

集成菊花链接口的18单元电池监控器

产品特性

- ▶ 可测量多达18串电池电压
- ▶ 3 mV最大总测量误差
- ▶ 用于高压系统的可堆叠架构
- ▶ 内置isoSPI接口
 - ▶ 1 Mb隔离串行通信
 - ▶ 使用单根双绞线，长达100米
 - ▶ 低EMI敏感性和辐射
 - ▶ 双向断线保护
- ▶ 290 μs内可完成系统中所有单体电池电压测量
- ▶ 同步电压和电流测量
- ▶ 16位 Δ - Σ 型ADC，集成可编程三阶噪声滤波器
- ▶ 可编程PWM电池被动均衡，电流最高可达200 mA

概述

ADBMS1818是一款多通道电池堆监控器，可测量多达18串电池电压，总测量误差(TME)小于3.0 mV。ADBMS1818具有0 V至5 V的电池测量范围，适合大多数电池应用。可在290 μs内完成所有18个电池电压测量，并可以选择较低的数据采集速率以实现高降噪抑制。

可将多个ADBMS1818器件串联，以便同时监测更长串的高压电池组。每个ADBMS1818都有一个isoSPI™接口，用于实高速抗干扰局域通信。多个器件以菊花链形式连接，通过最顶端或底端的器件连接到主处理器。该菊花链可双向操作，即使通信路径出错，也能确保通信完整性。

电池堆可直接用于为ADBMS1818供电，也可采用隔离电源对其供电。ADBMS1818包括针对每个电池的被动均衡，可对每个单元进行单独的脉宽调制(PWM)占空比控制。其他特性包括一个板载5 V稳压器、9个通用I/O接口以及SLEEP模式（在此模式下，功耗降至6 μA）。

所有注册商标和商标均属各自所有人所有。受美国专利保护，包括8908779、9182428和9270133。

- ▶ 9个通用数字I/O或模拟输入
 - ▶ 温度或其他传感器输入
 - ▶ 可配置为I²C或SPI主控器
- ▶ SLEEP模式电源电流：6 μA
- ▶ 64引脚eLQFP封装

应用

- ▶ 备用电池系统
- ▶ 电网储能
- ▶ 住宅储能
- ▶ UPS
- ▶ 高功率便携式设备

典型应用电路

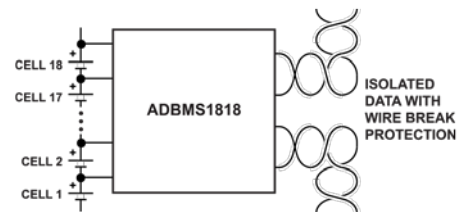


图1. 典型应用电路

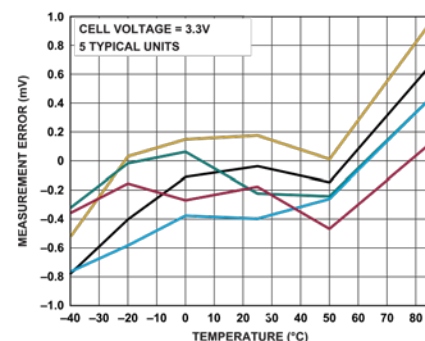


图2. 电池18测量误差与温度的关系

修订版 0

文档反馈

技术支持

ADI公司确信其所提供的信息是准确可靠的。但是，对于其使用以及任何可能因其使用而导致的对第三方专利或其他权利的侵犯，ADI公司概不负责。规格如有变更，恕不另行通知。不含有对ADI公司专利或者专利权的暗示性或其他形式的许可。所有商标和注册商标均属各自所有人所有。

目录

| | | | |
|-----------------------|----|----------------------------------|----|
| 产品特性 | 1 | 数据采集系统诊断 | 29 |
| 应用 | 1 | 看门狗和放电定时器 | 35 |
| 概述 | 1 | 用于电池平衡的S引脚脉冲宽度调制 | 36 |
| 典型应用电路 | 1 | 放电定时器监控器 | 37 |
| 技术规格 | 3 | ADBMS1818上使用GPIO的I2C/SPI主机 | 37 |
| ADC直流规格 | 3 | 使用S引脚控制设置实现S引脚脉冲发送 | 41 |
| 基准电压源规格 | 4 | S引脚静音 | 43 |
| 通用直流规格 | 5 | 串行接口概述 | 43 |
| ADC时序规格 | 6 | 4线式串行外设接口(SPI)物理层 | 43 |
| SPI直流规格 | 7 | 2线式隔离接口(isoSPI)物理层 | 43 |
| isoSPI直流规格 | 7 | 数据链路层 | 53 |
| IsoSPIIDLE/唤醒规格 | 8 | 网络层 | 53 |
| IsoSPI脉冲时序规格 | 8 | 存储器映射 | 61 |
| SPI时序要求 | 8 | 应用信息 | 68 |
| isoSPI时序规格 | 9 | 直流供电 | 68 |
| 绝对最大额定值 | 10 | 内部保护和滤波 | 68 |
| ESD注意事项 | 10 | 电池均衡 | 72 |
| 引脚配置和功能描述 | 11 | 电池测量期间的放电控制 | 74 |
| 典型性能参数 | 13 | 数字通信 | 75 |
| 功能框图 | 19 | 增强应用 | 83 |
| 相对于LTC6811-1的改进 | 20 | 读取外部温度探头信息 | 85 |
| 工作原理 | 21 | 典型应用 | 86 |
| 状态图 | 21 | 相关器件 | 87 |
| ADBMS1818内核状态说明 | 21 | 外形尺寸 | 88 |
| isoSPI状态说明 | 22 | 订购指南 | 89 |
| 功耗 | 22 | | |
| ADC操作 | 23 | | |

技术规格

除非另有说明，技术规格在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 的条件下测得。除非另有说明，测试条件为 $V^+ = 59.4\text{ V}$ 且 $V_{\text{REG}} = 5.0\text{ V}$ 。除非另有说明，ISOMD引脚连接到 V^- 引脚。

ADC直流规格

表1.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | |
|--|---|---------|------------|------------|------------------|------------------|
| 测量分辨率 | | | 0.1 | | mV/位 | |
| ADC失调电压 ¹ | | | 0.1 | | mV | |
| ADC增益误差 ¹ | | | 0.01 | | % | |
| 标准模式下的TME | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 0$ | | ± 0.2 | | mV | |
| | C(n)至C(n-1) = 2.0 | | | ± 2.6 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 2.0$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 2.8 | mV | |
| | C(n)至C(n-1) = 3.3 | | | ± 3.0 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 3.3$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 4.0 | mV | |
| | C(n)至C(n-1) = 4.2 | | | ± 3.8 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 4.2$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 4.8 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 5.0$ | | ± 1 | | mV | |
| | 所有电池之和，适用于整个额定温度范围 | | ± 0.05 | ± 0.35 | | % |
| | 内部温度，T = 最大额定温度 | | ± 5 | | | $^\circ\text{C}$ |
| V_{REG} 引脚，适用于整个额定温度范围 | | -1 | -0.15 | 0 | % | |
| V_{REF2} 引脚，适用于整个额定温度范围 | | -0.05 | 0.05 | 0.20 | % | |
| 数字电源电压， V_{REGD} ，适用于整个额定温度范围 | | -0.5 | 0.5 | 1.5 | % | |
| 滤波模式下的TME | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 0$ | | ± 0.1 | | mV | |
| | C(n)至C(n-1) = 2.0 | | | ± 1.6 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 2.0$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 1.8 | mV | |
| | C(n)至C(n-1) = 3.3 | | | ± 2.2 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 3.3$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 3.0 | mV | |
| | C(n)至C(n-1) = 4.2 | | | ± 2.8 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 4.2$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 3.8 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 5.0$ | | ± 1 | | mV | |
| | 所有电池之和，适用于整个额定温度范围 | | ± 0.05 | ± 0.35 | | % |
| | 内部温度，T = 最大额定温度 | | ± 5 | | | $^\circ\text{C}$ |
| V_{REG} 引脚，适用于整个额定温度范围 | | -1 | -0.15 | 0 | % | |
| V_{REF2} 引脚，适用于整个额定温度范围 | | -0.05 | 0.05 | 0.20 | % | |
| 数字电源电压， V_{REGD} ，适用于整个额定温度范围 | | -0.5 | 0.8 | 1.5 | % | |
| 快速模式下的TME | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 0$ | | ± 2 | | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 2.0$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 6.5 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 3.3$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 8.5 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 4.2$ ，适用于整个额定温度范围 | | | ± 12.5 | mV | |
| | C(n)至C(n-1)、GPIO(n)至 $V^- = 5.0$ | | ± 10 | | mV | |
| | 所有电池之和，适用于整个额定温度范围 | | ± 0.15 | ± 0.5 | | % |
| 内部温度，T = 最大额定温度 | | ± 5 | | | $^\circ\text{C}$ | |
| V_{REG} 引脚，适用于整个额定温度范围 | | -1.5 | -0.15 | 1 | % | |

技术规格

表1.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------------|-------------------------------------|----------|---------|--------------|---------|
| 输入范围 | V_{REF2} 引脚, 适用于整个额定温度范围 | -0.18 | 0.05 | 0.32 | % |
| | 数字电源电压, V_{REGD} , 适用于整个额定温度范围 | -2.5 | -0.4 | 2 | % |
| 未测量时的输入漏电流(I_L) | $C(n)$, $n = 1$ 至18, 适用于整个额定温度范围 | $C(n-1)$ | | $C(n-1) + 5$ | V |
| | $C0$, 适用于整个额定温度范围 | 0 | | 1 | V |
| | $GPIO(n)$, $n = 1$ 至9, 适用于整个额定温度范围 | 0 | | 5 | V |
| 测量时的输入漏电流 (状态: 内核 = 测量) | $C(n)$, $n = 0$ 至18, 适用于整个额定温度范围 | | 10 | ± 250 | nA |
| | $GPIO(n)$, $n = 1$ 至9, 适用于整个额定温度范围 | | 10 | ± 250 | nA |
| 开路检测期间的输入电流 | $C(n)$, $n = 0$ 至18 | | ± 1 | | μA |
| | $GPIO(n)$, $n = 1$ 至9 | | ± 1 | | μA |
| 开路检测期间的输入电流 | 适用于整个额定温度范围 | 70 | 100 | 130 | μA |

¹ ADC规格通过TME规格保证。

基准电压源规格

表2.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|---|-------|------|-------|-------------------|
| 第一基准电压(V_{REF1}) | V_{REF1} 引脚, 无负载, 适用于整个额定温度范围 | 3.0 | 3.15 | 3.3 | V |
| 第一基准电压温度系数(TC) | V_{REF1} 引脚, 无负载 | | 3 | | ppm/ $^{\circ}C$ |
| 第一基准电压热迟滞 | V_{REF1} 引脚, 无负载 | | 20 | | ppm |
| 第一基准电压长期漂移 | V_{REF1} 引脚, 无负载 | | 20 | | ppm/ \sqrt{KHR} |
| 第二基准电压(V_{REF2}) | V_{REF2} 引脚, 无负载, 适用于整个额定温度范围 | 2.993 | 3 | 3.007 | V |
| | V_{REF2} 引脚, 5 k Ω 接 V^- , 适用于整个额定温度范围 | 2.992 | 3 | 3.008 | V |
| 第二基准电压TC | V_{REF2} 引脚, 无负载 | | 10 | | ppm/ $^{\circ}C$ |
| 第二基准电压热迟滞 | V_{REF2} 引脚, 无负载 | | 100 | | ppm |
| 第二基准电压长期漂移 | V_{REF2} 引脚, 无负载 | | 60 | | ppm/ \sqrt{KHR} |

技术规格

通用直流规格

表3.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--|---|-------|------|-------|----|
| V ⁺ 电源电流(I _{VP}) (参见图53) | 状态: 内核 = SLEEP, isoSPI = IDLE, V _{REGD} = 0 V | | 6.1 | 11 | μA |
| | 状态: 内核 = SLEEP, isoSPI = IDLE, V _{REGD} = 0 V, 适用于整个额定温度范围 | | 6.1 | 18 | μA |
| | 状态: 内核 = SLEEP, isoSPI = IDLE, V _{REGD} = 5 V | | 3 | 5 | μA |
| | 状态: 内核 = SLEEP, isoSPI = IDLE, V _{REGD} = 5 V, 适用于整个额定温度范围 | | 3 | 9 | μA |
| | 状态: 内核 = STANDBY | 9 | 14 | 22 | μA |
| | 状态: 内核 = STANDBY, 适用于整个额定温度范围 | 6 | 14 | 28 | μA |
| | 状态: 内核 = REFUP | 0.4 | 0.55 | 0.8 | mA |
| | 状态: 内核 = REFUP, 适用于整个额定温度范围 | 0.375 | 0.55 | 0.825 | mA |
| | 状态: 内核 = MEASURE | 0.65 | 0.95 | 1.35 | mA |
| | 状态: 内核 = MEASURE, 适用于整个额定温度范围 | 0.6 | 0.95 | 1.4 | mA |
| V _{REG} 电源电流(I _{REG(CORE)}) (参见图53) | 状态: 内核 = SLEEP, isoSPI = IDLE, V _{REGD} = 5 V | | 3.1 | 6 | μA |
| | 状态: 内核 = SLEEP, isoSPI = IDLE, V _{REGD} = 5 V, 适用于整个额定温度范围 | | 3.1 | 9 | μA |
| | 状态: 内核 = STANDBY | 10 | 35 | 60 | μA |
| | 状态: 内核 = STANDBY, 适用于整个额定温度范围 | 6 | 35 | 65 | μA |
| | 状态: 内核 = REFUP | 0.4 | 0.9 | 1.4 | mA |
| | 状态: 内核 = REFUP, 适用于整个额定温度范围 | 0.3 | 0.9 | 1.5 | mA |
| | 状态: 内核 = MEASURE | 14 | 15 | 16 | mA |
| | 状态: 内核 = MEASURE, 适用于整个额定温度范围 | 13.5 | 15 | 16.5 | mA |
| 附加V _{REG} 电源电流, 如果isoSPI处于READY/ACTIVE状态 (I _{REG(isoSPI)}) 注: ACTIVE状态电流假定 t _{CLK} = 1 μs ¹ | ISOMD = 0, R _{B1} + R _{B2} = 2 kΩ, READY, 适用于整个额定温度范围 | 3.6 | 4.5 | 5.2 | mA |
| | ISOMD = 0, R _{B1} + R _{B2} = 2 kΩ, ACTIVE, 适用于整个额定温度范围 | 5.6 | 6.8 | 8.1 | mA |
| | ISOMD = 1, R _{B1} + R _{B2} = 2 kΩ, READY, 适用于整个额定温度范围 | 4.0 | 5.2 | 6.5 | mA |
| | ISOMD = 1, R _{B1} + R _{B2} = 2 kΩ, ACTIVE, 适用于整个额定温度范围 | 7.0 | 8.5 | 10.5 | mA |
| | ISOMD = 0, R _{B1} + R _{B2} = 20 kΩ, READY, 适用于整个额定温度范围 | 1.0 | 1.8 | 2.4 | mA |
| | ISOMD = 0, R _{B1} + R _{B2} = 20 kΩ, ACTIVE, 适用于整个额定温度范围 | 1.3 | 2.3 | 3.3 | mA |
| | ISOMD = 1, R _{B1} + R _{B2} = 20 kΩ, READY, 适用于整个额定温度范围 | 1.6 | 2.5 | 3.5 | mA |
| | ISOMD = 1, R _{B1} + R _{B2} = 20 kΩ, ACTIVE, 适用于整个额定温度范围 | 1.8 | 3.1 | 4.8 | mA |
| V ⁺ 电源电压 | 满足TME规格, 适用于整个额定温度范围 | 16 | 60 | 90 | V |
| V ⁺ 至C18电压 | 满足TME规格, 适用于整个额定温度范围 | -0.3 | | | V |
| V ⁺ 至C12电压 | 满足TME规格, 适用于整个额定温度范围 | | | 40 | V |

