

bq2060A

符合通讯协议(SBS)智能型电芯计量集成电路

● 功能

- 提供镍镉、镍氢、锂离子和铅酸可充电电芯准确电量测量
- 符合通讯协议(SBS)智能型电芯数据规格 v1.1
- 支持具 PEC 接口之双线 SMBus v1.1 或一线的 HDQ16
- 提供各个电芯电压报告
- 在充放电时监控并提供控制锂离子保护电路的 MOSFET
- 对电压、温度及电流的测量提供 15 位的分辨率
- 用误差校准少于 16 μ V 的 VF 转换器来测量充电电流
- 操作功耗小于 0.5mW
- 可驱动 4 或 5 个区段 LED 来显示剩余容量
- 28-pin、150-mil 的 SSOP 封装

● 一般说明

符合 SBS 通讯协议的 bq2060A 计量集成电路，可对安装于系统内可重复充电的电芯或电芯组，提供精确的剩余电量记录。bq2060A 不但可以监控镍镉、镍氢、锂离子及铅酸电池的容量，同时也监控其它关键电芯参数。bq2060A 是使用一个具有自动偏移误差修正的 VF(V-to-F)转换器来计算的。bq2060A 使用一个模拟对数字转换器(A-to-D)来读取电压、温度及电流值。板子上的模拟对数字转换器也会监控着锂离子电芯组中电芯的个别电压，而且 bq2060A 也可产生控制信号，可用来配合电池包保护电路并联控制，来加强电芯组的安全性。

bq2060A 支持智能型电芯数据(SBData)指令和充电控制指令功能。使用双线的系统管理总线(SMBus)或 Benchmarq 单线的 HDQ16 协议来沟通数据。这些有效数据包括电芯的剩余容量、温度、电压、电流及预估可使用剩余时间等。bq2060A 提供 LED 驱动和一个按键输入，可以选择使用 4 或 5 个 LED 显示器，以 20% 或 25% 的增加量来显示电芯组从满到空的剩余容量。

bq2060A 需配合外接的 EEPROM 一起工作。此 EEPROM 储存着 bq2060A 的结构信息，如电芯的化学特性、自我放电率、补偿因素、量测校正、设计的电压和容量。bq2060A 可程序化的自我放电率和其它储存在 EEPROM 内的补偿因素，配合时间、电流量及温度，精确的调整使用中或待命状态的剩余容量。bq2060A 也会自动依 EEPROM 设定来修正电芯容量，或经由从接近满电量到接近空电量的一个放电周期来修正真正的电芯容量。

REG 脚位的输出是用来调节外部 JFET 的控制电压，使 bq2060A 可在正确的电压下工作。



28-Pin 150-mil SSOP

● 引脚名称

- | | | | |
|---------|---------------|-----------|--------------|
| ➤ HDQ16 | 串行通信输入/输出引脚 | ➤ DFC | 放电 FET 控制输出 |
| ➤ ESCL | EEPROM 时序 | ➤ CFC | 充电 FET 控制输出 |
| ➤ ESDA | EEPROM 数据和地址 | ➤ CVON | 单个电芯分压控制 |
| ➤ RBI | 寄存器备份输入 | ➤ THON | 热敏电阻偏移控制 |
| ➤ REG | 调整输出 | ➤ TS | 热敏电阻电压输入 |
| ➤ VOUT | EEPROM 电源供应输出 | ➤ SRC | 电流感应电阻电压输入 |
| ➤ VCC | 供电电压 | ➤ SR1-SR2 | 充电电流感应电阻电压输入 |
| ➤ VSS | 接地 | | |
| ➤ DISP | LED 显示控制输入 | ➤ VCELL1- | |
| ➤ LED1- | | VCELL4 | 单个电芯电压输入 |
| ➤ LED5 | LED 显示段输出 | ➤ SMBD | SMBus 数据 |
| | | ➤ SMBC | SMBus 时钟 |

