空间。当读取双字节寄存器的MSB时，MSB和LSB在读取数据命令期间均被锁定并保持，以防在读取期间发生刷新，确保寄存器2个字节之间的同步。为保证结果一致，总是在同一读取数据命令序列期间读取双字节寄存器的MSB和LSB。

60h至7Fh存储器单元是EEPROM存储空间。EEPROM存储器被映射到RAM以避免写操作的编程延迟，同时允许主机系统能够在数据被复制至EEPROM之前对其进行验证。对EEPROM存储器地址的数据读/写寻址映射RAM。置位命令寄存器(FEh)中的RCALL位将发起从EEPROM至映射RAM的数据传输。请参见图21。

置位命令寄存器中的COPY位将发起从映射RAM至EEPROM的数据传输。在写COPY位之前，必须在V_{PROG}引脚上提供一个外部电源。DS2786B要求COPY位在t_{PROG}时间窗口内被复位为零，以正确编程EEPROM。COPY复位太快可能无法对电池进行正确写操作；COPY复位太慢则可能降低EEPROM的复制寿命。

DS2786B将映射RAM数据用于电量计算。工作过程中，可通过写映射RAM单元来修改电量计信息。然后应通过写SOCV位来复位电量计。注意，对IC进行任何复位均会导致映射RAM数据从EEPROM恢复。

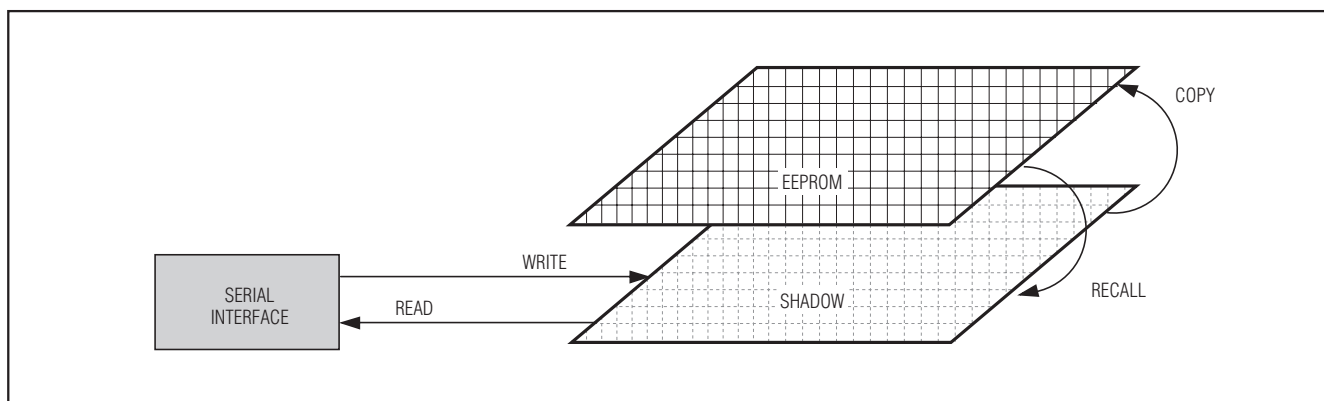


图21. 通过映射RAM访问EEPROM

基于OCV的独立式电量计

表3. 存储器映射

ADDRESS	DESCRIPTION	READ/WRITE
00h	Reserved	—
01h	Status/Config Register	R/W
02h	Relative Capacity	R
03h to 07h	Reserved	—
08h	Auxiliary Input 0 MSB	R
09h	Auxiliary Input 0 LSB	R
0Ah	Auxiliary Input 1/ Temperature MSB	R
0Bh	Auxiliary Input 1/ Temperature LSB	R
0Ch	Voltage Register MSB	R
0Dh	Voltage Register LSB	R
0Eh	Current Register MSB	R

ADDRESS	DESCRIPTION	READ/WRITE
0Fh	Current Register LSB	R
10h to 13h	Reserved	—
14h	Initial Voltage MSB	R
15h	Initial Voltage LSB	R
16h	Last OCV Relative Capacity	R
17h	Learned Capacity Scaling Factor	R
18h to 5Fh	Reserved	—
60h to 7Fh	Parameter EEPROM	R/W
80h to FDh	Reserved	—
FEh	Command	R/W
FFh	Reserved	—