技术规格

表3.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--|--|-----|-----|-----|----|
| C13电压 | 满足TME规格, 适用于整个额定温度范围 | 2.5 | | | V |
| C7电压 | 满足TME规格, 适用于整个额定温度范围 | 1 | | | V |
| V _{REG} 电源电压(V _{REG}) | TME电源抑制 < 1 mV/V, 适用于整个额定温度范围 | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| DRIVE输出电压 | 拉电流1 μA | 5.4 | 5.7 | 5.9 | V |
| | 拉电流1 μA, 适用于整个额定温度范围 | 5.2 | 5.7 | 6.1 | V |
| | 拉电流500 μA, 适用于整个额定温度范围 | 5.1 | 5.7 | 6.1 | V |
| 数字电源电压(V _{REGD}) | 适用于整个额定温度范围 | 2.7 | 3 | 3.6 | V |
| 放电开关导通电阻 | V _{CELL} = 3.6 V, 适用于整个额定温度范围 | | 4 | 10 | Ω |
| 热关断温度 | | | 150 | | °C |
| 看门狗定时器引脚低电平(V _{OL(WDT)}) | WDT引脚灌电流4 mA, 适用于整个额定温度范围 | | | 0.4 | V |
| 通用I/O引脚低电平(V _{OL(GPIO)}) | GPIO引脚灌电流4 mA (用作数字输出), 适用于整个额定温度范围 | | | 0.4 | V |

¹ ACTIVE状态电流依据直流测量结果计算。当isoSPI端口上有连续的1 MHz通信 (50%数据为1, 50%数据为0) 时, ACTIVE状态电流为流入V_{REG}的额外平均电源电流。减慢时钟速率会降低电源电流。

ADC时序规格

表4.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--|--|-------|-------|-------|----|
| (t _{CYCLE}) (参见图55、图56和图58) 标准模式下从REFUP状态开始的 测量和校准周期时间 | 测量18个电池, 适用于整个额定温度范围 | 2027 | 2343 | 2488 | μs |
| | 测量3个电池, 适用于整个额定温度范围 | 352 | 407 | 432 | μs |
| | 测量18个电池和2个GPIO输入, 适用于整个额定温度范围 | 2717 | 3140 | 3335 | μs |
| 滤波模式下从REFUP状态开始的 测量和校准周期时间 | 测量18个电池, 适用于整个额定温度范围 | 174.2 | 201.3 | 213.8 | ms |
| | 测量3个电池, 适用于整个额定温度范围 | 29.1 | 33.6 | 35.7 | ms |
| | 测量18个电池和2个GPIO输入, 适用于整个额定温度范围 | 232.3 | 268.5 | 285.1 | ms |
| 快速模式下从REFUP状态开始的 测量和校准周期时间 | 测量18个电池, 适用于整个额定温度范围 | 970 | 1121 | 1191 | μs |
| | 测量3个电池, 适用于整个额定温度范围 | 176 | 203 | 215 | μs |
| | 测量18个电池和2个GPIO输入, 适用于整个额定温度范围 | 1307 | 1511 | 1605 | μs |
| 时滞时间(t _{SKEW1})。电池18和GPIO1 测量之间的时间差, 命令 = ADCVAX (参见图58) | 快速模式, 适用于整个额定温度范围 | 168 | 194 | 206 | μs |
| | 标准模式, 适用于整个额定温度范围 | 470 | 543 | 577 | μs |
| 时滞时间(t _{SKEW2})。电池18和电池1 测量之间的时间差, 命令 = ADCV (参见图55) | 快速模式, 适用于整个额定温度范围 | 202 | 233 | 248 | μs |
| | 标准模式, 适用于整个额定温度范围 | 580 | 670 | 711 | μs |
| 稳压器启动时间(t _{WAKE}) | V _{REG} 从DRIVE引脚产生 (参见图84), 适用于整个额定温度范围 | | 200 | 400 | μs |

技术规格

表4.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|-----|-----|-----|----|
| 看门狗或放电定时器(t_{SLEEP}) (参见图87) | DTEN引脚 = 0或DCTO位[3:0] = 0000, 适用于整个额定温度范围 | 1.8 | 2 | 2.2 | s |
| | DTEN引脚 = 1且DCTO位[3:0] \neq 0000 | 0.5 | | 120 | 分钟 |
| 基准源唤醒时间(t_{REFUP}) (参见图55)。加到 t_{CYCLE} 时间上, 当从STANDBY状态开始时。 $t_{REFUP} = 0$, 当从其他状态开始时。 ADC时钟频率(f_c) | t_{REFUP} 独立于测量的通道数和ADC模式, 适用于整个额定温度范围 | 2.7 | 3.5 | 4.4 | ms |
| | | | | 3.3 | |

SPI直流规格

表5.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|---------|---------|
| SPI引脚数字输入电压高电平($V_{IH(SPI)}$) | CSB、SCK和SDI引脚, 适用于整个额定温度范围 | 2.3 | | | V |
| SPI引脚数字输入电压低电平($V_{IL(SPI)}$) | CSB、SCK和SDI引脚, 适用于整个额定温度范围 | | | 0.8 | V |
| 配置引脚数字输入电压高电平($V_{IH(CFG)}$) | ISOMD、DTEN和GPIO1至GPIO9引脚, 适用于整个额定温度范围 | 2.7 | | | V |
| 配置引脚数字输入电压低电平($V_{IL(CFG)}$) | ISOMD、DTEN和GPIO1至GPIO9引脚, 适用于整个额定温度范围 | | | 1.2 | V |
| 数字输入电流($I_{LEAK(DIG)}$) | CSB、SCK、SDI、ISOMD和DTEN引脚, 适用于整个额定温度范围 | | | ± 1 | μA |
| 数字输出低电平($V_{OL(SDO)}$) | SDO引脚灌电流1 mA, 适用于整个额定温度范围 | | | 0.3 | V |

isoSPI直流规格

参见图78。

表6.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------------------------|---|--|-----|---------|---------|
| IBIAS引脚电压(V_{BIAS}) | READY/ACTIVE状态, 适用于整个额定温度范围 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | V |
| | IDLE状态 | | 0 | | V |
| 隔离接口偏置电流(I_B) | $R_{BIAS} = 2\text{ k}\Omega$ 至 $20\text{ k}\Omega$, 适用于整个额定温度范围 | 0.1 | | 1.0 | mA |
| 隔离接口电流增益(A_{IB}) | 发送器脉冲幅度(V_A) = $\leq 1.6\text{ V}$, $I_B = 1\text{ mA}$, 适用于整个额定温度范围 | 18 | 20 | 22 | mA/mA |
| | $I_B = 0.1\text{ mA}$, 适用于整个额定温度范围 | 18 | 20 | 24.5 | mA/mA |
| 发送器脉冲幅度(V_A) | $V_A = IPx$ 电压(V_{IPx}) - IMx 电压(V_{IMx}), 适用于整个额定温度范围 | | | 1.6 | V |
| ICMP引脚上的阈值设置电压(V_{ICMP}) | 接收器比较器阈值电压(V_{TCMP}) = 接收器比较器阈值电压增益(A_{TCMP}) $\times V_{ICMP}$, 适用于整个额定温度范围 | 0.2 | | 1.5 | V |
| ICMP引脚上的输入漏电流($I_{LEAK(ICMP)}$) | $V_{ICMP} = 0\text{ V}$ 至 V_{REG} , 适用于整个额定温度范围 | | | ± 1 | μA |
| IPx和IMx引脚上的漏电流($I_{LEAK(IPx/IMx)}$) | IDLE状态, V_{IPx} 或 V_{IMx} , 0 V 至 V_{REG} , 适用于整个额定温度范围 | | | ± 1 | μA |
| 接收器比较器阈值电压增益(A_{TCMP}) | 接收器共模偏置(V_{CM}) = $V_{REG}/2$ 至 $V_{REG} - 0.2\text{ V}$, $V_{ICMP} = 0.2\text{ V}$ 至 1.5 V , 适用于整个额定温度范围 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | V/V |
| 接收器共模偏置(V_{CM}) | IPx和IMx不在驱动 | $(V_{REG} - V_{ICMP})/3 - 167\text{ mV}$ | | | V |

技术规格

表6.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|------------|
| 接收器输入电阻(RIN) | 单端至IPA、IMA、IPB和IMB引脚, 适用于整个额定温度范围 | 26 | 35 | 45 | k Ω |

IsoSPI IDLE/唤醒规格

参见图87。

表7.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------------------|--|-----|-----|-----|---------|
| 差分唤醒电压(V _{WAKE}) | 唤醒检测之前的V _{WAKE} 驻留时间(t _{DWELL}) = 240 ns, 适用于整个额定温度范围 | 200 | | | mV |
| 唤醒检测之前t _{DWELL} 的停留时间 | V _{WAKE} = 200 mV, 适用于整个额定温度范围 | 240 | | | ns |
| 唤醒检测之后的启动时间(t _{READY}) | 适用于整个额定温度范围 | | | 10 | μ s |
| IDLE超时持续时间(t _{IDLE}) | 适用于整个额定温度范围 | 4.3 | 5.5 | 6.7 | ms |

IsoSPI脉冲时序规格

参见图83。

表8.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------------------|------------------|-----|-----|-----|----|
| 片选半脉冲宽度(t _{1/2PW(CS)}) | 发送器, 适用于整个额定温度范围 | 120 | 150 | 180 | ns |
| 片选信号滤波器(t _{FILT(CS)}) | 接收器, 适用于整个额定温度范围 | 70 | 90 | 110 | ns |
| 片选脉冲反相延迟(t _{INV(CS)}) | 发送器, 适用于整个额定温度范围 | 120 | 155 | 190 | ns |
| 片选有效脉冲窗口(t _{WNDW(CS)}) | 接收器, 适用于整个额定温度范围 | 220 | 270 | 330 | ns |
| 数据半脉冲宽度(t _{1/2PW(D)}) | 发送器, 适用于整个额定温度范围 | 40 | 50 | 60 | ns |
| 数据信号滤波器(t _{FILT(D)}) | 接收器, 适用于整个额定温度范围 | 10 | 25 | 35 | ns |
| 数据脉冲反相延迟(t _{INV(D)}) | 发送器, 适用于整个额定温度范围 | 40 | 55 | 65 | ns |
| 数据有效脉冲窗口(t _{WNDW(D)}) | 接收器, 适用于整个额定温度范围 | 70 | 90 | 110 | ns |

SPI时序要求

参见图77和图86。

表9.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|------|-----|-----|---------|
| SCK周期(t _{CLK}) ¹ | 适用于整个额定温度范围 | 1 | | | μ s |
| SCK上升沿之前SDI建立时间(t ₁) | 适用于整个额定温度范围 | 25 | | | ns |
| SCK上升沿之后SDI保持时间(t ₂) | 适用于整个额定温度范围 | 25 | | | ns |
| SCK低电平(t ₃) | t _{CLK} = t ₃ + t ₄ ≥ 1 μ s, 适用于整个额定温度范围 | 200 | | | ns |
| SCK高电平(t ₄) | t _{CLK} = t ₃ + t ₄ ≥ 1 μ s, 适用于整个额定温度范围 | 200 | | | ns |
| CSB上升沿至CSB下降沿(t ₅) | 适用于整个额定温度范围 | 0.65 | | | μ s |
| SCK上升沿至CSB上升沿(t ₆) ¹ | 适用于整个额定温度范围 | 0.8 | | | μ s |
| CSB下降沿至SCK上升沿(t ₇) ¹ | 适用于整个额定温度范围 | 1 | | | μ s |

¹ 这些时序规格取决于通过电缆的延迟, 每个方向包括50 ns的延迟余量。50 ns对应于10 m的5类(CAT-5)电缆(其传播速度为光速的66%)。若使用更长的电缆, 这些规格须降额以考虑额外的延迟量。

技术规格

isoSPI时序规格

参见图86。

表10.

| 参数 | 测试条件/注释 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------------------------|--|-----|-----|------|----|
| SCK下降沿至SDO有效(t_8) ¹ | 适用于整个额定温度范围 | | | 60 | ns |
| SCK上升沿至短±1发送(t_9) | 适用于整个额定温度范围 | | | 50 | ns |
| CSB变迁至长±1发送(t_{10}) | 适用于整个额定温度范围 | | | 60 | ns |
| CSB上升沿至SDO上升(t_{11}) ¹ | 适用于整个额定温度范围 | | | 200 | ns |
| 数据返回延迟(t_{RTN}) | 适用于整个额定温度范围 | 325 | 375 | 425 | ns |
| 片选菊花链延迟($t_{DSY(CS)}$) | 适用于整个额定温度范围 | | 120 | 180 | ns |
| 数据菊花链延迟($t_{DSY(D)}$) | 适用于整个额定温度范围 | 200 | 250 | 300 | ns |
| 数据菊花链延时 (相对于片选) (t_{LAG}) | $= (t_{DSY(D)} + t_{1/2PW(D)}) - (t_{DSY(CS)} + t_{1/2PW(CS)})$, 适用于整个额定温度范围 | 0 | 35 | 70 | ns |
| 片选高至低脉冲管理器($t_{5(GOV)}$) | 适用于整个额定温度范围 | 0.6 | | 0.82 | μs |
| 数据至片选脉冲管理器($t_{6(GOV)}$) | 适用于整个额定温度范围 | 0.8 | | 1.05 | μs |
| isoSPI端口反向阻塞窗口 t_{BLOCK} | 适用于整个额定温度范围 | 2 | | 10 | μs |

¹ 这些规格不包括SDO的上升或下降时间。尽管无需考虑下降时间（典型值为5 ns，由内部下拉晶体管引起），但上升沿转换时间(t_{RISE})取决于SDO引脚上的上拉电阻和负载电容。必须选择时间常数，使得SDO满足微控制器单元(MCU)的建立时间要求。

绝对最大额定值

表11. 绝对最大额定值

| 参数 | 值 |
|---|--------------------------------------|
| 总电源电压, V^+ 至 V^- | 112.5 V |
| 电源电压 (相对于C12), V^+ 至C12 | 50 V |
| 输入电压 (相对于 V^-) | |
| C0 | -0.3 V至6 V |
| C18 | -0.3 V至MIN($V^+ + 5.5 V, 112.5 V$) |
| C(n), S(n) | -0.3 V至MIN($8 \times n, 112.5 V$) |
| IPA、IMA、IPB和IMB | -0.3 V至 $V_{REG} + 0.3 V, \leq 6 V$ |
| DRIVE | -0.3 V至7 V |
| 所有其他引脚 | -0.3 V至6 V |
| 输入之间的电压 | |
| C(n)至C(n-1)和S(n)至C(n-1) | -0.3 V至8 V |
| C18至C15, C15至C12, C12至C9, C9至C6, C6至C3, C3至C0 | -0.3 V至21 V |
| 流入和流出引脚的电流 | |
| 除 V_{REG} 、IPA、IMA、IPB、IMB、C(n)和S(n)外的所有引脚 | 10 mA |
| IPA、IMA、IPB和IMB | 30 mA |
| 额定结温范围 | -40°C至85°C |
| 结温 | 150°C |

表11.

| 参数 | 值 |
|-------------|-------------|
| 存储温度范围 | -65°C至150°C |
| 器件HBM ESD分类 | 1C级 |
| 器件CDM ESD分类 | C5级 |

注意, 等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值, 不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下, 器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

ESD警告



ESD (静电放电) 敏感器件。带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路, 但在遇到高能量ESD时, 器件可能会损坏。因此, 应当采取适当的ESD防范措施, 以避免器件性能下降或功能丧失。