● 引脚描述

- HDQ16 串行通信输入/输出引脚
开漏的双向通信接口
- ESCL EEPROM 时序
bq2060A 与外部非易失性 EEPROM 数据传输时钟输出
- ESDA EEPROM 数据和地址
bq2060A 与外部非易失性 EEPROM 传输与发送地址与数据的双向引脚
- RBI 寄存器备份输入
为 bq2060A 的寄存器在低操作电压下提供备份的输入引脚。RBI 可接一个电容或电芯的输入。
- REG 调整输出
输出控制一个 N 沟道 JFET，用来调整它的控制电压，使 bq2060A 可以在正确的电压下工作。
- VOUT EEPROM 电源供应输出
外部非易失性 EEPROM 的电源供应
- VCC 供电电压
- VSS 接地
- DISP LED 显示控制输入
控制 LED 驱动 LED1-LED5 输出
- LED1-LED5 LED 显示段输出
每个输出能驱动一个外部 LED
- DFC 放电 FET 控制输出
锂离子电池包保护电路放电 FET 控制输出
- CFC 充电 FET 控制输出
锂离子电池包保护电路充电 FET 控制输出
- CVON 单个电芯分压控制
在单个电芯电压监控时，控制外部 FET 输出导通外部电压分压器
- THON 热敏电阻偏移控制
在温度监控时，控制外部 FET 输出连接热敏电阻
- TS 热敏电阻电压输入
监控温度时了解热敏电阻输入
- SRC 电流感应电阻器电压输入
监控瞬时电流输入
- SR1-SR2 充电电流感应电阻器电压输入
连接小值电流检测电阻监控电芯充放电电流输入
- VCELL1-VCELL4 单个电芯电压输入
各个电芯串联电压监控输入
- SMBD SMBus 数据
开漏双向引脚用来向和从 bq2060A 传输和接收地址和数据
- SMBC SMBus 时钟
开漏双向引脚为 bq2060A 传输和发送地址和数据提供时钟

● 功能描述

◇ 一般操作

bq2060A 通过监控充电输入量或者可充电电芯使用量来计算剩余容量。除了监控充放电, bq2060A 也监控电芯电压、温度、电流、电芯自我放电率, 还监控电芯低电压门限。bq2060A 通过监控串联在电芯负极和电芯组负极之间的小值电流检测电阻的电压, 来检测充放电活动。有效的电芯充电是通过监控这个电压和校正对环境 and 操作条件的测量来决定的。

图 1 提供一种 bq2060A 的典型应用线路。这个线路图包括 LED 显示器, 电压和温度测量网络, EEPROM 连接, 一个串行口和电流检测电阻。EEPROM 存储着电芯组基本的结构信息测量修正值。EEPROM 必须要合适地编程来为 bq2060A 操作。表 9 提供了 EEPROM 的内存映射, 并且概要的描述了在 bq2060A 里有效的可编程功能。

bq2060A 需要一个负温度系数(NTC)的热敏电阻(Semitec 103AT)来进行温度测量。bq2060A 利用热敏电阻的温度来监控电池包的温度, 检测一个电芯的满充电情况, 调整自放电和电芯充放电的效率。

◇ 测量运作

bq2060A 利用完全微分, 动态平衡电源频率转换器(VFC)来进行充电监控, 用 $\sum \Delta$ 模拟数字转换器(ADC)来进行电芯电压、电流和温度监控。

依据 bq2060A 的操作模式, 电压、电流和温度监控每 2-2.5s 进行一次。最大时间发生在 EDV, mWh 模式和最大允许放电率。任何的 AtRate 估计请求或者预定(每 20s)会增加 0.5s 的时间间隔。

◇ 充电和放电计数

VFC 通过监控一个接着 SR1 和 SR2 引脚之间(见图 1)的小值电流检测电阻来测量电芯的充放电电流。VFC 测量双向信号可达 250mV。当 $V_{SR} = V_{SR2} - V_{SR1}$ 为正时 bq2060A 侦测为充电活动, 当 $V_{SR} = V_{SR2} - V_{SR1}$ 为负时为放电活动。bq2060A 对此信号用内部计数器连续对时间积分。计数器的基本速率为 6.25uVh。

◇ 误差修正

bq2060A 提供一种自动修正特点来消除 SR1 和 SR2 在最大充电测量时的电压精度误差。修正程序通过发送一个指令到 ManufacturerAccess()来启动的。bq2060A 的自动误差修正可以低到 6.25uV。误差消除小于 1uV。

◇ 数字滤波器

低于数字滤波器门坎, bq2060A 不会判断充电或放电。数字滤波器门坎放在 EEPROM 内, 此值应该被设定到足够高, 以避免当没有充放电流通过感应电阻器时的错误讯号侦测。

