

概述

DS2786 根据电池闲置一段时间后的开路电压来估算可充电锂离子和锂离子聚合物电池的可用电量。通过储存在 IC 中的查找表，开路电压(OCV)可用于确定电池的相对电量。这能力可以在电池包插入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 DS2786 使用库仑计作为估算相对电量的第二种方法。

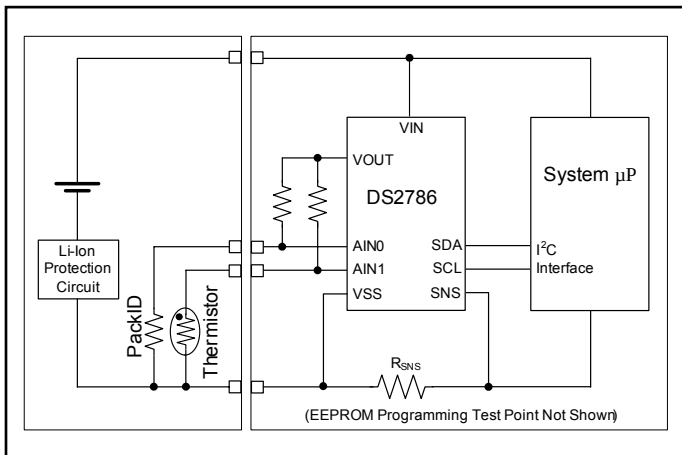
剩余电量以百分比的形式给出，另外还有电池电压、电流和温度信息。电量计算所需的电池特性和应用参数存储在片上 EEPROM 中。

DS2786 设计用于便携式设备的主机侧，但也可安装在电池包内。测量和电量估算数据可通过 I²C 接口进行访问。片上传感器可提供温度数据。在两个辅助输入端可通过比例测量法提供电池包识别电阻和热敏电阻的阻抗测量。

应用

3G 多媒体无线手机
数码相机
数字音频(MP3)播放器

典型工作电路



为明显起见，命令、寄存器和模式均采用大写。

特性

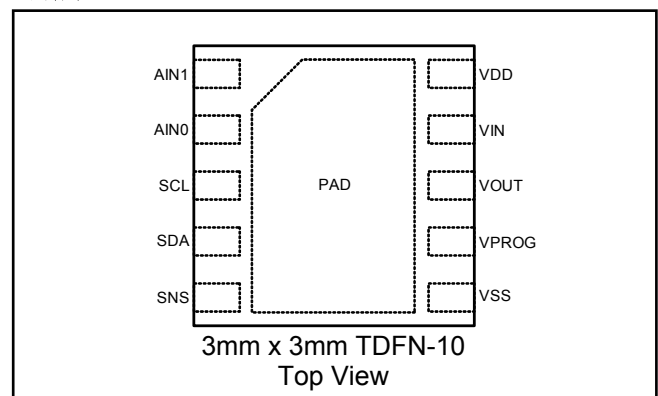
- 库仑计与开路电池电压(OCV)模型组合计算相对电量
- 即使在第一个周期也能进行准确的电池低状态报警(无需学习周期)
- 12 位电池电压测量:
±10mV 精度
0V 至 5V 输入电压范围内，LSB 为 1.22mV
- 11 位双向电流测量:
±51.2mV 动态范围时，LSB 为 25μV
±3.4A ($R_{SNS} = 15m\Omega$)动态范围时，LSB 为 1.67mA
- 电流累积测量分辨率:
范围为±204.8mVh
范围为±13.65Ah ($R_{SNS} = 15m\Omega$)
- 内部温度测量:
LSB 为 0.125°C，精度为±3°C
- 两个 11 位 Aux 输入电压测量:
精度为±8 LSB，比例测量输入可消除电源精度问题
- V_{OUT}引脚驱动电阻分压器，可降低功耗
- 2 线接口
- 低功耗:
工作电流：典型值 50μA，最大值 80μA
休眠电流：典型值 1μA，最大值 3μA

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
DS2786G+	-20°C to +70°C	10-pin 3mm×3mm TDFN
DS2786G+T&R	-20°C to +70°C	DS2786G+ in Tape-and-Reel

+ 表示无铅封装。

引脚配置



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on All Pins Except V_{PROG} Relative to V_{SS}
 Voltage on V_{PROG} Relative to V_{SS}
 Operating Temperature Range
 Storage Temperature Range
 Soldering Temperature

-0.3V to +6V
 -0.3V to +18V
 -40°C to +85°C
 -55°C to +125°C
 See IPC/JEDECJ-STD-020A

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

($2.5\text{V} \leq V_{\text{DD}} \leq 5.5\text{V}$, $T_{\text{A}} = -20^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	(Note 1)	+2.5		+5.5	V
Data I/O Pins	SCL, SDA	(Note 1)	-0.3		+5.5	V
Programmable I/O Pin	PIO	(Note 1)	-0.3		+5.5	V
VIN, AIN0, AIN1 Pin	V_{IN} , AIN0, AIN1	(Note 1)	-0.3		$V_{\text{DD}} + 0.3$	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Current	I_{ACTIVE}			50	75	μA
		$V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$			80	
Sleep-Mode Current	I_{SLEEP}	$V_{\text{DD}} = 2.0\text{V}$, SCL, SDA = V_{SS}		0.3	1.0	μA
		SCL, SDA = V_{SS}		1	3	
Current Measurement Resolution	I_{LSB}	DS2786		25		μV
Current Measurement Full-Scale Magnitude	I_{FS}	(Note 1)		± 51.2		mV
Current Measurement Offset Error	I_{OERR}	DS2786 (Note 2)	-50		+50	μV
Current Measurement Gain Error	I_{GERR}		-1.5		+1.5	% of reading
Timebase Accuracy	t_{ERR}	$V_{\text{DD}} = 3.6\text{V}$ at $+25^{\circ}\text{C}$	-1		+1	%
		$T_{\text{A}} = 0^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	-2		+2	
		$T_{\text{A}} = -20^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	-3		+3	
Voltage Error	V_{GERR}	$V_{\text{DD}} = V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$, $T_{\text{A}} = 0^{\circ}\text{C}$ to $+50^{\circ}\text{C}$	-10		+10	mV
		$T_{\text{A}} = -20^{\circ}\text{C}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	-20		+20	
Input Resistance VIN, AIN0, AIN1	R_{IN}		15			M Ω
AIN0, AIN1 Error			-8		+8	LSB
V_{OUT} Output Drive		$I_{\text{O}} = 1\text{mA}$		$V_{\text{DD}} - 0.5$		V
V_{OUT} Precharge Time	t_{PRE}		13.2	13.7	14.2	ms
Temperature Error	T_{ERR}		-3		+3	$^{\circ}\text{C}$

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}	$I_{OL} = 4\text{mA}$ (Note 1)	0.4	V
Pulldown Current: SCL, SDA	I_{PD}	$V_{DD} = 4.2\text{V}$, $V_{PIN} = 0.4\text{V}$	0.2 1.0	μA
V_{PROG} Pulldown	R_{VPROG}		20	$\text{k}\Omega$
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

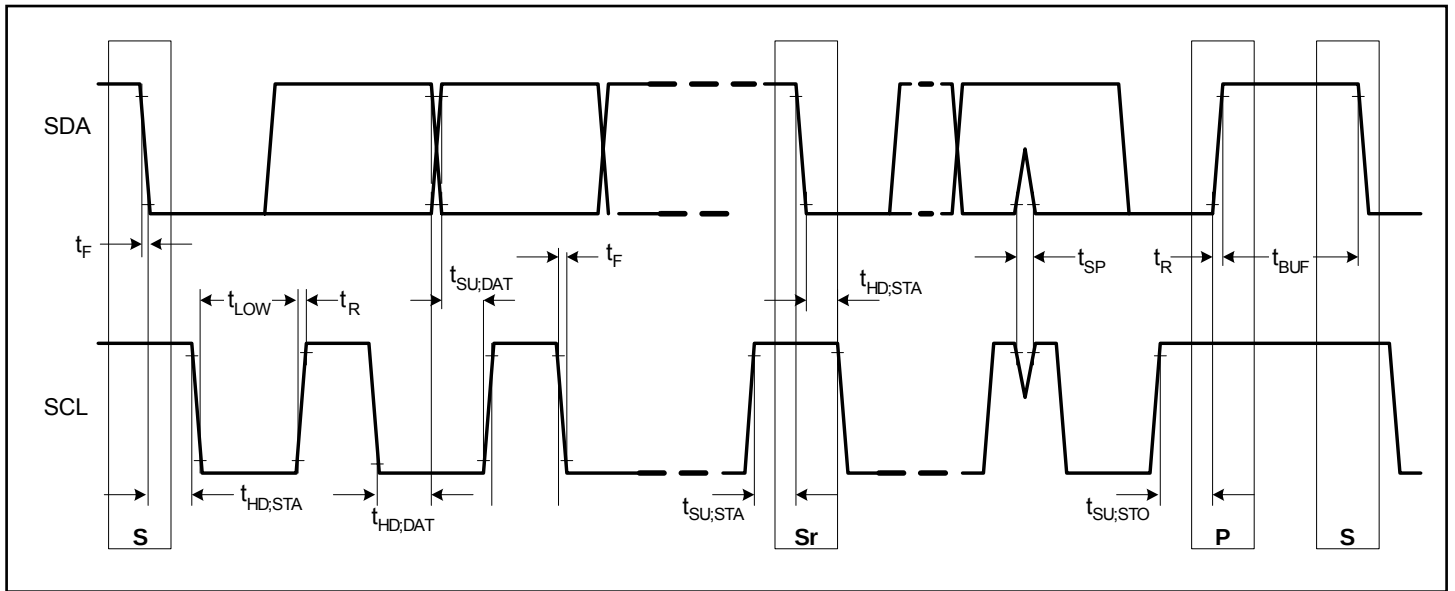
ELECTRICAL CHARACTERISTICS: 2-WIRE INTERFACE

($2.5\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$, $T_A = -20^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$.)