引脚配置和功能描述

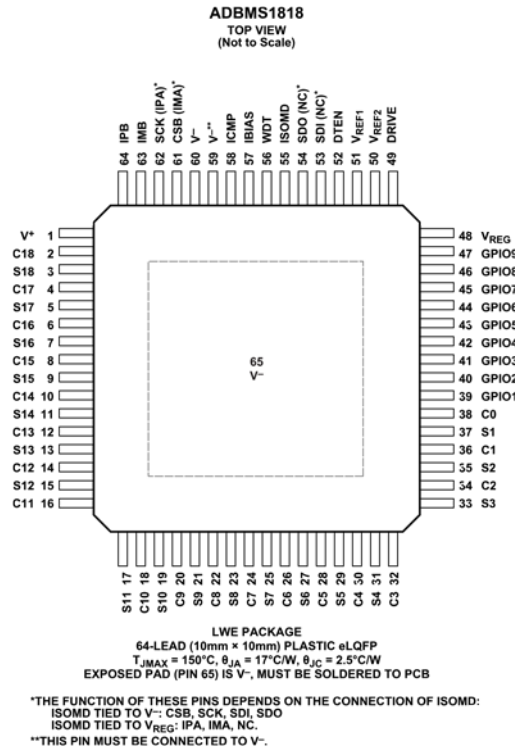


图3. 引脚配置

表12. 引脚功能描述

| 引脚编号 | 引脚名称 | 说明 |
|--|-------------------|--|
| 1 | V ⁺ | 正电源引脚。 |
| 2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32、34、36、38 | C0至C18 | 电池输入。 |
| 3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23、25、27、29、31、33、35、37 | S1至S18 | 平衡输入/输出。S(n)和C(n-1)之间连接了18个内部N- MOSFET，可以用于电池放电。 |
| 39至47 | GPIO1至GPIO9 | 通用I/O。GPIO1至GPIO9可用作数字输入或输出，用作模拟输入时，其测量范围为V ⁻ 至5V。GPIO3、GPIO4和GPIO5可用作I ² C或SPI端口。 |
| 48 | V _{REG} | 5 V稳压器输入。使用1 μF外部电容旁路。 |
| 49 | DRIVE | 将NPN晶体管的基极连接到DRIVE引脚。将集电极连接到V ⁺ ，发射极连接到V _{REG} 。 |
| 50 | V _{REF2} | 缓冲第二基准电压，用于驱动多个10 kΩ热敏电阻。使用1 μF外部电容旁路。 |
| 51 | V _{REF1} | ADC基准电压。使用1 μF外部电容旁路。不允许直流负载。 |
| 52 | DTEN | 放电定时器使能。将DTEN连接到V _{REG} 以使能放电定时器。 |
| 53、54、61、62 | SDI、SDO、CSB、SCK | 4线SPI。低电平有效片选(CSB)、串行时钟(SCK)和串行数据输入(SDI)是数字输入。串行数据输出(SDO)是开漏NMOS输出引脚。SDO需要一个5 kΩ上拉电阻。 |
| 55 | ISOMD | 串行接口模式。将ISOMD连接到V _{REG} 可将ADBMS1818的引脚53、引脚54、引脚61和引脚62配置为2线isoSPI模式。将ISOMD连接到V ⁻ 可将ADBMS1818配置为4线SPI模式。 |
| 56 | WDT | 看门狗定时器输出引脚。该引脚是一个漏极开路NMOS数字输出。WDT可以保持断开，或通过1 M电阻连接到V _{REG} 。如果ADBMS1818在2秒钟内未收到有效命令，则看门狗定时器电路会将ADBMS1818复位，并且WDT引脚变为高阻态。 |
| 57 | IBIAS | 隔离接口电流偏置。通过一个电阻分压器将IBIAS连接到V ⁻ ，以设置接口输出电流水平。使能isoSPI接口后，IBIAS引脚电压为2V。IPA和IMA或IPB和IMB输出电流驱动器设置为IBIAS引脚输出电流I ₀ 的20倍。 |

引脚配置和功能描述

表12. 引脚功能描述

| 引脚编号 | 引脚名称 | 说明 |
|-------|-----------------|---|
| 58 | ICMP | 隔离接口比较器电压阈值设置。将ICMP连接到IBIAS和 V^- 之间的电阻分压器，以设置isoSPI接收器比较器的电压阈值。比较器阈值设置为ICMP引脚电压的一半。 |
| 59、60 | V^- | 负电源引脚。 V^- 引脚必须在IC外部短接在一起。 |
| 61、62 | IMA、IPA | 隔离2线式串行接口端口A。IMA（负）和IPA（正）是差分输入/输出对。 |
| 63、64 | IMB、IPB 裸露焊盘 | 隔离2线式串行接口端口B。IMB（负）和IPB（正）是差分输入/输出对。 V^- 。裸露焊盘必须焊接到PCB。 |

表13. 串行端口引脚

| 端口 | ISOMD = V_{REG} | ISOMD = V^- |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 端口B (引脚57、引脚58、引脚63和引脚64) | IPB IMB ICMP IBIAS | IPB IMB ICMP IBIAS |
| 端口A (引脚53、引脚54、引脚61和引脚62) | NC NC IPA IMA | SDO SDI SCK CSB |

典型性能参数

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

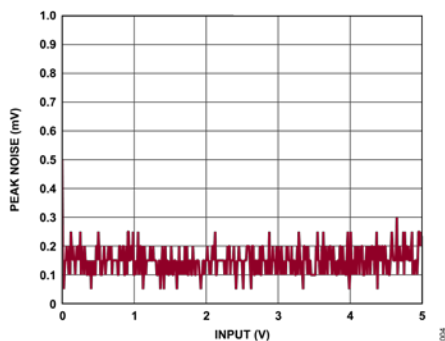


图4. 测量噪声与输入的关系, 标准模式

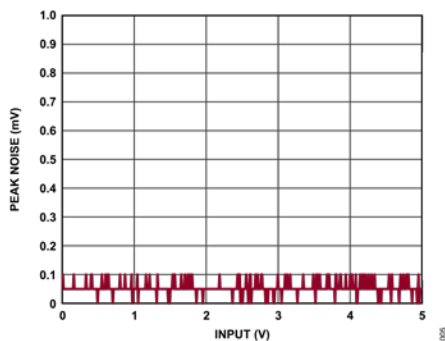


图5. 测量噪声与输入的关系, 滤波模式

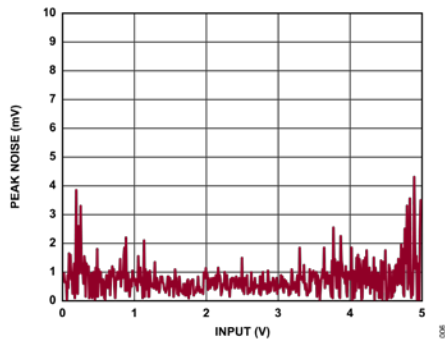


图6. 测量噪声与输入的关系, 快速模式

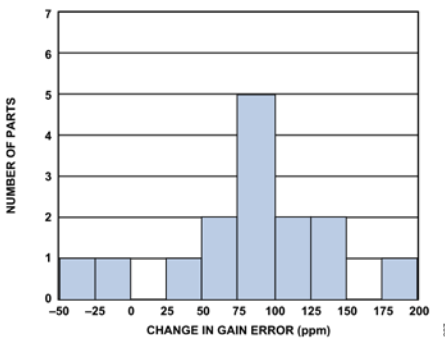


图7. IR回流引起的测量误差

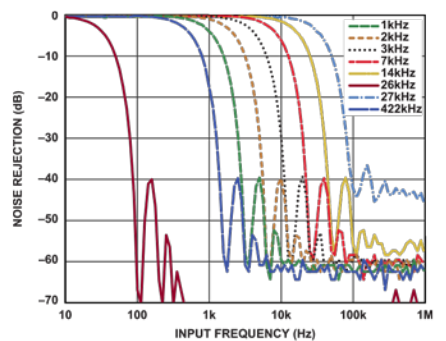


图8. 噪声滤波器响应

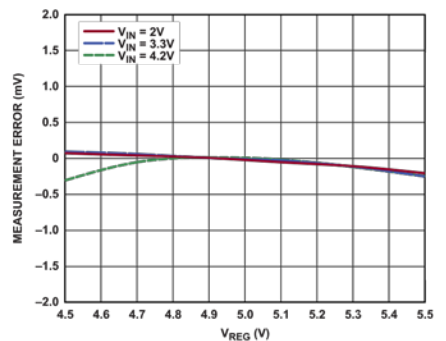


图9. 测量误差与 V_{REG} 的关系

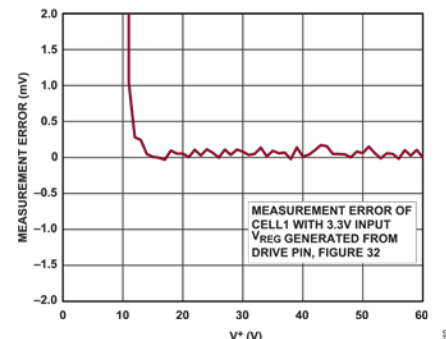


图10. 测量误差与 V^+ 的关系

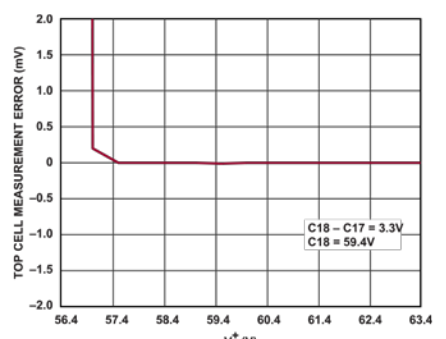


图11. 顶部电池测量误差与 V^+ 的关系

典型性能参数

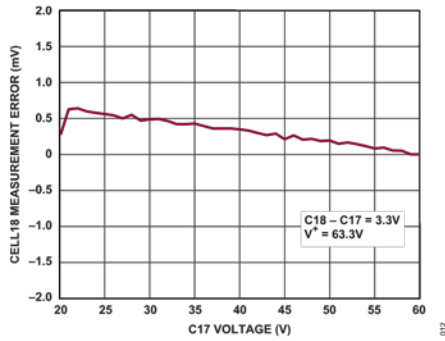


图12. 测量误差与共模电压的关系

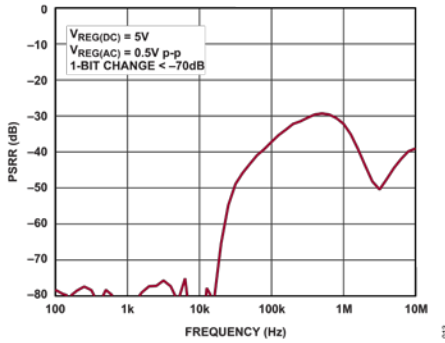


图13. V_{REG} 交流干扰引起的测量误差

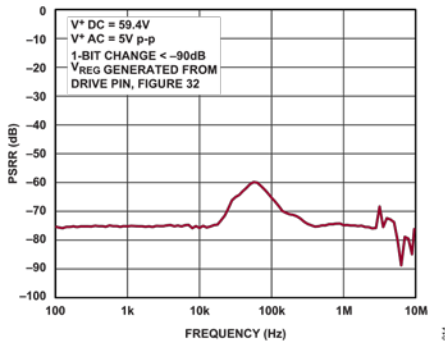


图14. V^* 交流干扰引起的测量误差 (PSRR为电源电压抑制比)

