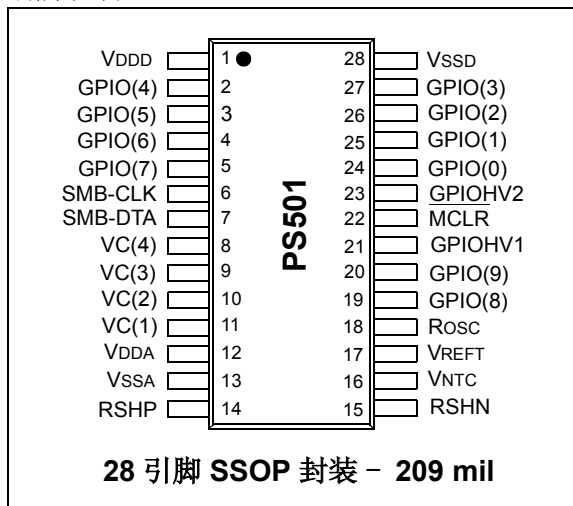


现场可编程的单芯片电池管理器

特征

- 可再充电电池管理的单芯片解决方案
- 引脚排列与 PS401 兼容
- 与 SMBus 1.1 以及 SBDData 1.1 规范兼容
- 可提供锂离子和锂聚合物化学电池容量的精确报告
- 内嵌 PowerSmart[®] 专利算法包含在用户可定制的片内 16K 字节 Flash 存储器中
- 用户可配置和“自学习”参数存放在片上 256 x 8 EEPROM 内
- 通过 SMBus 接口可对算法和参数进行现场完全重新编程
- 片内集成 Σ - Δ A/D 转换器，其分辨率可编程设定为 9 至 16 位，能精确测量以下数据：
 - 通过检测电阻测量电流
 - 直接连接到 VCELL 输入引脚的高电压 (18V) 电池组
 - 通过片内传感器或选用的外部热敏电阻测量温度值
- 片内集成高精度硅时基
- 12 个可单独编程的输入 / 输出引脚，可配置为充电控制 I/O、备用安全功能 I/O、SOC LED 输出或通用 I/O
 - 12 个 I/O 中的两个为高电压 I/O，可直接驱动充电 / 保护场效应管 (FET)
- 片上稳压器可产生精确的数字和模拟电源电压，其输入直接取自电池组电压
- 支持直接与 2 至 4 节锂电池组连接
- 灵活的电源工作模式：
 - 运行模式：连续工作
 - 采样模式：周期性采样测量，采样间隔时间可编程设定
 - 休眠模式：由于低电压引起的断电模式。低功耗，电流消耗小于 25 μ A。
 - 闲置-休眠模式：电池组库存期间关闭 PS501。电池组接入时自动唤醒。该模式下的功耗小于 1 μ A。
- 集成复位控制功能
 - 上电复位
 - 看门狗定时器复位
 - 欠压锁定复位

引脚说明



引脚一览

引脚名称	类型	说明
VDD, VSSD	电源	数字信号电源输入，接地端
GPIO(0..9)	I/O	可编程数字 I/O
GPIOHV1,2	I/O	用于直接驱动 FET 的开漏可编程数字 I/O
MCLR	I	主清除引脚。正常工作时时处于上拉状态
SMB-CLK, SMB-DTA	I/O	SMBus 接口
VC(1..4)	I	电池电压输入
VDDA, VSSA	电源	稳压器输出 (内部连接到模拟信号源输入)，接地端
RSHP, RSHN	I	电流检测电阻输入
VNTC	I	外部热敏电阻输入
VREFT	O	热敏电阻参考电压
ROSC	I	内部振荡器偏置电阻

PS501

1.0 器件概述

PS501 芯片结合了高性能、低功耗的 Microchip PIC18 单片机内核、PowerSmart 专有的监视 / 控制算法以及存放于片内 16K 字节可再编程 Flash 存储器中的 3D 电池模型。

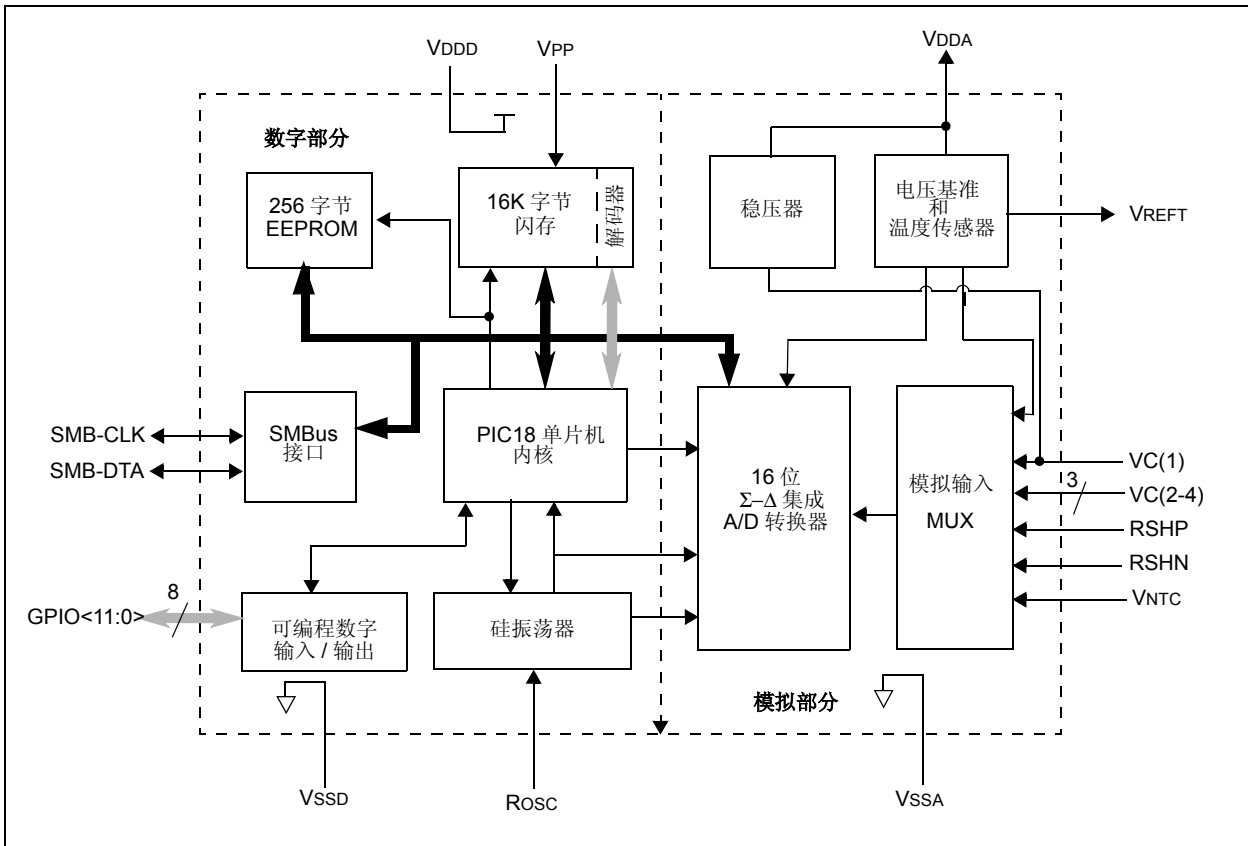
片内模拟资源包括一个 16 位 Σ - Δ 积分 A/D 和混合信号电路，用于精确测量电池电流、温度和电压，并支持与 4 节串联锂离子电池组直接连接。片上 EEPROM 用于存

放用户配置和“自学习”电池参数。符合业界标准的双线制 SMBus 接口支持采用标准 SBDATA 命令和状态与主机通信。

其它集成特性包括一个高精度片上振荡器和温度传感器。12 个通用引脚支持充电或安全控制，或支持用户可编程数字 I/O。其中 8 个引脚可用作 LED 驱动器，而 2 个漏极开路引脚可用于直接驱动 FET。

PS501 通过设定可适用于所有不同化学性质的可充电锂电池，包括锂离子石墨、锂离子硬炭以及锂离子聚合物电池，并可直接与 2 至 4 节串联电池组连接。

图 1-1: PS501 内部结构方框图



1.1 结构介绍

PS501是一款用于可再充电电池管理的完全现场可重新编程的单芯片解决方案。图 1-1 显示了该器件内部结构的主要部分。以下将对这些部分进行介绍。

1.2 单片机 / 存储器

PS501 采用了先进而低功耗的 Microchip PIC18 8 位 RISC 单片机内核。其存储器资源包括 16K 字节可重新编程的闪存存储器，以及 256 字节 EEPROM，分别用于存储程序 / 数据和参数。这两种存储器均可通过 SMBus 接口进行重新编程。

1.3 A/D 转换器

PS501 利用高精度 16 位积分 Σ - Δ A/D 转换器来进行电流、电压和温度的精确测量。A/D 经过校准后可消除增益误差和偏移误差。它还带有自动清零偏移校正功能，可用于终端系统应用。

1.4 PowerSmart® 固件 / 电池模型

16K 字节 Flash 存储器中固化有所利用 PowerSmart 开发的电池管理固件。该固件采用专有算法以及精密的 3 维电池模型。这种获得专利并具有自学习功能的 3D 电池模型由电池化学专家开发，包含 250 多种参数，并可对自放电、温度以及其他因素进行补偿。除此之外，器件在充 / 放电周期内还执行了多项容量校正和减小误差的操作，以提高精度，改善电量计和充电控制性能。上述功能可确保实现精确的电池容量报告以及误差小于 1% 的实时预测。

闪存的可再编程特性使得在无需改变硅片设计的前提下，可迅速实现固件升级并生成用户版本。

PS501 可根据特定应用的电池化学性质轻松进行用户定制。PowerSmart 提供了各种标准配置文件，可用于配置各种流行的可再充电电池和电池组应用。

1.5 SMBus 接口 / SBData 命令

PS501 与主机的通信完全符合业界标准的智能电池系统规范 (SBS)。器件内部包括一个符合 SMBus v1.1 协议的先进 SMBus 通信引擎。该集成固件可对所有修改的智能电池 (SBData) v1.1 数据值进行处理。

1.6 精确的集成时基

PS501 带有一个高精度硅振荡器，无需外部晶振即可进行自放电定时和容量计算的精确定时。

1.7 温度检测

当 PS501 IC 紧靠被监控的电池元件时，可采用片内集成的温度传感器以减少元件数目。用户也可选择通过器件提供的引脚外接热敏电阻进行温度监控。

1.8 通用 I/O

PS501 提供 12 个可编程数字输入 / 输出引脚。其中 8 个引脚可用作 LED 输出以显示充电状态 (SOC)，或直接控制外部充电电路，或为锂离子电池组提供额外的安全保护。当然，它们也可用作通用输入 / 输出引脚。在这些引脚中，有 2 个 I/O 是开漏输出引脚，因此可用于直接驱动 FET 或其它高电压应用。

PS501

表 1-1: 引脚说明

引脚	名称	说明
1	VDDD	(输入) 数字信号电源电压的滤波电容输入
2	GPIO(4)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (4) 或 LED 驱动
3	GPIO(5)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (5) 或 LED 驱动
4	GPIO(6)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (6) 或 LED 驱动
5	GPIO(7)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (7) 或 LED 驱动
6	SMB-CLK	SMBus 时钟引脚接线端
7	SMB-DTA	SMBus 数据引脚接线端
8	VC(4)	(输入) 串联电池组中电位第四高的电池电压输入
9	VC(3)	(输入) 串联电池组中电位第三高的电池电压输入
10	VC(2)	(输入) 串联电池组中电位次高的电池电压输入
11	VC(1)	(输入) 串联电池组中电位最高的电池电压输入
12	VDDA	(输入) 模拟信号电源电压输入
13	VSSA	模拟信号接地参考点
14	RSHP	(输入) 来自电流检测电阻正极的电流检测 A/D 输入
15	RSHN	(输入) 来自电流检测电阻负极的电流检测 A/D 输入
16	VNTC	(输入) A/D 输入, 用于外部测温电路。该输入端为分压器的中点, 其中分压器的上端为热敏电阻 (103ETB 型), 下端为 3.65 千欧电阻。该输入电压不应超过 150 mV。
17	VREFT	(输出) 参考电压输出, 用于测量温度的 A/D 电路。参考输出电压为 150 mV, 为分压器上端的接线端并连接到外部热敏电阻。
18	Rosc	外部偏置电阻
19	GPIO(8)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (8)
20	GPIO(9)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (9)
21	GPIOHV1	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (10)。开漏, 允许高电压。
22	MCLR	(输入) 主清除。正常运行时必须被拉高。
23	GPIOHV2	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (12)。开漏, 允许高电压。
24	GPIO(0)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (0) 或 LED 驱动
25	GPIO(1)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (1) 或 LED 驱动
26	GPIO(2)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (2) 或 LED 驱动
27	GPIO(3)	(双向) 可编程通用数字输入 / 输出引脚 (3) 或 LED 驱动
28	VSSD	数字信号接地参考点

2.0 A/D 操作

PS501 的 A/D 转换器对电流、电压和温度进行测量，并对随时间变化的电流求积分以预测充电状态。每节电池和整个电池组的电压都处于监控之中，所有电压测量皆可单独校准以获得最佳的测量精度。通过外部检测电阻可以在充放电过程中对电流进行监控，并利用片上时钟振荡器作为时基求随时间变化的电流的积分。温度可通过片上温度传感器测量，也可选用外部热敏电阻来测量。电流和温度的测量同样须进行校准以确保精度。

2.1 A/D 转换器列表

A/D 转换器将交替测量电池组电压、电池电压、电流、温度和自偏移量，如下所述。测量的排列顺序和测量频率可编程设定，所使用的位数也可编程设定。缺省的测量顺序包括三种不同的排列。在电池接近充满（电池电压高于 **ADLNearFull** 电压限定值）以及接近放空（电池电压低于 **ADLNearEmpty** 电压限定值）时，使用侧重于电压的测量顺序以准确地结束充电或放电过程。当电池电压处于 **ADLNearFull** 以及 **ADLNearEmpty** 之间时，使用侧重于电流的测量顺序以实现精确的容量计算。

2.2 电流测量

RSHP 和 RSHN 引脚为电流测量的 A/D 输入通道。电流测量采用积分法，对随时间变化的电流取平均值测量电流，再求积分得到精确测量值。

如图例所示，在 RSHP 和 RSHN 引脚上连接一个阻值为 5 至 600 毫欧的检测电阻。RSHP 或 RSHN 引脚上的最大输入电压为 +/-150 mV。应正确选择检测电阻的大小以满足所期望的最小和最大充放电电流的测量要求，并将暂停和 / 或待机电流考虑在内。

电路中从检测电阻接出的走线应尽可能短，应尽量避免出现交叉或穿通。如果无法将检测电阻负极接到单独的接地参考点将严重影响测量电流精度。

EEPROM 中的 **NullCurr** 值表示电池的零电流，在读取零电流值时用该参数作校准保护带。如果测量电流值低于 +/- **NullCurr**（单位为 mA），将被读作零且不会引用到电池容量算法的计算中。**NullCurr** 的典型值为 3 mA，因此在 -3 mA 和 +3 mA 之间的任何测量值将被读作零，且不会引用到电池容量计算中。