◇ 电压

当监测 SR1 和 SR2 充放电电流时, bq2060A 同时也通 VCELL1-VCELL2 引脚监测电池包的剩余容量和个别串联电芯电压。bq2060A 监测电池包的电压, 并将其值写入 Voltage()。bq2060A 也可以测量电池包里 4 节串联电芯的电压。个别电芯电压被存储在可选择的 Manufacturer Function 里面。

VCELL1-VCELL2 引脚被精密电阻分压降压后接到个别电芯上, 如图 1 所示。

表 1.VCELL1-VCELL2 的分压和输入范围举例

Voltage Input	Voltage Division Ratio	Full-Scale Input (V)
VCELL ₄	16	20.0
VCELL ₃	16	20.0
VCELL ₂	8	10.0
VCELL ₁	8	10.0

表 2.SRC 输入范围

Sense Resistor (Ω)	Full-Scale Input (A)
0.02	± 12.5
0.03	± 8.3
0.05	± 5.0
0.10	± 2.5

◇ 温度

如图 1 所示，当进行电芯温度测量的时候，bq2060A 的 TS 输入要和一个负温度系数(NTC)的热敏电阻相连。bq2060A 在 Temperature()里报告温度。当 bq2060A 采样 TS 输入时，THON 将被用来导通到热敏电阻的基本供电电压输入。在测量温度时，THON 将保持 60ms 的高阻，其它情况下将被置低。

● 通信

bq2060A 包括两种通信接口：系统管理总线(SMBus)和 HDQ16。SMBus 接口是双线双向协议，使 SMBC（时钟）和 SMBD（数据）引脚。HDQ16 接口为一线双向协议，使用 HDQ16 引脚。所有的三条通信线是独立于 Vcc 的，可以被上拉高于 Vcc。同样，如果 Vcc 到这部分为 0，那么 bq2060A 将不会把这些线拉低。HDQ16 如果不用，必须用 100 K Ω 的电阻下拉。

这些通信口允许一个主机、一个与 SMBus 兼容的设备或其它的处理器来访问 bq2060A 的内存寄存器。用这种方法，一个系统可以有效地监控和管理电芯。

◆ SMBus

SMBus 接口是基于指令的协议。一个处理器扮演总线管理员，通过产生一个 START 信号来开始向 bq2060A 的通信。一个 START 信号由一个 SMBD 线由高到低的变化组成，此时 SMBC 为高。然后，处理器发送 bq2060A 设备地址 0001011(位 7-1)加一位读/写位(位 0)，后面跟着一个 SMBus 指令码。读/写位和指令码指示 bq2060A 要么把发送来的数据存入 SMBus 指令码指定的寄存器中，要么从指定寄存器输出数据。处理器由 STOP 信号完成访问。STOP 信号由一个 SMBD 线由低到高的变化，此时 SMBC 为高。在 SMBus 中，数据字节中最重要的位将被第一个传送。

在一些实例中，bq2060A 作为总线管理员。这个发生在当 bq2060A 广播充电需要和报警条件的设备地址 0x12(智能电池充电器)和 0x10(智能电池主控制器)。

◇ **SMBus 协议**

bq2060A 支持以下 SMBus 协议：

- 读取字符协议
- 写入字符协议
- 读取区块协议

作为总线主机的处理器利用这三条协议来和 bq2060A 来通信。而作为总线主机的 bq2060A 用写入字符协议。

SMBD 和 SMBC 引脚是开漏的，需要外部上拉电阻。

◇ **SMBus 协议包出错校验**

bq2060A 支持协议包出错校验机制来确认它本身和另一个 SMBus 设备的准确通信。协议包出错校验需要发送者和接收者为每次通信消息计算一个协议包出错码(PEC)。设备提供的最后一个通信消息的字节里跟随一个这个消息的 PEC。接收者比较发送的和它自己的 PEC 来检测是否出现通信出错。