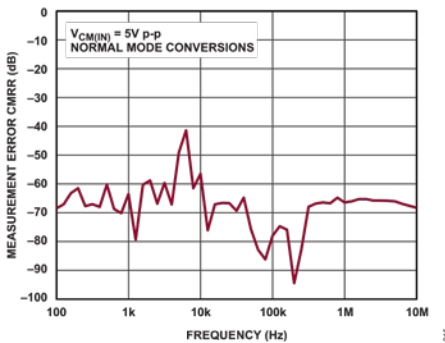


图15. 测量误差共模抑制比(CMRR)与频率的关系

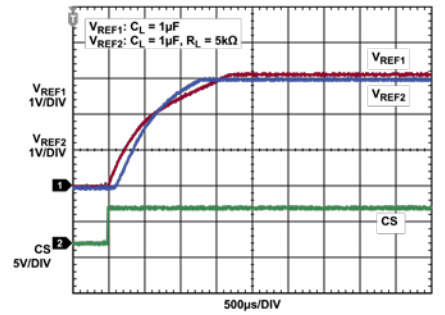


图16. V_{REF1} 和 V_{REF2} 上电

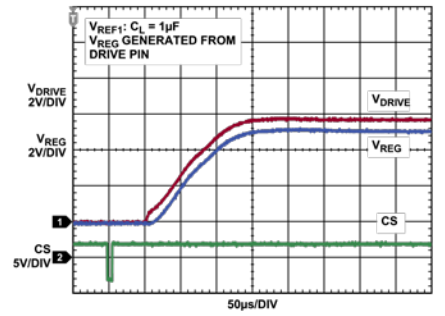


图17. V_{REG} 和 V_{DRIVE} 上电

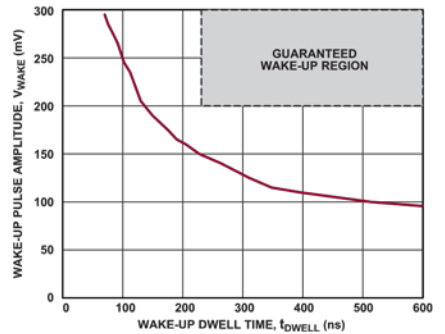


图18. 典型唤醒脉冲幅度 V_{WAKE} 与唤醒驻留时间 t_{DWELL} 的关系

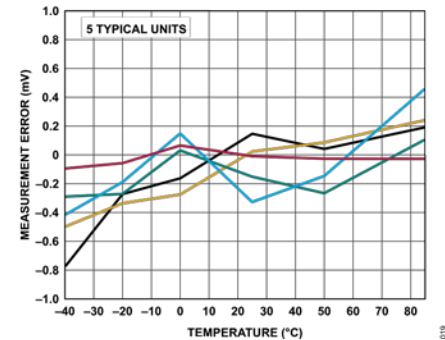


图19. 测量误差与温度的关系

典型性能参数

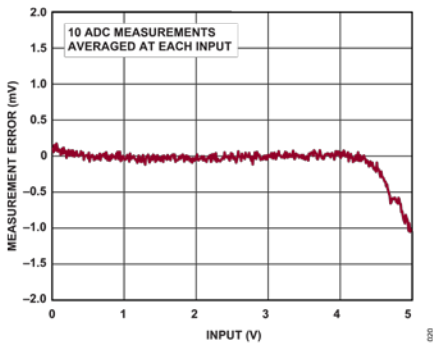


图20. 测量误差与输入的关系，标准模式

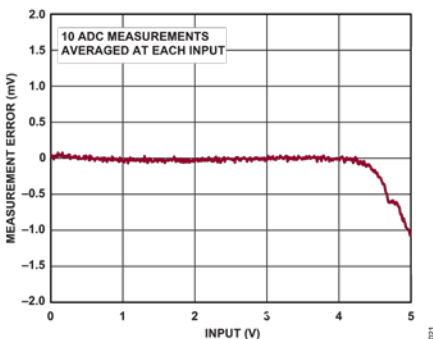


图21. 测量误差与输入的关系，滤波模式

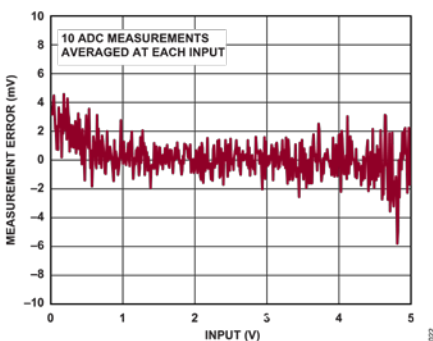


图22. 测量误差与输入的关系，快速模式

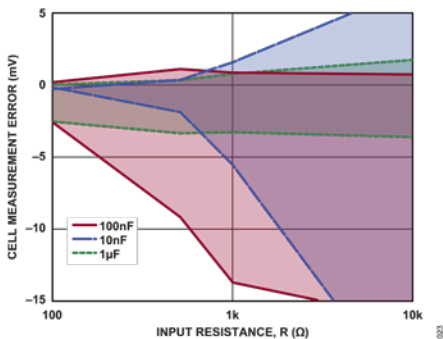


图23. 电池测量误差与输入RC值的关系

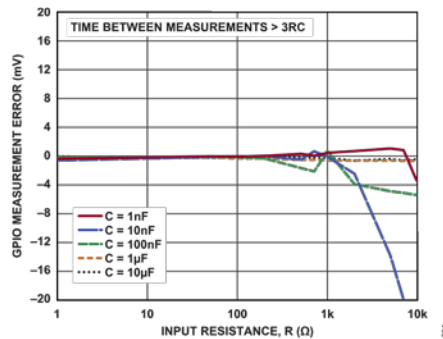


图24. GPIO测量误差与输入RC值的关系

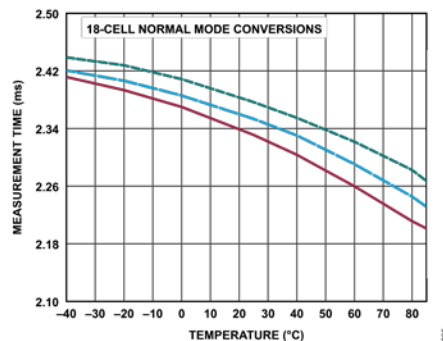


图25. 测量时间与温度的关系

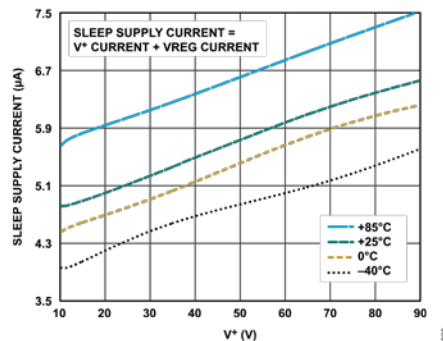


图26. SLEEP电源电流与V+的关系

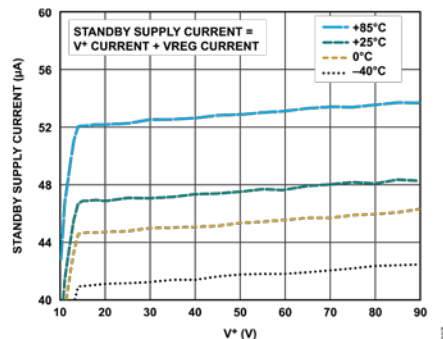


图27. STANDBY电源电流与V+的关系

典型性能参数

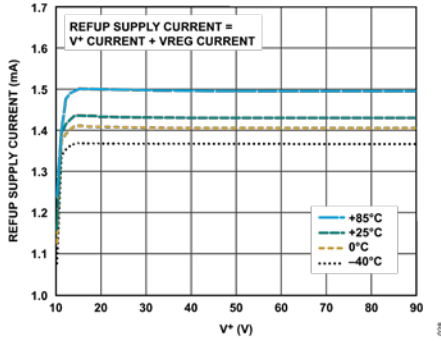


图28. REFUP电源电流与V+的关系

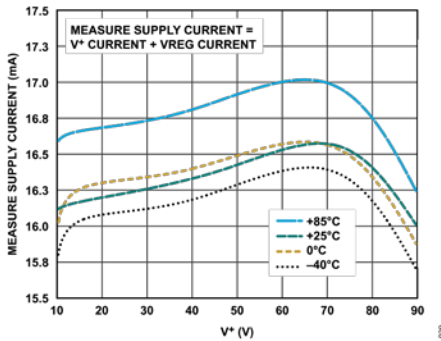


图29. 测量电源电流与V+的关系

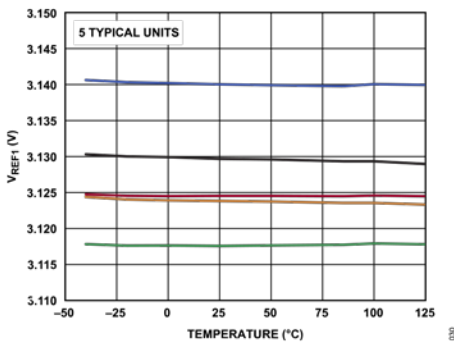


图30. VREF1与温度的关系

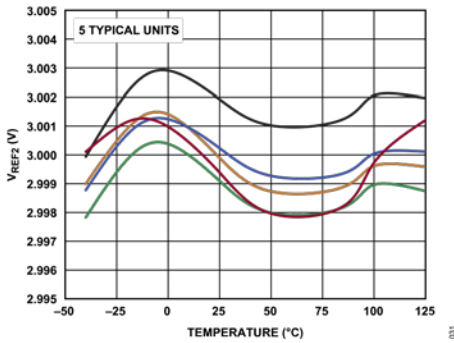


图31. VREF2与温度的关系

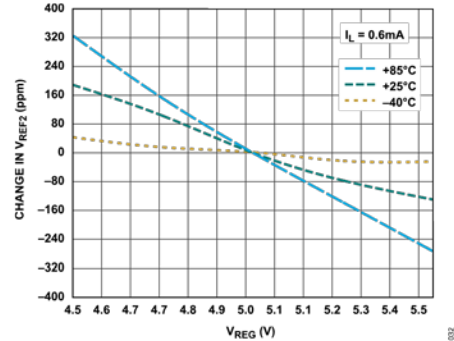


图32. VREF2和VREG电压调整率

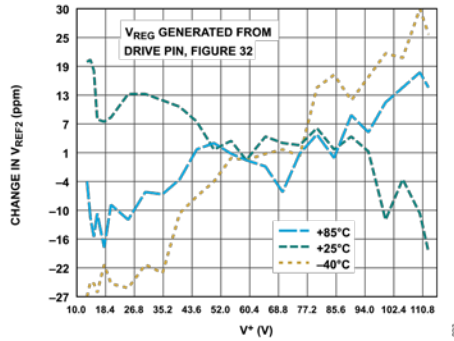


图33. VREF2和V+电压调整率

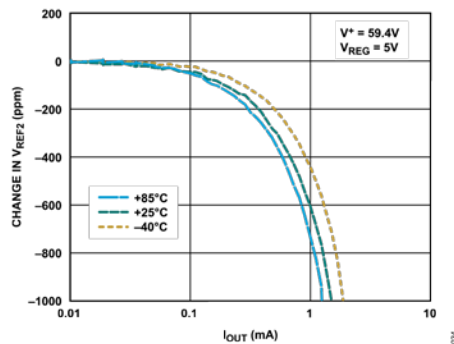


图34. VREF2负载调整率 (IOUT为输出电流)