表4. 参数EEPROM存储区域

ADDRESS	DESCRIPTION	FACTORY VALUE
60h	Current Offset Bias Register	00h
61h	Capacity 1	0Ah
62h	Capacity 2	14h
63h	Capacity 3	32h
64h	Capacity 4	69h
65h	Capacity 5	A0h
66h	Capacity 6	AAh
67h	Capacity 7	B5h
68h	Voltage Breakpoint 0 MSB	A3h
69h	Voltage Breakpoint 0 LSB	20h
6Ah	Voltage Breakpoint 1 MSB	B9h
6Bh	Voltage Breakpoint 1 LSB	50h
6Ch	Voltage Breakpoint 2 MSB	BCh
6Dh	Voltage Breakpoint 2 LSB	10h
6Eh	Voltage Breakpoint 3 MSB	C0h
6Fh	Voltage Breakpoint 3 LSB	20h

ADDRESS	DESCRIPTION	FACTORY VALUE
70h	Voltage Breakpoint 4 MSB	C4h
71h	Voltage Breakpoint 4 LSB	20h
72h	Voltage Breakpoint 5 MSB	CDh
73h	Voltage Breakpoint 5 LSB	10h
74h	Voltage Breakpoint 6 MSB	CEh
75h	Voltage Breakpoint 6 LSB	F0h
76h	Voltage Breakpoint 7 MSB	D1h
77h	Voltage Breakpoint 7 LSB	40h
78h	Voltage Breakpoint 8 MSB	D5h
79h	Voltage Breakpoint 8 LSB	90h
7Ah	Initial Capacity Scaling	80h
7Bh	OCV Current Threshold	06h
7Ch	OCV dV/dt Threshold	94h
7Dh	I ² C Address Configuration*	60h*
7Eh	Learn Threshold	78h
7Fh	User EEPROM	00h

*7位从地址的出厂默认值为0110110。高3位固定为011，低4位可通过写I²C地址配置寄存器来修改，如图24和25所示。

基于OCV的独立式电量计

状态/配置寄存器

在读/写状态/配置寄存器时，可将个别位设置为只读。位值表示状态以及编程或选择器件功能。第3位至第6位是在存储器单元7Ch备份的EEPROM。注意其位置不同于此处的位置。请参见图22：

- **PORF**——置位上电复位标识，表示初始上电。PORF不会被内部清除。用户必须将该标识写为零才能够利用它表示随后的上电事件。POR事件会使电量计复位。PORF可读，可被写为零。
 - **SMOD**——使能休眠模式。当值为1时，IC将在SCL和SDA为低达 t_{SLEEP} 时进入休眠模式；当值为0时，禁止切换至休眠模式。该位是存储器单元7Ch第7位的EEPROM备份。出厂编程值为1。
- 注意：**当电池由没有被连接至SDA或SCL引脚的外部充电器充电时，必须禁用SMOD休眠功能。若充电器将SDA或SCL上拉为高，则可使用SMOD休眠。当充电器不能正确驱动SDA或SCL时，IC则保持休眠，从而在对电池充电时不会调整相对容量。
- **LDIS**——禁用学习功能。为1时，IC禁用电池容量学习功能；为0时允许正常的电池容量学习。该位是存储器单元7Ch第6位的EEPROM备份。出厂编程值为0。

- **VODIS**——禁用 V_{OUT} 。为1时禁用 V_{OUT} 输出；当被设置为0时，该输出在AIN0转换开始之前被驱动达 t_{PRE} ，并在AIN1转换结束后被禁用。该位为存储器单元7Ch第5位的EEPROM备份。出厂编程值为0。
- **ITEMP**——ITEMP。为1时允许在AIN1转换时隙期间使用内部传感器测量温度。在AIN1时隙期间，AIN1输入未被选中， V_{OUT} 未被激活。为0时恢复AIN1测量，并在AIN1时隙期间激活 V_{OUT} 。该位为存储器单元7Ch第4位的EEPROM备份。出厂默认值为1。
- **AIN1**——AIN1转换有效。该位为只读，表示 V_{OUT} 输出有效且AIN1引脚上发生了一次转换。当使用VODIS位时，应在读取AIN1寄存器之前读取AIN1位。只要AIN1位被置位，就应读取AIN1寄存器。
- **AIN0**——AIN0转换有效。该位为只读，表示 V_{OUT} 输出有效且AIN0引脚上发生了一次转换。当使用VODIS位时，应在读取AIN0寄存器之前读取AIN0位。只要AIN0位被置位，就应读取AIN0寄存器。

命令寄存器

命令寄存器是可读/写的。位值表示器件请求执行的操作。参见图23中的命令寄存器格式。

ADDRESS 01h							
BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
X	PORF	SMOD	LDIS	VODIS	ITEMP	AIN1	AIN0

X—Reserved.