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 auto-calibration cycle and Current Offset Bias Register = 00h.
- Note 3:** The DS2786 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 DS2786 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.
- 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.

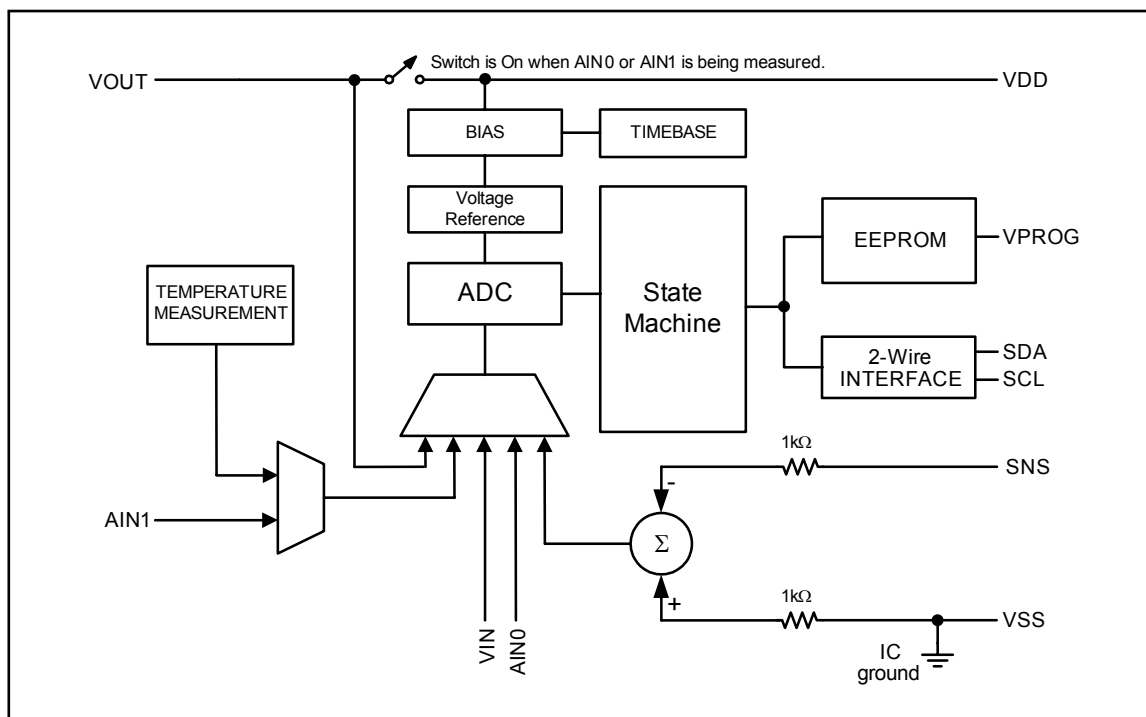
图 1.2 线总线时序图



引脚说明

引脚	名称	功能
1	AIN1	AUX 电压输入 1。
2	AIN0	AUX 电压输入 0。
3	SCL	串行时钟输入，仅用于输入 2 线时钟。将此引脚连接至 2 线接口的时钟信号。该引脚具有 0.2μA (典型值) 下拉电流，以检测断线。
4	SDA	串行数据输入/输出，漏极开路的 2 线接口数据线。将此引脚连接至 2 线接口的数据信号。该引脚具有 0.2μA (典型值) 下拉电流，以检测断线。
5	SNS	电流检测输入，连接至检流电阻的手持设备侧。
6	V_{SS}	器件地，连接至检流电阻的电池侧。
7	V_{PROG}	EEPROM 编程电压输入，连接至外部电源以完成器件编程。正常工作时连接至 V_{SS} 。
8	V_{OUT}	电压输出，为辅助输入电压测量分压器提供电源。连接至电阻分压器电路的高边。
9	V_{IN}	电池电压输入，电池包的电压通过该引脚进行测量。
10	V_{DD}	电源输入，2.5V 至 5.5V 输入范围。通过退耦网络连接至系统电源。
PAD	PAD	裸焊盘，连接至 V_{SS} 。

图 2. 结构框图

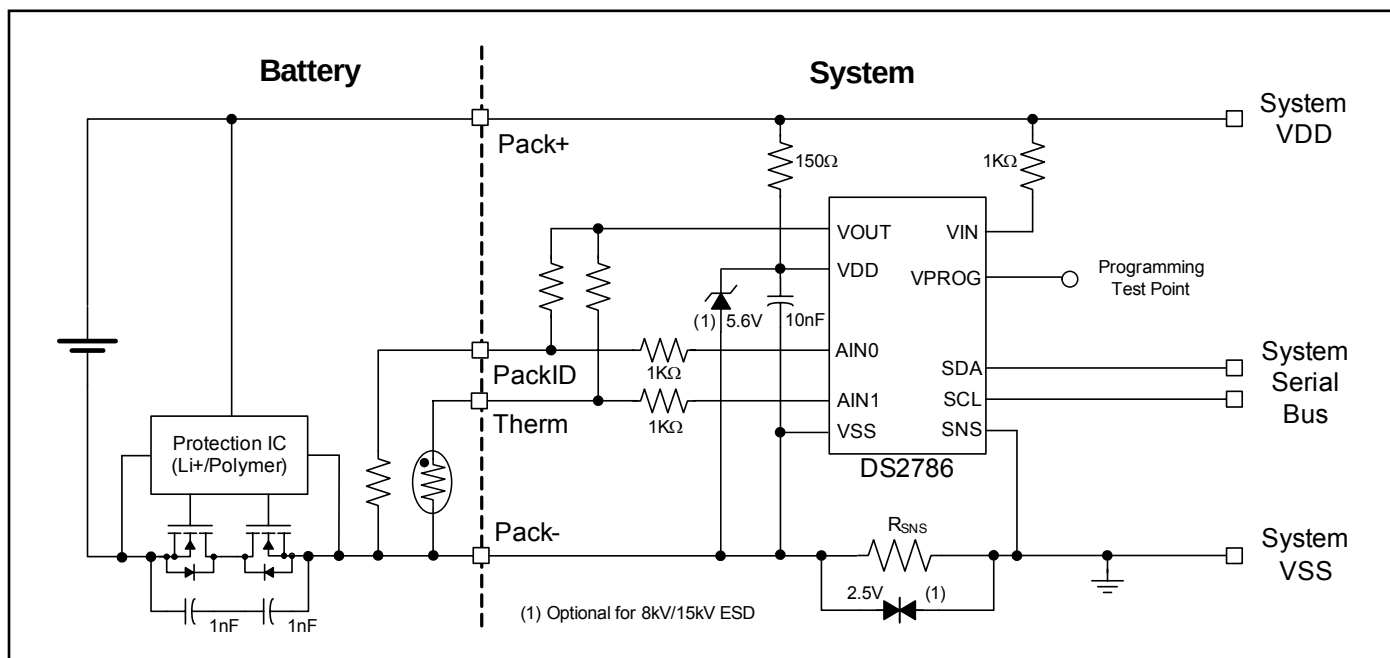


详细说明

DS2786 可为成本敏感应用中的电池电量监视提供电流流量、电压和温度测量数据。DS2786 可在 $\pm 151.2\text{mV}$ 动态范围内以 $25\mu\text{V}$ 的分辨率进行双向电流测量。若检测电阻为 $15\text{m}\Omega$ ，则电流检测范围为 $\pm 3.4\text{A}$ ，1 LSB 分辨率为 1.667mA 。在主机消耗电源时，电流测量以固定的时间间隔进行，并累积每次测量数据以支持“库仑计”。每次电流测量结果都以带符号和幅度的形式保存在 2 字节电流寄存器中。电池电压测量结果以 12 位 (1.22mV) 分辨率保存在 2 字节电压寄存器中，辅助电压测量结果以 11 位分辨率保存在 2 字节 Aux 电压寄存器中。此外，温度寄存器给出片上温度传感器测得的温度数据，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，并占用辅助电压通道 AIN1。