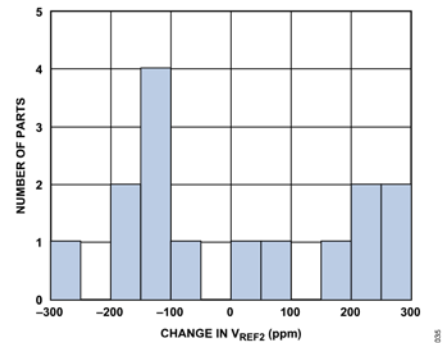


图35. IR回流焊引起的VREF2变化

典型性能参数

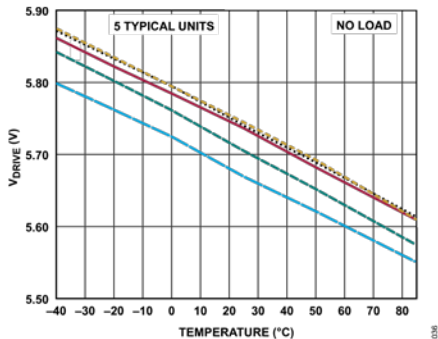


图36. V_{DRIVE} 与温度的关系

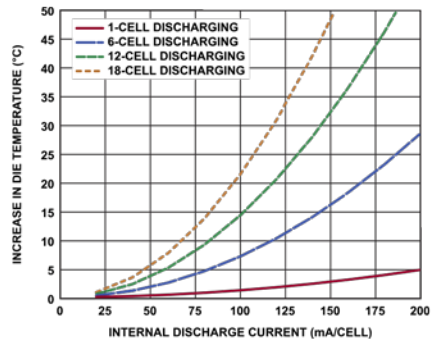


图40. 芯片温度升高与内部放电电流的关系

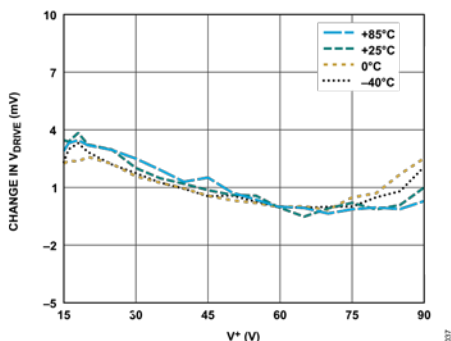


图37. V_{DRIVE} 和 V^+ 电压调整率

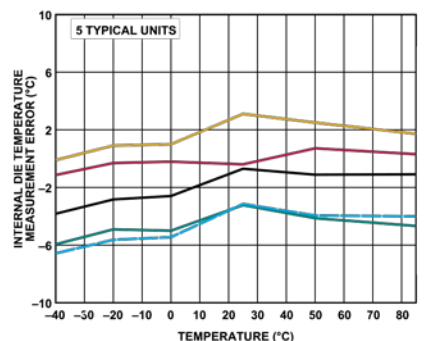


图41. 内部芯片温度测量误差与温度的关系

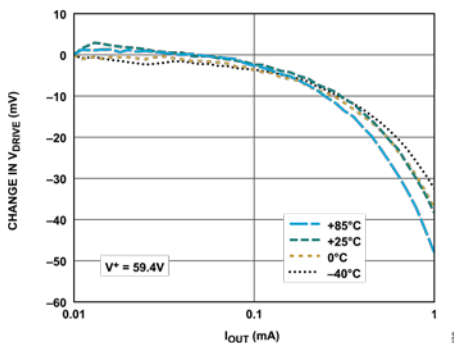


图38. V_{DRIVE} 负载调整率

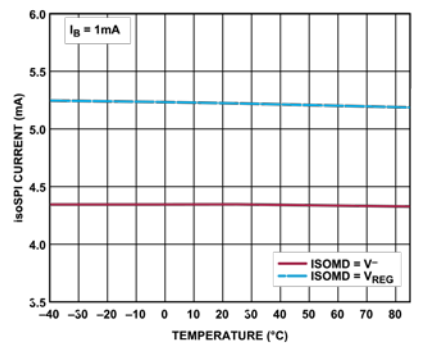


图42. isoSPI 电流(READY) 与温度的关系

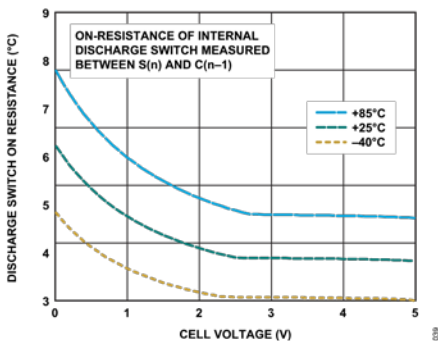


图39. 放电开关导通电阻与电池电压的关系

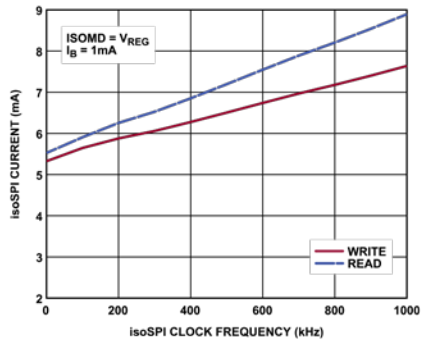


图43. isoSPI 电流(ACTIVE) 与isoSPI 时钟频率的关系

典型性能参数

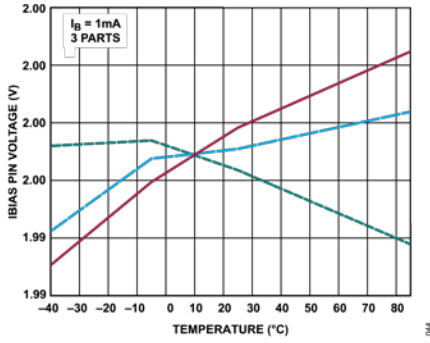


图44. IBIAS引脚电压与温度的关系

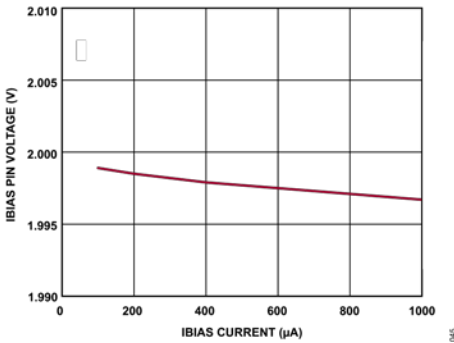


图45. IBIAS引脚电压负载调整率

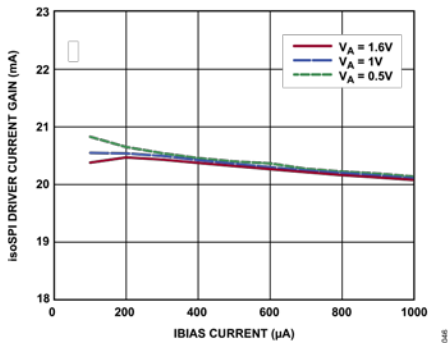


图46. isoSPI驱动器电流增益（端口A和端口B）与IBIAS电流的关系

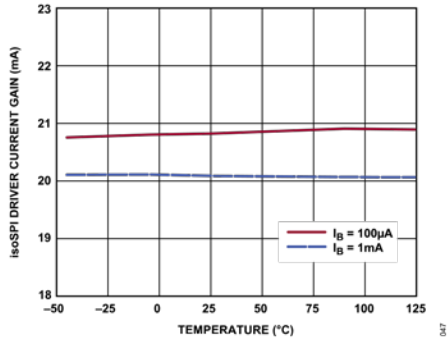


图47. isoSPI驱动器电流增益（端口A和端口B）与温度的关系

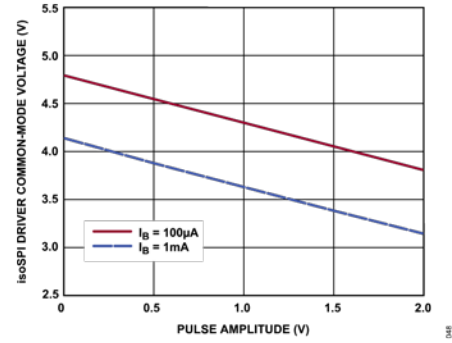


图48. isoSPI驱动器共模电压（端口A和端口B）与脉冲幅度的关系

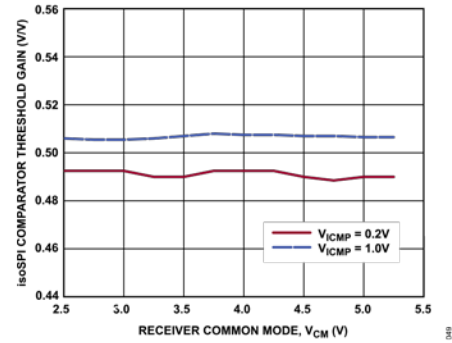


图49. isoSPI比较器阈值增益（端口A和端口B）与接收器共模的关系

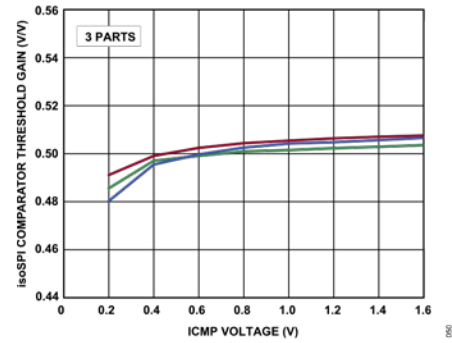


图50. isoSPI比较器阈值增益（端口A和端口B）与ICMP电压的关系

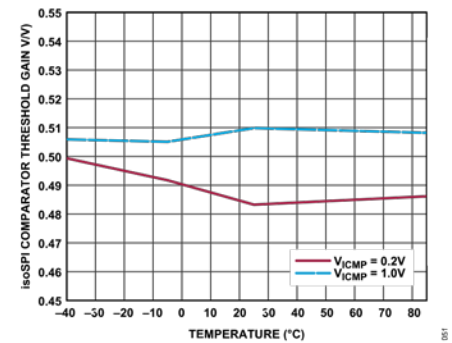


图51. isoSPI比较器阈值增益（端口A和端口B）与温度的关系

功能框图

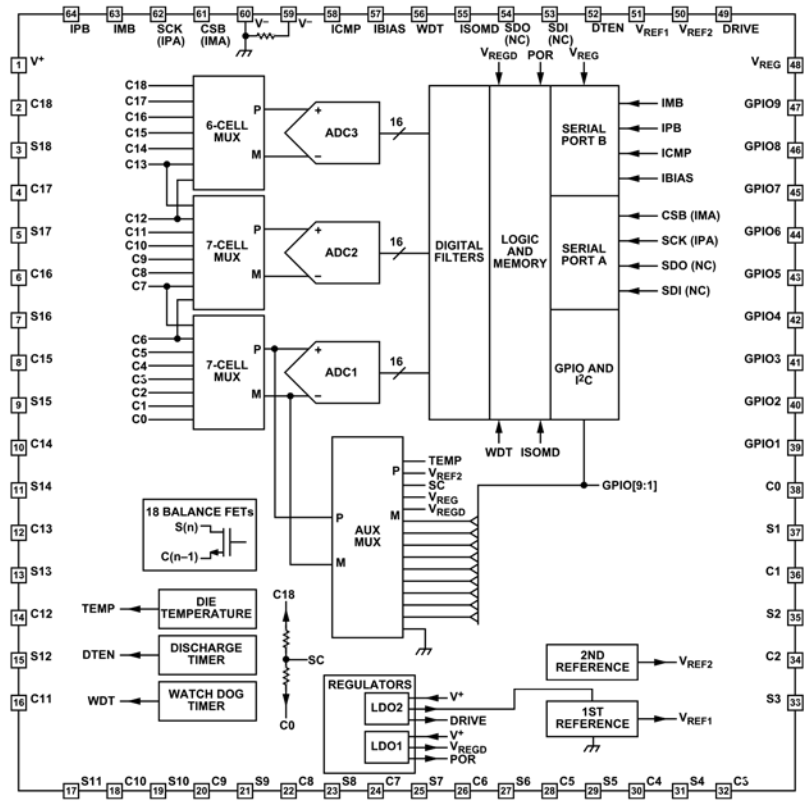


图52. 功能框图

相对于LTC6811-1的改善

ADBMS1818是LTC6811-1设计的进化。表14总结了ADBMS1818的特性变更和增加情况。

表14.

| ADBMS1818新增特性 | 优势 | 数据手册相关部分 |
|---|---|--|
| <p>ADBMS1818有3个同步运行的ADC，而LTC6811-1只有2个ADC。</p> <p>除了3个ADC数字滤波器之外，还有冗余的第4个滤波器。</p> <p>同时使用ADC1和ADC2测量电池7，然后利用ADOL命令同时使用ADC2和ADC3测量电池13。</p> <p>放电计时期间可以使能监视特性。当电池电压达到可编程欠压阈值时，电池平衡可以自动终止。</p> <p>内部放电MOSFET可以支持200 mA的平衡电流（若芯片温度超过85°C，则为80 mA）。平衡电流能力独立于电池电压。</p> <p>在不影响TME的情况下，C0引脚电压的允许范围为0V至1V。</p> <p>静音和取消静音命令允许主机关断或开启放电引脚（S引脚），而不会覆盖寄存器值。辅助测量具有开路诊断特性</p> <p>添加了四个GPIO引脚，总共有九个。</p> <p>ADBMS1818的菊花链可以双向工作（两个端口均可为主机或从机）。</p> | <p>每个转换周期可以测量3个电池单元。</p> <p>检查所有数字滤波器是否无故障。</p> <p>检查ADC2与ADC1一样准确，并检查ADC3与ADC2一样准确。</p> <p>改善电池平衡。</p> <p>更快的电池平衡，尤其是电池电压较低时。</p> <p>C0不必直接连接到V⁻。</p> <p>更好地控制S引脚之间的时序。关闭和开启电池测量。</p> <p>改善故障检测。</p> <p>可以测量更多的温度或其他传感器。</p> <p>冗余通信路径。</p> | <p>ADC操作</p> <p>说明参见具有数字冗余的ADC转换部分以及表25中的PS位[1:0]</p> <p>重叠单元测量（ADOL命令）</p> <p>放电定时器监控器</p> <p>使用内部MOSFET的电池平衡</p> <p>ADC直流规格</p> <p>S引脚静音</p> <p>辅助开路检查（AXOW命令）</p> <p>辅助(GPIO)测量（ADAX命令）和辅助开路检查（AXOW命令）</p> <p>可反向isoSPI</p> |

工作原理

状态图

ADBMS1818的操作分为两个不同部分：内核电路和isoSPI电路。这两部分均有独立的一组工作状态以及关断超时。

ADBMS1818内核状态说明

SLEEP状态

基准电压源和ADC关断。看门狗定时器（参见看门狗和放电定时器部分）已超时。放电定时器已禁用或已超时。电源电流降至最低水平。isoSPI端口处于IDLE状态。DRIVE引脚为0V。

如果收到唤醒信号（参见唤醒串行接口部分），则ADBMS1818进入STANDBY状态。

STANDBY状态

基准电压源和ADC关闭。看门狗定时器和/或放电定时器运行。DRIVE引脚通过一个外部晶体管为V_{REG}引脚提供5 V电压。或者，V_{REG}也可以由外部电源供电。

当接收到有效ADC命令或配置寄存器组A中的REFON位置1时，IC会暂停工作（持续时间为t_{REFUP}）以便让基准电压源上电，然后进入REFUP或MEASURE状态。否则，如果在t_{SLEEP}内未收到有效命令（当看门狗和放电定时器均计时终止时），

ADBMS1818将返回SLEEP状态。如果禁用了放电定时器，则仅看门狗定时器有效。

REFUP状态

要达到此状态，必须将配置寄存器组A中的REFON位设置为1（使用WRCFGA命令，参见表50）。ADC关闭。基准电压源上电，使得ADBMS1818可以比从STANDBY状态更快地启动ADC转换。

收到有效ADC命令后，IC进入MEASURE状态开始转换。否则，当REFON位设置为0（使用WRCFGA命令手动完成或看门狗定时器计时终止时自动完成）时ADBMS1818返回到STANDBY状态。（如果两个定时器都计时终止，则ADBMS1818会直接进入SLEEP状态）。

MEASURE状态

ADBMS1818在MEASURE状态下执行ADC转换。基准电压源和ADC上电。

ADC转换完成后，根据REFON位的状态，ADBMS1818转为REFUP或STANDBY状态。将REFON设置为1可利用REFUP状态，从而更快地启动ADC转换。

请注意，非ADC命令不会引起内核状态转换。仅ADC转换或诊断命令会将内核置于MEASURE状态。

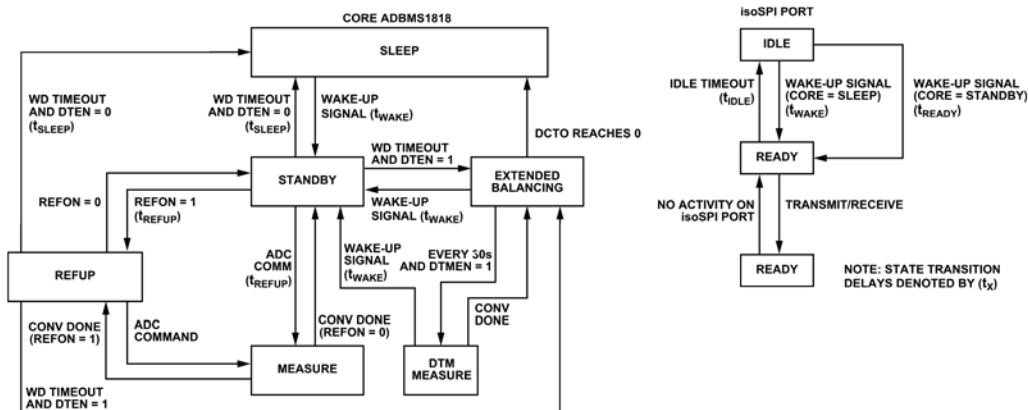


图53. ADBMS1818运行状态图

工作原理

isoSPI状态说明

ADBMS1818有两个isoSPI端口（端口A和端口B）用于菊花链通信。

IDLE状态

在IDLE状态下，isoSPI端口关断。

当isoSPI端口A或端口B收到唤醒信号时（参见唤醒串行接口部分），isoSPI进入READY状态。如果内核处于STANDBY状态，则这种转换会很快发生（在 t_{READY} 内）。当isoSPI收到唤醒信号时，如果内核处于SLEEP状态，则内核将在 t_{WAKE} 时间内转为READY状态。

READY状态

在READY状态下，isoSPI端口已准备好进行通信。READY状态下的串行接口电流取决于ISOMD引脚的状态以及 R_{BIAS} 电阻的大小（ R_{BIAS} 是与IBIAS引脚相连的外部电阻 $R_{BIAS} = R_{B1} + R_{B2}$ ）。如果端口A或端口B上没有活动（即没有唤醒信号）的时长大于 t_{IDLE} ，则ADBMS1818进入IDLE状态。当串行接口正在发送或接收数据时，ADBMS1818进入ACTIVE状态。

ACTIVE状态

在ACTIVE状态下，ADBMS1818使用一个或两个isoSPI端口发送和接收数据。串行接口在ACTIVE状态下消耗的功率最大。电源电流随时钟频率而增加，因为isoSPI脉冲的密度增加。

功耗

ADBMS1818通过两个引脚供电： V^+ 和 V_{REG} 。 V^+ 需要大于或等于顶部电池电压减去0.3 V的电压输入，其为内核电路的高压部分供电。 V_{REG} 输入需要5 V电压，其为内核其余电路和isoSPI电路供电。 V_{REG} 输入可以通过外部晶体管供电，该外部晶体管由稳定的DRIVE输出引脚驱动。或者， V_{REG} 可由外部电源供电。

功耗根据工作状态而变化。表15和表16提供了近似计算每种状态下电源引脚电流的公式。 V^+ 引脚电流仅取决于内核状态。但是， V_{REG} 引脚电流既取决于内核状态，又取决于isoSPI状态，因此可以分为两个部分。isoSPI接口仅从 V_{REG} 引脚汲取电流。

$$I_{REG} = I_{REG(CORE)} + I_{REG(isoSPI)}$$

在SLEEP状态下，如果由外部电源供电，则 V_{REG} 引脚消耗约3.1 μ A电流。否则， V^+ 引脚将提供必要的电流。

表15. 内核电源电流

| 状态 | | I_{VP} | $I_{REG(CORE)}$ |
|---------|----------------|-------------|-----------------|
| SLEEP | $V_{REG} = 0V$ | 6.1 μ A | 0 μ A |
| | $V_{REG} = 5V$ | 3 μ A | 3.1 μ A |
| STANDBY | | 14 μ A | 35 μ A |
| REFUP | | 550 μ A | 900 μ A |
| MEASURE | | 950 μ A | 15 mA |

表16. isoSPI电源电流公式

| isoSPI状态 | ISOMD连接 | $I_{REG(isoSPI)}$ |
|----------|--------------------|---|
| IDLE | 不适用 | 0 mA |
| READY | V_{REG} V^- | 2.2 mA + 3 \times I_B 1.5 mA + 3 \times I_B |
| ACTIVE | V_{REG} | 写入: $2.5mA + \left(3 + 20 \times \frac{100ns}{t_{CLK}}\right) \times I_B$ 读取: $2.5mA + \left(3 + 20 \times \frac{100ns \times 1.5}{t_{CLK}}\right) \times I_B$ |
| | V^- | $1.8mA + \left(3 + 20 \times \frac{100ns}{t_{CLK}}\right) \times I_B$ |

工作原理

ADC操作

ADBMS1818内部有三个ADC。测量18个电池单元时，三个ADC同时工作。只有一个ADC用来测量通用输入。本节ADC一词指代一个或所有ADC，具体取决于所执行的操作。当需要区分这三个电路（例如在时序图中）时，本节使用ADC1、ADC2和ADC3。

ADC模式

配置寄存器组A中的ADCOPT位 (CFGAR0位0) 和转换命令中的模式选择位 (MD位[1:0]) 一起为ADC提供八种工作模式，分别对应于不同的过采样率(OSR)。这些模式的精度和时序总结在表17中。在每种模式下，ADC首先测量输入，然后对每个通道进行校准。模式的名称基于ADC测量的-3 dB带宽。

模式7 kHz (标准)：在这种模式下，ADC具有高分辨率和低TME。由于速度和精度的最佳组合，因此将该模式视为标准工作模式。

模式27 kHz (快速)：在这种模式下，ADC具有最大吞吐量，但TME有所增加。因此，该模式也称为

快速模式。速度的提高来自于OSR的降低。这将导致噪声和平均测量误差增加。

模式26 Hz (滤波)：在这种模式下，通过提高OSR，ADC数字滤波器-3 dB频率降至26 Hz。由于-3 dB频率较低，因此该模式也称为滤波模式。其精度类似于具有较低噪声的7 kHz (标准) 模式。

模式14 kHz、3 kHz、2 kHz、1 kHz和422 Hz：模式14 kHz、3 kHz、2 kHz、1 kHz和422 Hz提供了其他选项，分别将ADC数字滤波器-3 dB频率设置为13.5 kHz、3.4 kHz、1.7 kHz、845 Hz和422 Hz。14 kHz模式的精度类似于27 kHz (快速) 模式。3 kHz、2 kHz、1 kHz和422 Hz模式的精度类似于7 kHz (标准) 模式。

这些模式的滤波器带宽和转换时间参见表17。如果内核处于STANDBY状态，则在ADC转换开始之前，需要额外的 t_{REFUP} 时间以使基准电压源上电。如果将配置寄存器组A中的REFON位置1，使内核在 t_{REFUP} 后处于REFUP状态，这样，后续的ADC命令再开始ADC转换之前没有 t_{REFUP} 延迟。

表17. ADC滤波器带宽和精度

| 模式 | -3 dB滤波器带宽 | -40 dB滤波器带宽 | 3.3 V、25°C条件下的TME规格 | 3.3V、-40°C、+85°C条件下的TME规格 |
|---------------|------------|-------------|---------------------|---------------------------|
| 27 kHz (快速模式) | 27 kHz | 84 kHz | ±8.5 mV | ±8.5 mV |
| 14 kHz | 13.5 kHz | 42 kHz | ±8.5 mV | ±8.5 mV |
| 7 kHz (标准模式) | 6.8 kHz | 21 kHz | ±3 mV | ±4 mV |
| 3 kHz | 3.4 kHz | 10.5 kHz | ±3 mV | ±4 mV |
| 2 kHz | 1.7 kHz | 5.3 kHz | ±3 mV | ±4 mV |
| 1 kHz | 845 Hz | 2.6 kHz | ±3 mV | ±4 mV |
| 422 Hz | 422 Hz | 1.3 kHz | ±3 mV | ±4 mV |
| 26 Hz (滤波模式) | 26 Hz | 82 Hz | ±2.2 mV | ±3.0 mV |