电流测量精度和测量电阻选择的公式为：

公式 2-1:

$$9.15 \text{ mV/RSENSE (毫欧)} = \text{电流 LSB}$$

$$(\text{如果最小电流测量值} > \text{NullCurr})$$

$$\text{电流 LSB} \times 16384 = \text{可能的最大电流测量值}$$

产品出厂前就通过 SMBus 接口完成了在线电流校准，以保证产品具备绝对准确度。电流测量的公式为：

公式 2-2:

$$I(\text{ma}) = (I_{\text{A/D}} - \text{COCurr}) * \text{CFCurr} / 16384$$

其中：

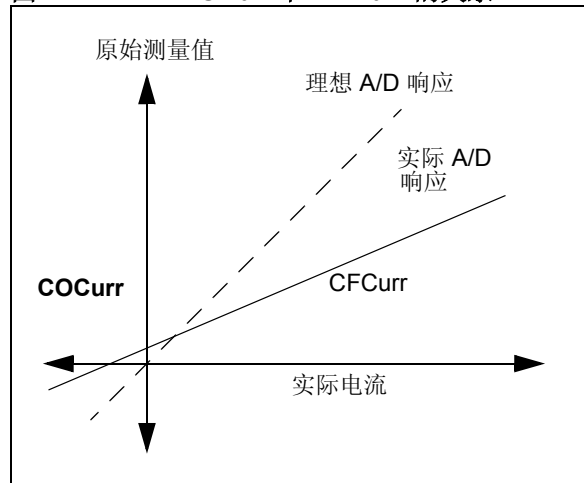
$I_{\text{A/D}}$ 是内部测量值

COCurr 是“电流偏移量校正”参数，用于补偿电流测量中的偏移误差。该参数存储于 EEPROM 中。

CFCurr 是“电流测量校正因子”参数，用于补偿可能随电流变化而变化的检测电阻的实际阻值。该参数存储于 EEPROM。

图 2-1 显示了 **COCurr** 和 **CFCurr** 之间的关系。

图 2-1: **COCurr** 和 **CFCurr** 的关系



2.3 偏移自动补偿

通过自动调零的自校准法可以避免准确度漂移。该功能使能时，每隔 $\text{AOMInt} * 0.5$ 秒电流测量电路将自动回零。该特点可校正器件操作时由于温漂造成的误差。偏移自动补偿电路的工作原理是将 RSHP 和 RSHN 的输入断开，并在内部将这些输入短接以测量零输入偏移。EEPROM 和校准值 COD 是特定模块的实际零偏移量。

2.4 电压测量

电池和电压组电压测量使用的 A/D 输入通道为 VC(1) 至 VC(4) 引脚。当 A/D 功能激活时，器件将在每一测量周期进行测量。任意 VCELLX 输入引脚上的最大电压绝对值为 19V，但是我们建议输入电压不要超过 18V。每节电池的电压测量采用积分法以减小瞬间电压尖峰或波动造成的影响。测量时，A/D 采用 11 位分辨率模式。

在每一测量周期，A/D 将读取电池电压的输入值。每个测量周期的间隔约为 500 毫秒。采样模式下测量周期可被进一步延长，此时 A/D 测量并非在每一测量周期都被激活，具体何时激活取决于 **SampleLimit** 和 **NSample** 的设定（详细信息参见第 3.0 章“工作模式”）。在锂离子电池、锂基电池甚至铅酸电池应用中，可分别监控多达 4 节串联电池组中各电池的电压。电池组中电压最高的电池应接到 VC(1)。

在有些应用中，电池组的串接可以根据实际情况进行相应的改变。PS501 的每个电压输入引脚（VCELLX 引脚）可测量高达 18V 的电压。因此可将几个电池连成一组并对电池电压门限值作相应的调整。例如，一个由 2 节锂离子电池组成的电池组实际上可以连接成一个 7.2V 电池以取代两个 3.6V 电池。这样，电池电压的参数值都将加倍，即 VCELL1 电压就等于两节串联电池电压之和，因而只需使用 VC(1) 输入引脚进行电压检测。

每个 VCELLX 输入电路中均包含一个内部电阻分压器，用以将外部输入电压降到内部 A/D 电路的可处理范围之内（最大值为 150mV）。这些分压器根据最大电压量程 4.5V 进行设定。对于电池组电压的测量，根据最大电压量程 20V 进行分压器的设定，可获得分压器处理后的电压输入范围为 340mV（最大值）。

每个 VCELLX 输入端的阻抗约为 100 k 欧姆，但只在实际测量时，该引脚才通过 VSSA 引脚接地。因此在短暂的电压测量期间，上述工作方式会造成电池容量的少量漏失。一般来说，每一个 500 ms 测量周期内电压测量持续时间的典型值为 45 ms。

2.4.1 阻抗补偿

由于电池组和电池电压的测量精度对于系统性能十分关键，因此需要对电压测量进行补偿以抵消导电通路中影响电压测量精度的阻抗所产生的影响。

EEPROM 中的 **PackResistance** 值用来补偿计算中应被消除的额外电阻。

计算补偿值（单位是欧姆）的公式为：

公式 2-3:

$$\text{PackResistance} = \text{引线电阻} * 65535$$

（这是一个 2 字节值，因此最大值为 1 欧姆）。

这就要求对总电压的 **SBData** 函数进行修改以补偿电池组电阻和分流的电流检测电阻，因此上述电压计算公式修改为：

公式 2-4:

$$\text{SBData 电压值} = \text{VC}(1) + \text{电流测量值 (mA)} * \text{PackResistance}/65535$$

电压测量公式为：

公式 2-5:

$$V \text{ (mV)} = (V_{A/D} - \text{COVPack}) * \text{CFVPack}/16384$$

其中：

V_{A/D} 为内部测量输出

COVPack 是“电池组电压校正偏移量”，用来补偿电压测量时出现的任何偏移误差（由于 A/D 的偏移量小于最小电压测量误差 +/- 16.5 mV，因此 **COVPack** 的典型值为 0）。

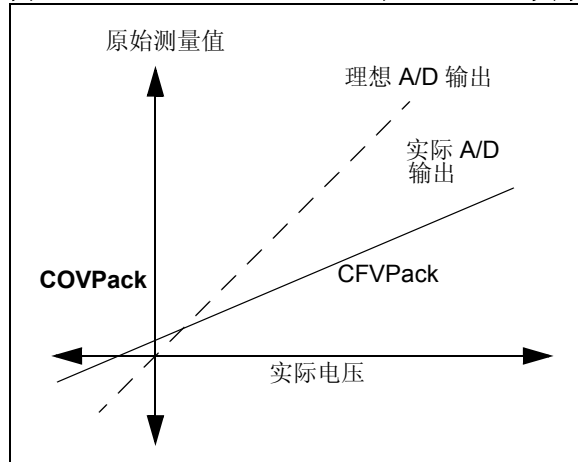
CFVPack 是“电池组电压校正因子”，用于补偿随电压输入变化的实际 A/D 输出对理想 A/D 输出的偏移变化。

COVPack 和 **CFVPack** 是存储于 EEPROM 中的校准常数。

根据连接至 PS501 的线路阻抗，也可对 VCELL1 和 VCELL4 进行补偿。**VC1Res** 是 PS501 与串联电池组中电位最高的电池之间的电阻。**VC4Res** 是 PS501 与电位最低的电池之间的电阻。这样在进行电压计算时，根据上述参数可以减去电池和 PS501 之间流动的电流造成的电压降。

图 2-2 显示了 **COVPack** 和 **CFVPack** 参数值之间的关系。

图 2-2: **COVPack** 和 **CFVPack** 关系



产品在出厂前即已完成在线电压校准，以确保在产品具备高精度的同时，还具备绝对准确性。单节电池电压测量的准确度可达 ± 20 mV 之内。

单节电池电压输入的测量校准与电池组相同。器件提供适用于所有电池的偏移量参数 **COVCell** 以及 4 个不同的校正因子 **CFVCell1** 至 **CFVCell4**，对应不同的电池输入。

2.5 温度测量

A/D 接收来自内部温度传感器的输入信号进行温度测量。用户也可选择将一个外部热敏电阻连接到同时处于 A/D 转换器监视下的 **VNTC** 引脚。**VREFT** 引脚上提供了供外部热敏电阻使用的输出参考电压。A/D 使用 11 位分辨率模式进行温度测量。

可选外部热敏电阻建议采用标准 103ETB 型热电阻，其负温度系数（NTC）为 10k 欧姆（25°C 时）。NTC 的一端应接到 **VREFT** 引脚，另一端应同时连接到 **VNTC** 引脚和通过 3.65 k 欧姆电阻接至系统模拟接地端（**VSSA**）。该电阻组成了分压器电路的下半部分。要获得精确温度测量值，应采用精度为 1% 的电阻。

用查找表将 **VNTC** 引脚上的电压测量值转换为温度值。外部热敏电阻应尽量靠近电池元件，并与可能影响其运行的热源隔离。

温度测量的校准引入了与电流、电压测量中极其相似的校正因子和偏移量参数。内部温度传感器用到的校正因子为 **CFTempI** 和偏移量 **COTempI**；而采用可选外接热敏电阻方式的 **VNTC** 和 **VREFT** 引脚则利用校正因子 **CFTempE** 和偏移量 **COTempE**。

3.0 工作模式

PS501 采用连续工作模式。工作频率取决于选择的功率模式。器件具有 4 种功率模式：运行模式、采样模式休眠和闲置 - 休眠模式。每种模式都有特定的进入和退出条件，详细介绍如下。

3.1 运行模式

PS501 是工作在运行模式还是采样模式取决于电流的幅值。运行模式和采样模式的进入 - 退出门限值通过存储在 EEPROM 中的参数值 **SampleLimit** 进行计算。

SampleLimit 是一个可编程的 EEPROM 参数，**CFCurr** 是一个由校准设定的 EEPROM 参数。

进入运行模式的条件发生在连续两个测量周期电流大于 \pm **SampleLimitmA**。器件退出运行模式后只能进入采样模式（如果采样模式被使能），而不能进入休眠模式。当转换后的测量电流连续两个测量周期小于 \pm **SampleLimit mA**，器件将退出运行模式，进入采样模式。

运行模式是功耗最大的工作模式。在运行模式中，一个测量周期内所有测量和计算进行一次。在每个测量周期，依次对电流、电压和温度进行测量。

3.2 采样模式

如果测量电流在连续两个测量周期都小于 \pm **SampleLimit**（EE 参数），器件将进入采样模式。器件退出采样模式后可进入运行模式或休眠模式。

在采样模式中，器件每隔 **NSample**（采样次数）个测量周期进行一次电压、电流和温度的测量，其中 **NSample** 为存储在 EEPROM 中的可编程参数。采样模式中，充电状态的计算、SMBus 请求等操作仍将按照正常运行模式的频率进行，不同的是每隔（采样周期 \times **NSample**）才进行一次测量。**NSample** 的最小设定值为 2。

设置采样模式的目的在于降低充放电速率较低时的功耗。由于模数转换器每隔 **NSample** 个测量周期才被激活，因此器件总功耗得以显著降低。

例 3-1: 设置举例

测量周期为 500 ms
SampleLimit（采样限制）设定为 20
NSample 设定为 16

结果:

运行 / 采样模式进入 - 退出门限值 = 20 mA

采样模式下，每次测量的间隔时间为：

16 个采样周期 = 8 秒

3.3 低电压休眠模式

只有当 VC(1) 引脚上的电池组电压测量值低于存储于 EEPROM 中的预设值 **SleepVPack**（单位是 mV）时，器件才能进入休眠模式。器件退出休眠模式后可进入运行模式，但前提是必须满足唤醒条件之一。

处于休眠模式的器件不再进行测量和计算。电量计显示器不工作，SMBus 上的通信被忽略，只有当满足了唤醒条件时器件才可退出休眠模式。休眠模式是功耗最低的模式之一，用于电池彻底放电后保存电池能量。

器件可使用的低电压休眠模式有两个级别，其唤醒条件不尽相同。缺省的低功耗模式下电流消耗为 25 μ A 典型值，且当电压超过 **WakeUp**（唤醒）电压设定值时，器件将被唤醒。**WakeUp**（唤醒）寄存器的第 1 位设置为 '1' 时，器件将进入极低功耗模式。器件可在低电压时进入该模式，但通过将 SMBus 线拉高至高电平可使器件唤醒。在极低功耗模式下，电流小于 1 μ A。

3.4 闲置 - 休眠模式

对于需要长期储存的电池组，可采用闲置 - 休眠模式。该模式下，无论电压值的大小，PS501 都将进入低功耗休眠模式。用 SMBus 命令可使器件进入该模式。满足 **WakeUp**（唤醒）寄存器中的退出条件时可退出此模式。这些条件包括电压激活、GPIO 引脚激活或 SMBus 激活。如果选择上述四种激活方式之一作为唤醒条件，则闲置 - 休眠模式中的器件将处于低功耗状态且电流消耗的典型值为 25 μ A。如果未设定任何唤醒条件且 **WakeUp**（唤醒）寄存器的第 3 位置 1，则闲置 - 休眠模式中的器件将处于超低功耗状态。此时器件的电流消耗低于 1 μ A 且当 SMBus 被拉高至高电平时被唤醒。

表 3-1: 唤醒 EEPROM 参数值

位	名称	功能
7	WakeIO (I/O 唤醒)	由 I/O 激活唤醒
6	WakeBus (总线唤醒)	由 SMBus 激活唤醒
5	未使用	
4	WakeVolt (电压唤醒)	由电压唤醒
3	使能闲置 - 休眠	采用超低功耗模式作为闲置 - 休眠模式。所有其它位必须为零。
1	LV 休眠模式	采用超低功耗模式作为低电压休眠模式
0	Remcap 回零	当进入低电压休眠模式时, 设定 remap 为零

表 3-2: 唤醒电压等级 EEPROM 参数值

唤醒电压 (2:0)	电压	目的
000	6.4V	2 节锂离子电池
001	6.66V	2 节锂离子电池
010	8.88V	2 节锂离子电池
011	9.6V	3 节锂离子电池
100	9.99V	3 节锂离子电池
101	11.1V	3 节锂离子电池
110	12.8V	4 节锂离子电池
111	13.3V	4 节锂离子电池

表 3-3: 电源工作模式一览

模式	进入条件	退出条件	注意事项
运行	测量电流值 > 预设门限值 (由 SampleLimit (采样限制) 参数设定)	测量电流值 < 预设门限值 (由 SampleLimit (采样限制) 参数设定)	功耗最大, 对快速变化的电流测量精度最高。
采样	测量电流值 < 预设门限值 (由 SampleLimit (采样限制) 参数设定)	测量电流值 > 预设门限值 (由 SampleLimit (采样限制) 参数设定)	由于电流稳定且电流消耗较小, 因此可降低功耗。无需进行多次测量, 仅每 NSample 个周期测量一次。
休眠	V _{PACK} < SleepV_{Pack} 和处于采样模式	超过 WakeUp (唤醒) 电压等级 (低功耗模式) 或 SMBus 拉高至高电平 (极低功耗模式)	不进行测量
闲置 - 休眠	SMBus 命令	满足 WakeUp (唤醒) 寄存器条件 (低功耗模式) 或 SMBus 拉高至高电平 (极低功耗模式)	不进行测量

4.0 容量监视

PS501 内的 CPU 用来自 A/D 转换器的电压、电流和温度测量数据，以及参数和电池模型来确定电池的运行状态，并处理 **SBData** 功能指令集。

通过对测得电流求积分、监控电压和温度、调整自放电和检查充电结束和放电结束状态，PS501 在任何电池工况下都可进行准确的电量计量。

4.1 容量计算

PS501 采用“库伦计数法”和电池电压和温度测量值来计算充电状态和电量计算。通过连续准确地测量流入流出电池的电流，并以三维电池模型为依据，PS501 可提供准确的 SOC 和实时预测。

在容量计算中考虑两种状态：充电或容量增加（CI）和放电或容量减少（CD）。CI 状态只发生在测量到大于 EEPROM 中 **NullCurr** 值的充电电流时。否则在休眠和 / 或放电时，为 CD 状态。CD 和 CI 状态之间要发生有效转换，新状态至少须保持 **NChangeState** 个测量周期。建议将 **NChangeState** 的最小值设为 2。