在主机系统闲置期间，DS2786 可根据电池开路电压提供准确的相对电量测量。在使用库仑计时，可使用OCV电压基数和 1 字节比例系数来加权累积电流得到电池电量。OCV电压基数和比例系数保存在EEPROM存储器中。EEPROM存储器带有映射SRAM，因此可由主机重新写入OCV电压基数和比例系数，以适应多个电池供应商提供的各种电池类型和电量。通过I²C接口还可对状态寄存器、配置寄存器和测量寄存器进行读/写访问。

图 3. 应用范例



供电模式

DS2786可工作于两种供电模式：工作模式(Active)和休眠模式(Sleep)。在工作模式下，DS2786作为高精度电池监视器连续测量温度、电压、辅助输入和累积电流并更新测量寄存器中的结果数据。在休眠模式下，DS2786工作于低功耗模式，不进行测量。在任何模式下都可对所有寄存器进行读、写访问。

当满足以下条件时，DS2786将从休眠模式转换为工作模式：

$$(SCL > V_{IH}) \text{ 或 } (SDA > V_{IH})$$

当满足以下条件时，DS2786将从工作模式转换为休眠模式：

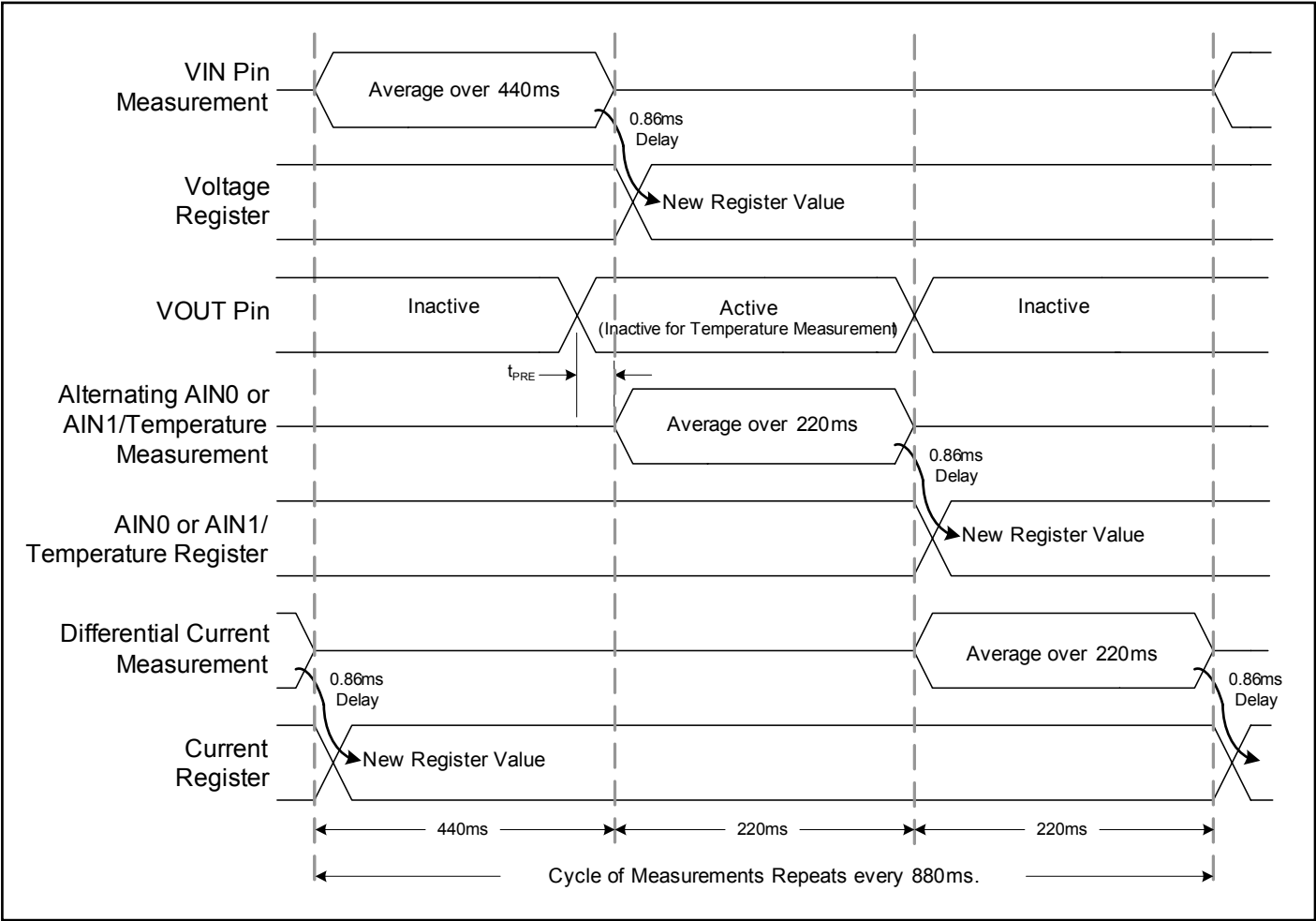
$$SMOD = 1 \text{ 和 } [(SCL < V_{IL}) \text{ 和 } (SDA < V_{IL})], t_{SLEEP}$$

注意：如果 $SMOD = 1$ ， SCL 和 SDA 需接上拉电阻才能保证DS2786在电池充电时能从休眠模式转换为工作模式。如果总线未被上拉，则DS2786会保持在休眠模式下，无法累积充电电流。在使用独立充电器对电池充电时要注意此事项。

参数测量

DS2786 使用 $\Sigma-\Delta$ A/D转换器进行参数测量。在工作模式下，DS2786 对各参数进行连续重复测量，其顺序如图 4 所示。 V_{OUT} 引脚在AIN0 和AIN1 转换前 t_{PRE} 时刻变为有效，以使 V_{OUT} 输出电压稳定。DS2786 可配置为使用片上温度传感器测量温度，而非测量AIN1 输入。当内部温度测量占用AIN1 转换间隙时， V_{OUT} 不会有效。完成一次完整的电压测量的标称时间为 1760ms。

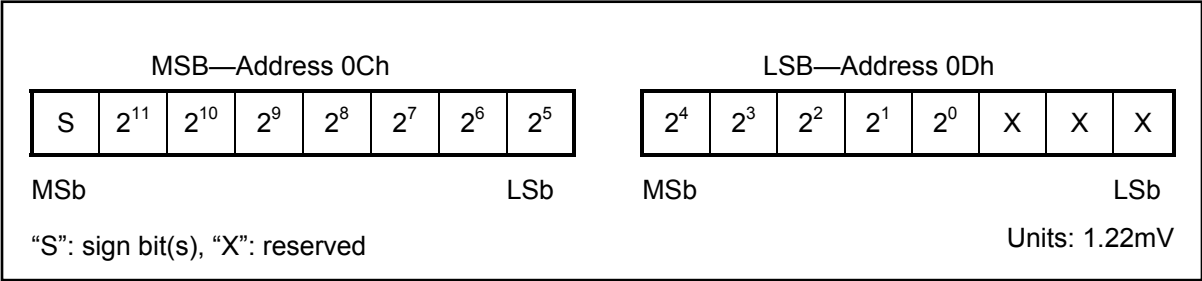
图 4. 参数测量时序



电压测量

电池电压由测量 V_{IN} 输入端相对于 V_{SS} 的电压来获得，范围为 0V 至 4.999V，分辨率为 1.22mV。测量结果每 880ms 更新一次，并以二进制补码形式保存在 Voltage 寄存器中。电压大于寄存器最大值时，输出为 7FFFh。