◇ **PEC 协议**

bq2060A 可以接收或发送带有或者不带有 PEC 的数据。图 4 所示为读取字符、写入字符和读取区块消息的通信协议无 PEC。图 5 为有 PEC。

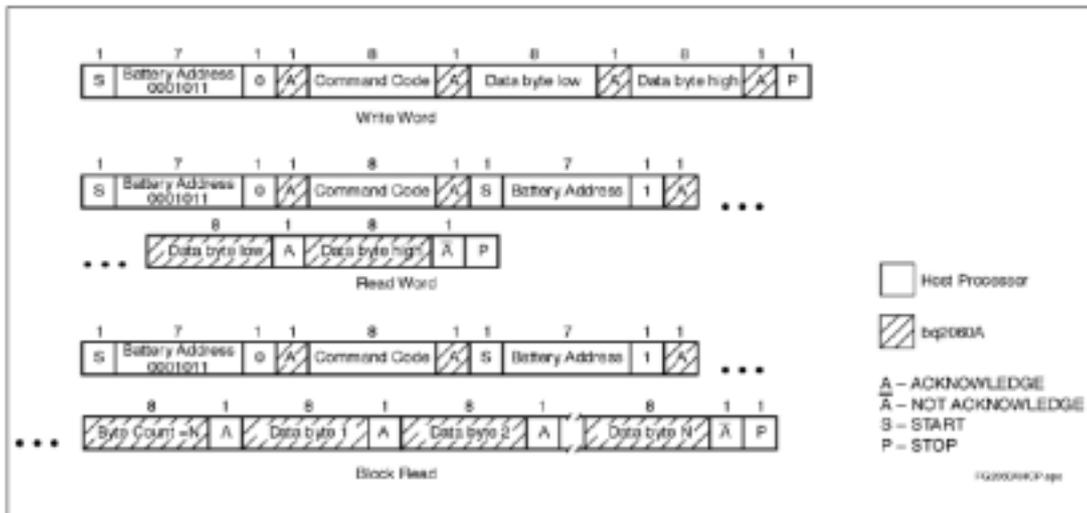


图 4. 无 PEC 的 SMBus 通信协议

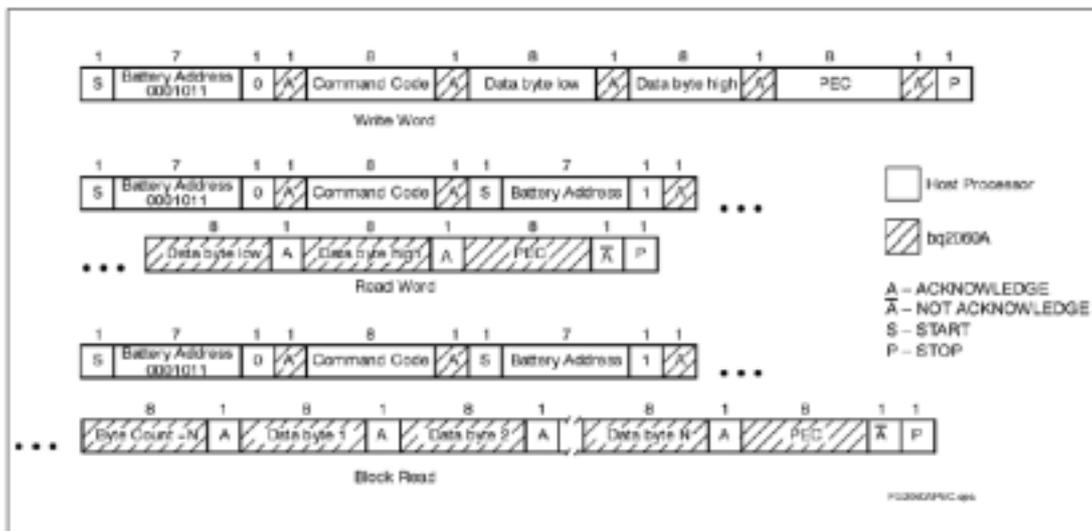


图 5.有 PEC 的 SMBus 通信协议

在写入字符协议中，从主机发送来的最后位数据之后，bq2060A 就会等待接收 PEC。如果主机不支持 PEC，最后的字符数据会跟随着一个 STOP 信号。在收到 PEC 之后，bq2060A 会比较这个值跟自己计算的值。如果 PEC 是正确的，bq2060A 会响应一个 ACKNOWLEDGE。如果不正确，bq2060A 会响应一个 NOT ACKNOWLEDGE，并且设定一个错误码。

在读取字符协议和读取区块协议中，在 bq2060A 发送的数据的最后位，主机会产生一个 ACKNOWLEDGE。bq2060A 就发送 PEC，而作为接收的主机会产生一个 NOT ACKNOWLEDGE 和一个 STOP 信号。

◇ PEC 计算

PEC 计算的基本原理是一个基于多项式 $C(X) = X^8 + X^2 + X^1 + 1$ 的 8 位循环冗余核对器。PEC 计算包括传输中的所有字节，地址、指令和数据。PEC 计算不包括 ACKNOWLEDGE、NOT ACKNOWLEDGE、START、STOP 和 RepeatedSTART 位。