无论 CI 或 CD 状态，容量计算时均须计入自放电并将其从总容量减去。即使在充电时，电池中仍然存在自放电现象。

为了在容量计算中补偿已知系统误差，系统对一个单独的误差进行连续计算。该误差是 **SBData** 参数 **MaxError**（最大误差）的基础。在 EEPROM 中有两个误差参数。**CurrError** 值是电流测量中的固有参数，应根据检测电阻的选择和校准结果来设定。**SelfDischrgErr** 值是自放电参数表中的误差，其大小取决于自放电电池化学模型的准确度。

由于 PS501 的电路也会从电池中消耗电流，我们引入另一个 EEPROM 参数将这一微小的电流消耗计入容量计算中。**PwrConsumption** 值即表征 IC 和相关电路的电流消耗，其中相关电路包括额外安全监视电路（若存在）。典型值 77 表征模块标称功耗，包括 PS501 的功耗（典型值）。

每一测量周期中，电池增加和减少的总容量（电荷变化）可由下面的公式表示：

公式 4-1:

$$\Delta \text{电荷} = \Sigma i \Delta t \quad (\text{电流对时间积分})$$

- **CurrError** (电流测量误差)
- **PwrConsumption** * Δt (PS501 IDD)
- 自放电 % * FCC
- **SelfDischrgErr** (自放电误差)

尽管误差有正负值，但由于误差通常要被减去，因此电量计的值将不会被高估。PS501 从电池中消耗的电流以及自放电电流始终会从总容量中减去。**SBData** 参数值 **MaxError**（最大误差）是燃料计运行时测量累积误差的总和。

为了计算电池中减少和增加的充放电容量，器件将对电流进行精确测量并计算其对时间的积分。通过使用查找表，电池容量可根据自放电状况进行调整。自放电状况与电流、温度和 SOC 有关。

4.2 放电结束

电池的放电结束状态是根据放电结束（EOD）电压点来确定的。到达该点时的电压值可以选择为常数，也可以根据温度和放电速率进行变化，这是由于温度和放电速率会影响电压曲线和电池总容量。EOD 电压参数表可根据放电速率和温度来预测放电结束时的电压值。

PS501 会对温度和放电速率进行连续监视并对 **Veodx** 参数进行实时更新。当电池电压测量值低于 EOD 电压参数，且持续时间达到 **EODRecheck** 个测量周期（500 ms）时，即发生有效的 EOD。

当达到有效 EOD 时，**BatteryStatus**（电池状态）寄存器中的 **TERMINATE_DISCHARGE_ALARM**（终止放电报警）位（第 11 位）将被置 1，并激活 **AlarmWarning**（报警警告）条件。

此外，用户可先行设定 **REMAINING_TIME_ALARM**（剩余时间报警）和 **REMAINING_CAPACITY_ALARM**（剩余容量报警）位以便在 **TERMINATE_DISCHARGE_ALARM**（终止放电报警）发生前就得到用户定义的报警信息。当剩余时间计算值小于通过 **SMBus** 命令设定的门限值时，电池状态中的剩余时间报警器就会被触发。当电池容量低于通过 **SMBus** 命令设定的门限值时，电池状态中的剩余容量报警器就会被 **SMBus** 命令置 1。可使用 **SMBus** 写命令对 **RemainingTimeAlarm**（命令码为 0x02）或 **RemainingCapacityAlarm**（命令码为 0x01）参数进行设定。

4.3 放电结束时的容量再学习

为了保持准确的容量预测能力，器件在每次电池放电后，也就是上一次有效 EOC 后达到有效 EOD 时，都会再学习 **FullCapacity** 参数值。如果放电结束发生在电池不完全充电后，则将不进行再学习。如果 EOD 时的放电速率大于 **RelearnCurrLim** 中的“C-rate”调整值，也不会进行再学习。

当发生有效的 EOD 时，表征误差计算的的 **SBData** 值 **MaxError** (最大误差) 将被清零。如果条件适当，**FullCapacity** 再学习参数 (和 **FullChargeCapacity**) 也会在此时更新。

4.4 放电结束电压查找表

4.4.1 NEAR EMPTY 关断点

如表 4-1 中所示，电池中的可用容量随温度和放电速率不同而变化。由于剩余容量可能变化，电池容量放空关断点也将随温度和放电速率的变化而变化。

在关断过程中若已知系统放电速率和温度，即可得到精确的存盘点。系统在存盘点处的容量最适于进行关断操作。PS501 利用该信息对电量计进行调节以适应系统和剩余容量的需要。在有效关断点，**RSOC** 燃料计函数将会回零。表 4-1 采用此时的电压值作为误差校正和 **FullCapacity** (充满容量) 参数再学习点。这样做确保可在系统关断发生前有一个再学习点，可校正剩余容量测量中的误差并确保系统关断时电池仍储备有合适的能量。

在关断条件下，关断点的容量应等于系统关断所需的容量。即，由系统关断期间实际放电 **C-rate** 曲线可见，当系统消耗的容量与 **C-rate** 曲线关断点对应的容量相同时，必须停止放电并启动关断操作。这是因为无论 **C-rate** 为何，只要到达关断点，系统就将自动切换到表征关断时所需实际电流消耗的 **C-rate** 曲线运行。因此无论系统是处于高速率或是低速率放电状态，当发生关断操作时，系统将处于“关断”放电状态，而此时应有足够的剩余容量以维持正常关断操作。计算机的存盘功能即是一个例子。

表 4-1 显示了系统总是在相同的容量点关断，与 **C-rate** 状况无关 (因为存盘过程中 **C-rate** 是一个常数)。因此，自然会存在一个 **RSOC** 参数来补偿 **C-rate**；当所使用的容量等于关断发生时的容量时，**RSOC** 将回零。

如果忽略温度效应，我们可以在关断曲线上记录下关断点所使用的容量。所有关断电压点均表征相同的容量，**RSOC** 值在此容量处也总是回零，而 **FCC** 也总等于该点容量加上存盘曲线的剩余容量。

为了进行温度补偿，可以先来看不同温度下表征关断 **C-rate** 的一系列曲线。我们用 PS501 来实现温度测量，先假设温度不变，选择一个此温度下在存盘点时可回零的 **RSOC** 标定值。如果温度改变，则调节 **RSOC** 以使其在关断点回零。

若考虑温度因素，则关断之前的可使用容量不随 **C-rate** 变化而改变，但会随温度的变化而变化。因此，在查找表 (LUT) 中，每个温度列下所有电压点均表示相同的已消耗容量，而穿过不同温度点的行 (**C-rate** 行) 则表示不同的已消耗容量。

我们使用插值法来补偿 **RSOC** 和 **RM**，而补偿调整会在实时进行以避免出现数值的突降或跳跃。温度每降低一度，器件的 **RSOC** 和 **RM** 中就减去一个新的插入值。温度每升高一度，**RSOC** 和 **RM** 则保持恒定，直到放电容量等于应加入 **RSOC** 和 **RM** 的插值 (以避免放电时容量增加)。插值是实时进行的，因此我们在穿越 LUT 的不同单元时不会出现数据的显著突变或长时间平坦。只有当充满状态位被复位，使电池处于充满状态时 **RSOC** 始终为 100% 后，上述补偿功能才被使能。

4.5 老化补偿

由于电池老化的原因，因此需对 EOD 电压点进行补偿。在该电压点施加一个线性因子 **AgeFactor**，作为 **CycleCount** 的函数。电池电压随电池组的老化而降低，从而实现了实际状况下电池电压对容量的关系曲线趋于平缓的建模。

表 4-1: EOD 查找表

	<-10°	<0°	<10°	<20°	<30°	<40°	<50°	> 50°
< 0.2C	V1	V2	V3	—				
< 0.5C								
< 0.8C								
< 1.1C								
< 1.4C								
< 1.7C								
< 2.0C								
> 2.0C					—	V62	V63	V64
容量	20%	10%	5%	3%	0%	0%	0%	0%

上表给出了不同关断点的电压值，这些电压为温度和放电速率的函数。

表中同时给出了关断之后的剩余容量，该容量用来补偿 RSOC。

表 4-2 列出了 EEPROM 中实际参数的名称。

表 4-2: EEPROM 中参数值的名称

	TEOD(1)	TEOD(2)	TEOD(3)	TEOD(4)	TEOD(5)	TEOD(6)	TEOD(7)	TEOD(8)
CEOD(1)	VEOD1(1)	VEOD1(2)	VEOD1(3)	VEOD1(4)	VEOD1(5)	VEOD1(6)	VEOD1(7)	VEOD1(8)
CEOD(2)	VEOD2(1)	VEOD2(2)	VEOD2(3)	VEOD2(4)	VEOD2(5)	VEOD2(6)	VEOD2(7)	VEOD2(8)
CEOD(3)	VEOD3(1)	VEOD3(2)	VEOD3(3)	VEOD3(4)	VEOD3(5)	VEOD3(6)	VEOD3(7)	VEOD3(8)
CEOD(4)	VEOD4(1)	VEOD4(2)	VEOD4(3)	VEOD4(4)	VEOD4(5)	VEOD4(6)	VEOD4(7)	VEOD4(8)
CEOD(5)	VEOD5(1)	VEOD5(2)	VEOD5(3)	VEOD5(4)	VEOD5(5)	VEOD5(6)	VEOD5(7)	VEOD5(8)
CEOD(6)	VEOD6(1)	VEOD6(2)	VEOD6(3)	VEOD6(4)	VEOD6(5)	VEOD6(6)	VEOD6(7)	VEOD6(8)
CEOD(7)	VEOD7(1)	VEOD7(2)	VEOD7(3)	VEOD7(4)	VEOD7(5)	VEOD7(6)	VEOD7(7)	VEOD7(8)
CEOD(8)	VEOD8(1)	VEOD8(2)	VEOD8(3)	VEOD8(4)	VEOD8(5)	VEOD8(6)	VEOD8(7)	VEOD8(8)
	FCCP(1)	FCCP(2)	FCCP(3)	FCCP(4)	FCCP(5)	FCCP(6)	FCCP(7)	FCCP(8)

表 4-3: EEPROM 中参数值的定义

TEOD 8 个编码字节	典型值: 5,20,35,50, 80,113,150,150	范围: 每字节 1-255
EOD 温度范围, 8 个递增温度参数值, 编码为 $TEODx=(T_{\text{celsius}} * 10 + 200)/4$		
CEOD 8 个编码字节	典型值: 19, 32, 48, 64, 77, 90, 109,109	范围: 1-255
EOC C-rate 界限, 8 个递增的 C-rates 参数值, 编码为: $CEODx = C\text{-rate} * (256/28/Rf)$, 其中 Rf 为速率因子 (RFACOR) OTP EPROM 参数。 Rf = 7 时, $CEODx = C\text{-rate} * 64$ 。因此, 值为 32 时是一个 1/2 C-rate, 以此类推。		
FCCP 编码为 %	典型值: 50, 25, 12, 8, 0, 0, 0	范围: 1-255
存盘前未使用的剩余容量, 该参数随温度变化。255 = 100%		
VEOD 编码为	典型值: 75	范围: 1-255
放电结束电压 = $2700 + 4 * VEOD$ 。该电压为出现存盘信号时的电池电压。		

5.0 充电控制

SBS 配置通常允许智能电池将 ChargingVoltage (充电电压) 和 ChargingCurrent (充电电流) 的值向智能电池充电器 (SMBus 地址 12 hex) 广播, 来“控制”何时开始充电, 何时停止充电以及何时产生有效充满信号。AlarmWarnings (报警警告) 信息也将从智能电池 (SMBus 地址 16hex) 发送至智能电池充电器。

而 SMBus 主机或“三级”智能电池充电器可直接从智能电池读取 ChargingVoltage (充电电压) 和 ChargingCurrent (充电电流) 的 SBDData 值。SMBus 主机或“三级”智能电池充电器还须读取 BatteryStatus (电池状态) 的 SBDData 值以获得正确的报警和状态位标志。在此配置模式下, 可通过将电池模式寄存器中的 CHARGER_MODE 充电器模式 (第 14 位) 置 1 以禁止智能电池将 ChargingVoltage (充电电压) 和 ChargingCurrent (充电电流) 值广播给智能电池充电器。PS501 芯片支持上述所有功能。(“三级”智能电池充电器的定义请参阅 SBS 智能电池充电器技术规范。)

ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 寄存器中包含某一化学性质、配置和环境条件下所期望的最大充电参数。环境条件包括测量温度和电池或电池组的测量电压。

对于锂离子电池系统, ChargingVoltage (充电电压) 应被设定为 EEPROM 中的 EOCVolt 和 Cells 参数的乘积

公式 5-1:

$$\text{ChargingVoltage 充电电压} = \text{EOCVolt} \times \text{Cells}$$

用 EEPROM 中的参数 ChrgCurr 可将 ChargingCurrent (充电电流) 设定为最大值。对于锂电池系统, ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 均为最大值。当电池电流达到 ChrgCurr 值时, 它将保持恒定。然后当电压达到 ChrgVolt 值时, 电流必须减小以使电压保持恒定而且不超过最大值。这是通过设定 ChargingCurrent (充电电流) 为 ChrgCurrOff 来实现的。为安全起见, 当温度超过限时, 同样会发生电流变化。当温度或电压超过限定值时, ChargingCurrent (充电电流) 值将会变为 EEPROM 中的 ChrgCurrOff 值。当检测到有效的充电结束 (EOC) 条件且电池达到充满状态时, ChargingCurrent (充电电流) 值将被设置为等于 ChrgCurrOff 值。

当 ChargingCurrent (充电电流) 设置为 ChrgCurrOff 值时, 电池将不会广播 ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 信息, 除非 A/D 转换器测量到充电电流超过 NullCurr。利用 EEPROM 中的 ChrgMaxTemp、DischrgMaxTemp 和 ChrgMinTemp 参数值来设定温度限定值。这些参数代表了充电运行的温度限定范围, 在此范围之内 ChargingCurrent (充电电流) 将被设定为 ChrgCurr。若温度超出限定范围, 将使 ChargingCurrent (充电电流) 将设置为 ChrgCurrOff。

如果 ChargingCurrent (充电电流) 设定为 ChrgCurrOff, 而且测量温度值大于 DischrgMaxTemp 且小于 ChrgMaxTemp, 并且实际充电电流的测量值远远大于 ChrgCurrOff 值, 那么除非此时电流已达到充满状态, 否则 ChargingCurrent (充电电流) 将被设置为 ChrgCurr。

如果 BatteryMode (电池模式) 寄存器中 CHARGER_MODE (充电器模式) 位被清零 (使能 ChargingCurrent 和 ChargingVoltage 信息广播功能), 则每隔 NChrgBroadcast 个测量周期就将进行上述信息广播。

根据智能电池数据和智能电池充电器技术规范, 当充电进行或期望进行充电时, ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 信息广播频率必须不快于每 5 秒一次且不慢于每 60 秒一次。这就要求 NChrgBroadcast 参数值必须设置在 10 和 120 之间。根据 SMBus 规范的要求, 在 SMBus 初始化的最初 10 秒内不能进行广播。

例 5-1: 配置举例

测量周期为 500 毫秒	
<u>NChrgBroadcast</u>	= 100 十进制数
<u>ChrgCurr</u>	= 2500 十进制数
<u>ChrgCurrOff</u>	= 10 十进制数
<u>ChrgMaxTemp</u>	= 162 十进制数
<u>DischrgMaxTemp</u>	= 137 十进制数
<u>ChrgMinTemp</u>	= 50 十进制数