图 5. 电压寄存器格式



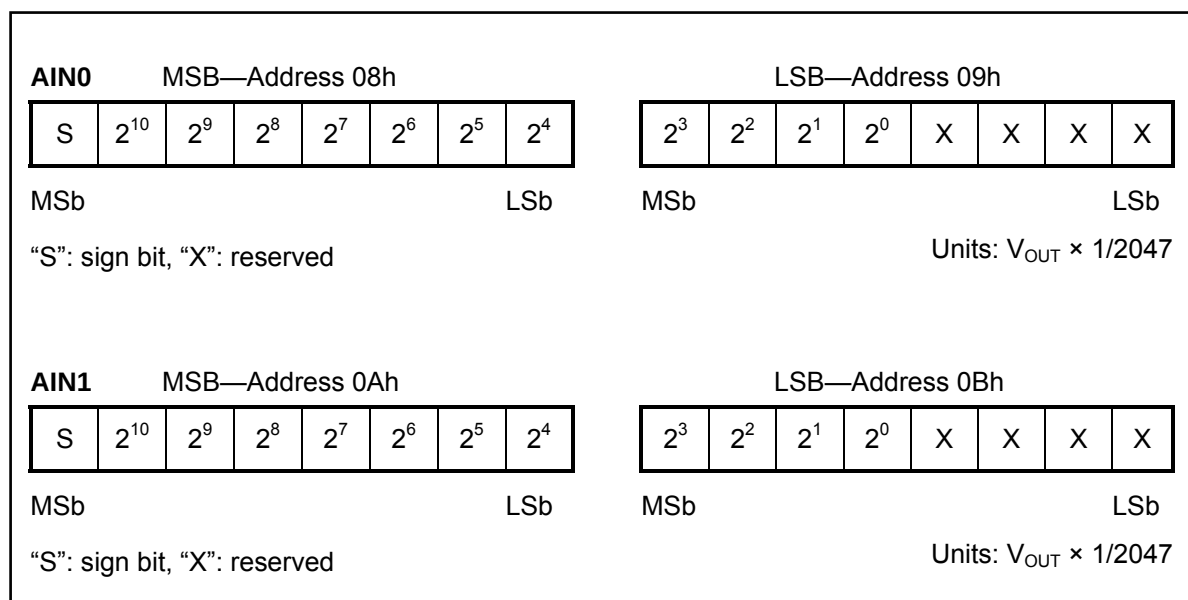
V_{IN} 端的输入阻抗极大 ($>15M\Omega$)，可相连至高阻抗电压分压器，以支持多节电池的应用。电池包电压必须除以电池的串联数量才能在 V_{IN} 输入端获得单节电池的平均电压。

每到第 1024 次转换时，ADC 测量其输入失调以简化失调校正，提高电压精度。失调校正大约每 15 分钟进行一次。所得到的校正系数适用于接下来的 1023 次测量。在输入失调转换期间，ADC 不测量 V_{IN} 信号。电压寄存器中保存有失调转换前的电压测量结果。OCV 算法将自动调整失调校正周期的影响。

辅助输入测量

DS2786 具有两个辅助电压测量输入：AIN0 和 AIN1。它们都相对于 V_{SS} 进行测量。这两个输入设计为测量电阻比值，尤其适用于测量热敏电阻或电池包识别电阻。在 AIN0 或 AIN1 测量周期开始之前， V_{OUT} 引脚输出基准电压来驱动由已知阻值电阻和未知阻值被测电阻构成的电阻分压器。由于可以消除误差计算中的基准公差，该技术能以合理的成本提供较高的测量精度。测量在两个辅助输入间交替进行。辅助测量结果每 1760ms 更新一次，并以二进制补码形式保存在相应的 AIN0 或 AIN1 寄存器中。

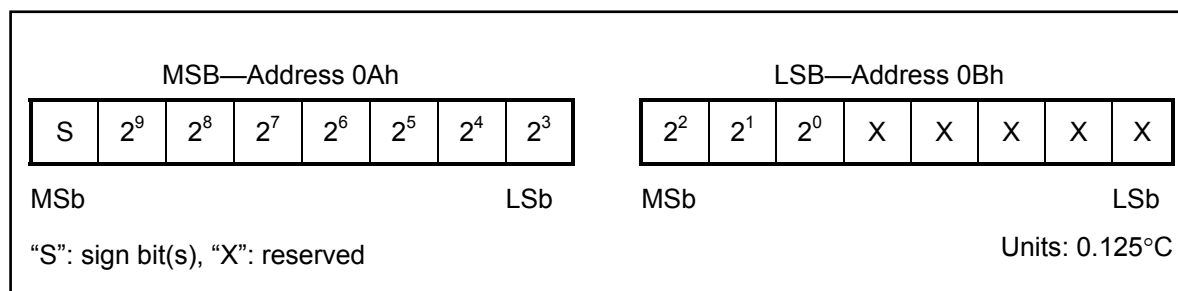
图 6. 辅助输入寄存器格式



温度测量

DS2786 利用内置温度传感器来测量电池温度，分辨率为 0.125°C。温度测量结果每 1760ms 更新一次，并以二进制补码形式保存在温度寄存器中。温度寄存器的格式在图 7 中给出。状态/配置寄存器中的 ITEMP 位必须置 1，以能使内部温度测量而非 AIN1 测量。

图 7. 温度寄存器格式



电流测量

在工作模式(Active)下，DS2786 通过测量连接在SNS和V_{SS}引脚间的低阻值检流电阻R_{SNS}两端的电压差，来连续测量流入和流出电池的电流。SNS和V_{SS}之间的电压检测范围为±51.2mV。注意当V_{SNS}低于V_{SS}时电流为正值，而当V_{SNS}高于V_{SS}时电流为负值。只要转换周期内的连续或平均信号电平不超过±51.2mV，则输入端允许出现峰值幅度高达102mV的信号。ADC对输入进行差分采样，并在每 880ms完成每一个转换周期后更新电流寄存器。图 8 给出了电流测量寄存器格式和各种选项时的分辨率。充电电流大于最大寄存器值时输出最大寄存器值(7FFFh = +51.2mV)。放电电流超过最小寄存器值时输出最小寄存器值(8000h = -51.2mV)。

每到第1024次转换时，ADC测量其输入失调以简化失调校正，提高电流精度。失调校正大约每15分钟进行一次。所得到的校正系数用于修正接下来的1023次测量结果。在输入失调转换期间，ADC不进行测量。电流寄存器中保存有失调转换前的电压测量结果。

图 8. 电流寄存器格式

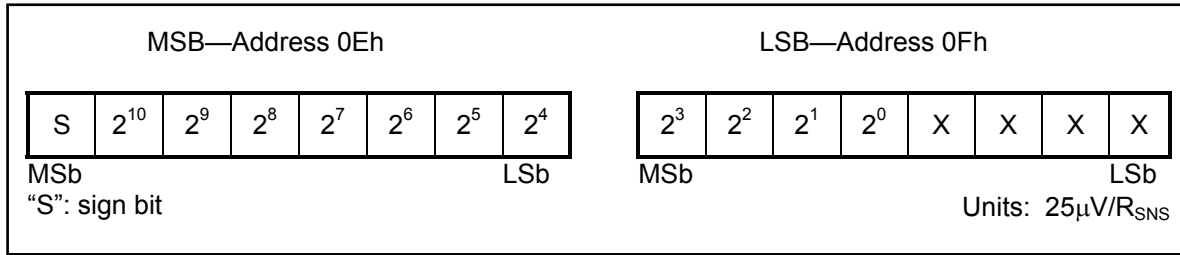


表 1. 不同R_{SNS}值时的电流范围和分辨率

CURRENT RESOLUTION (1 LSB)				
V _{SS} - V _{SNS}	R _{SNS}			
	20mΩ	15mΩ	10mΩ	5mΩ
25μV	1.25mA	1.667mA	2.5mA	5mA

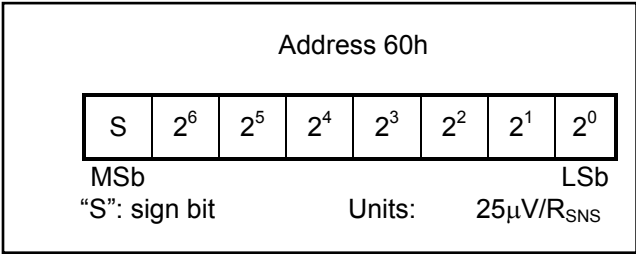
CURRENT INPUT RANGE				
V _{SS} - V _{SNS}	R _{SNS}			
	20mΩ	15mΩ	10mΩ	5mΩ
±51.2mV	±2.56A	±3.41A	±5.12A	±10.24A

电流偏移偏置

电流偏移偏置寄存器(COBR)允许将可编程偏移量相加至原始电流测量结果。原始电流测量结果加上 COBR 值作为电流测量结果存入电流寄存器，并用于电流累积和检测 OCV 条件。COBR 值可用于修正静态失调误差，或用于特意偏移电流测量结果从而偏移电流累积值。

COBR 允许进行读写访问。无论何时对 COBR 进行写操作，新值都将应用于后续的所有电流测量。COBR 能以 25μV 的步长在+3.175mV 至-3.2mV 范围内编程为任意值。COBR 的值以二进制补码形式存储在易失性(NV)存储器中。COBR 的出厂默认值为 00h。

图 9. 电流偏移偏置寄存器格式



电流累积

内置的累积电流寄存器(IACR)作为可逆计数器，可保存和累积最后一次 OCV 状态之后的电量变化。在每次电流测量转换周期结束时，电流测量结果加上可编程偏移量在片内进行求和或累积。IACR 的范围为±204.8mVh。当有电流流入或流出电池时，IACR 使用初始或电池电量学习寄存器的值来增加或减少相对容量寄存器的值。在这种方式中，即使较长一段时间内未出现 OCV 状态，电量计都能保持准确。