例如，主机向 bq2060A 请求 RemainingCapacity()。这个包括在读取字符协议下的主机。bq2060A 根据以下 5 个字节的数据来计算 PEC，假设电芯的剩余容量为 1001mAh。

- 电芯读/写地址 = 0 : 0x16
- RemainingCapacity() 的指令码 : 0x0f
- 电芯读/写地址 = 0 : 0x17
- RemainingCapacity() : 0x03e9

对于 0x160f17e903，bq2060A 传输一个 0xe8 的 PEC 给主机。

◇ 在控制模式中的 PEC 允许

PEC 可以广播给充电器、主机或者两者都可以通过控制模式中的 HPE 和 CPE 位来设置允许和不允许。

◇ SMBus 开启和关闭状态

bq2060A 通过监控 SMBC 和 SMBD 线来侦测 SMBus 是否进入关闭状态。当两个信号持续为低至少 2.5s，bq2060A 侦测其为关闭状态。当 SMBC 和 SMBD 线变高，bq2060A 侦测其为开启状态，可以在 1ms 之内开始通信。为了可靠的侦测关闭状态，推荐 1MΩ 的电阻下拉 SMBC 和 SMBD 线。

◆ HDQ16

HDQ16 接口协议是基于指令的协议。(见图 6) 一个处理器发送指令码给 bq2060A。这个 8 位的指令码由两部分组成，7 位 HDQ16 指令码(位 0-6)和 1 位读/写指令。读/写指令指示 bq2060A 存储接下来的 16 位数据到一个指定的寄存器，或者从指定的寄存器输出 16 位数据。在 HDQ16 里，数据字节(指令)或者字(数据)的最不重要的位会先传输。

一个块的传输包括三个不同的部分。第一部分经由主机或者 bq2060A 把 HDQ16 引脚置逻辑低状态一个 $t_{STRH:B}$ 时间后开始发送。接下来是部分是真正的数据传输，数据位在 $t_{DSU:B}$ 时间间隔里是有效的，负边界用来开始通信。数据位被保持一个 $t_{DH:DV}$ 时间间隔，以便允许主机或 bq2060A 采样数据位。

在负边界用来开始通信后，最后一部分通过返回给 HDQ16 引脚一个逻辑高

状态，至少保持 $t_{SSU:B}$ 时间间隔来停止传输。最后一个逻辑高状态必须保持一个 $t_{CYCH:B}$ 时间间隔，以便有时间让块传输完全地停止。

如果发生通信错误(e.g. $t_{CYCB} > 250\mu s$)，主机就发送给 bq2060A 一个 BREAK 信号，让其控制串行接口。当 HDQ16 引脚在一个时间间隔 t_B 或者更长时间里为逻辑低状态，bq2060A 就会侦测 BREAK。然后 HDQ16 引脚回到其正常预设高逻辑状态一个 t_{BR} 时间间隔。然后 bq2060A 就准备从主机那里接收指令。

HDQ16 引脚是开漏的，需要一个外部的上拉电阻。

◆ 指令码

SMBus 的指令码在()里，HDQ16 的[]里。Temperature(),Voltage(),Current()和 AverageCurrent(),执行说明可调整 Vcc，工作温度在 0-70 ° C。

✧ **ManufacturerAccess() (0x00); [0x00-0x01]**

✓ 描述

在电芯组正常工作和制造过程中，此指令提供控制 bq2060A 的可写指令码。如果在设备重启后，在 1s 内发送的这些指令可以被忽略。以下副指令可使用：

✓ **0x0618 允许低电压存储模式**：激活低电压存储模式。5-8s 延迟后，bq2060A 进入存储模式。在进入低电压存储模式的时间间隔里，bq2060A 接受 ManufacturerAccess() 的指令。因为显示模式仍然没有被改变，所以在进入低电压存储模式时，LED 必须被关闭。

当其响应允许低电压存储指令后，bq2060A 会在 900ms 内清除 ManufacturerAccess() 指令。在 SMBus 响应允许低电压存储指令后，VFC 校准指令会在 900-5000ms 内送出。因为这样，bq2060A 延迟进入存储模式直到校准过程完成，然后 bq2060A 把新的校准值存储在 EEPROM 里。