结果:

ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 广播时间:

100 个测量周期 = 50 秒

SMBus 初始化后的广播延迟时间:

10 秒

如果温度 > 45°C 时, 充电电流: 10 mA

如果温度 < 0°C 时, 充电电流: 10 mA

如果 0°C < 温度 < 35°C 时, 充电电流: 2500 mA

5.1 电池充满检测法

对于典型锂离子电池恒流/恒压充电系统，当电池电压达到充电器的最终电压等级时，PS501会对流入电池的收尾电流进行监视。一旦收尾电流降到一定范围以内，表明电流已充满，充电结束条件（EOC）被触发。不同温度使用的收尾电流不同。有关参数解释的详细内容参见第9.0章“参数设置”。

当检测到一个有效充满 EOC 条件时，器件会进行下列动作：

- SBDData 寄存器 **BatteryStatus**（电池状态）中的电池充满状态标志位（第5位）将被置1表明电池已充满。（该位将始终保持置1状态直到 **RelativeStateOfCharge**（相对充电状态）降到 EEPROM 中的参数值 **CirFullyChrg** 以下。）
- **RelativeStateOfCharge**（相对充电状态）将被设定为 100%。
- **ChargingCurrent**（充电电流）将被设定为 **ChrgCurrOff** 参数值。
- SBDData 参数值 **MaxError**（最大误差）将被清零（0%）。
- 寄存器 **BatteryStatus**（电池状态）中的 **TERMINATE_CHARGE_ALARM**（终止充电报警位，第14位）将被置1，同时 **AlarmWarning**（报警警告）信息将被传送至 SMBus 主机和智能电池充电器。
- 在有效充满 EOC 后，每发生一次电池容量超过 100% 的情形都将使 **OverChrg**（过充）参数值加1。
- 内部运行控制标志也将被置一，表明已达到充满状态。
- 根据 EOC 的产生条件，其它 **BatteryStatus** 或 **AlarmWarning** 标志位也可能被置1。
 - 充电定时器，**EOCTimer**（EOC 定时器）超时。
 - 电池电压高于 **TCAVolt** 值。

5.2 温度算法

PS501SMBus 智能电池 IC 提供多个温度报警设定点和多种充电条件。以下 EEPROM 参数对温度报警和充电条件如何工作进行控制。

HighTempAl: 当温度测量值大于 **HighTempA** 时，**OVER_TEMP_ALARM**（温度过高报警位）将被置1。若电池正在充电，则 **TERMINATE_CHARGE_ALARM**（终止充电报警位）也将被置1。

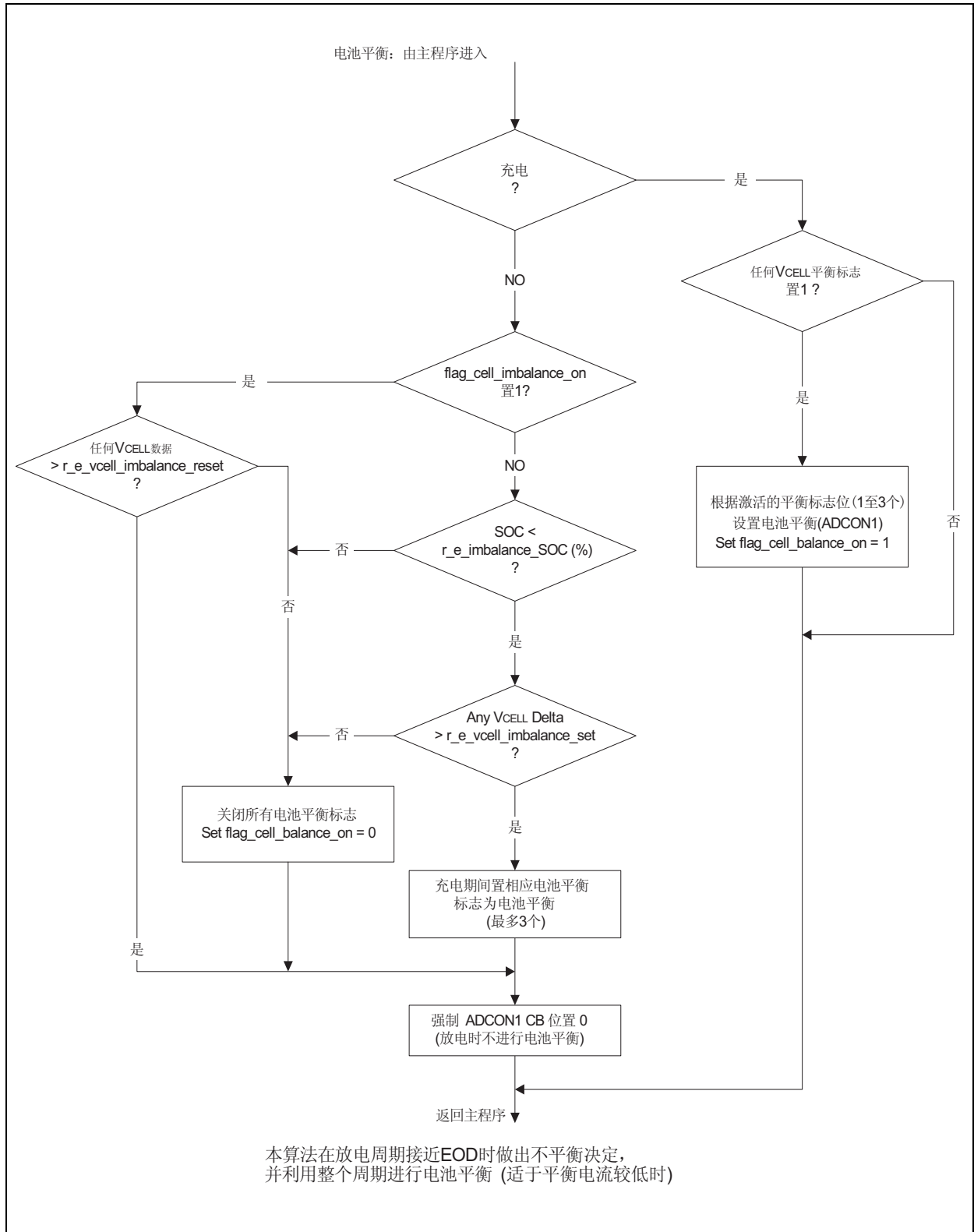
ChrgMinTemp（最小充电温度）、**DischrgMaxTemp**（最大放电温度）和 **ChrgMaxTemp**（最大充电温度）：如果温度测量值小于 **ChrgMinTemp**，**ChargingCurrent**（充电电流）将被设定为 **ChrgCurrOff**，而 **ChargingVoltage**（充电电压）设定为 **ChrgVolt**，通知充电器给出一个电流和电压的不充电信号。当测量温度大于 **ChrgMaxTemp** 且此时系统正在充电，或当测量温度大于 **DischrgMaxTemp** 且系统正在放电时，则 **ChargingCurrent**（充电电流）将被设定为 **ChrgCurrOff**，而 **ChargingVoltage**（充电电压）被设置为 **ChrgVoltOff**。否则 **ChargingCurrent**（充电电流）=**ChrgCurr**，而 **ChargingVoltage**（充电电压）=**ChrgVolt**。

6.0 电池平衡

PS501 内具备电池平衡负载，用以从具有较高电压的电池抽取多余的电流。根据电池电压大小的不同，内部的多个 500 欧姆电阻将从每节电池抽取最多 8.4 mA 的电流。电池平衡算法将对单个电池的电压以及它们之间的电压差进行监视。当任意两节电池的电压差超过 EEPROM 参数值 **VcelldiffMax**，负载电阻将被施加到具有较高电压的电池上，直至它与电压最低的电池之间的压差保持在最小 **VcelldiffresetMax** 以内。电池平衡功能只在电池处于充电状态时才投入使用，以保持放电时电池的运行时间。

在接近电池充电结束时，各电池间容量差异可能导致电池电压的差别，系统将确定是否应用电池平衡算法。一旦确定使用该算法后，电池平衡功能将在充电周期开始时投入应用，并在整个充电周期保持有效。当电池处于放电状态时，电池平衡功能将被禁止以保持电池的运行时间。一旦电池再次接近电池容量放空点，系统将确定是否已达到设定的磁滞门限值，以禁止下一个充电周期内的电池平衡功能。

图 6-1: 电池平衡算法流程图



7.0 GPIO 配置

根据 SBData 参数设定或 GPIO 电平与给定常数比较的结果，GPIO 可被设定为输入或输出。这种功能强大的编程模型允许用户对 GPIO 进行灵活设定，可在任何可能的电量计条件下对其进行置 1，而在除此之外的所有其它条件下对其进行复位。

表 7-1: GPIO 配置

名称	长度	说明
GPIOSTATE	2	初始化后的缺省状态 (正逻辑)
GPIODIRECTION	2	方向初始化: 1 = 输入 0 = 输出
GPIOCONFIG	2	GPIO 配置 Bit 8: 1 = 禁止上拉 / 下拉 0 = 下拉使能 Bit 7:0: 如果输入: 1 = 下拉 0 = 上拉 如果输出: 1 = LED 驱动 (仅限 GPIO0-7) 0 = 标准逻辑电平
GPIOPOLARITY	2	“极性”屏蔽, 可使正逻辑电平反向。

如上配置为标准逻辑输出的 GPIO 可设定为激活或复位状态以响应任何电量计条件组。任一“条件”由四个字节定义。

表 7-2: GPIO 条件

字节	条件	说明
字节 1	标志	bit 7: 1 表示该组中最后条件 bit 4: 组合功能 (1: 与, 0: 或) bit 3: 符号 (1) 或无符号 (0) bits 2:0 比较功能 (0: >, 1: <, 2: =, 3: 与, 4: 异或)
字节 2	条件选择	x00-x3F – SBData 命令代码 x40 – 状态标志 x41 – GPIO 标志 x42 – VCELL- 最小值 x43 – VCELL- 最大值 x44 – VCELL- 差 x45 – 其它标志
字节 3 字节 4	条件门限值	常数

表中的每一种条件都是通过对选定数据（“条件选择”）和给定常数（“条件门限值”）应用一个“比较函数”来处理的。条件组中任一条件的运算结果（“真”或“假”）将如标志字节中“与-或”、“组合函数”位所确定的形式组合起来。由于“与”函数比“或”具有更高的优先级，因此CG的处理过程可描述为对与运算符集进行或运算（见例7-1）。

一个8位定时计数器（计时周期为500m sec）与所有16个CSF相关联。定时器的计数值与门限值进行比较的结果对CG来说是一个“与”条件项（即，如果CG将

CSF置1的处理结果为“真”，定时器将加1，当定时器计数值 \geq 门限设定值时，SF将被置1；否则即使满足GC，SF仍将被置位。如果CG将CSF置1的处理结果为“假”，定时器将被设置为零。定时器的加计数值不允许超过门限值。

条件组中的条件按其存储于存储器中的排列顺序构建激活方程，直至字节1的第7位置1，表明到达条件组的最后一个条件。在该点，下一个条件组为复位方程式。当倒数第二个条件位置1时，将开始一个新的激活组。

例 7-1: 条件组

条件组示例:

$(V_{CELL-min} < 3200) .AND. (CURR > 100) .OR. (TEMP > 60) .AND. (CURR > 200)$

由于优先级不同，方程式解释为:

$((V_{CELL-min} < 3200) .AND. (CURR > 100)) .OR. ((TEMP > 60) .AND. (CURR > 200))$

条件组复位示例:

$(V_{CELL-min} > 3200) OR (CURR = 200)$

表 7-3: 例 7-1 的条件

条件	字节 1	字节 2	字节 3, 4	说明
1	x01	x42	x0C80	OR VCELL- 最小值 < 3200
2	x10	x0A	x0064	AND CURR > 100
3	x00	x08	x0D02	OR 温度 > 60°C (3330 度 K * 10)
4	x80	x0A	x00C8	AND CURR > 200 (前一条件位置 1)
1	x00	x42	x0C80	OR VCELL- 最小值 > 3200
2	x82	x0A	x00C8	OR CURR = 200 (前一条件位置 1)

表 7-4: 参数

名称	长度	说明
SAFE_GPIO_MASK_00	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_01	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_02	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_03	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_04	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_05	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_06	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_07	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_08	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_09	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_10	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_GPIO_MASK_11	2	CSF 被屏蔽, 如果 $\neq 0$, GPIO 置 1
SAFE_TIMER_LIMIT_0	1	定时器门限值 / 限制 (500 msec tics)
SAFE_TIMER_LIMIT_1	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_2	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_3	1	

PS501

表 7-4: 参数 (续)

名称	长度	说明
SAFE_TIMER_LIMIT_4	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_5	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_6	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_7	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_8	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_9	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_10	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_11	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_12	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_13	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_14	1	
SAFE_TIMER_LIMIT_15	1	
SAFE_FLAG_COUNT	1	要处理的 CSF 的数目, 0-16 (每个 CSF 必定存在 2 个条件组 (CG))
SAFE_CONDITION	4	条件 (表的起始)
...	4	条件
SAFE_CONDITION	4	条件 (表的结尾)

7.1 LED 参数

当配置为 LED 驱动器, 以下参数确定了任一 LED 点亮时的充电状态。

表 7-5: LED 参数

名称	长度	说明
LED_MASK	1	定义用于 LED 显示的 GPIO (一个或多个) 的屏蔽位 (1=LED)
LED_VALUE_0	1	GPIO 0 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_VALUE_1	1	GPIO 1 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_VALUE_2	1	GPIO 2 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_VALUE_3	1	GPIO 3 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_VALUE_4	1	GPIO 4 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_VALUE_5	1	GPIO 5 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_VALUE_6	1	GPIO 6 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_VALUE_7	1	GPIO 7 SOC 值 (SOC >= LED_VALUE, LED = 点亮)
LED_ICHG	2	LED 显示的电流门限值
LED_DUTYCYCLE	1	LED 驱动器的占空比
GPIO_SWITCHMASK	2	开关输入的屏蔽位。如果开关为高电平有效, 除开关引脚外所有位皆为 '0'。如果开关为低电平有效, 除开关引脚外所有位皆为 '1'。
LED_DISPLAY_TIME	1	在开关按下之后, LED 持续点亮的 500 ms 测量周期的个数

8.0 SMBus/SBData 接口

PS501 使用 2 个引脚的系统管理总线 (SMBus) 协议与主机通信。这两个引脚分别为时钟和数据引脚。PS501 中的 SMBus 端口可响应智能电池数据规范 (SBData) 的所有命令。主机通过向 PS501 的 SMBus 端口发送相应的命令以获得相关的电池信息。PS501 会将某些报警、警告和充电信息自动发送给主机。本章将详细介绍 SMBus 协议。表 8-1 中对 SBData 命令集进行了汇总。

PS501 SMBus 通信端口与系统管理总线规范 1.1 版本完全兼容，支持所有早期和最新要求，包括总线超时 (从动或主动)、多主仲裁以及冲突检测 / 恢复。SMBus 端口可作为从单元完成读取、写入功能，也可作为主单元实现字写入功能。SMBus 协议中的从模式支持字读取、字写入、块读取和块写入功能。主模式支持字写入功能。PS501 符合系统管理总线规范 1.0，完全满足甚至超出智能电池数据规范 1.1/1.1 版本的要求。

PS501 完全实现智能电池数据 (SBData) 规范 1.1。SBData 规范定义了符合 SBS 规范的从动智能电池的接口和数据报告机制。它定义的相互一致电池数据集，可供能量管理系统用于延长电池寿命和系统运行时间，并向用户提供准确的信息。之所以能够做到这一点是由于器件采用固定的、经过测量、计算和预测的数据以及充电、报警信息，并实现了主单元、智能电池和智能充电器之间通信机制的简单化。