表 2. 不同R_{SNS}值时的累积电流范围

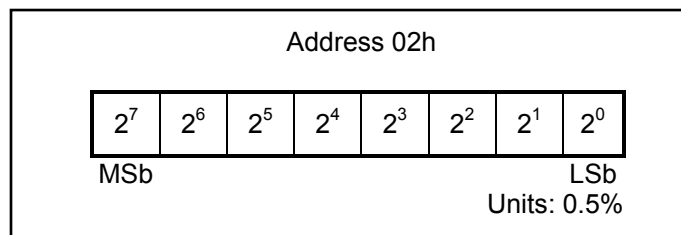
IACR RANGE				
V _{SS} - V _{SNS}	R _{SNS}			
	20mΩ	15mΩ	10mΩ	5mΩ
±204.8mVh	±10.24Ah	±13.65Ah	±20.48Ah	±40.96Ah

电池电量估计

DS2786 采用 OCV 测量与库仑计算法组合的方式来估算电池剩余电量。在电池充电或放电期间，DS2786 对流入或流出电池的电流进行计数。当系统不工作时，DS2786 等待电池电压恢复，然后根据存储在器件 EEPROM 中的电池开路电压模型对库仑计进行调整。计算结果以 0%至 100%范围的百分比形式向系统报告。随着电池老化，DS2786 的学习功能可调整电池电量。

相对电量寄存器可给出剩余电池电量占满电量的百分比。相对电量具有 0.5%的分辨率，数值介于 0%至 100%之间。IC 每次进行电流测量或电池开路电压测量时都要更新相对电量寄存器。

图 10. 相对电量寄存器格式



在进行首次学习操作之前，相对电量值由计算 IACR 与初始电量比例系数(7Ah)的乘积与最终 OCV 相对电量(16h)的和得到。在首次学习操作结束之后，相对电量值是由计算 IACR 与学习得到的电量比例系数(17h)的乘积与 OCV 相对电量(16h)的和得到。

每个电量比例系数寄存器的分辨率为 78.125%/Vh，最大范围为 0 至 19921.875%/Vh。在安装过程中，初始电量寄存器应编程为电池的电量。例如，在使用 1Ah 电池和 0.015Ω 检流电阻的应用中，初始电量寄存器应设置为 $(100\% \div (1\text{Ah} \times 0.015\Omega)) \div 78.125\%/Vh = 55h$ 。学习电量比例系数寄存器由 DS2786 控制。上电时该寄存器的值为 00h，在每次学习操作之后其数值都被更新为计算得到的最新电池电量。

图 11. 初始电量比例系数寄存器格式

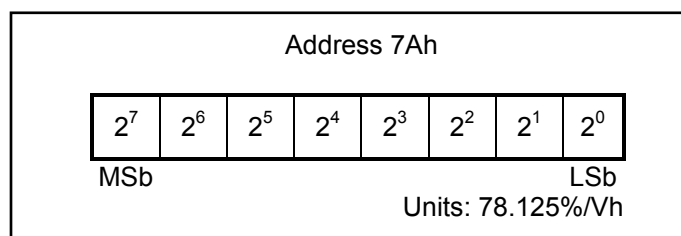
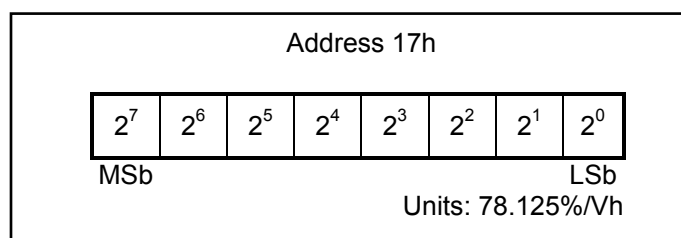


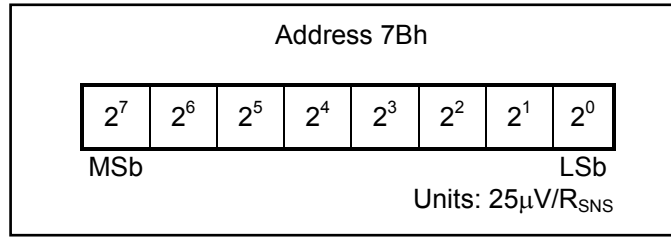
图 12. 学习电量比例系数寄存器格式



OCV 检测与电流消隐

消隐/OCV 门限寄存器可设置使 DS2786 在库仑计测量和开路电压测量之间进行切换的电流测量电平。当被测电流幅度(加上 COBR 之后)小于消隐/OCV 门限寄存器中的设置值时，测量结果不累加到 IACR 中。相反，IACR 保持当前值不变，而 DS2786 开始进行 dV/dt 测量计算以检测 OCV 电压状态。应选折门限值低于最小工作电流而又高于应用中的最大闲置电流。消隐/OCV 门限寄存器的分辨率为 $25\mu V/R_{SNS}$ ，范围为 $0mV/R_{SNS}$ 至 $6.375mV/R_{SNS}$ 。工厂默认值为 06h。

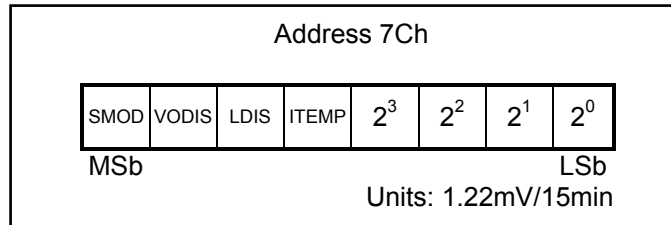
图 13. 消隐/OCV 门限寄存器格式



当被测电流低于消隐/OCV 门限电平时，每隔 15 分钟 DS2786 就通过计算电压寄存器报告的电池电压变化量(dV/dt)来检测一次电池闲置。如果在 15 分钟内电压寄存器的 dV/dt 小于储存在 OCV dV/dt 门限寄存器中的值，则 DS2786 断定电池正处于闲置状态，并且根据储存在参数 EEPROM 中的 OCV 电池模型对相对电量寄存器的值进行调整。在 DS2786 返回库仑计工作模式之前，每隔 15 分钟就重复一次该过程。

OCV dV/dt 门限寄存器的分辨率为 $1.22\text{mV}/15\text{min}$ ，范围为 $0\text{mV}/15\text{min}$ 至 $18.3\text{mV}/15\text{min}$ 。工厂默认值为 $3.66\text{mV}/15\text{min}$ 。注意 OCV dV/dt 门限寄存器的高 4 位被用来对状态/配置寄存器中的位进行 EEPROM 备份。