✓ **0x062b 封缄**：指示 bq2060A 对表 3 所列出的那些功能的限制访问。bq2060A 完成封缄功能，响应指令后在 900ms 内清除 ManufacturerAccess()。

✓ **0x064d 充电同步**：指示 bq2060A 更新 RM 所占 FCC 的百分比，正如快速充电终端里定义的一样。Bq2060A 更新 RM，在响应指令后清除 ManufacturerAccess()。

✓ **0x0653 允许 VFC 校准**：指示未封缄的 bq2060A 开始 VFC 校准。在这个指令下，bq2060A 取消选择 SR1 和 SR2 的输入，只校正 IC 的误差。这样在校准过程中避免了充放电电流经过感应电阻。

✓ **0x067e 轮换 VFC 校准**：指示未封缄的 bq2060A 开始 VFC 校准。在这个指令下，bq2060A 不取消选择 SR1 和 SR2 的输入，同时对 IC 和 PCB 进行误差校准。在这个过程中，没有充放电电流。

在 VFC 校准中，bq2060A 不允许 LED 显示，只接受 VFC 校准停止指令和对 ManufacturerAccess() 的封缄指令。bq2060A 忽视所有其它指令。在 VFC 校准中，SMBus 通信应该保持最小值以减少噪声水平，并且允许更加精确的校准。

一旦开始，VFC 校准程序就自动完成。完成之后，bq2060A 把校准值保存在 EEPROM 里。校准一般持续 8-10 分钟。校准时间与 bq2060A 的 VFC(和

PCB)误差成反比。当校准到 0 误差, bq2060A 就在一个小时里完成校准。因为在去除测试设置后校准能自动完成, 所以 VFC 校准可以在电芯组测试程序的最后一步来完成。

在响应指令后, bq2060A 在 900ms 内清除 ManufacturerAccess(), 并且在 3.2s 内开始校准。

- ✓ **0x0660 停止 VFC 校准**: 指示 bq2060A 中 VFC 校准程序。如果被中止, bq2060A 禁止误差修正。在响应指令后, bq2060A 在 20ms 内停止校准。
- ✓ **0x0606 编程 EEPROM**: 指示未封缄的 bq2060A 连接 SMBus 和 EEPROM 的 I^2C 总线。在响应指令后, bq2060A 在 900ms 内给 EEPROM 提供供应电

压。在发出编程 EEPROM 指令后, bq2060A 的监控功能将被禁止, 直到 I^2C 总线断开。当 bq2060A 侦测到 Battery Address 0x16 发送到 SMBus 之后, 就断开 I^2C 总线。用来断开 I^2C 总线的 Battery Address 0x16 应该在对 EEPROM 的最后一个写操作之后 10ms 发送。

- ✓ **举例**: 以下例子说明了如何使用 ManufacturerAccess() 指令的顺序。说明了如何对电芯组进行除 VFC 校准外的所有有效测试和校准。并且为在封缄状态和低电压存储模式下出仓做准备:

1. 用存储在 EEPROM 里的期望的最终值来完成测试和校准。这个过程包括设置 Pack Configuration 里的 SEAL 位。在测试的时候向 bq2060A 发送一个重启指令, 以确保 RAM 里的值与 EEPROM 里的最终值相符合。
2. 如果 RemainingCapacity() 的初始值必须为非 0, 那么可以在电芯组未封缄状态下将期望值写入 Command 0x26。发送一个重启在这步重新设置 RM 为 0 后。
3. 发送允许低电压存储模式指令。
4. 在发送允许低电压存储模式指令后的 900-1600ms 内, 发送允许 VFC 校准指令。这个将延迟低电压存储模式直到 VFC 校准完成。
5. 在 VFC 校准指令后发送 SEAL 指令。Bq2060A 必须在 VFC 校准完成之前接收 SEAL 指令。在校准开始的时候, bq2060A 重新设置 Pack Status 的 OCE 位, 在其成功完成校准之后再设置这一位。

在 VFC 校准自动完成之后, bq2060A 将 VFC 误差消除值存储在 EEPROM 里, 并且在大约 20s 内进入低电压存储模式。另外, bq2060A 被封缄, 只允许访问表 3 所示的部分。

- ✓ **用途**: ManufacturerAccess() 指令提供系统主机访问 bq2060A 那些没有被 SBD 定义的功能。
- ✓ **SMBus 协议**: 读取和写入字符协议。
- ✓ **输入/输出**: 字符。