PS501 完全实现了 SBData 命令集，能够完全执行所有数据函数，包括子函数、控制位和控制标志，并符合 SMBus 协议和时序所规定的相关数据精度及时序要求。

8.1 SBData 功能介绍

以下各部分将详细介绍各个 SBData 命令的运行情况。

8.1.1 ManufacturerAccess (0x00) (厂商专用)

仅限内部使用。

8.1.2 RemainingCapacityAlarm (0x01) (剩余容量报警)

设定或读出低容量预警值。当剩余容量降低到低容量预警值以下时，智能电池即将警告信息传送至 SMBus 主机，并将 REMAINING_CAPACITY_ALARM 位置 1。通过将容量预警值置 '0'，禁止该预警功能。

8.1.3 RemainingTimeAlarm (0x02) (剩余时间报警)

设定或读出剩余时间预警值。当 AverageTimeToEmpty 降到剩余时间预警值以下时，智能电池即将警告信息传送至 SMBus 主机，并将 REMAINING_TIME_ALARM 位置 1。通过将剩余时间预警值置 '0'，禁止该预警功能。

PS501

表 8-1: 智能电池数据功能

SBData 函数名称	命令码	存取	参数附注	单位
ManufacturerAccess-Write ⁽¹⁾ 厂商存取 - 写	0x00	读 / 写		
ManufacturerAccess-Read ⁽¹⁾ 厂商存取 - 读	0x00	读 / 写		
RemainingCapacityAlarm 剩余容量报警	0x01	读 / 写	RemCapAI	mAh 或 10mWh
RemainingTimeAlarm 剩余时间报警	0x02	读 / 写	RemTimeAI	分钟
BatteryMode 电池模式	0x03	读 / 写		位代码
AtRate	0x04	读		mAh 或 10mWh
AtRateTimeToFull	0x05	读		分钟
AtRateTimeToEmpty	0x06	读		分钟
AtRateOK	0x07	读		二进制 0/1 (LSB)
Temperature 温度	0x08	读		0.1°K
Voltage 电压	0x09	读		mV
Current 电流	0x0a	读		mA
AverageCurrent 平均温度	0x0b	读		mA
MaxError 最大误差	0x0c	读		%
RelativeStateOfCharge 相对充电状态	0x0d	读		%
AbsoluteStateOfCharge 绝对充电状态	0x0e	读		%
RemainingCapacity 剩余容量	0x0f	读		mAh 或 10 mWh
FullChargeCapacity 充满容量	0x10	读		mAh 或 10 mWh
RunTimeToEmpty 剩余运行时间	0x11	读		分钟
AverageTimeToEmpty 平均放电时间	0x12	读		分钟
AverageTimeToFull 平均充满时间	0x13	读		分钟
ChargingCurrent 充电电流	0x14	读	ChrgCurr 或 ChrgCurrOff	mA
ChargingVoltage 充电电压	0x15	读	ChrgVolt 或 ChrgVoltOff	mV
BatteryStatus 电池状态	0x16	读	电池状态	位代码
CycleCount 周期计数	0x17	读	周期	整数
DesignCapacity 设计容量	0x18	读	设计容量	mAh 或 10 mWh
DesignVoltage 设计电压	0x19	读	电池组的设计电压	mV
SpecificationInfo 技术规范信息	0x1a	读	SBData 版本	编码
ManufactureDate 生产日期	0x1b	读	日期	编码
SerialNumber 序列号	0x1c	读	序列号	未规定
Reserved 保留	—	—	—	—
ManufacturerName 厂商名称	0x20	读	MFGName	ASCII 文本字符串
DeviceName 器件名称	0x21	读	器件名称	ASCII 文本字符串
DeviceChemistry 器件化学属性	0x22	读	化学属性	ASCII 文本字符串
ManufacturerData 厂商数据	0x23	读	MFGData	Hex 字符串
OptionalMfgFunction4	0x3c	读	V1 电池电压	mV
OptionalMfgFunction3	0x3d	读	V2 电池电压	mV
OptionalMfgFunction2	0x3e	读	V3 电池电压	mV
OptionalMfgFunction1	0x3f	读	V4 电池电压	mV

注 1: 保留。

8.1.4 BatteryMode (0x03) (电池模式)

该功能选择不同的电池工作模式并报告电池的容量、工作模式以及运行状况信息。

Bit 0: INTERNAL_CHARGE_CONTROLLER

(内部充电控制器)

该位置 1 表明电池组内部自带充电控制器。在该位置 1 时, 器件支持这种可选功能, 而 CHARGE_CONTROLLER_ENABLED (充电控制器使能) 控制位将被激活。

Bit 1: PRIMARY_BATTERY_SUPPORT (主电池支持)

该位置 1 表明电池组能够充当系统主供电电池或辅助供电电池的作用。在该位置 1 时, 器件支持这种可选功能, 而 PRIMARY_BATTERY (主电池) 控制位将被激活。

Bit 2-6: 保留。

Bit 7: CONDITION_FLAG (调整标志)

该位置 1 表明电池请求进入调整周期。通常调整周期包括电池组充满至完全放电后再充满的一个循环过程。在检测到调整周期完成后, 电池将清除该标志。

Bit 8: CHARGE_CONTROLLER_ENABLED

(充电控制器使能)

该位置 1 将使能电池组内部充电控制器。该位清除则内部充电控制器被禁止 (缺省状态)。该位的控制功能仅在 INTERNAL_CHARGE_CONTROLLER 控制位置 1 时才被激活。

Bit 9: PRIMARY_BATTERY (主电池)

该位置 1 将使能电池组作为系统的主供电电池。该位被清除则电池作为辅助供电电池 (缺省状态)。只有当 PRIMARY_BATTERY_SUPPORT (主电池支持) 控制位置 1 时, 该控制位的功能才被激活。

Bit 10-12: 保留

Bit 13: ALARM_MODE (预警模式)

禁止智能电池在出现预警状况时发送 BatteryStatus 电池状态位的信息。该控制位在 60 秒之后将被复位使能。

Bit 14: CHARGER_MODE (充电器模式)

该控制位可使能或禁止智能电池将 ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 信息发送给智能电池充电器。当该位置 1 时, 智能电池将被禁止向智能电池充电器发送 ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 信息。当该位清零时, 则在需要充电时, 智能电池把 ChargingCurrent (充电电流) 和 ChargingVoltage (充电电压) 值传送至充电器。

Bit 15: CAPACITY_MODE (容量模式)

该控制位表明容量信息将会以 mA/mAh 或 10mW/10mWh 的形式报告。当该位置 1 时, 容量信息将以 10 mW/10 mWh 形式报告。当该位清零时, 容量信息将以 mA/mAh 的形式报告。

8.1.5 AtRate (0x04)

AtRate 是一个电流或功率参数值, 用在以下三个函数中: AtRateTimeToFull、AtRateTimeToEmpty 和 AtRateOK:

- AtRateTimeToFull 返回充电电流为 AtRate 值时的满充预测时间。
- AtRateTimeToEmpty 函数返回放电电流为 AtRate 值时的预测操作时间。
- AtRateOK 函数返回一个布尔值, 该值预测电池是否有能力连续十秒提供大小为 AtRate 值的额外放电电流。

8.1.6 AtRateTimeToFull (0x05)

(设定速率下充满时间)

返回以 AtRate 电流值 (mA) 进行充电直至充满的预测剩余时间。AtRateTimeToFull 函数是双函数调用集的一部分, 用于确定以 AtRate 值 (mA) 电流进行充电的剩余充电时间。在 SMBus 主控单元设定 AtRate 值后, 该功能将立即被调用。

8.1.7 AtRateTimeToEmpty (0x06)

(设定速率下放电时间)

返回电池以 AtRate 值电流进行放电的预测剩余时间。AtRateTimeToEmpty 函数是双函数调用集的一部分, 用于确定以 AtRate 值 (mA) 电流进行放电的剩余放电时间。在 SMBus 主控单元设定 AtRate 值后, 该功能将立即被调用。

8.1.8 AtRateOK (0x07)

返回一个布尔值, 表明电池是否能够输送 10 秒的额外 AtRate 值能量 (布尔值)。如果 AtRate 值为零或正数, AtRateOK 函数的返回值总为真。AtRateOK 函数是双函数调用集的一部分, 供能量管理系统用来确定电池是否可对额外负载安全地提供足够能量。在 SMBus 主控单元设定 AtRate 值后, 该功能将立即被调用。

8.1.9 Temperature (0x08) (温度)

返回以 0.1°K 为单位的电池组内部温度值。

8.1.10 Voltage (0x09) (电压)

返回电池组电压值 (mV)。

8.1.11 Current (0x0a) (电流)

返回流经电池两端的输出或输入电流值 (mA)。

8.1.12 AverageCurrent (0x0b) (平均电流)

返回一分钟内电流的移动平均值。该平均值是通过对流经电池两端的输出或输入电流值 (mA) 进行至少 60 次采样获得的。

8.1.13 MaxError (0x0c) (最大误差)

返回充电状态计算值的预期误差范围 (%)。例如, 当 MaxError 返回值为 10% 而 RelativeStateOfCharge 的返回值为 50% 时, RelativeStateOfCharge 的实际值范围在 50% 至 60% 之间。在智能电池识别到满足其准确性要求的条件以前, MaxError (最大误差) 会逐渐增加。例如, 当智能电池检测到完全放电后再次充满时, 它将使用该信息对 MaxError 进行复位或部分复位。通过设置 BatteryMode (电池模式) 中的 CONDITION_FLAG (标志位), 可以在 MaxError 值过高时使智能电池发出信号。

8.1.14 RelativeStateOfCharge (0x0d) (相对充电状态)

返回预测电池的剩余容量, 表示为 FullChargeCapacity(%) 的百分比形式。

8.1.15 AbsoluteStateOfCharge (0x0e) (绝对充电状态)

返回预测的电池剩余容量, 表示为 DesignCapacity(%) 的百分比形式。注意, AbsoluteStateOfCharge (绝对充电状态) 的返回值可能大于 100%。

8.1.16 RemainingCapacity (0x0f) (剩余容量)

返回预测电池剩余容量。 RemainingCapacity (剩余容量) 值可以以电流 (mAh) 或功率 (10mWh) 形式来表示, 具体形式取决于 BatteryMode (电池模式) 中 CAPACITY_MODE (容量模式) 控制位的设置。

8.1.17 FullChargeCapacity (0x10) (充满容量)

返回预测电池满充时的容量值, 以电流或功率的形式来表示。具体形式取决于 BatteryMode 中 CAPACITY_MODE (容量模式) 控制位的设置。

8.1.18 RunTimeToEmpty (0x11) (剩余运行时间)

返回电池以当前放电速率放电时的剩余可运行时间预测值 (分钟)。 RunTimeToEmpty (剩余运行时间) 值是依据电流或功率进行计算的, 具体取决于 BatteryMode 中 CAPACITY_MODE (容量模式) 控制位的设置。这一区别十分重要, 因为采用错误的计算模式可能导致返回值不准确。

8.1.19 AverageTimeToEmpty (0x12) (平均剩余运行时间)

返回智能电池的预测剩余时间在一分钟内的移动平均值 (分钟)。 AverageTimeToEmpty (平均剩余运行时间) 是依据电流或功率进行计算的, 具体取决于 BatteryMode 中 CAPACITY_MODE (容量模式) 控制位的设置。这一区别十分重要, 因为采用错误的计算模式

可能导致返回值不准确。

8.1.20 AverageTimeToFull (0x13) (平均充满剩余时间)

返回连续一分钟智能电池至充满的预测剩余时间移动平均值 (分钟)。

8.1.21 ChargingCurrent (0x14) (充电电流)

设定智能充电器对智能电池充电的最大充电电流。该设定值可从智能电池写入智能充电器, 或由智能充电器向智能电池请求获得。

8.1.22 ChargingVoltage (0x15) (充电电压)

设定智能充电器对智能电池充电的最大充电电压。该设定值可从智能电池写入智能充电器, 或由智能充电器向智能电池请求获得。

8.1.23 BatteryStatus (0x16) (电池状态)

返回智能电池的状态字 (标志)。一些 BatteryStatus (电池状态) 标志, 如 REMAINING_CAPACITY_ALARM (剩余容量预警) 和 REMAINING_TIME_ALARM (剩余时间预警) 标志位的设定都是依据电流或功率来计算的。具体计算依据取决于 BatteryMode (电池模式) 中的 CAPACITY_MODE (容量模式) 位的设置。采用错误的计算模式可能导致预警不准确。能量管理系统通过 BatteryStatus (电池状态) 函数来获取来自智能电池的预警和状态标志位的状态以及错误代码。该函数返回的信息同 SBData 的 AlarmWarning (预警警告) 函数返回结果基本相同, 不同之处在于 AlarmWarning (预警警告) 函数在发送数据前将所有错误代码全部置位。而且信息广播在 PS501 是禁止的。

电池状态位:

- bit15:** OVER_CHARGED_ALARM (充满预警位)
- bit14:** TERMINATE_CHARGE_ALARM (终止充电预警位)
- bit13:** 保留位
- bit12:** OVER_TEMP_ALARM (温度过高预警位)
- bit11:** TERMINATE_DISCHARGE_ALARM (终止放电预警位)
- bit10:** 保留位
- bit9:** REMAINING_CAPACITY_ALARM (剩余容量预警位)
- bit8:** REMAINING_TIME_ALARM (剩余时间预警位)
- bit7:** INITIALIZED (初始化标志位)
- bit6:** DISCHARGING (放电标志位)
- bit5:** FULLY_CHARGED (充满标志位)
- bit4:** FULLY_DISCHARGED (彻底放电标志位)

主机系统负责检测和响应智能电池的预警, 它通过读取 BatteryStatus (电池状态) 来检测任一预警标志位是否被置位。这就要求在 SMBus 有效工作期间, 系统至少应每隔 10 秒对 BatteryStatus (电池状态) 寄存器轮询一次。

8.1.24 CycleCount (0x17) (周期计数)

CycleCount (周期计数) 的更新是用来随时跟踪电池的总容量。当电池充入或释放一次容量等于电池总容量时, CycleCount (周期计数) 计数值加 1。

8.1.25 DesignCapacity (0x18) (设计容量)

返回新电池组的理论容量。 DesignCapacity (设计容量) 数值的表征形式采用电流或功率。具体形式则取决于 BatteryMode (电池模式) 中 CAPACITY_MODE (容量模式) 控制位的设置。

8.1.26 DesignVoltage (0x19) (设计电压)

返回新电池组的理论电压 (mV)。

8.1.27 SpecificationInfo (0x1a) (技术规范信息)

返回电池组支持的智能电池技术规范版本编号。

8.1.28 ManufactureDate (0x1b) (生产日期)

该函数返回与电池组生产日期对应的整数。该日期以如下方式表达: (年份 -1980) * 512 + 月份 * 32 + 日。

8.1.29 SerialNumber (0x1c) (序列号)

该函数可用来返回一个序列号。该序列号与 ManufacturerName (生产商名称)、DeviceName (器件名称) 和 ManufactureDate (生产日期) 配合可以唯一确定某一电池产品。

8.1.30 ManufacturerName (0x20) (厂商名称)

该函数返回一个包括电池生产商名称的字符数组。

8.1.31 DeviceName (0x21) (器件名称)

该函数返回一个包括电池名称的字符串。

8.1.32 DeviceChemistry (0x22) (器件化学属性)

该函数返回一个包含有电池化学名称的字符串。例如, 如果 DeviceChemistry (器件化学属性) 函数返回 “NiMH”, 表明该电池组包含有镍氢电池元件。以下列出了部分电池化学属性及其预期缩写形式。这些缩写形式不区分大小写。