图22. 状态/配置寄存器格式

ADDRESS FEh							
BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
POR	1	X	X	POCV	SOCV	RCALL	COPY

1—Bit always reads logic 1.
X—Reserved.

图23. 命令寄存器格式

基于OCV的独立式电量计

- **COPY**——置位Copy位将启动一个复制命令，从暂存器复制至EEPROM。为保证复制成功，必须提前在V_{PROG}引脚上加一个编程电压。必须在t_{PROG}时间窗口内通过软件将Copy位清除。
- **RCALL**——置位Recall位则将EEPROM的内容复制至暂存器。
- **SOCV**——储存OCV计算结果。在更新暂存器OCV电池数据后，该命令可用于复位相对容量计算值。当设置为1时，表示正在根据初始电压寄存器中储存的电压值和暂存器中的OCV查找表值计算OCV。向该位中写入1则强制计算。强制进行OCV计算会产生容量估算误差。该位在硬件完成计算后被清除。
- **POCV**——显示OCV计算值。当被设置为1时，表示正在根据电压寄存器中储存的电压值和暂存器中的OCV查找表值计算OCV。向该位中写入1则强制计算。该功能仅适用于测试目的。强制进行OCV计算会产生容量估算误差。该位在硬件完成计算后被清除。
- **POR**——上电复位。为1时启动上电复位事件。该位在2线总线下次启动或停止时被清除，退出复位状态。

用户EEPROM

单元7Fh提供的1个字节可用于储存用户定义信息。该字节不影响电量计的工作。出厂默认值为00h。

2线系统

2线系统支持器件在单从机/多从机系统以及单主机/多主机系统中作为从机工作。2线接口包括一根串行数据线(SDA)和串行时钟线(SCL)。SDA和SCL提供DS2786B从机和主机之间的双向通信，速率高达400kHz。DS2786B的SDA引脚双向工作，即DS2786B接收数据时，SDA为输入端；而当DS2786B输出数据时，SDA为漏极开路输出端，由主机系统提供一个阻性上拉。DS2786B总是作为从机，在主机的控制下接收和发送数据。主机发起总线上的所有传输，并产生SCL信号、START和STOP位，以启动终止数据传输。

位传输

每个SCL时钟周期传输一位数据，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。当SCL为高时，SDA上的任何变化都被视为START或STOP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条件是将总线退回至空闲状态的正确方法。

START和STOP条件

主设备通过START条件(S)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(P)终止传输，即在SCL为高时，SDA由低到高变化。Repeated START条件(Sr)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，而总线无需返回至空闲状态。在多主机系统中，Repeated START条件允许主机保持对总线的控制。SCL为高电平期间，START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)或非应答位(N)应答。主机和DS2786B从机均可产生应答位。要产生应答，接收设备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SDA为低，直到SCL返回低电平为止。要产生非应答(也称为NAK)，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。监测应答位可检测出数据传输是否成功。如果接收设备忙或发生系统故障，数据传输将不会成功。当数据传输不成功时，总线主机应重新尝试进行通信。

数据顺序

每个数据字节包含8个顺序位，最高位(MSB)在前。最低位(LSB)之后是应答位。对于由多字节组成的DS2786B寄存器，则采用最高字节(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

总线主机通过发送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，DS2786B持续监测START条件以及随后的从器件地址。当IC接收到与其从地址相匹配的地址时，将在R/W位之后的时钟周期内以应答位进行响应。DS2786BG-C3的7位从设备地址为0110110。高3位固定为011，低4位可通过写7Dh单元的I²C地址配置寄存器进行修改。