工作原理

ADC量程和分辨率

C输入和GPIO输入具有相同的量程和分辨率。ADBMS1818内部的ADC量程约为-0.82 V至+5.73V。负读数四舍五入为0 V。数据格式为16位无符号整数，LSB表示100 μ V。因此，读数0x80E8（十进制33,000）表示测量值为3.3 V。

Δ - Σ ADC的量化噪声取决于输入电压，尤其是在低过采样率下，例如在快速模式下。在某些ADC模式下，随着输入电压接近ADC量程的上限和下限，量化噪声会增加。例如，标准模式和滤波模式下的总测量噪声与输入电压的关系如图54所示。

ADC的额定量程为0 V至5 V。在表18中，ADC的精度范围任意定义为0.5 V至4.5 V。即使在较低OSR模式下，此范围也是量化噪声相对稳定的范围（参见图54）。表18总结了所有八种ADC工作模式在该量程内的总噪声。表18中还显示了无噪声分辨率。例如，标准模式下的14位无噪声分辨率意味着，对于直流输入前14位是无噪声，但第15和16最低有效位（LSB）是闪烁位。

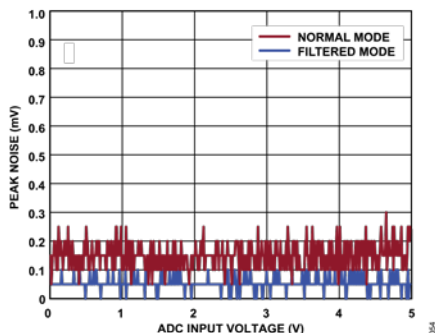


图54. 测量噪声与输入电压的关系

表18. ADC量程和分辨率

| 模式 | 满量程 ¹ | 额定范围 | 精度范围 ² | LSB | 格式 | 最大噪声 | 无噪声分辨率 ³ |
|-------------|---------------------|---------|-------------------|-------------|--------|-----------------------|---------------------|
| 27 kHz (快速) | -0.8192 V至+5.7344 V | 0 V至5 V | 0.5 V至4.5 V | 100 μ V | 无符号16位 | \pm 4 mV p-p | 10位 |
| 14 kHz | -0.8192 V至+5.7344 V | 0 V至5 V | 0.5 V至4.5 V | 100 μ V | 无符号16位 | \pm 1 mV p-p | 12位 |
| 7 kHz (标准) | -0.8192 V至+5.7344 V | 0 V至5 V | 0.5 V至4.5 V | 100 μ V | 无符号16位 | \pm 250 μ V p-p | 14位 |
| 3 kHz | -0.8192 V至+5.7344 V | 0 V至5 V | 0.5 V至4.5 V | 100 μ V | 无符号16位 | \pm 150 μ V p-p | 14位 |
| 2 kHz | -0.8192 V至+5.7344 V | 0 V至5 V | 0.5 V至4.5 V | 100 μ V | 无符号16位 | \pm 100 μ V p-p | 15位 |
| 1 kHz | -0.8192 V至+5.7344 V | 0 V至5 V | 0.5 V至4.5 V | 100 μ V | 无符号16位 | \pm 100 μ V p-p | 15位 |
| 422 Hz | -0.8192 V至+5.7344 V | 0 V至5 V | 0.5 V至4.5 V | 100 μ V | 无符号16位 | \pm 100 μ V p-p | 15位 |

ADC量程与基准电压值的关系

典型ADC的量程恰好是基准电压值的两倍，并且ADC测量误差与基准电压误差成正比。ADBMS1818 ADC不是典型的ADC。

V_{REF1} 的绝对值会被调高或调低，以补偿ADC的增益误差。因此，ADC TME规格优于 V_{REF1} 规格。例如，在7 kHz（标准）模式下测量3.300 V时，TME的25 $^{\circ}$ C规格为 \pm 3 mV，而 V_{REF1} 的25 $^{\circ}$ C规格为3.150 V \pm 150 mV。

测量电池电压（ADCV命令）

ADCV命令启动电池单元输入引脚C0至C18的测量。此命令有选择要测量的通道数和ADC模式的选项。有关ADCV命令格式，参见命令部分。

图55显示了测量所有18个电池的ADCV命令的时序。收到ADCV测量所有18个电池的命令之后，ADC1依次测量底部的6个电池。ADC2测量中间6个电池，ADC3测量顶部6个电池。电池测量完成后，校准每个通道以消除失调误差。

表19显示了测量所有18个电池的ADCV命令的转换时间。总转换时间由 t_{cC} 给出，其表示校准过程已结束。

图56显示了仅测量3个电池的ADCV命令的时序。

工作原理

表18. ADC量程和分辨率

| 模式 | 满量程 ¹ | 额定范围 | 精度范围 ² | LSB | 格式 | 最大噪声 | 无噪声分辨率 ³ |
|------------|---------------------|---------|-------------------|--------|----------|------------|---------------------|
| 26 Hz (滤波) | -0.8192V 至 +5.7344V | 0V 至 5V | 0.5V 至 4.5V | 100 μV | 无符号 16 位 | ±50 μV p-p | 16 位 |

¹ 负读数四舍五入到0V。

² 精度范围是指噪声小于最大噪声的范围。

³ 无噪声分辨率衡量精度范围内的噪声水平。

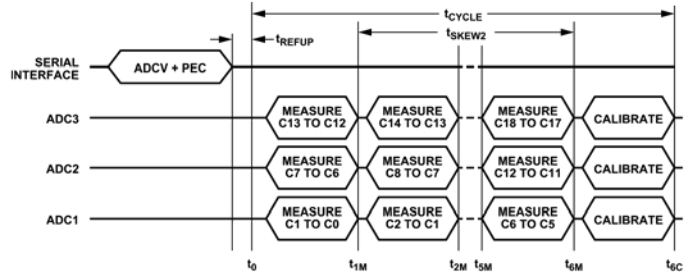


图55. 测量所有18个电池的ADCV命令时序

表19. 以不同模式测量所有18个电池的ADCV命令的转换和同步时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | | | | | 同步时间(μs) |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| | t ₀ | t _{1M} | t _{2M} | t _{5M} | t _{6M} | t _{6C} | t _{SKEW2} |
| 27 kHz | 0 | 58 | 104 | 244 | 291 | 1,121 | 233 |
| 14 kHz | 0 | 87 | 163 | 390 | 466 | 1,296 | 379 |
| 7 kHz | 0 | 145 | 279 | 681 | 815 | 2343 | 670 |
| 3 kHz | 0 | 261 | 512 | 1263 | 1513 | 3041 | 1252 |
| 2 kHz | 0 | 494 | 977 | 2426 | 2909 | 4437 | 2415 |
| 1 kHz | 0 | 960 | 1,908 | 4753 | 5702 | 7230 | 4742 |
| 422 Hz | 0 | 1890 | 3770 | 9408 | 11,287 | 12,816 | 9397 |
| 26 Hz | 0 | 29,818 | 59,624 | 149,044 | 178,851 | 201,325 | 149,033 |

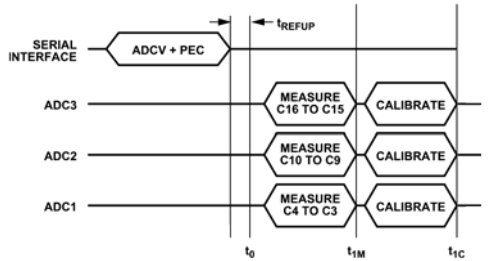


图56. 测量3个电池的ADCV命令时序

表20显示了仅测量3个电池的ADCV命令的转换时间。t_{1C}表示此命令的总转换时间。

表20. 以不同模式测量3个电池的ADCV命令的转换时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| | t ₀ | t _{1M} | t _{1C} |
| 27 kHz | 0 | 58 | 203 |
| 14 kHz | 0 | 87 | 232 |
| 7 kHz | 0 | 145 | 407 |

工作原理

表20. 以不同模式测量3个电池的ADCV命令的转换时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | |
|--------|-----------------------|----------|----------|
| | t_0 | t_{1M} | t_{1C} |
| 3 kHz | 0 | 261 | 523 |
| 2 kHz | 0 | 494 | 756 |
| 1 kHz | 0 | 960 | 1221 |
| 422 Hz | 0 | 1890 | 2152 |
| 26 Hz | 0 | 29,818 | 33,570 |

工作原理

欠压和过压监控

每当测量C输入时，就会将结果与存储器中存储的欠压和过压阈值进行比较。如果电池的读数高于过压限值，则会设置存储器中的一个标志位。同样，低于欠压限值的测量结果也会导致设置标志。过压和欠压阈值存储在配置寄存器组A中。这些标志存储在状态寄存器组B和辅助寄存器组D中。

辅助(GPIO)测量 (ADAX命令)

ADAX命令启动对GPIO输入的测量。此命令有选择要测量的GPIO输入 (GPIO1至GPIO9) 以及要使用的ADC模式的选项。ADAX命令还测量第二基准电压。ADAX命令有分别测量一部分GPIO和第二基准

电压的选项，或者通过单个命令测量所有九个GPIO和第二基准电压的选项。有关ADAX命令格式，参见命令部分。所有辅助测量均是相对于V_V引脚电压。将温度传感器连接到GPIO，便可使用此命令读取外部温度。这些传感器可以由第二基准电压供电，第二基准电压也由ADAX命令进行测量，从而实现精确的比率测量。

图57显示了ADAX命令测量所有9个GPIO和第二基准电压的时序。所有10个测量都是在ADC1上执行。第二基准电压在GPIO5之后和GPIO6之前测量。

表21显示了ADAX命令测量所有9个GPIO和第二基准电压的转换时间。t_{10C}表示总转换时间。

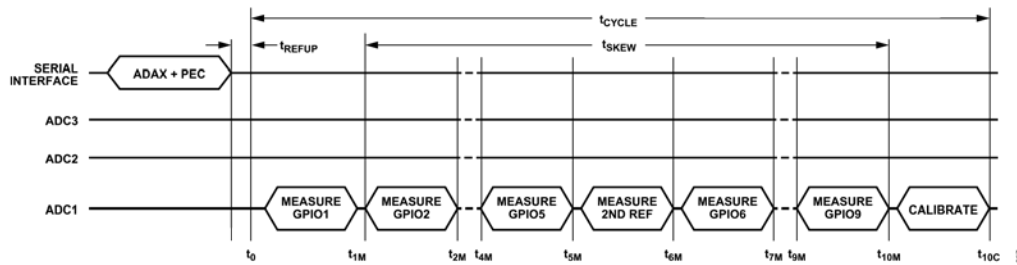


图57. 测量所有GPIO和第二基准电压的ADAX命令时序

表21. 以不同模式测量所有GPIO和第二基准电压的ADAX命令的转换和同步时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | | | | | 同步时间(μs) | |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| | t ₀ | t _{1M} | t _{2M} | t _{9M} | t _{10M} | t _{10C} | t _{SKEW} | |
| 27 kHz | 0 | 58 | 104 | 431 | 478 | 1825 | 420 | |
| 14 kHz | 0 | 87 | 163 | 693 | 769 | 2116 | 682 | |
| 7 kHz | 0 | 145 | 279 | 1217 | 1350 | 3862 | 1205 | |
| 3 kHz | 0 | 261 | 512 | 2264 | 2514 | 5025 | 2253 | |
| 2 kHz | 0 | 494 | 977 | 4358 | 4841 | 7353 | 4347 | |
| 1 kHz | 0 | 960 | 1908 | 8547 | 9496 | 12,007 | 8536 | |
| 422 Hz | 0 | 1890 | 3770 | 16,926 | 18,805 | 21,316 | 16,915 | |
| 26 Hz | 0 | 29,818 | 59,624 | 268,271 | 298,078 | 335,498 | 268,260 | |

工作原理

具有数字冗余的辅助(GPIO)测量 (ADAXD命令)

ADAXD命令的操作与ADAX命令类似，不同之处在于前者会使用数字冗余执行额外的诊断。在ADAXD命令期间，必须将配置寄存器组B中的PS位[1:0]设置为0或1以使能冗余。参见具有数字冗余的ADC转换部分。

ADAX命令和ADAXD命令的执行时间相同。

测量电池电压和GPIO (ADCVAX命令)

ADCVAX命令将18个电池测量与2个GPIO测量 (GPIO1和GPIO2) 结合在一起。当电流传感器连接

到GPIO1或GPIO2输入时，此命令可简化电池电压和电流测量的同步。图58显示了ADCVAX命令的时序。有关ADCVAX命令格式，参见命令部分。快速模式下电流和电压测量的同步时间 t_{SKEW1} 在194 μ s以内。

表22显示了不同模式下ADCVAX命令的转换和同步时间。该命令的总转换时间由 t_{8C} 给出。

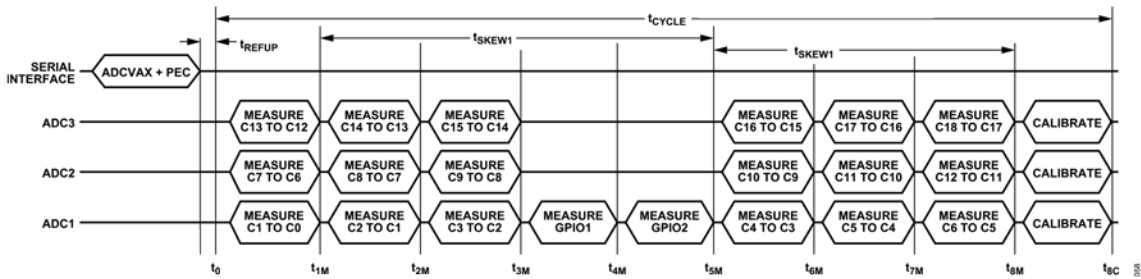


图58. ADCVAX命令时序

表22. 不同模式下ADCVAX命令的转换和同步时间

| 模式 | 转换时间(μ s) | | | | | | | | | | 同步时间(μ s) | |
|--------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|--|
| | t_0 | t_{1M} | t_{2M} | t_{3M} | t_{4M} | t_{5M} | t_{6M} | t_{7M} | t_{8M} | t_{8C} | t_{SKEW1} | |
| 27 kHz | 0 | 58 | 104 | 151 | 205 | 252 | 306 | 352 | 399 | 1511 | 194 | |
| 14 kHz | 0 | 87 | 163 | 238 | 321 | 397 | 480 | 556 | 632 | 1744 | 310 | |
| 7 kHz | 0 | 145 | 279 | 413 | 554 | 688 | 829 | 963 | 1097 | 3140 | 543 | |
| 3 kHz | 0 | 261 | 512 | 762 | 1020 | 1270 | 1527 | 1778 | 2028 | 4071 | 1008 | |
| 2 kHz | 0 | 494 | 977 | 1460 | 1,950 | 2433 | 2924 | 3407 | 3890 | 5933 | 1939 | |
| 1 kHz | 0 | 960 | 1908 | 2857 | 3812 | 4761 | 5717 | 6665 | 7613 | 9657 | 3801 | |
| 422 Hz | 0 | 1890 | 3770 | 5649 | 7536 | 9415 | 11,302 | 13,181 | 15,061 | 17,104 | 7525 | |
| 26 Hz | 0 | 29,818 | 59,624 | 89,431 | 119,245 | 149,052 | 178,866 | 208,672 | 238,479 | 268,450 | 119,234 | |

工作原理

数据采集系统诊断

电池监控数据采集系统由多路复用器、ADC、第一基准电压源、数字滤波器和存储器组成。为确保性能长期可靠，可以使用几个诊断命令来验证这些电路是否正常运行。

测量器件内部参数 (ADSTAT命令)