铅酸: PbAc
锂离子: LION
镍铬: NiCd
镍氢: NiMH
镍锌: NiZn
可重复充电的碱性锰电池: RAM
锌空气: ZnAr

8.1.33 ManufacturerData (0x23) (厂商数据)

该函数允许对电池内的生产厂商数据进行访问。

8.1.34 OptionalMfgFunction (可选制造功能)

PS501中包含新的SBData函数, 它们采用 OptionalMfgFunction 命令代码。范围在 3Chex 至 3Fhex 的命令代码报告了模数转换器测量的单节电池电压值。电压以 mV 为单位进行报告和计算, 计算包含校准补偿和测量电阻压降补偿。每一测量周期内只测量一节电池的电压 (取决于系统工作在运行模式还是采样模式下)。

由于测量的延迟, 电压快速变化时会导致测量电压的变化。这些电压值可用于电池平衡或供主机系统所期望的其它功能使用。

PS501

表 8-2: PS501 警告与状态位汇总

电池状态	置位条件	清除条件
FULLY_CHARGED 位 电池充满标志位	当充电结束条件满足时设定: 充电 FET 关断 AND 任何 VC(x) 输入 > 4.175V AND IAVG < EOC_Iavg 状态持续 ChrgCntrlTimer 个测量周期	RelativeStateOfCharge () (相对充电状态 值) < ClrFullyChrg (缺省 RSOC = 80%)
OVER_CHARGED_ALARM 过充报警标志位	VCELLX > TCAVolt (缺省 4.5V/ 单节电池)	所有 VCELLX < TCAVolt
TERMINATE_CHARGE_ALARM 终止充电报警标志位	VCELLX > TCAVolt (缺省 4.5V/ 单节电池) OR 充电温度 () > ChrgMaxTemp (缺省 60°C) OR FULLY_CHARGED (电池充满) 标志位 = 1	所有 VCELLX < TCAVolt AND Temperature (温度) () < ChrgMaxTemp AND Current (电流) () = < 0
OVER_TEMP_ALARM 温度过高报警标志位	Temperature 温度 () > HighTempAI (缺省 55°C)	Temperature (温度) () < HighTempAI
TERMINATE_DISCHARGE_ALARM 终止放电报警标志位	主要设定方式: VCELLX < VEOD1 (根据查找表) AND 上述条件持续 NearEODRecheck 时间 次要设定方式: VCELLX < VEOD2 (缺省 3.1V/ 单节电池) AND 以上条件持续 EODRecheck 时间。	主要设定方式: 所有 VCELLX > VEOD1 OR Current (电流) () > 0 次要设定方式: 所有 VCELLX > VEOD2 OR Current (电流) () > 0
REMAINING_CAPACITY_ALARM 剩余容量报警标志位	RemainingCapacity () < RemainingCapacityAlarm ()	RemainingCapacity () > RemainingCapacityAlarm ()
REMAINING_TIME_ALARM 剩余时间报警位	AverageTimeToEmpty () < RemainingTimeAlarm ()	AverageTimeToEmpty () > RemainingTimeAlarm ()
FULLY_DISCHARGED 完全放电标志位	RemainingCapacity () = 0	RelativeStateOfCharge () > ClrFullyDischrg (缺省 RSOC = 20%)

表 8-3: Temperature (温度)、ChargingCurrent (充电电流) () 和 ChargingVoltage (充电电压) () 汇总

Temperature (温度) () > HighTempAI (缺省 60°C)	
充电	放电
TERMINATE_CHARGE_ALARM (终止充电预警) 和 OVER_TEMP_ALARM (温度过高预警)	OVER_TEMP_ALARM (温度过高预警)
已清除	Temperature (温度) () < HighTempAI

Temperature (温度) () > ChrgMaxTemp (缺省 50°C)	Temperature (温度) () > DischrgMaxTemp (缺省 65°C)
充电	放电
ChargingCurrent () = ChrgCurrOff ChargingVoltage () = ChrgVoltOff	

Temperature (温度) () < ChrgMinTemp
ChargingCurrent (充电电流) () = ChrgCurrOff ChargingVoltage (充电电压) () = ChrgVolt

所有其它温度条件下:
ChargingCurrent (充电电流) () = ChrgCurr
ChargingVoltage (充电电压) () = ChrgVolt

9.0 参数设置

该部分内容记录了驻留在 EEPROM 中的所有可编程参数。该参数集按功能分为以下几类：

1. 电池组信息
2. 容量计算
3. EOD 和 FCC 再学习
4. 充电控制
5. GPIO
6. PS501 设置
7. SBData 设置
8. 校准

表 9-1: 电池信息

参数名称	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
BatStatus 电池状态	1	0	255	b01000000	与 BatteryStatus 对应的 SBData 寄存器的低位字节。
Cells 电池	1	0	255	4	电池组中的电池数量。
Chemistry 化学属性	4	—	—	LION	反映电池化学属性的 SBS 数据。可为任意 ASCII 字符串。字符串长度可在此通过编程设定并通过 SBData-DeviceChemistry 命令取回。
Date 日期	2	0	65535	0x3042	与 ManufactureDate (生产日期) 对应的 SBdata 值。电池组的生产日期可在此通过编程设定, 并可通过 SBData-ManufactureDate 命令取回。 编码方式: 日期 = (年份 -1980)x 512 + 月份 x 32 + 日
DesignCapacity 设计容量	2	0	65535	4400	DesignCapacity (设计容量) 的 SBData 值。该值为电池上电时载入 FullChargeCapacity (充满容量) 参数的初始容量设定值。
DesignVPack	2	0	65535	14800	DesignVoltage (设计电压) 的 SBData 值。
DeviceName 器件名称	8	—	—	PS501	DeviceName (设备名称) 的 SBData 值, 可为任意 ASCII 字符串。在此可对电池电路设备名称进行设定并使用 SBData DeviceName (器件名称) 命令取回。
MFGData 生产日期	4	—	—	0x0	ManufacturerData (生产日期) 的 SBS 字符串。
MFGName 厂商名称	10	—	—	Microchip	ManufacturerName (厂商名称) 的 SBS 字符串, 可为任意 ASCII 字符串, 典型情况为电池组生产商的名称。字符串长度在 MfgNameLength (厂商名称长度) 中定义。
PackRes	2	0	65535	65	电池组电阻。
PW1	2	0	65535	AA4D	电池组锁定的口令 1。
PW2	2	0	65535	D4AA	电池组锁定的口令 2。
SpecInfo 规范信息	2	0	65535	33	SBSSpec. 0011 规范的有关信息, 参见智能电池技术规范 1.1 版。
SerialNumber 序列号	2	0	65535	100	SerialNumber (序列号) 的 SBData 值。电池组序列号可在此通过编程设定, 并可通过 SBData SerialNumber 命令取回。

表 9-2: 容量计算

参数名称	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
CurrError 电流误差	1	0	255	1	电流测量误差。该参数是由 A/D 转换器进行电流测量和积分的精度而引起的误差，255=24.9%。
Cycles 周期	2	0	65535	0	与 CycleCount (周期计数) 相对应的 SBData 寄存器。系统将对 Cycles 寄存器的内容进行更新以记录电池的总用量。当电池充放电容量等于电池总容量时， Cycles 计数值增一。以总容量为 4000mAh 的电池为例，电池每流出或流入 4000mAh 容量时， Cycles 将增一。
InitialCap 初始容量	2	0	65535	2048	电池的初始容量。当 PS501 处于初次上电和初始化时，在总容量的学习周期之前，将采用 InitialCap 中编程设定的值作为总容量来计算相对充电状态的百分比。
LowCurrError 低电流误差	1	0	255	25	误差计算中的电流偏移量。由于 A/D 转换器的误差与测量电流的水平成正比，当被测电流值极小时，误差可能太小。因此，用 LowCurrError (低电流误差) 来补偿测量低电流时的误差。在求取电流误差时， LowCurrError (低电流误差) 补偿的毫安值将被加入电流测量值。因此，误差为：误差 = (电流测量值 + LowCurrError 低电流误差补偿) * CurrError 电流误差。
NChangeState 状态变化	1	0	255	8	状态变化延迟滤波器。根据电流方向延迟“充电”和“放电”状态间的变化。为避免相反方向的电流尖峰出现的问题，器件内置了一个延迟滤波器来控制充电状态何时转换到放电状态。在状态改变之前，即电流改变方向并导致容量的增加或减少前，电流应改变方向并维持时间为 CST_DELAY * 测量周期。
NullCurr 零域电流	1	0	255	3	PS501 内置有零域控制功能。在电流确实为零时，任何微小的不准确测量值都排除在电量计算之外。因此，任一方向上幅值小于 NullCurr (零域电流) mA 限定值的电流均测量为零。
PwrConsumption 功率消耗	1	0	65535	140	电池模块的电流消耗。该参数为电池向电池模块输出的平均电流 (255= 1mA)。
SelfDischrgErr 自放电误差	1	0	255	1	自放电误差。此误差为自放电查找表与实际电池特性之间的内在误差，255 = 100%。

表 9-3: EOD 和 FCC 再学习

参数编号	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
ADLNearEmpty	2	0	65535	3600	在接近 EOD 时, A/D 的侧重点从电流转向电压测量时的电池电压 (mV)。
ADLNearFull	2	0	65535	4000	在接近 EOC 时, A/D 的侧重点从电流转向电压测量时的电池电压 (mV)。
EOD1Cap	2	0	65535	150	EOD1Voltage 时电池中的剩余容量。该值通常很小, 用来为系统关闭过程供电。
EOD1Voltage	2	0	65535	3100	EOD1 固定电压点的电压数值 (mV)。
EOD1Recheck	1	0	255	6	EOD1 条件的延时滤波器。EOD1 触发前的检查次数。放电结束条件必须保持至少 EOD1Recheck 个周期才能被视为真, 这样有助于避免由于尖峰信号造成的误触发。EOD1 条件是根据可变电压查找表或 EOD1Voltage 来确定的。
EOD2Recheck	1	0	255	6	EOD2 条件下的延时滤波器; EOD2 基于 Vempty 。
FullCapacity	2	0	65535	4150	电池容量的学习参数值。用于 FullChargeCapacity (充满容量) 的 SBData 值。该参数是一个学习参数值, 相当于电池完全充满到完全放电的电荷数量, 包括自放电和误差。该参数在学习周期结束后被复位, 用来进行剩余容量和相对充电状态值的计算。
RelearnCurrLim	2	0	65535	10,000	在放电结束 (EOD) 达到放电终止报警条件时, 避免出现容量再学习的测量电流限定值。只有当电池自完全充满开始放电直至完全放电期间未发生充电, 且放电电流从未超过 RelearnCurrLim 限定值 (例如: 3000) 时, 才会发生学习周期, 即只有电流不超过 3000 mA 时才会发生再学习。
RelearnLimit	1	0	255	205	最大再学习限定值。在学习周期后, FULL_CAPACITY (充满容量) 可以变化的最大百分比, 其中 255 = 100%。
RelearnMaxErr	2	0	65535	300	FullCapacity (充满容量) 学习的最大误差。在一个学习周期后, 如果误差太大将终止 FULL_CAPACITY (充满容量) 参数的学习。
RLCycles	1	0	255	2	无 RelearnLimit 的初始周期数。在初始的几个周期中 RelearnLimit 无效。首个学习周期中, FullCapacity (充满容量) 参数值可能变化较大, 这是由于起始容量可能不正确, 因此该值至少应设为 '2'。
Vempty	2	0	65535	3000	第二个和最后的放电结束电压点。该点的剩余容量可选择设定为 '0'。

PS501

表 9-4: 充电控制

参数名称	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
ChrgCurr	2	0	65535	3000	这是正常充电期间电池所需的充满电流值。它可向充电器广播或从 PS501 读出。
ChrgCurrOff	2	0	65535	0	涓流充电电流。这是满额充电因温度过高而必须暂停时，充电器送出的少量充电电流。
ChrgMaxTemp	1	0	255	235	充电时的温度门限值， 编码值 = (摄氏度 * 10 + 200)/4。当温度超过 ChrgMaxTemp (最大充电温度) 且电池正在充电时，则 ChargingCurrent (充电电流) 参数值设定为 ChrgCurrOff 而 ChargingVoltage (充电电压) 设定为 ChrgVoltOff 。
ChrgMinTemp	1	0	255	50	充电时的温度下限， 编码值 = (摄氏度 * 10 + 200)/4。当温度低于 ChrgMinTemp (最低充电温度) 且电池正在充电时，则 ChargingCurrent (充电电流) 参数值设定为 ChrgCurrOff 而 ChargingVoltage (充电电压) 设定为 ChrgVoltOff 。
ChrgVolt	2	0	65535	16800	该参数为正常充电时电池所需的充电电压值。
ChrgVoltOff	2	0	65535	16800	该参数为充电停止时电池所需的电压值。
ClrFullyChrg	1	0	255	90	在此处对 FULLY_CHARGED (电池充满) 位复位，100 = 100%。一旦 FULLY_CHARGED 位置 1，将不再对收尾电流或脉冲电流进行监视。放电开始时，FULLY_CHARGED 位应保持置 1 直至电池电压低于 EOC_VOLT，这样可避免因小电流造成充电结束条件的误触发。因此， ClrFullyChrg 参数值设定约为 90%。FULLY_CHARGED 位将保持置 1 直到电池放电后电压跌落到 90% 以下。
ClrFullyDischrg	1	0	255	10	对 FULLY_DISCHARGED (完全放电) 状态位进行复位，100 = 100%。一旦电池完全放电状态位被置 1，它将保持该状态直至电池容量超过该设定值，典型值为 10%。
EOCCurAvg	2	0	65535	200	脉冲式充电的 EOC 触发器。如果 CFET 关断时的平均充电电流跌落到 AvgCurrEOCThresh 门限值以下且持续时间等于 EEPROM 参数设定值 ChrgCntrlTimr (典型值为 8 和 16 之间)，则电池达到充电结束状态。
EOCRecheck	1	0	255	6	EOC 条件的延迟滤波器。EOC 触发前的检测次数。充电结束条件至少应保持该次数的测量周期才能被视为真，以便过滤掉造成误充满条件的尖峰脉冲。
EOCVolt	2	0	65535	4175	EOC 触发器电池电压。当电池组中任一电池电压达到此电压值，将对电池平均电流进行监视以决定电池是否充满。当平均电流处于正常范围内且电池电压大于 EOC_VOLT 设定值时，则 BatteryStatus (电池状态) 中的 FULLY_CHARGED (电池充满) 位将被置 1 而终止充电预警将被激活。
MaxTemp	1	0	65535	750	最大测量温度 (包括外部和内部温度传感器)。编码值 = (摄氏度 * 10 + 200)/4。PS501 通过该参数跟踪测得的最大温度。

表 9-4: 充电控制 (续)