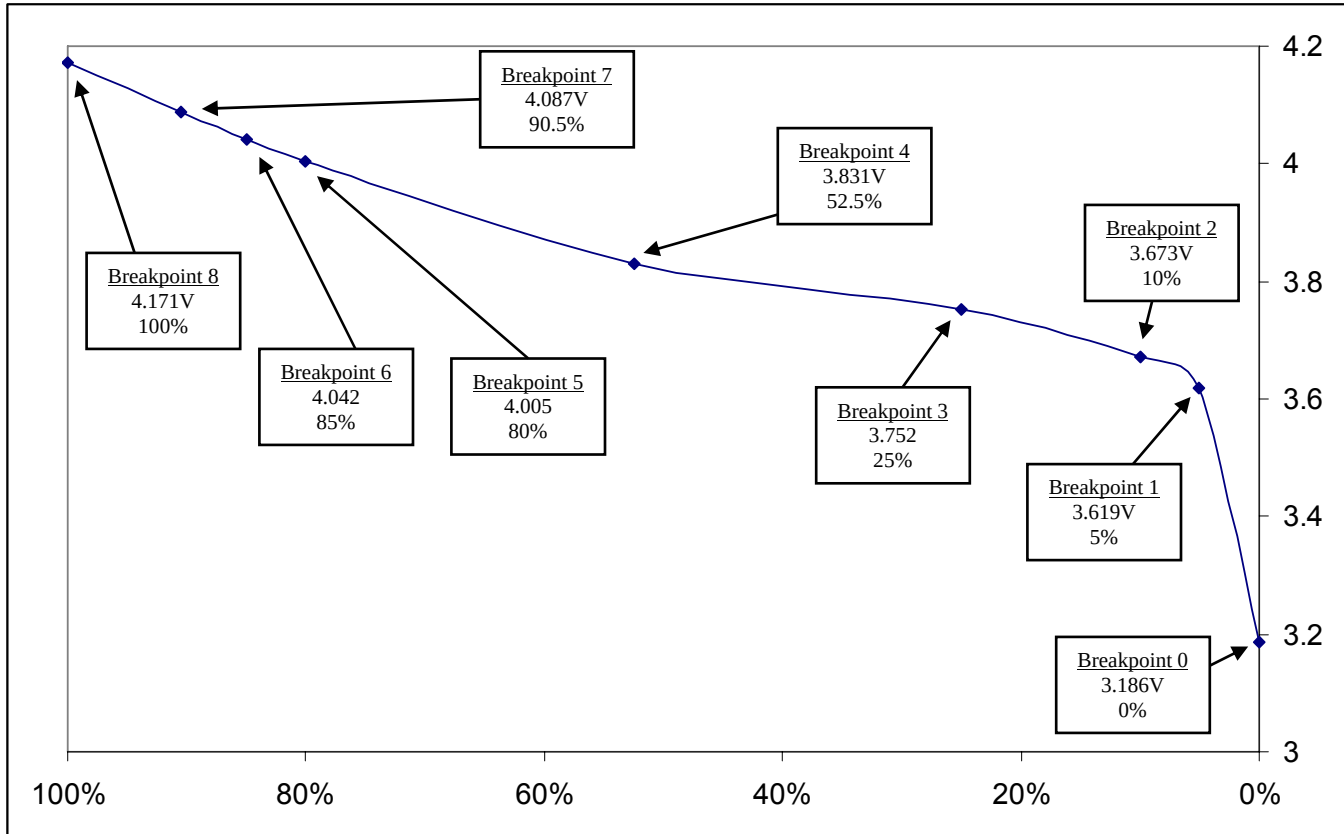
图 14. OCV dV/dt 门限寄存器格式



OCV 电池模型

OCV 电池模型是电池开路电压相对于电池剩余电量的 9 点分段线性逼近。任何时候只要产生 OCV 更新，相对电量寄存器就会根据 OCV 电压读数在查找表中的线性逼近进行调整。图 15 给出了存储在 EEPROM 中的工厂默认电池模型。

图 15. 默认 OCV 电池模型



OCV 电池模型可通过改变 EEPROM 中的电量和电压转折点寄存器数值来进行修改。电量 0 被固定为 0% 且不可更改。电量 1 至电量 7 分别被保存在地址 61h 至 67h 中，分辨率为 0.5%。电量值必须是单调的(电量 1 > 电量 0，电量 2 > 电量 1，等等)，但是可以写入 0.5% 至 99.5% 范围内的任何值。电量 8 被固定为 100% 且不可更改。

每个电压转折点需要 2 个字节，且以相似的方式存储。电压转折点 0 的 MSB 储存在地址 68h 中，而 LSB 储存在地址 69h 中。其他电压转折点依次储存在至 79h 的地址中。每个电压转折点的分辨率为 1.22mV，范围为 0.0V 至 4.996V。电压转折点的数值也必须是单调的。

图 16. 电量 1 至电量 7 寄存器格式

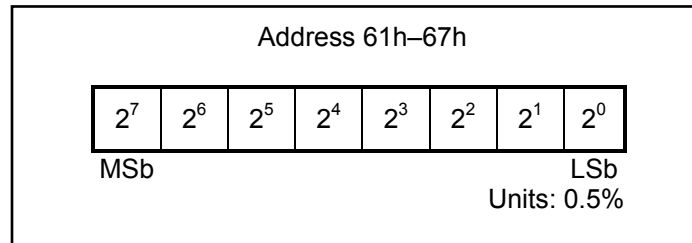
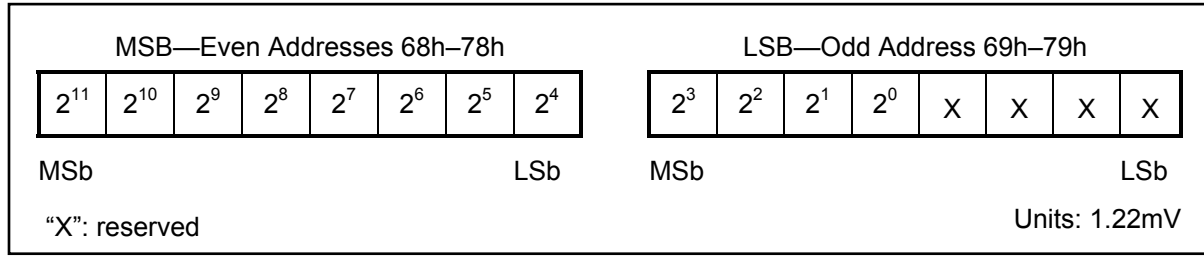


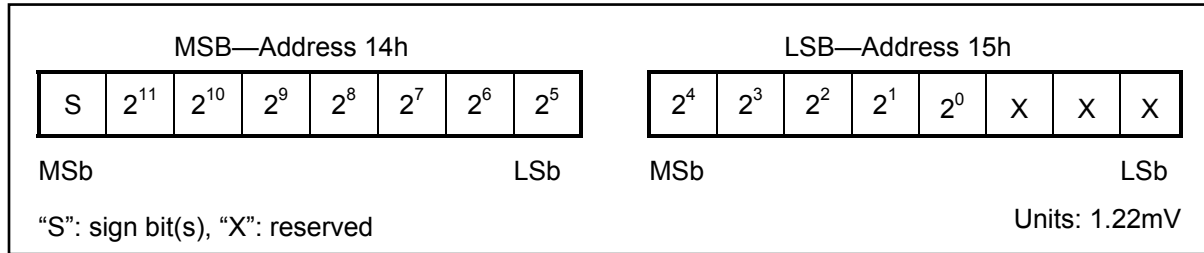
图 17. 电压转折点寄存器格式



初始电量估计

DS2786 在上电时立即计算相对电量。在初始化过程中，DS2786 会进行一次电压测量，并使用 OCV 电池模型数据来确定相对电量寄存器的初始值。该估算不考虑电池是否接有负载。电池负载引入的任何误差都会在下一次 OCV 调整时消除。用于确定初始值的初始电压测量结果将储存在初始电压寄存器中直到 IC 再次上电。

图 18. 初始电压寄存器格式

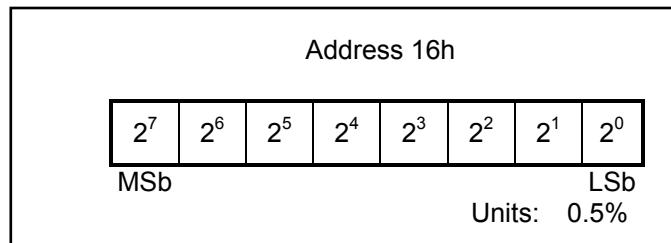


新电量学习

随着电池的老化，初始电量比例系数寄存器中的值将不再能准确反映电池的真实电量，从而在库仑计模式工作时使相对电量产生误差。DS2786 具有学习功能，可使 IC 在电池变化时仍然保持精确。通过比较最近两次 OCV 更新时的库仑计结果差异的百分比，DS2786 可学习新的电池电量。Last OCV 寄存器保存有上一次 OCV 调整时的相对电量百分比，可用于学习新的电池电量。每次 OCV 调整时，Last OCV 寄存器都会被更新。

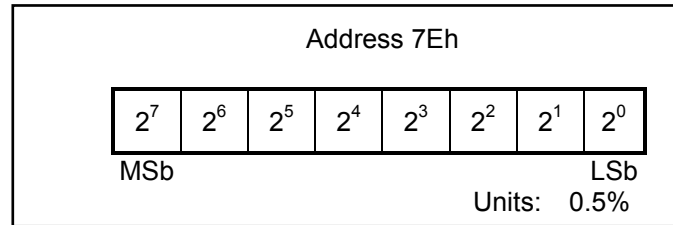
例如：假设检测电阻为 $15\text{m}\Omega$ ，DS2786 根据实际应用中的电池空载 OCV 测量结果将 1000mAH 电池的相对电量调整为 10%。然后根据内部库仑计与学习后电量比例系数 55h 相乘的结果，电池被充入 500mAH 电量(达到期望值的 60%)。下一次 OCV 调整可能确定相对电量值为 65%，而非 60%。则 DS2786 将把学习后的电量比例系数向上调整为 $(65\% - 10\%) \div (500\text{mAH} \times 0.015\Omega) = 5\text{Eh}$ ，从而把期望电池电量降低约 10%。

图 19. Last OCV 寄存器格式



Learn Delta 百分比门限允许在实际应用中学习新的电池电量之前选择所需的电池电量变化量。当前 OCV 测量与上一次 OCV 测量之间的差值必须大于 **Learn Delta** 百分比门限值，以使学习得以进行。这可防止 IC 测量分辨率给学习后的电池相对电量值引入误差。建议该寄存器的值至少设置为 50%。

图 20. Learn Delta 百分比门限



存储器映射

DS2786 具有带寄存器的存储空间可用于检测、状态和控制功能。当读取 2 字节寄存器的 MSB 时，MSB 和 LSB 在读数据命令有效期间被同时锁定和保持以防止其在读操作期间被更新，确保这两个寄存器字节间的同步。为了使读出结果一致，应始终在同一个读数据命令时序内读取 2 字节寄存器的 MSB 和 LSB。