ADSTAT命令是一个诊断命令，测量器件的以下内部参数：所有电池之和(SC)、芯片内部温度(ITMP)、模

拟电源(VA)和数字电源(VD)。这些参数的说明参见所有电池测量结果之和部分、芯片内部温度测量部分和电源测量部分。这些转换可以使用ADC模式部分所述的所有8种ADC模式。有关ADSTAT命令格式，参见命令部分。图59显示了ADSTAT命令测量所有4个器件参数的时序。

表23显示了ADSTAT命令测量所有4个内部参数的转换时间。 t_{4C} 表示ADSTAT命令的总转换时间。

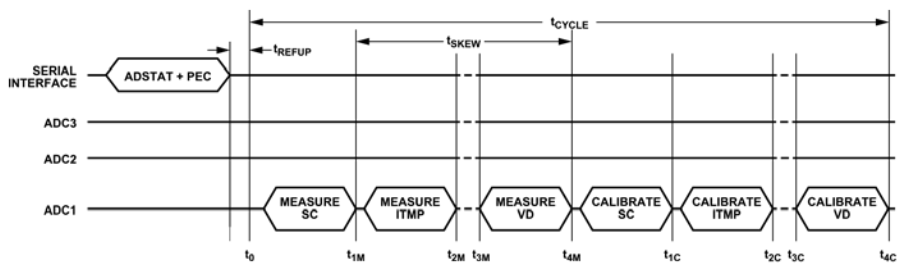


图59. 测量SC、ITMP、VA和VD的ADSTAT命令时序

表23. 以不同模式测量SC、ITMP、VA和VD的ADSTAT命令的转换和同步时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | | | | | 同步时间(μs) |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | t_0 | t_{1M} | t_{2M} | t_{3M} | t_{4M} | t_{4C} | t_{SKEW} |
| 27 kHz | 0 | 58 | 104 | 151 | 198 | 742 | 140 |
| 14 kHz | 0 | 87 | 163 | 238 | 314 | 858 | 227 |
| 7 kHz | 0 | 145 | 279 | 413 | 547 | 1556 | 402 |
| 3 kHz | 0 | 261 | 512 | 762 | 1012 | 2022 | 751 |
| 2 kHz | 0 | 494 | 977 | 1460 | 1943 | 2953 | 1449 |
| 1 kHz | 0 | 960 | 1908 | 2857 | 3805 | 4814 | 2845 |
| 422 Hz | 0 | 1890 | 3770 | 5649 | 7529 | 8538 | 5638 |
| 26 Hz | 0 | 29,818 | 59,624 | 89,431 | 119,238 | 134,211 | 89,420 |

工作原理

所有电池测量结果之和

所有电池之和(SC)是C18与C0之间的电压, 衰减率为30:1。所有电池测量结果之和的16位ADC值存储在状态寄存器组A中。C0和V⁻引脚之间的电位差导致SC测量误差等于该差值。根据SC值, 所有电池电压之和测量结果由下式给出:

$$\text{所有电池之和} = SC \times 30 \times 100\mu\text{V}$$

芯片内部温度测量

ADSTAT命令可以测量芯片内部温度(ITMP)。ITMP的16位ADC值存储在状态寄存器组A中。使用下式从ITMP计算实际芯片温度:

芯片内部温度(°C) =

$$ITMP \times \left(\frac{100\mu\text{V}}{7.6\text{mV}} \right) ^\circ\text{C} - 276^\circ\text{C}$$

电源测量

ADSTAT命令还用于测量模拟电源(V_{REG})和数字电源(V_{REGD})。模拟电源测量(VA)的16位ADC值存储在状态寄存器组A中。数字电源测量(VD)的16位ADC值存储在状态寄存器组B中。根据VA和VD可计算电源测量结果:

$$\text{模拟电源测量}(V_{\text{REG}}) = VA \times 100 \mu\text{V}$$

$$\text{数字电源测量}(V_{\text{REGD}}) = VD \times 100 \mu\text{V}$$

V_{REG}的值由外部元件决定。V_{REG}须在4.5 V至5.5 V之间以保持高精度。V_{REGD}的值由内部元件确定。V_{REGD}的正常范围是2.7 V至3.6V。

使用数字冗余测量器件内部参数 (ADSTATD命令)

ADSTATD命令的操作与ADSTAT命令类似, 不同之处在于前者会使用数字冗余执行额外的诊断。在ADSTATD命令期间, 必须将配置寄存器组B中的PS位[1:0]设置为0或1以使能冗余。参见[具有数字冗余的ADC转换](#)部分。

ADSTAT命令和ADSTATD命令的执行时间相同。

具有数字冗余的ADC转换

三个内部ADC均有自己的数字积分和微分器。ADBMS1818还包含第四个数字积分和微分器, 用于冗余和差错校验。

除ADAX和ADSTAT外的所有ADC和自测命令均可使用数字冗余工作, 包括ADCV、ADOW、CVST、ADOL、ADAXD、AXOW、AXST、ADSTATD、STATST、ADC-VAX和ADCVSC。当执行具有冗余的ADC转换时, 模拟调制器会将其位流同时发送到主数字机和冗余数字机。转换结束时, 将比较两个数字机的结果。如有任何不匹配, 则将0xFF0X (≥6.528V)的值写入结果寄存器。此值超出ADC的正常测量范围, 主机将其识别为故障指示。后四位用于指示结果值的哪个半字节不匹配。

表24. 数字冗余故障位位置指示

| 结果 | 指示 |
|-----------------------|----------------|
| 0b1111_1111_0000_0XXX | 位15至位12中未检测到故障 |
| 0b1111_1111_0000_1XXX | 位15至位12中检测到故障 |
| 0b1111_1111_0000_X0XX | 位11至位8中未检测到故障 |
| 0b1111_1111_0000_X1XX | 位11至位8中检测到故障 |
| 0b1111_1111_0000_XX0X | 位7至位4中未检测到故障 |
| 0b1111_1111_0000_XX1X | 位7至位4中检测到故障 |
| 0b1111_1111_0000_XXX0 | 位3至位0中未检测到故障 |
| 0b1111_1111_0000_XXX1 | 位3至位0中检测到故障 |

由于只有一个冗余数字机, 因此一次只能将冗余应用于一个ADC。默认情况下, ADBMS1818自动选择ADC路径冗余。但是, 用户可以通过写入配置寄存器组B中的PS位[1:0]来选择ADC冗余路径。

表25显示了所有可能的ADC路径冗余选择。

若将1写入配置寄存器组B中的FDRE位, 该位将迫使数字冗余比较在随后的ADC转换期间失败。

测量电池电压和所有电池之和 (ADCVSC命令)

ADCVSC命令将18个电池测量和所有电池之和测量组合在一起。此命令简化了单个电池电压和所有电池测量结果总和的同步。[图60](#)显示了ADCVSC命令的时序。有关ADCVSC命令格式, 参见[命令](#)部分。快速模式下, 电池电压和所有电池测量结果之和的同步时间t_{skew}在147μs以内。

表26显示了不同模式下ADCVSC命令的转换和同步时间。t_{7c}表示该命令的总转换时间。

工作原理

表25. ADC路径冗余选择

| 测量 | PS位[1:0] = 00 | | PS位[1:0] = 01 | | PS位[1:0] = 10 | | PS位[1:0] = 11 | |
|----------------------|---------------|---------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | 路径选择 | 冗余测量 | 路径选择 | 冗余测量 | 路径选择 | 冗余测量 | 路径选择 | 冗余测量 |
| 电池1、7、13 | ADC1 | 电池1 | ADC1 | 电池1 | ADC2 | 电池7 | ADC3 | 电池13 |
| 电池2、8、14 | ADC2 | 电池8 | ADC1 | 电池2 | ADC2 | 电池8 | ADC3 | 电池14 |
| 电池3、9、15 | ADC3 | 电池15 | ADC1 | 电池3 | ADC2 | 电池9 | ADC3 | 电池15 |
| 电池4、10、16 | ADC1 | 电池4 | ADC1 | 电池4 | ADC2 | 电池10 | ADC3 | 电池16 |
| 电池5、11、17 | ADC2 | 电池11 | ADC1 | 电池5 | ADC2 | 电池11 | ADC3 | 电池17 |
| 电池6、12、18 | ADC3 | 电池18 | ADC1 | 电池6 | ADC2 | 电池12 | ADC3 | 电池18 |
| 电池7 (ADOL) | ADC2 | 电池7 | ADC1 | 电池7 | ADC2 | 电池7 | ADC3 | N/A ¹ |
| 电池13 (ADOL) | ADC2 | 电池13 | ADC1 | N/A ¹ | ADC2 | 电池13 | ADC3 | 电池13 |
| GPIO[n] ² | ADC1 | GPIO[n] | ADC1 | GPIO[n] | ADC2 | N/A ¹ | ADC3 | N/A ¹ |
| 第二基准电压 ² | ADC1 | 第二基准电压 | ADC1 | 第二基准电压 | ADC2 | N/A ¹ | ADC3 | N/A ¹ |
| SC ² | ADC1 | SC | ADC1 | SC | ADC2 | N/A ¹ | ADC3 | N/A ¹ |
| ITMP ² | ADC1 | ITMP | ADC1 | ITMP | ADC2 | N/A ¹ | ADC3 | N/A ¹ |
| VA ² | ADC1 | VA | ADC1 | VA | ADC2 | N/A ¹ | ADC3 | N/A ¹ |
| VD ² | ADC1 | VD | ADC1 | VD | ADC2 | N/A ¹ | ADC3 | N/A ¹ |

¹ N/A表示不适用。

² 请注意，ADAX和ADSTAT命令与ADAXD和ADSTATD命令相同，只是ADAX和ADSTAT不应用任何数字冗余。

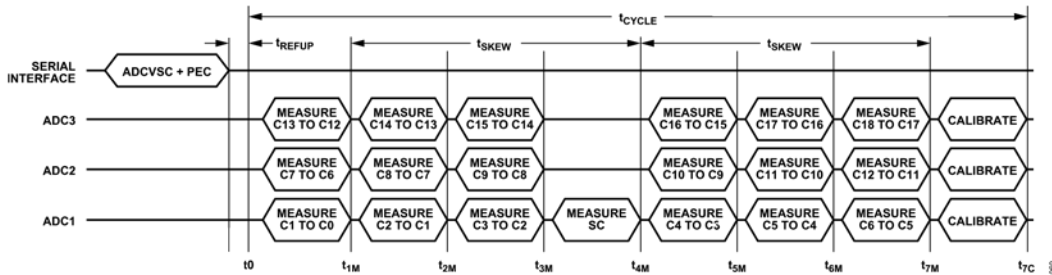


图60. 测量所有19个电池和SC的ADCVSC命令的时序

表26. 不同模式下ADCVSC命令的转换和同步时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | | | | | | | | 同步时间(μs) |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| | t ₀ | t _{1M} | t _{2M} | t _{3M} | t _{4M} | t _{5M} | t _{6M} | t _{7M} | t _{7C} | t _{SKEW} |
| 27 kHz | 0 | 58 | 104 | 151 | 205 | 259 | 306 | 352 | 1331 | 147 |
| 14 kHz | 0 | 87 | 163 | 238 | 321 | 404 | 480 | 556 | 1534 | 235 |
| 7 kHz | 0 | 145 | 279 | 413 | 554 | 695 | 829 | 963 | 2756 | 409 |
| 3 kHz | 0 | 261 | 512 | 762 | 1020 | 1277 | 1527 | 1778 | 3571 | 758 |
| 2 kHz | 0 | 494 | 977 | 1460 | 1950 | 2441 | 2924 | 3407 | 5200 | 1456 |
| 1 kHz | 0 | 960 | 1908 | 2857 | 3812 | 4768 | 5717 | 6665 | 8458 | 2853 |
| 422 Hz | 0 | 1890 | 3770 | 5649 | 7536 | 9423 | 11,302 | 13,181 | 14,974 | 5645 |
| 26 Hz | 0 | 29,818 | 59,624 | 89,431 | 119,245 | 149,059 | 178,866 | 208,672 | 234,902 | 89,427 |

工作原理

重叠单元测量 (ADOL命令)

ADOL命令首先使用ADC1和ADC2同时测量电池7。然后, ADOL命令使用ADC2和ADC3同时测量电池13。主机可以将结果相互比较, 以查找可能表明故障的不一致之处。ADC2的电池7测量结果存放在电池电压寄存器组C中电池7结果正常所在的地方。ADC1的结果存放在电池电压寄存器组C中电池8结果正常所在的地方。ADC3的电池13测量结果存放在电池电压寄存器组E中电池13结果正常所在的地方。ADC2的结果存放在电池电压寄存器组E中电池14结果正常所在的地方。图61显示了ADOL命令的时序。有关ADOL命令格式, 参见命令部分。

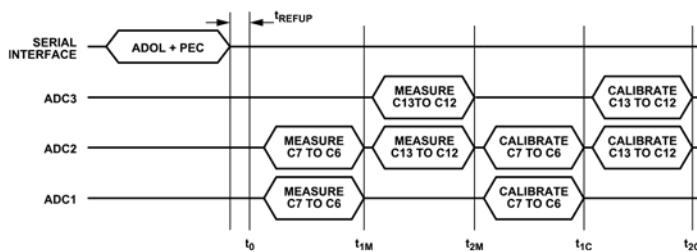


图61. ADOL命令的时序

表27显示了ADOL命令的转换时间。t_{2C}表示此命令的总转换时间。

表27. ADOL命令的转换时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | | |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | t ₀ | t _{1M} | t _{2M} | t _{2C} |
| 27 kHz | 0 | 58 | 106 | 384 |
| 14 kHz | 0 | 87 | 164 | 442 |
| 7 kHz | 0 | 146 | 281 | 791 |

表27. ADOL命令的转换时间

| 模式 | 转换时间(μs) | | | |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | t ₀ | t _{1M} | t _{2M} | t _{2C} |
| 3 kHz | 0 | 262 | 513 | 1024 |
| 2 kHz | 0 | 495 | 979 | 1490 |
| 1 kHz | 0 | 960 | 1910 | 2420 |
| 422 Hz | 0 | 1891 | 3772 | 4282 |
| 26 Hz | 0 | 29,818 | 59,626 | 67,119 |

数字滤波器检查

Δ-Σ ADC由一个1位脉冲密度调制器和一个数字滤波器组成。模拟输入电压越高, 脉冲密度调制流中1的百分比也越高。数字滤波器将该高频1位流转换为单个16位字。

这就是为什么Δ-Σ ADC通常被称为过采样转换器的原因。

自测命令验证数字滤波器和存储器的操作。图62显示了自测期间ADC的操作。1位脉冲密度调制器的输出被1位测试信号代替。测试信号通过数字滤波器, 然后转换为16位值。1位测试信号经历与来自调制器的常规1位信号相同的数字转换, 因此自测命令的转换时间与相应的常规ADC转换命令完全相同。16位ADC值存储在相应常规ADC转换命令相同的寄存器组中。测试信号设计将交替的1-0存储于寄存器中。表28提供了自测命令。如果数字滤波器和存储器正常工作, 则寄存器包含表28中显示的值。更多信息参见命令部分。

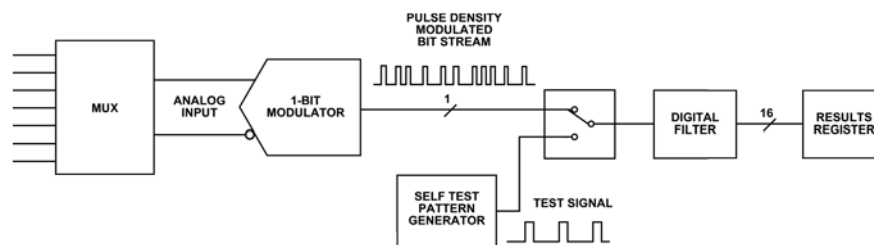


图62. ADBMS1818 ADC自测操作

表28. 自测命令汇总

| 命令 | 自测选项 | 不同ADC模式下的输出图形 | | | 结果寄存器组 |
|------|----------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | 27 kHz | 14 kHz | 7 kHz、3 kHz、2 kHz、1 kHz、422 Hz、26 Hz | |
| CVST | ST 位[1:0] = 01 ST 位[1:0] = 10 | 0x9565 0x6A9A | 0x9553 0x6AAC | 0x9555 0x6AAA | C1V 至 C18V (CVA、CVB、CVC、CVD、CVE、CVF) |
| AXST | ST 位[1:0] = 01 ST 位[1:0] = 10 | 0x9565 0x6A9A | 0x9553 0x6AAC | 0x9555 0x6AAA | G1V 至 GV9、REF (AUXA、AUXB、AUXC、AUXD) |