参数名称	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
PrechargeCurr	2	0	65535	100	所需预充电电流。在预充电条件下，该电流值将报给 ChargingCurrent (充电电流) 的 SBData 。
PrechargeMax	2	0	65535	500	最大允许预充电电流。在预充电条件下，如果预充电电流超过该限定值， ChargingCurrent (充电电流) 的 SBData 值将被设定为零。
PrechargeTemp	1	0	255	60	预充电温度，编码值 = (摄氏度 * 10 + 200)/4。该参数值为预充电发生时的温度。
PrechargeVCell	2	0	65535	2500	预充电电池电压。该参数值为预充电发生时的电压。
SOCThreshold	1	0	255	125	该参数为基于充电状态的第二个 EOC 触发器，100 = 100%。PS501 中内置有第二充电结束触发器，因此当充电状态值超过特定值时，电池即使还未检测到收尾或脉冲电流，也将被迫结束充电。当充电状态值达到 SOCThreshold 门限值时，将触发充电结束条件。
StableCurr	1	0	255	50	EOC 触发电流偏移参数。为了避免电流尖峰导致收尾电流的过早触发，平均电流和瞬时电流均应限定在各自的 StableCurr 参数限定范围内，以使收尾电流可正常触发结束条件。
TaperCRate	6	0	255	3	EOC 收尾电流的上限值，该值取决于温度， TaperCRate = 64/1C。例如：若 1C = 2200 且 TaperCRate = 3，则收尾电流范围的上限为 3/64 * 2200 = 103 mA。
TaperLow	1	0	255	1	EOC 收尾电流的下限值， TaperLow = 64/1C。例如：若 1C = 2200 且 TaperLow = 1，则收尾电流范围的下限为 1/64 * 2200 = 34 mA。
TaperTemp	5	0	255	125	与 TaperCRate 字节对应的温度值 TaperTemp = (temp. °C * 10 + 200)/4。 例如： TaperTemp = 100 [(100 * 4 - 200)/10 = 20°C]。

PS501

表 9-5: PS501 设定

参数编号	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
AOMInt	1	0	255	60	自动偏移校准周期频率
ConfigEOC	1	0	255	b01101001	位编码如下： 位 功能 7 根据充电定时器触发 EOC 6 根据 TCAVolt 触发 EOC 5 限定 remcap 为 FCC 4 EOC 时设置电池过充预警 3 EOC 时，电池容量设定为 FCC 2 当 RSOC > SOThreshold 时触发 EOC 1 平均电流下触发 EOC 0 收尾电流下触发 EOC
ConfigEOD	1	0	255	b01111000	位编码如下： 位 功能 7 根据固定电压估计 EOD1 值（另表） 6 当 EOD1 时，设置完全放电标志 5 一旦电压达到 EOD1（ EOD1Voltage 或 LUT 电压），立即将容量设定为剩余容量 4 一旦电压达到 EOD1（ EOD1Voltage 或 LUT 电压），设置终止放电预警标志 3 在 EOD1（ EOD1Voltage 或 LUT 电压）处学习 FCC 2 在 EOD2 处设置 TDA 预警 1 在 VEOD2（ Vempty ）处将容量设定为零 0 不允许容量跌落到 EOD1Cap 以下
ConfigCAP	1	0	255	11010100	位 功能 7 remcap 补偿 — 显示的 remcap 实际等于 FCC 减去已消耗容量，再减去受温度影响的残余容量。在不同的温度条件下需对进行 remcap 补偿。 6 Remcap（剩余容量）只能递减 — 补偿时，若温度变化导致残余容量减少，不允许以 remcap（剩余容量）上升的形式反应上述情形。应保持 remcap（剩余容量）稳定，直到该部分增加量被放电消耗。这样，在放电时就不会出现容量增加的情况（否则放电时，由于温度可能导致可用容量增加，而使用户困惑。） 5 使用补偿的 FCC 值 — 使用补偿的 FCC 值来计算 RSOC。在电池充满时，允许补偿后的 RSOC 等于 100% (删除)。 4 限定 RSOC 为 99% 直至到达 EOC。 3 报告补偿后的 FCC 值 — 补偿后的 FCC 值以 SBData 形式报告，以允许进行外部 RSOC 计算 (删除)。 2 充电时立即设定为正容量。如果电池放电至零值以下，该参数允许系统在充电时立即计算出总容量。 1 无条件学习 — 无条件再学习 FCC。通常再学习时最大电流和最大误差会受到限制。该位将取消这些限制。通常只在测试时使用。 0 自放电禁止。

表 9-5: PS501 设定 (续)

参数编号	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
ConfigLED	1	0	255	b10000010	位编码如下: 位 功能 7 禁止主模式 6 (空闲) 5 使能快速 LED 时机 4 充电时 LED 显示 3 LED 只显示最重要数据 2 LED 使用绝对 SOC, 否则为相对 SOC 1 剩余时间预警或剩余容量预警时, LED 闪烁 0 充电时 LED 闪烁
FLAGS1	1	0	255	b11101011	位编码如下: 位 功能 7 使能预充电最大电流检测 6 保持充电电流 =0 直至下次放电 5 Int/Ext 温度 4 在主空闲模式下禁止休眠 3 低电压休眠模式要求零电流 2 禁止 GPIO 安全设定 1 使能电池组电阻补偿 0 使能采样模式检测
mWhConv	2	0	65535	2000	mAh 至 mWh 转换时使用的常数。
NSample	1	0	255	10	采样模式下 A/D 的活动频率。采样模式下 A/D 转换器将每隔 NSample 个测量周期进行一次测量。运行模式下, 每个测量周期都进行测量。
OSCTrim	1	0	255	200	RC 振荡器调整。
SampleLimit	2	0	65535	15	用来确定进入 / 退出采样和运行模式电流门限值的参数, 单位为 mA。
SMBMstrBaud	1	0	127	1	主机广播波特率 $(512 \text{ kHz}/4)/(\text{SMBMstrBaud} + 1)$ 。
SMBChrgrAddr	1	0	255	0x12	接收充电器信息广播的地址。
SMBHostAddr	1	0	255	0x10	接收主机信息广播的地址。
SMBAlrmInterval	1	0	255	120	在预警广播之间的延迟时间, 单位为 0.5 秒。
Config1	1	0	255	100	引导安装配置。
SleepVPack	2	0	65535	8800	PS501 进入低电压休眠模式的电池组电压参数值。
WakeUp	1	0	255	b00001011	当器件处于低电压休眠模式时 (因低电压和采样模式的原因进入), 存在四种唤醒方式, 即电压激活唤醒、电流激活唤醒、SMBus 激活唤醒以及 I/O 引脚激活唤醒。该参数定义了使能何种唤醒方式, 以及唤醒电压水平。下面列出了相应设定方法。注意, 该参数的设定与应用中电池的数量和配置无关。 唤醒: 位 名称 功能 7 WakeIO (I/O 唤醒) 由 I/O 激活唤醒 6 WakeBus (总线唤醒) 由 SMBus 激活唤醒 5 未使用 4 WakeVolt (电压唤醒) 由电压激活唤醒 3 Shelf-Sleep (闲置 - 休眠) 在闲置 - 休眠模式中使用超低功耗方式 1 LV Sleep Mode 使用超低功耗模式作为低电压休眠模式 0 Zero Remcap 当进入低电压休眠模式时将 remcap 设定为零

PS501

表 9-5: PS501 设定 (续)

参数编号	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明		
WakeLevels	1	0	255	b11000110	唤醒电压:		
					<u>唤醒 (2:0)</u>	<u>电压</u>	<u>目的</u>
					000	6.4V	2 节锂离子电池
					001	6.66V	2 节锂离子电池
					010	8.88V	2 节锂离子电池
					011	9.6V	3 节锂离子电池
					100	9.99V	3 节锂离子电池
					101	11.1V	3 节锂离子电池
					110	12.8V	4 节锂离子电池
					111	13.3V	4 节锂离子电池

表 9-6: SBData 设定

参数名称	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
HighTempAI	1	0	255	200	在 <u>AlarmWarning</u> (预警警告) 寄存器中的 <u>OVER_TEMP_ALARM</u> (温度过高预警限定位), 0.1°C 增量, 编码值 = (摄氏度 * 10 + 200)/4。当温度超过 HighTempAI 时, <u>OVER_TEMP_ALARM</u> 将被激活。如果电池正在充电, <u>TERMINATE_CHARGE_ALARM</u> (终止充电预警) 也将被激活。
NChrgBroadcast	1	0	255	20	充电条件下的广播频率。
RemCapAI	2	0	65535	440	与 RemCapAI 对应的 SBData 值。SBData 技术规范要求该参数的缺省值应设定为 <u>DesignCapacity</u> /10。当剩余容量计算值达到 RemCapAI 限定值时, <u>BatteryStatus</u> (电池状态) 寄存器中的 <u>REMAINING_CAPACITY_ALARM</u> (剩余容量预警位) 将被置 1。如果预警广播功能使能, 该预警信息将被广播至主机。
RemTimeAI	2	0	65535	10	与 RemTimeAI 对应的 SBData 值。SBData 技术规范要求该参数的缺省值应设定为 10 分钟。当 <u>RunTimeToEmpty</u> 计算值达到 RemTimeAI 限定值时, <u>BatteryStatus</u> (电池状态) 寄存器中的 <u>REMAINING_TIME_ALARM</u> (剩余时间预警位) 将被置 1。
TCAVolt	2	0	65535	4400	电池发送 <u>TERMINATE_CHARGE_ALARM</u> (终止充电预警) 时的电池电压。该电压值高于充电结束电压, 当充电器不响应 EOC 时, 该电压值将触发终止充电预警。

表 9-7: 校准

参数名称	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
CalStatus	1	0	255	b10000000	位编码如下: 位 功能 7 出厂时已校准 6 已下载至 EE/Flash 5 RC 振荡器 4 外部温度传感器 3 内部温度传感器 2 电流 1 电池组电压 0 电池电压 0 = 未校准 1 = 已校准
CFCurr	2	0	65535	6844	电流校正因子。对检测电阻的测量电流值进行标定调整。用于校准 RSHN 和 RSHN 输入引脚的电流测量值。该参数根据电流检测电阻的大小来设定。
CFTempE	2	0	65535	1300	温度校正因子。对 VNTC 输入引脚的外部热电阻的温度测量值进行标定调整。
CFTempI	2	0	65535	9102	温度校正因子。对内部温度传感器的温度测量值进行标定调整。校准时: 新的 CF_TEMP=Old CF_TEMP x (温度计读数 [°C]/SBData Temperature (温度) [°C]) 注: SBData Temperature (温度) 通常以 0.1°K 的形式报告。使用该公式时, 数值应转换为 °C 的形式。
CFVCell1	2	0	65535	22325	VCELL1 的校准校正因子。用于校准 VCELL1-4 输入引脚之间的单节电池电压测量值。
CFVCell2	2	0	65535	22393	VCELL2 的校准校正因子。用于校准 VCELL1-4 输入引脚之间的单节电池电压测量值。
CFVCell3	2	0	65535	22420	VCELL3 的校准校正因子。用于校准 VCELL1-4 输入引脚之间的单节电池电压测量值。
CFVCell4	2	0	65535	22470	VCELL4 的校准校正因子。用于校准 VCELL1-4 输入引脚之间的单节电池电压测量值。
CFVPack	2	0	65535	20045	电池组电压的校正因子。对电池组测量电压值进行标定调整。用于校准 VCELL4 输入引脚和接地引脚之间电池组电压测量值。
COCurr	2	-32768	32767	-12	电流的校正偏移量。该参数值为零电流流过检测电阻时 A/D 的读数。
COD	1	-128	127	-12	校正偏移量。电流读数的自动回零校准的偏移量。 $SBDData Current[mA] = (I_{A/D} - COCurr) \times CFCurr / 16384$ 校准时: $CF_CURR = ((\text{电流表读数} [mA] \times 16384) - 8192) / (\text{电流} - OCV \text{ 时的 } I_{A/D})$
COTempE	1	-128	127	-2	温度校正偏移量。在采用内部温度传感器进行温度测量时, 偏移量 = 0。

PS501

表 9-7: 校准 (续)

参数名称	字节数	下限值	上限值	典型值	操作说明
COTempl	2	-32768	32767	21647	温度校正偏移量。在采用内部温度传感器进行温度测量时, 偏移量 = 0。
COVCell	1	-128	127	0	电池电压的校正偏移量。用于读取单节电池电压的校正因子。 SBData Voltage (电压) [mV] = (V_A/D - CO_VOLT) x CF_VOLT/2048 校准时: 新的 CF_VOLT = 旧 CF_VOLT x (电压表读数 [mV]/SBData Voltage (电压) [mV])
COVPack	1	-128	127	0	电压校正偏移量。用于电池组电压读数的偏移量因子。
BGCal	1	0	255	0	带隙电压校准因子。
RefCal	1	0	255	0	参考电压校准因子。
VCellSafeVolt	2	0	65535	4150	VCELLS 的安全门限值。
SampleModeRechecks	1	0	255	6	在进入采样模式前电流 < SampleLimit 的 OPC 次数
AgeFactor	1	0	255	0	因电池老化所需的 EOD 电压标定因子。
RemCapDelta	1	0	255	1	每一测量周期中剩余容量的最大变化量。
Flags2	1	0	255	10000000	位 7: 1 = 只在放电时对 remcap 进行补偿 位 6: 内部测试位 (CJ) 位 5: 内部测试位 (CL) 位 4: 在零电流时对 remcap 进行补偿 位 3: 未用 位 2: 1 = 使能电池平衡功能 位 1: 1 = 补偿 VC4/VPACK 位 0: 1 = 补偿 VC1/VPACK
VcellmbSet	1	0	255	100	触发内部电池平衡功能的电压差值。
VcellmbReset	1	0	255	80	关闭电池平衡功能的电压差值。
PwrUpTimer	1	0	255	4	初次上电之后 GPIO 处于禁止状态的时间。
VC1Res	2	0	65535	0	用于 VCELL1 测量的串联电阻。1/16384 欧姆。
VC4Res	2	0	65535	0	用于 VCELL4 测量的串联电阻。1/16384 欧姆。
NPermLogCnt	1	0	255	0	联机错误计数器。
NPermLogReg	1	0	255	0	联机错误寄存器。
ReInitGPIO	2	0	65535	0	测试期间用于复位所有 GPIO 的寄存器。
GPIODelayFlags	2	0	65535	0	当高位字节置位时, GPIO 的正向逻辑变化将被延迟。低位字节映射至 GPIO。
GPIODelayMS	1	0	255	0	GPIODelayFlags 使能延迟时, GPIO 延迟时间的单位为毫秒。
ParamVersion	1	0	255	0	EEPROM 版本的控制编号。
KeyByte	1	0	255	0xDA	在 P5 退出引导安装前, EE 关键字节应为 0xDA。
EOD1Recheck	1	0	255	8	EOD 的重新检查周期
EOCTimeout	2	0	65535	60	EOC 延时定时器。
CapErrReset	2	0	65535	0	在 EOD 时的 MaxError (最大误差) 设定值。
ImbalanceSOC	1	0	255	20	RSOC 参数, 低于该值时将进行电池平衡测量。

10.0 电气特性

表 10-1: 绝对极限参数

符号	参数	最小值	最大值	单位
VCX	任一 VC(x) 引脚上的电压	-0.3	18.5	V
VPIN	任一引脚 (除 VCELLx 外) 上的电压	-0.5	7.0	V
TBIAS	偏置条件下的温度	-20	85	°C
TSTORAGE	储存温度 (取决于封装形式)	-35	125	°C

注: 上述数值为运行条件最大值。如果器件运行参数超过上述各项最大额定值, 即可能对器件造成永久性损坏。如果器件长时间在绝对最大额定条件下工作, 其稳定性可能受到影响。我们建议器件只应工作在下面所列的运行条件范围内。

表 10-2: DC 特性 (TA = -20°C 至 +85°C; VREG (内部) = +3.3V±10%)