60h 至 7Fh 之间的存储器空间是 EEPROM 的存储地址。EEPROM 存储器带有映射 RAM 以消除写命令之间的编程时延，从而允许主机系统在数据被复制到 EEPROM 之前对其进行校验。对 EEPROM 存储器地址进行读写数据的协议可访问映射 RAM。把命令寄存器中的 RCALL 位(FEh)置 1 可将数据从 EEPROM 传送到映射 RAM。

把命令寄存器的 COPY 位置 1 可将数据从映射 RAM 传送到 EEPROM。在写 COPY 位之前，必须为 VPROG 引脚提供外部电源。DS2786 要求在 t_{PROG} 时间间隔内将 COPY 复位为 0，以正确编程 EEPROM。过早复位 COPY 可能妨碍正常的单元写入，而过晚复位 COPY 又可能降低 EEPROM 的可编程次数。

DS2786 使用映射 RAM 的数据进行电量计算。在实际应用中，电量计信息可通过写映射 RAM 地址来更改。然后可通过写 SOCV 位来复位电量计。注意 I.C. 的任何复位操作都将使数据重新从 EEPROM 存入映射 RAM。

图 21. 通过映射 RAM 访问 EEPROM

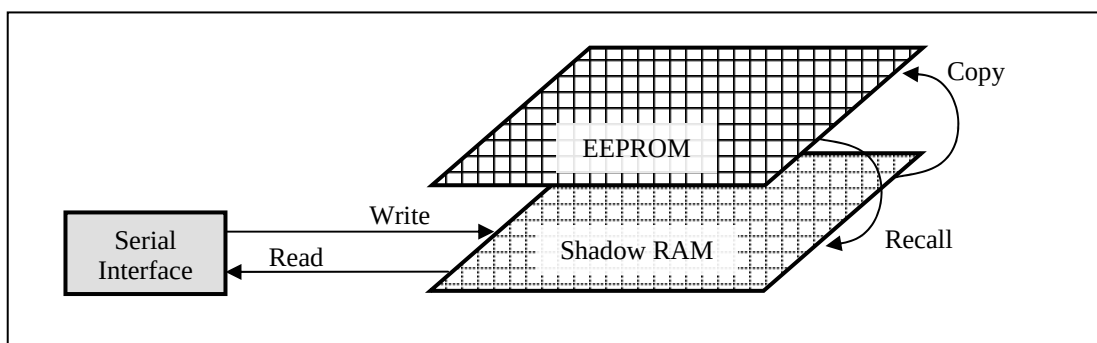


表 3. 存储器映射

ADDRESS (HEX)	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
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 存储模块

ADDRESS	DESCRIPTION	FACTORY VALUE	ADDRESS	DESCRIPTION	FACTORY VALUE
60h	Current Offset Bias Register	00h	70h	Voltage Breakpoint 4 MSB	C4h
61h	Capacity 1	0Ah	71h	Voltage Breakpoint 4 LSB	20h
62h	Capacity 2	14h	72h	Voltage Breakpoint 5 MSB	CDh
63h	Capacity 3	32h	73h	Voltage Breakpoint 5 LSB	10h
64h	Capacity 4	69h	74h	Voltage Breakpoint 6 MSB	CEh
65h	Capacity 5	A0h	75h	Voltage Breakpoint 6 LSB	F0h
66h	Capacity 6	AAh	76h	Voltage Breakpoint 7 MSB	D1h
67h	Capacity 7	B5h	77h	Voltage Breakpoint 7 LSB	40h
68h	Voltage Breakpoint 0 MSB	A3h	78h	Voltage Breakpoint 8 MSB	D5h
69h	Voltage Breakpoint 0 LSB	20h	79h	Voltage Breakpoint 8 LSB	90h
6Ah	Voltage Breakpoint 1 MSB	B9h	7Ah	Initial Capacity Scaling Factor	80h
6Bh	Voltage Breakpoint 1 LSB	50h	7Bh	Blanking/OCV Current Threshold	06h
6Ch	Voltage Breakpoint 2 MSB	BCh	7Ch	OCV dV/dt Threshold	93h
6Dh	Voltage Breakpoint 2 LSB	10h	7Dh	I ² C Address Configuration*	60h*
6Eh	Voltage Breakpoint 3 MSB	C0h	7Eh	Learn Threshold	78h
6Fh	Voltage Breakpoint 3 LSB	20h	7Fh	User EEPROM	00h

* 工厂预置默认7位地址是0110110，高3位固定为011，低4位可通过I²C地址配置寄存器改变，如图24、25所示。

状态/配置寄存器

状态/配置寄存器可读/写访问，其个别位被指定为只读。比特值给出了编程或选择器件功能的情况。其比特 3 至比特 6 被备份到 EEPROM 存储器地址 7Ch 中。注意备份地址中各比特的位置不同。

图 22. 状态/配置寄存器格式

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—保留位。

PORF—上电复位标志置 1 表明初次上电。PORF 不能内部清零。为了能够利用该标志位指示后续的上电事件，用户必须将该标志写为 0。POR 事件将导致电量计复位。PORF 可读/写为 0。

SMOD—休眠模式使能。SMOD 的值为 1 时，若 SCL 和 SDA 都为低电平的时间达到 t_{SLEEP} ，则允许 DS2786 进入休眠模式；SMOD 的值为 0 时禁止 DS2786 进入休眠模式。该位备份至 EEPROM 存储器地址 7Ch 的比特 7。其出厂编程值为 1。

注意：当使用外部充电器对电池充电且未连接 SDA 或 SCL 引脚时，SMOD 休眠功能必须被禁止。若充电器把 SDA 或 SCL 拉为高电平，则 SMOD 休眠特性可用。若充电器不能正确的驱动 SDA 或 SCL，则 DS2786 将保持休眠状态，而不会在电池充电时调整相对电量。

LDIS—LEARN 禁止。该位为 1 时禁止 DS2786 学习电池电量。该位为 0 时允许电池电量学习正常的进行。该位备份至 EEPROM 存储器地址 7Ch 的比特 5。其出厂编程值为 0。

VODIS— V_{OUT} 禁止。该位为 1 时禁止 V_{OUT} 输出。设置为 0 时 V_{OUT} 输出将在 AIN0 转换开始前 t_{PRE} 时刻被驱动，并且在 AIN1 转换结束后被禁止。该位备份至 EEPROM 存储器地址 7Ch 的比特 6。其出厂编程值为 0。

ITEMP—ITEMP。该位为 1 时允许使用内部传感器在 AIN1 转换时隙内测量温度。此时 AIN1 输入将不被选中，且在 AIN1 时隙内不会使能 V_{OUT} 输出。该位为 0 时，恢复 AIN1 测量，且在 AIN1 时隙内使能 V_{OUT} 输出。该位备份至 EEPROM 存储器地址 7Ch 的比特 4。其出厂编程值为 1。

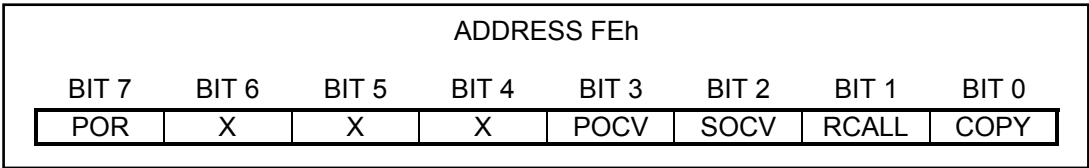
AIN1—AIN1 转换有效。该只读位指示 V_{OUT} 输出被使能，且 AIN1 引脚信号的转换已完成。当使用 VODIS 位时，在读取 AIN1 寄存器前需先读取 AIN1 位。只有当 AIN1 位为 1 时才允许读取 AIN1 寄存器。

AIN0—AIN0 转换有效。该只读位指示 V_{OUT} 输出被使能，且 AIN0 引脚信号的转换已完成。当使用 VODIS 位时，在读取 AIN0 寄存器前需先读取 AIN0 位。只有当 AIN0 位为 1 时才允许读取 AIN0 寄存器。

命令寄存器

命令寄存器可读/写访问。其比特值给出了要求器件进行的操作。

图 23. 命令寄存器格式



X—保留位。

COPY—COPY位置 1 将启动把暂存器内容复制到EEPROM的命令。为了使复制成功进行，必须先将编程电压加到VPROG引脚上。在t_{PROG}时间窗口内，COPY位必须通过软件清零。

RCALL—Recall 位为 1 时可把 EEPROM 中的内容复制到暂存器中。

SOCV—存储的 OCV 计算。该命令可用于在更新暂存器中的 OCV 电池模型数据后复位相对电量计算。该位置 1 时，器件根据储存在初始电压寄存器中的电压值和暂存器中 OCV 查找表的值进行 OCV 计算。将该位写 1 将强制进行计算。强制 OCV 计算会产生电量估计误差。在硬件完成计算后该位被清零。

POCV—当前 OCV 计算。该位置 1 时，器件根据储存在电压寄存器中的电压值和暂存器中 OCV 查找表的值进行 OCV 计算。该位写 1 将强制进行计算。该功能仅用于测试目的。强制 OCV 计算会产生电量估计误差。在硬件完成计算后该位被清零。