读/写位

从机地址之后的R/W位决定了随后的传输数据方向。R/W = 0为写操作，表示主机要将随后的字节写入从机；R/W = 1为读操作，表示主机要从从机读取随后的字节。当ADDR3–ADDR0位为默认值0110时，写操作对地址0x6Ch进行操作，而读操作对地址0x6Dh进行操作。

总线时序

DS2786B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特别配置。

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、从地址和R/W位，然后监测应答位，判断是否存在DS2786B。更加复杂的格式如写数据、读数据，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。在各种命令格式中，所有字节都要求从机或主机在继续传输下一字节之前返回应答位。每个功能命令定义都大致定义了所需的传输格式。表5给出了传输格式。

ADDRESS 7Dh							
BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
ADDR3	ADDR2	ADDR1	ADDR0	X	X	X	X
X—RESERVED.							
ADDR3:0—USER-ADJUSTABLE BITS OF THE DS2786BG-C3'S I ² C ADDRESS. FACTORY DEFAULT IS 0110.							

图24. I²C地址配置寄存器格式

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
0	1	1	ADDR3	ADDR2	ADDR1	ADDR0	R/W

图25. DS2786B I²C地址字节格式

表5. 2线协议

KEY	DESCRIPTION
S	START bit
SAddr	Slave address (7 bit)
FCmd	Function command byte
MAddr	Memory address byte
Data	Data byte written by master
A	Acknowledge bit—master
N	No acknowledge—master

KEY	DESCRIPTION
Sr	Repeated START
W	R/W bit = 0
R	R/W bit = 1
P	STOP bit
Data	Data byte returned by slave
A	Acknowledge bit—slave
N	No acknowledge—slave

基于OCV的独立式电量计

基本传输格式

写: S SAddr W A MAddr A Data0 A P

写操作向DS2786B发送1个或多个数据字节。数据传输从MAddr字节中提供的存储器地址开始。除应答周期，传输期间主机保持对SDA信号的控制。

读: $\underbrace{\text{SAddr W A MAddr A Sr}}_{\text{写}} \underbrace{\text{SAddr R A Data0 N P}}_{\text{读}}$

读操作可从DS2786B读出1个或多个字节。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Repeated START开始读命令，之后是R/W置为1的从地址。DS2786B假定从从地址应答周期开始控制SDA。除应答周期外，传输期间DS2786B保持对SDA信号的控制。主机用非应答响应其所需的最后一个字节，以表示读操作结束。这可以通知DS2786B，应答时钟后主机将恢复对SDA的控制。

写数据协议

写数据协议用于将寄存器和映射RAM数据写入DS2786B，起始地址从存储器地址MAddr开始。Data0表示写入MAddr的数据，Data1表示被写入MAddr + 1的数据，DataN表示写入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或Repeated START，表示写操作结束：

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MSB写入地址MAddr。由于DS2786B接收到每个字节的最低位(LSB)之后，自动递增地址，因此地址MAddr处的数据应答之后，就可立即写入地址MAddr + 1处数据的MSB位。如果总线

主机继续向高于4Fh的地址写数据，DS2786B将忽略这些数据。向只读地址、保留地址以及功能命令寄存器(地址为FEh)写数据时，也会被忽略。不完整的字节和DS2786B未应答的字节将不会写入存储器。正如存储器映射部分所述，对EEPROM单元进行写操作将仅修改映射RAM。

读数据协议

读数据协议用于从DS2786B的寄存器和映射RAM读出数据,起始地址从MAddr指定的存储器地址开始。Data0表示存储器位置MAddr中的数据字节,Data1表示MAddr + 1中的数据。DataN表示主机读取的最后一个字节:

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

返回数据时，从地址MAddr处数据的MSB开始。由于每个字节的最低有效位(LSB)返回之后地址自动递增，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MSB。如果总线主机继续从高于地址FFh处读取数据，则DS2786B输出FFh的数据值。存储器映射(表3)中标有保留标识的地址，将返回不确定的数据。通过非应答之后发送STOP或Repeated START命令，总线主机可在任意字节边界终止读操作。

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。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
10 TDFN	T1033+1	21-0137

基于OCV的独立式电量计

DS2786B

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	7/08	最初版本。	—
1	4/10	在特性、 <i>Electrical Characteristics</i> 和引脚说明部分中，将V _{DD} 最大工作电压更改为4.5V。	1-5

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