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
VSUPPLY	供电电压 - 施加于 VC(1)	5.6	—	18.0	V	
IDD	瞬间供电电流	—	220	—	μA	(注 1)
IDDRUN	平均供电电流 - 运行模式	—	175	—	μA	A/D 处于运行模式 (注 1)
IDDINS	静止供电电流 - 采样模式	—	150	—	μA	A/D 处于运行模式 (注 1, 2)
IDDSSLP	静止供电电流 - 低功耗模式	—	25	—	μA	A/D 处于运行模式 (注 1, 2)
IDDSL P	平均供电电流 - 极低功耗模式	—	0.8	1	μA	休眠模式 (注 1, 4)
IWAKE	从休眠模式唤醒的电流门限值 - (检测电阻两端的电压)	2.50	3.75	5.00	mV	
VIL	输入低电平电压 - GPIO(7-0)	—	—	0.2 * VDDD	V	
VIH	输入高电平电压 - GPIO(7-0)	0.8 * VDDD	—	—	V	
IIL-IOPU	GPIO 输入低电平电流 - 上拉模式	-37.5	-110	-140	μA	
IIL-IOPD	GPIO 输入高电平电流 - 下拉模式	-37.5	-110	-140	μA	
IL	漏电流 - GPIO 引脚经编程设定为输出	—	1	2	μA	
VOL	GPIO(7-0) 的低电平输出电压	—	—	0.6	V	IOL = 0.5 mA
VOH-IO	GPIO(7-0) 的高电平输出电压 (非 LED 模式)	2.0	—	—	V	IOH = 100 μA
VOH-LED	GPIO(7-0) 的高电平输出电压 (LED 模式)	2.0	—	—	V	IOH = 10 mA (注 3)
VSR	检测电阻输入电压范围	-152	—	152	mV	
VNTC	热敏电阻输入电压范围	0	—	152	mV	
VREFT	VREFT 引脚上的 NTC 参考电压输出	—	150	—	mV	
VIL-SMB	SMBus 引脚的低电平输入电压	-0.5	—	0.8	V	
VIH-SMB	SMBus 引脚的高电平输入电压	2.0	—	5.5	V	
VOL-SMB	SMBus 引脚的低电平输出电压	—	—	0.4	V	IPULLUP = 350 μA
VOH-SMB	SMBus 引脚的高电平输出电压	2.1	—	5.5	V	
IPULLUP-SMB	流经上拉电阻的电流或 SMBus 引脚的源电流	100	—	350	μA	
I _{LEAK-SMB}	输入漏电流 - SMBus 引脚	—	—	± 5	μA	

- 注 1: 不包括引脚上外部负载造成的电流消耗。最大电压为 16.8 伏时可有效满足参考电流技术规范。
 注 2: 采样模式电流规定为 A/D 静止周期内的电流。采样模式下的平均电流可使用以下公式计算:
 采样模式平均供电电流 = (IDDRUN + (n - 1) * IDDINS)/n; 其中 “n” 为编程设定的采样速率。
 注 3: 在 LED 发光期间, 电流峰值可达 10 mA, 但其中单个 LED 电流典型值为 5 mA (使用低电流高亮度器件)。
 注 4: 在 25°C 条件下测量。

PS501

表 10-3: AC 特性 (TA = -20°C 至 +85°C ; VREG (内部) = +3.3V ± 10%)

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
fRC	内部 RC 振荡器频率	—	512.000	—	kHz	
fAD	内部 A/D 时钟频率	—	fRC/16	—	kHz	
tCONV	A/D 转换测量时间, n 位 + 符号	—	2 ⁿ /fAD	—	ms	

表 10-4: AC 特性 – SMBus (TA = -20°C 至 +85°C ; VREG (内部) = +3.3V ± 10%)

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
fSMB	SMBus 时钟工作频率	<1.0	—	100	kHz	从模式
fSMB-MAS	SMBus 时钟工作频率	50	fRC/8	68	kHz	主模式 (注 1)
tBUF	在起始和停止之间的总线空闲时间	4.7	—	—	μs	
tSHLD	在重复起始后的总线保持时间	4.0	—	—	μs	
tSU:STA	在重复起始前的建立时间	4.7	—	—	μs	
tSU:STOP	停止建立时间	4.0	—	—	μs	
tHLD	数据保持时间	300	—	—	μs	
tSETUP	数据建立时间	250	—	—	μs	
tTIMEOUT	时钟低电平超时时间	10	—	35	ms	(注 2)
tLOW	时钟低电平时间	4.7	—	—	μs	
tHIGH	时钟高电平时间	4.0	—	50	μs	(注 3)
tLOW:SEXT	报文缓冲时间	—	—	10	ms	(注 4)
tLOW:MEXT	报文缓冲时间	—	—	10	ms	(注 5)
tF	时钟 / 数据下降时间	—	—	300	ns	(注 6)
tR	时钟 / 数据上升时间	—	—	1000	ns	(注 6)

- 注 1: 在将 **AlarmWarning** (报警警告)、**ChargingCurrent** (充电电流) 及 **ChargingVoltage** (充电电压) 值向 SMBus 主机或 SMBus 智能充电器广播时使用。仅在 PS501 为完成这些功能而作为主机时使用。接收 (从动) 器件会降低传输频率。更多信息参见 P4 用户指南中的 SMBus 教程。
- 注 2: 当由 **Start-to-Ack**、**Ack-to-Ack** 或 **Ack-to-Stop** 所定义的累计报文时间超过 tTIMEOUT 的最小值 25 ms 时, PS501 会出现超时。PS501 将会在 tTIMEOUT 的最大值 35 ms 前对通信进行复位。
- 注 3: tHIGH max 为器件提供了一种检测总线空闲状态的简单方法。
- 注 4: tLOW:SEXT 是在一个报文从开始到结束时, 允许从器件扩展时钟周期的累计时间。
- 注 5: tLOW:MEXT 为由 **Start-to-Ack**、**Ack-to-Ack** 或 **Ack-to-Stop** 所定义的报文的每一字节内, 允许主器件扩展时钟周期的累计时间。
- 注 6: 上升和下降时间如下定义为:
 $tR = (V_{IL_MAX} - 0.15) \text{ to } (V_{IH_MIN} + 0.15)$
 $tF = 0.9 V_{DD} \text{ to } (V_{IL_MAX} - 0.15)$

表 10-5: A/D 转换器特性 (TA = -20°C 至 +85°C ; VREG (内部) = +3.3V ± 10%)

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
ADRES	A/D 转换器分辨率	9	—	16	位	(注 1)
VADIN	A/D 转换器输入电压范围 (内部)	170	—	170	mV	差分模式
		0	—	340	mV	单端模式
EVGAIN	供电电压增益误差	—	—	0.100	%	
EVOFFSET	补偿的偏移误差	—	—	0.100	%	
ETEMP	温度增益误差	—	—	0.100	%	
EINL	非线性积分误差	—	—	0.004	%	

注：该电压为 A/D 转换器内部输入端的电压。VSR 和 VNTC 皆为直接测量值。VC(x) 输入的测量是通过内部电平解析电流来进行的，该电路将输入电压转换到适合于 A/D 转换器的范围之内。

图 10-1: SMBus AC 时序图

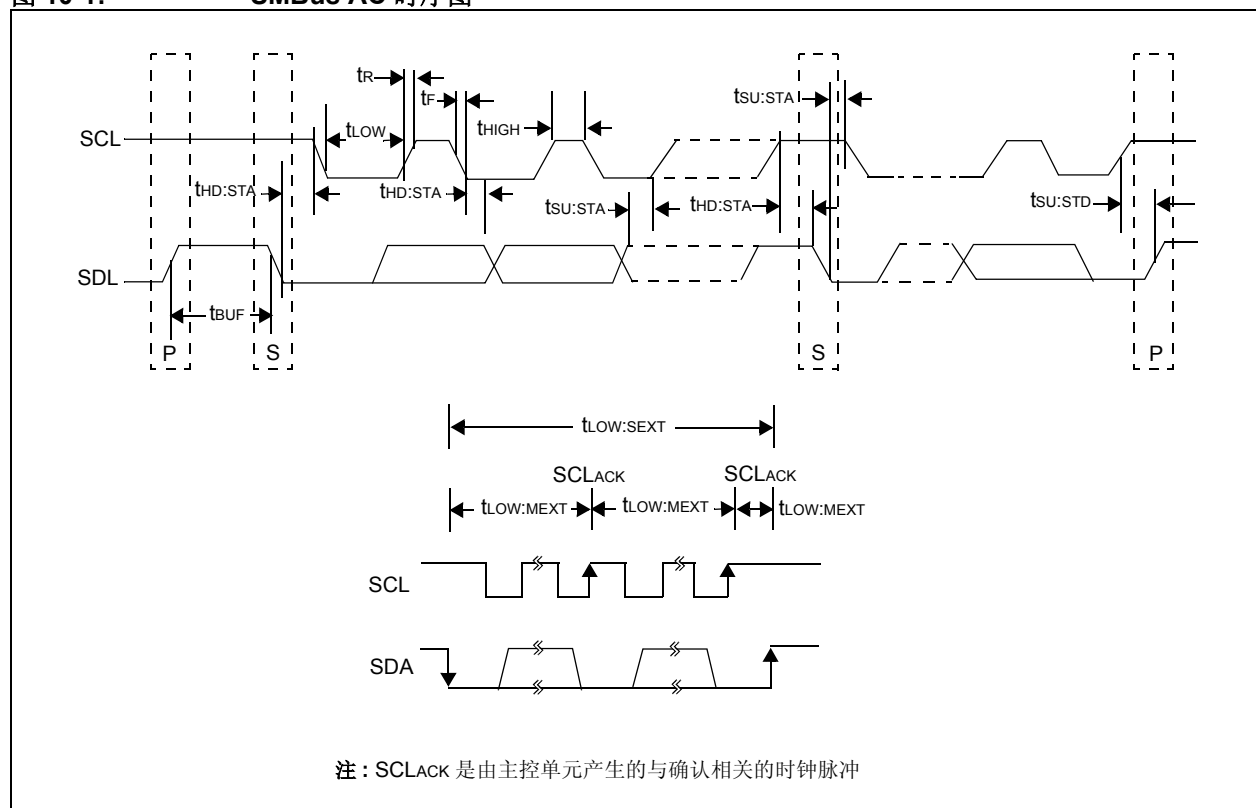


表 10-6: 硅片时基特性 (TA = -20°C 至 +85°C ; VREG (内部) = +5.0V ± 10%)

符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	条件
ETIME	硅片时基误差	—	—	0.35	%	偏置电阻 R _{osc} 容差 = 1%, TL = ± 100 PPM

11.0 封装信息

11.1 封装标识信息

28 引脚 SSOP



示例



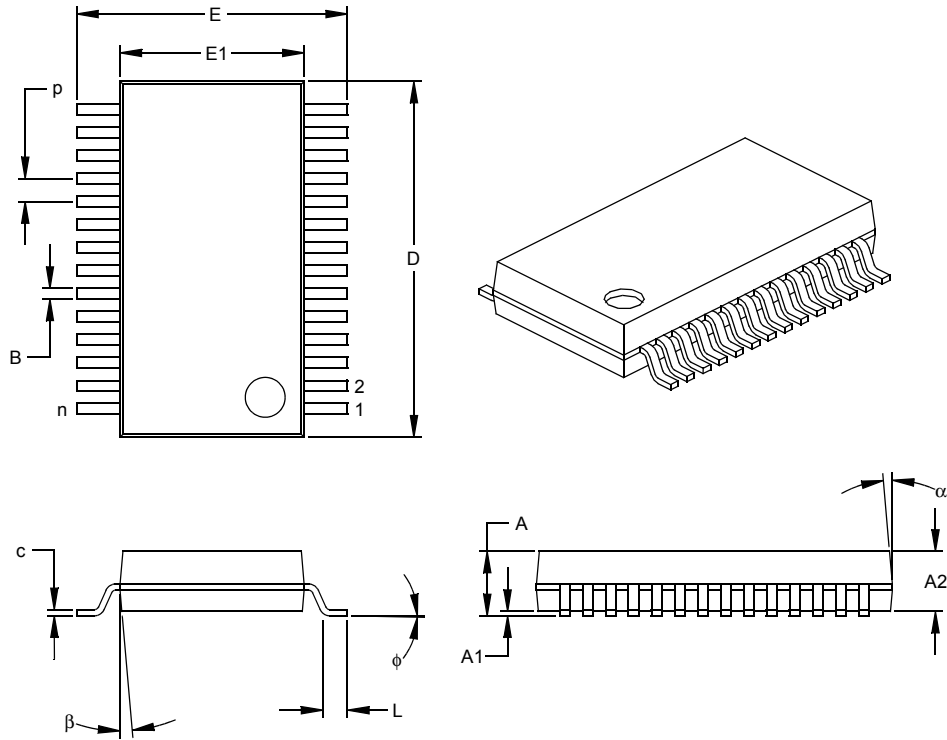
图注:	XX...X	客户指定信息*
	Y	年份代码 (公历年份的最后一位)
	YY	年份代码 (公历年份的最后二位)
	WW	星期代码 (一月一日的星期代码为 01)
	NNN	字母数字追踪代码

注:	若 Microchip 芯片部件编号无法一行中完全标出, 它将换行继续标出, 因此限制了用户指定信息的可用字符数量。
-----------	--

- * 标准 PICmicro 器件标识由 Microchip 元器件编号、年份代码、星期代码和追踪代码组成。若 PICmicro 器件标识超出上述内容, 需支付一定的附加费用。请向当地的 Microchip 销售办事处了解确认。对于 QTP 器件, 任何特殊标记的费用都已包含在 QTP 价格中。

11.2 封装信息

28 引脚塑封窄条小外形封装 (SS) -209 mil, 5.30 mm (SSOP)



尺寸范围	单位	英寸			毫米*		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n		28			28	
引脚间距	p		.026			0.65	
总高度	A	.068	.073	.078	1.73	1.85	1.98
塑膜封装厚度	A2	.064	.068	.072	1.63	1.73	1.83
悬空间隙 §	A1	.002	.006	.010	0.05	0.15	0.25
总宽度	E	.299	.309	.319	7.59	7.85	8.10
塑膜封装宽度	E1	.201	.207	.212	5.11	5.25	5.38
总长度	D	.396	.402	.407	10.06	10.20	10.34
底脚长度	L	.022	.030	.037	0.56	0.75	0.94
引脚厚度	c	.004	.007	.010	0.10	0.18	0.25
底脚倾斜角	φ	0	4	8	0.00	101.60	203.20
引脚宽度	B	.010	.013	.015	0.25	0.32	0.38
塑膜顶端锥度	α	0	5	10	0	5	10
塑膜底端锥度	β	0	5	10	0	5	10

* 控制参数

注：

尺寸 D 和 E1 不包括毛边或凸起。毛边或凸起不得超过每侧 0.010" (0.254mm)。

同等 JEDEC 规范：MO-150

图号：C04-073

PS501

注:

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其它半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其它受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的原文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其它类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。未经 Microchip 书面批准，不得将 Microchip 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其它方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rfPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其它国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、PICMASTER、rfPIC、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Migratable Memory、MPASM、MPLIB、MPLINK、MPSIM、PICKit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel 和 Total Endurance 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其它国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其它商标均为各持有公司所有。

© 2004, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于 2003 年 10 月通过了 ISO/TS-16949:2002 质量体系认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。



全球销售及服务网点

美洲

公司总部 Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

波士顿 Boston
Westford, MA
Tel: 1-978-692-3848
Fax: 1-978-692-3821

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣何塞 San Jose
Mountain View, CA
Tel: 1-650-215-1444
Fax: 1-650-961-0286

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

中国 - 福州
Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 顺德
Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

中国 - 青岛
Tel: 86-532-502-7355
Fax: 86-532-502-7205

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-2229-0061
Fax: 91-80-2229-0062

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-5160-8631
Fax: 91-11-5160-8632

日本 Japan - Kanagawa
Tel: 81-45-471-6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

欧洲

奥地利 Austria - Weis
Tel: 43-7242-2244-399
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Ballerup
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Massy
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Ismaning
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

英国 England - Berkshire
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820