POR—上电复位。该位为 1 时启动上电复位事件。在下一次 2 线总线启动或停止时该位被清零，退出复位状态。

用户 EEPROM

地址 7Fh 提供一个字节用于保存用户定义的信息。该字节不影响电量计的工作。工厂默认值为 00h。

2 线系统

器件的 2 线系统允许其作为从机工作在一个或多个从机和一个或多个主机的系统中。2 线接口包括串行数据线(SDA)和串行时钟线(SCL)。SDA 和 SCL 可为从机 DS2786 和主机提供双向通信，速度可高达 400kHz。DS2786 的 SDA 引脚可双向工作，也就是在 DS2786 接收数据时 SDA 可作为输入，而当 DS2786 返回数据时 SDA 可作为带有主机侧上拉电阻的漏极开路输出。DS2786 总是作为从机使用，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操作，并产生 SCL 信号以及启动和结束传输的 START 和 STOP 位。

位传输

每个 SCL 时钟周期传输一位数据。时钟周期定义为 SCL 从低变为高再从高变为低。在 SCL 时钟脉冲为高电平期间 SDA 的逻辑电平必须保持稳定。SCL 为高时 SDA 电平的任何变化都将被认为是一个 START 或 STOP 控制信号。

总线空闲

当无主机控制总线时定义为总线空闲或不忙。在总线空闲时 SDA 和 SCL 都保持高电平。使总线进入空闲状态的正确方法是使用 STOP 条件。

START 和 STOP 条件

主机通过在 SCL 为高电平时强制 SDA 从高变低产生 START 条件(S)来发起传输。主机通过在 SCL 为高电平时使 SDA 从低变为高产生 STOP 条件(P)来终止传输。重复 START 条件(Sr)可用来代替 STOP 和之后的 START 来结束一次传输并开始另一次传输，无需使总线返回空闲状态。在多主机系统中，重复 START 条件允许主机保持对总线的控制。START 和 STOP 条件是在 SCL 为高电平、SDA 的电平变化时的唯一总线活动。

应答位

数据传输中的每个字节都由应答位(A)或非应答位(N)响应。主机和从机 DS2786 都能产生应答位。为了产生应答，接收设备必须在与应答关联的时钟脉冲(第 9 个脉冲)上升沿到来之前将 SDA 拉为低电平，并保持至 SCL 变低。为了产生非应答(也称作 NAK)，接收设备必须在与应答关联的时钟脉冲上升沿到来之前释放 SDA，并保持至 SCL 变低。监视应答位允许检测不成功的数据传输。如果接收设备忙或系统出现故障将会导致数据传输失败。数据传输失败时，总线主机可重新尝试进行通信。

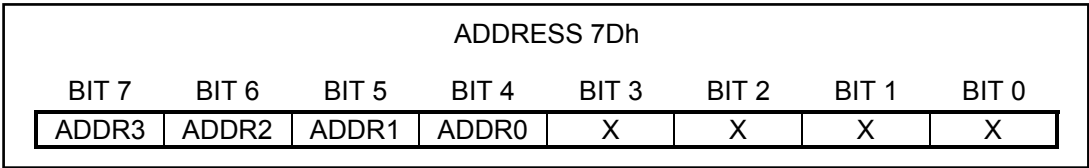
数据顺序

数据字节由最高有效位(MSB)在前的 8 位数据组成。在每个字节的最低有效位(LSB)之后是应答位。对于由多个字节组成的 DS2786 寄存器，其最高有效字节(MSB)在前。多字节寄存器的 MSB 储存于数据存储器的偶地址。

从机地址

总线上的主机通过发出START条件、从地址(SAddr)和读/写(R/W)位来发起与从机的通信。在总线空闲时，DS2786 连续监视总线上带有其从机地址的START条件。当DS2786 接收到匹配的从机地址时，它将在R/W位之后的时钟周期内响应一个应答位。工厂默认的 7 位从机地址为 0110110。其高 3 位被固定为 011，低 4 位可通过写I²C地址配置寄存器 7Dh来进行修改。

图 24. I²C 地址配置寄存器格式



X—保留位。

ADDR3:0—DS2786 的I²C地址配置寄存器中的用户可调整位。工厂默认值为 0110。

图 25. DS2786 的 I²C 地址寄存器格式

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

读/写位

R/W位紧随在从机地址之后，用于确定后续字节的数据传输方向。R/W = 0时选择写操作，后续字节将由主机写入从机。R/W = 1时选择读操作，后续字节将从从机中读取。ADDR3–ADDR0位的默认值为0110，使用地址0x6Ch进行写操作，使用0x6Dh进行读操作。

总线时序

DS2786 可兼容高达 400kHz 的任何总线时序。以任何速度工作都无需进行特殊配置。

2 线命令协议

命令协议包括几种传输格式。最简单的格式由主机写 START 位、从机地址和 R/W 位组成，然后监视应答位以判断 DS2786 是否存在。比较复杂的格式有写数据、读数据、功能命令协议写数据、读数据，以及让器件执行特定操作。各种格式中的每个字节都要求从机或主机在继续传输下个字节之前返回一个应答位。各功能命令的定义都概括了所需的传输格式。下列标识符适用于传输格式。

表 5. 2 线协议标识符

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

基本传输格式

写操作： S SAddr W A MAddr A Data0 A P

写操作可向 DS2786 发送一个或多个数据字节。数据传输从 MAddr 字节提供的存储器地址开始。除确认周期之外，主机在整个数据传输过程中一直保持有对 SDA 信号的控制权。

读操作： S SAddr W A MAddr A Sr SAddr R A Data0 N P

写
读

读操作可从 DS2786 读出一个或多个字节。读操作由写操作部分和随后的读操作部分组成，因此比写操作要长。写操作部分告知读操作的起点位置。随后紧接着读操作部分，以重复 START 开始，之后是 R/W 置为 1 的从机地址。从机地址应答周期开始，SDA 就由 DS2786 控制。除确认周期之外，DS2786 在整个数据读取过程中一直保持有对 SDA 信号的控制权。在接收到所需的最后一个字节之后，主机通过响应一个非应答位来表示结束读操作。这将告知 DS2786：主机将在紧随的应答时钟内恢复对 SDA 的控制权。

写数据协议

写数据协议可用于从存储器地址 **MAddr** 开始向 **DS2786** 的寄存器和映射 **RAM** 写入数据。**Data0** 表示写入地址 **MAddr** 的数据，**Data1** 表示写入地址 **MAddr + 1** 的数据，而 **DataN** 表示最后的数据字节，将被写入地址 **MAddr + N**。在接收到最后一个应答位之后，主机可通过发送一个 **STOP** 或重复 **START** 来表示结束写操作。

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

将要储存到地址 **MAddr** 的数据的 **MSB** 可在 **MAddr** 字节被应答之后立即写入。因为 **DS2786** 在接收到每个字节的最低有效位(**LSB**)之后自动递增地址，因此地址 **MAddr** 的数据得到应答后主机可立即向地址 **MAddr + 1** 写入下一个数据的 **MSB** 位。若总线主机连续进行自动递增的写数据操作超过了地址 **4Fh**，则 **DS2786** 会忽略这些数据。向只读地址和保留地址写数据，或者在自动递增时向功能命令寄存器(地址 **FEh**)写数据都会被忽略。不完整的字节和被 **DS2786** 以非应答响应的字节都不会写入存储器。如存储器部分说明的那样，向 **EEPROM** 地址的写操作仅修改映射 **RAM**。

读数据协议

读数据协议用于从存储器地址 **MAddr** 开始读取 **DS2786** 寄存器和映射 **RAM** 中的数据。**Data0** 表示存储器地址 **MAddr** 中的数据，**Data1** 表示存储器地址 **MAddr + 1** 中的数据，而 **DataN** 表示主机读出的最后一个字节。

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

数据从 **MAddr** 的最高有效位(**MSB**)开始返回。因为在每个字节的 **LSB** 返回后地址自动递增，因此主机在应答地址 **MAddr** 的数据之后可立即读取地址 **MAddr + 1** 中数据的 **MSB**。若总线主机连续读取数据使地址超过了 **FFh**，则 **DS2786** 输出数据值为 **FFh**。在存储器映射(表 3)中标记为“保留”的地址将返回未定义数据。总线主机可通过在任意字节边界发出一个非应答并且跟随一个 **STOP** 或重复 **START** 来结束读操作。

封装信息

(本数据资料的封装图可能不是最新规格，如需获得最新的封装信息，请访问 www.maxim-ic.com.cn/DallasPackInfo)。

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

本文是Maxim正式英文资料的译文，Maxim不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。请注意译文中可能存在文字组织或翻译错误，如需确认任何词语的准确性，请参考Maxim提供的英文版资料。

索取免费样品和最新版的数据资料，请访问Maxim的主页: www.maxim-ic.com.cn。