工作原理

表28. 自测命令汇总

| 命令 | 自测选项 | 不同ADC模式下的输出图形 | | | 结果寄存器组 |
|--------|----------------------------------|------------------|------------------|--|-----------------------------|
| | | 27 kHz | 14 kHz | 7 kHz、3 kHz、2 kHz、 1 kHz、422 Hz、26 Hz | |
| STATST | ST 位[1:0] = 01 ST 位[1:0] = 10 | 0x9565 0x6A9A | 0x9553 0x6AAC | 0x9555 0x6AAA | SC、ITMP、VA、VD (STATA、STATB) |

工作原理

精度检查

测量独立的基准电压是验证数据采集系统精度的最佳方法。ADBMS1818为此提供了第二基准电压。ADAX命令启动对第二基准电压的测量。结果放置在辅助寄存器组B中。结果的范围取决于ADC1的测量精度和第二基准电压的精度，包括热迟滞和长期漂移。超出2.992 V至3.012 V范围的读数表明系统超出了额定容差。ADC2通过使用ADOL命令与ADC1进行比较来验证。ADC3通过使用ADOL命令与ADC2进行比较来验证。

多路复用器解码器检查

诊断命令DIAGN确保每个多路复用器通道正常工作。该命令会遍历所有通道，如果任何通道解码器发生故障，则将状态寄存器组B中的MUXFAIL位设置为1。如果通道解码器通过测试，则MUXFAIL位设置为0。在上电复位(POR)或CLRSTAT命令之后，MUXFAIL位也被设置为1。

如果内核处于REFUP状态，则DIAGN命令大约需要400 μ s才能完成；如果内核处于STANDBY状态，则DIAGN命令需要大约4.5 ms才能完成。可以使用[轮询方法](#)部分中说明的轮询方法来确定DIAGN命令是否完成。

ADC清除命令

ADBMS1818有3个清除命令：CLRCELL、CLRAUX和CLRSTAT。这些命令清除存储所有ADC转换结果的寄存器。

CLRCELL命令清除电池电压寄存器组A、B、C、D、E和F。CLRCELL命令将这些寄存器中的所有字节设置为0xFF。

CLRAUX命令清除辅助寄存器组A、B、C和D。CLRAUX命令将这些寄存器(D组的最后四个寄存器除外)中的所有字节设置为0xFF。

CLRSTAT命令清除状态寄存器组A和B(状态寄存器组B中的REV和RSVD位除外)。回读REV位将返回器件的版本代码。RSVD位的回读值始终为0。CLRSTAT命令将状态寄存器组B和辅助寄存器组D中的所有过压(OV)和欠压(UV)标志、MUXFAIL位及THSD位设置为1。RDSTATB命令之后，THSD位设置为0。CLRSTAT命令将存储SC、ITMP、VA和VD的寄存器全部设置为0xFF。

开路检查 (ADOW命令)

ADOW命令用于检查ADBMS1818的ADC与外部电池之间是否有开路。此命令与ADCV命令相同，对C引脚输入执行ADC转换，但在测量两个C引脚时，两个内部电流源会向其提供电流或吸收电流。ADOW命令的上拉(PUP)位决定电流源是提供还是吸收100 μ A电流。

可以使用以下简单算法来检查19个C引脚是否有开路：

1. 设置PUP = 1，至少两次运行18串电池命令ADOW。最后读取电池1至18的电池电压一次，并将其存储在数组CELL_{PUP}(n)中。
2. 设置PUP = 0，至少两次运行18串电池命令ADOW。最后读取电池1至18的电池电压一次，并将其存储在数组CELL_{PD}(n)中。
3. 对于电池2至18，求步骤1和步骤2中进行的上拉和下拉测量结果之差：CELL_Δ(n) = CELL_{PUP}(n) - CELL_{PD}(n)。
4. 对于从1到17的所有n值：如果CELL_Δ(n+1) < -400 mV，则C(n)开路。如果CELL_{PUP}(1) = 0.0000，则C(0)开路。如果CELL_{PD}(18) = 0.0000，则C(18)开路。

上面的算法使用标准模式转换来检测开路，开路的ADBMS1818侧仍有多达10 nF的电容。但是，如果开路C引脚上有更多外部电容，则必须增加步骤1和步骤2中进行的开路转换时长，以使100 μ A电流源有时间为算法产生足够大的差值来检测开路。这可以通过在步骤1和步骤2中运行两个以上的ADOW命令来实现，或者用滤波模式转换代替标准模式转换。请参阅[表29](#)以确定需要多少次转换。

表29. 所需的ADOW命令数量

| 外部C引脚电容 | 步骤1和步骤2中所需的ADOW命令数量 | |
|-----------|-----------------------|------|
| | 标准模式 | 滤波模式 |
| ≤10 nF | 2 | 2 |
| 100 nF | 10 | 2 |
| 1 μ F | 100 | 2 |
| C | 1 + ROUNDUP (C/10 nF) | 2 |

辅助开路检查 (AXOW命令)

AXOW命令用于检查ADBMS1818的GPIO引脚与外部电路之间是否有开路。此命令与ADAX命令相同，对GPIO引脚输入执行ADC转换，但在测量每个GPIO引脚时，内部电流源会向其提供电流或吸收电流。AXOW命令的上拉(PUP)位决定电流源是灌电流还是拉电流100 μ A。

工作原理

热关断

为防止ADBMS1818过热，IC内部包含一个热关断电路。如果在芯片上检测到的温度上升到大约150°C以上，就会触发热关断电路，并将配置寄存器组和S控制寄存器组（包括PWM/S控制寄存器组B中的S控制位）复位到默认状态，同时断开所有放电开关。当发生热关断事件时，状态寄存器组B中的THSD位变为高电平。CLRSTAT命令也能将THSD位置1以用于诊断。对状态寄存器组B执行读操作时（RDSTATB命令），该位即清零。CLRSTAT命令出于诊断目的将THSD位设置为高电平，但不会复位配置寄存器组。

版本代码

状态寄存器组B包含4位版本代码(REV)。如果需要通过软件检测器件版本，请联系厂方以获取详细信息。否则，请忽略该代码。但是，在所有情况下，计算数据读取的数据包错误码(PEC)时必须使用所有位的值。

看门狗和放电定时器

当没有有效命令的时间超过2秒时，看门狗定时器即计时终止，在所有情况下，配置寄存器字节CFGAR0-3和配置寄存器组B中的GPIO位都会复位。当放电定时器禁用时，CFGAR4、CFGAR5、S控制寄存器组（包括PWM/S控制寄存器组B中的S控制位）

和配置寄存器组B的其余部分由看门狗定时器复位。当看门狗定时器计时周期结束后，WDT引脚由外部上拉电阻拉高。看门狗定时器始终处于使能状态，在每个具有匹配命令PEC的有效命令之后，定时器都会复位。

放电定时器用于使放电开关在可编程的持续时间内保持导通。如果使用放电定时器，则在激活看门狗定时器时，放电开关不会断开。

要使用放电定时器，请将DTEN引脚连接到V_{REG}（参见图63）。在这种配置中，放电开关在设置的持续时间内保持导通状态，该持续时间由写入配置寄存器组A中的DCTO值确定。表31显示了各种时间设置和相应的DCTO值。

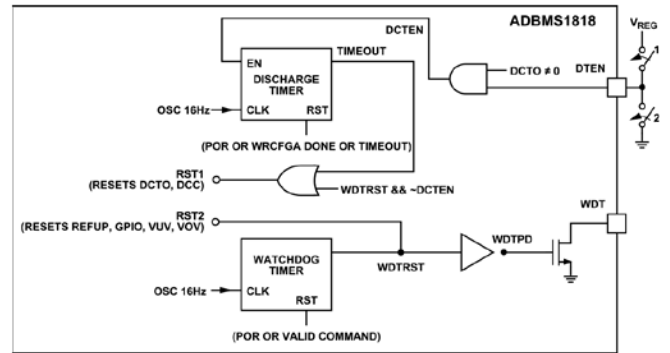


图63. 看门狗和放电定时器

表30. DCTO 设置

| DCTO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|---------|----|-----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 时间 (分钟) | 禁用 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 60 | 75 | 90 | 120 |

工作原理

表31. 放电定时器设置

| | 看门狗定时器 | 放电定时器 |
|---------------------------|----------------------------------|---|
| DTEN = 0, DCTO = XXXX | 触发时复位CFGAR0-5、 CFGBR0-1和SCTRL | 禁用 |
| DTEN = 1, DCTO = 0000 | 触发时复位CFGAR0-5、 CFGBR0-1和SCTRL | 禁用 |
| DTEN = 1, DCTO != 0000 | 触发时复位CFGBR0中的 CFGAR0-3和GPIO位 | 触发时复位 CFGAR4-5、SCTRL和 CFGBR0-1的其余部分 |

表31总结了看门狗定时器或放电定时器计时终止事件后配置寄存器组的状态。放电定时器的状态可以通过使用RDCFGA命令读取配置寄存器组A来确定。DCTO值指示放电定时器终止之前剩余的时间，如表32所示。

表32. 放电定时器状态

| DCTO (读取值) | 放电计时器剩余时间 (分钟) |
|------------|----------------|
| 0 | 禁用 (或) 定时器已超时 |
| 1 | 0 < 定时器 ≤ 0.5 |
| 2 | 0.5 < 定时器 ≤ 1 |
| 3 | 1 < 定时器 ≤ 2 |
| 4 | 2 < 定时器 ≤ 3 |
| 5 | 3 < 定时器 ≤ 4 |
| 6 | 4 < 定时器 ≤ 5 |
| 7 | 5 < 定时器 ≤ 10 |
| 8 | 10 < 定时器 ≤ 15 |
| 9 | 15 < 定时器 ≤ 20 |
| A | 20 < 定时器 ≤ 30 |
| B | 30 < 定时器 ≤ 40 |
| C | 40 < 定时器 ≤ 60 |
| D | 60 < 定时器 ≤ 75 |
| E | 75 < 定时器 ≤ 90 |
| F | 90 < 定时器 ≤ 120 |

与看门狗定时器不同，当存在有效命令时，放电定时器不会复位。只有在有效的WRCFGA (写入配置寄存器组A) 命令之后，才能复位放电定时器。放电计时器可能会在某些命令的中间计时终止。

如果放电定时器在WRCFGA命令的中间被启动，则配置寄存器组和S控制寄存器组 (包括PWM/S控制寄存器组B中的S控制位) 将按照表31进行复位。但是，在有效WRCFGA命令结束时，新数据将被复制到配置寄存器组A。当放电定时器启动时，新的配置数据不会丢失。

如果放电定时器在RDCFGA或RDCFGB命令的中间启动，则配置寄存器组将根据表31进行复位。结果是，从字节CFGAR4、CFGAR5以及CFGBR0、CFGBR1

读回的数据可能被破坏。如果放电定时器在RDSCTRL或RDPSB命令的中间启动，则S控制寄存器组 (包括PWM/S控制寄存器组B中的S控制位) 将按照表31进行复位。结果是，读回的数据可能被破坏。

用于电池平衡的S引脚脉冲宽度调制

为了进一步控制电池放电，主机可以将S引脚配置为PWM进行操作。看门狗定时器未计时终止时，配置寄存器组中的DCC位直接控制S引脚。在看门狗定时器计时终止之后，PWM操作开始，并在所选放电时间的剩余时间里继续操作，或者直到发生唤醒事件 (且看门狗定时器被复位)。在PWM操作期间，必须将DCC位设置为1才能使PWM特性有效。

一旦PWM操作开始，PWM寄存器中的配置就会导致部分或所有S引脚周期性地置为无效，以实现所需的占空比，如表33所示。每个PWM信号的运行周期为30秒。对于每个周期，占空比可以在0%到100%范围内编程，增量为1/15 = 6.67% (2秒)。

每个S引脚PWM信号以不同的时间间隔排序，以确保没有两个引脚同时开启或关闭。通道之间的切换间隔为62.5 ms，所有18个引脚进行切换需要1.125秒 (18×62.5 ms)。

表33. S引脚脉冲宽度调制设置

| DCC位 (配置 寄存器组) | PWMC设置 | 导通时间 | 关断时间 | 占空比 |
|----------------------|---------|------|------|-------|
| | | (s) | (s) | (%) |
| 0 | 4'bXXXX | 0 | 连续关断 | 0 |
| 1 | 4'b1111 | 连续导通 | 0 | 100.0 |
| 1 | 4'b1110 | 28 | 2 | 93.3 |
| 1 | 4'b1101 | 26 | 4 | 86.7 |
| 1 | 4'b1100 | 24 | 6 | 80.0 |
| 1 | 4'b1011 | 22 | 8 | 73.3 |
| 1 | 4'b1010 | 20 | 10 | 66.7 |
| 1 | 4'b1001 | 18 | 12 | 60.0 |
| 1 | 4'b1000 | 16 | 14 | 53.3 |
| 1 | 4'b0111 | 14 | 16 | 46.7 |
| 1 | 4'b0110 | 12 | 18 | 40.0 |
| 1 | 4'b0101 | 10 | 20 | 33.3 |
| 1 | 4'b0100 | 8 | 22 | 26.7 |
| 1 | 4'b0011 | 6 | 24 | 20.0 |
| 1 | 4'b0010 | 4 | 26 | 13.3 |
| 1 | 4'b0001 | 2 | 28 | 6.7 |
| 1 | 4'b0000 | 0 | 连续关断 | 0 |

工作原理

PWM控制设置的默认值（位于PWM寄存器组和PWM/S控制寄存器组B中）为全1。进入SLEEP模式后，PWM控制设置初始化为默认值。

放电定时器监控器

放电定时器启动时，ADBMS1818能够定期监视电池电压。主机向配置寄存器组B中的DTMEN位写入1可使能该特性。

当放电定时器监控器已使能且看门狗定时器计时终止时，ADBMS1818每30秒以7 kHz（标准）模式对所有电池电压执行一次转换。然后执行过压和欠压比较，若电池超过阈值则设置标志。对于任何欠压电池，放电定时器监控器会自动清除配置寄存器组A或配置寄存器组B中的相关DCC位，以使电池不再放电。清除DCC位还会禁用PWM放电。利用此特性，主机可以将欠压阈值写入所需的放电水平，并使用放电定时器监控器将所有或选定的电池（使用恒定放电或PWM放电）放电至该水平。

在监控放电定时器期间，对电池电压测量执行数字冗余检查。如果发生数字冗余故障，则会清除所有DCC位。

ADBMS1818上使用GPIO的I²C/SPI主机

ADBMS1818上的I/O端口GPIO3、GPIO4和GPIO5可用作I²C或SPI主机端口，可以与I²C或SPI从机端口通信。对于I²C主机，GPIO4和GPIO5分别构成I²C接口的SDA和SCL端口。对于SPI主机，GPIO3、GPIO4和

GPIO5分别是SPI的CSBM、SDIOM和SCKM端口。ADBMS1818上的SPI主机支持SPI模式3（CHPA = 1且CPOL = 1）。

GPIO是开漏输出，因此这些端口需要外部上拉才能用作I²C或SPI主机。另外，须向配置寄存器组中的GPIO位写入1，使得这些端口不会被器件内部拉低。

COMM寄存器

ADBMS1818有一个6字节COMM寄存器，如表34所示。该寄存器存储I²C或SPI与从机通信所需的所有数据和控制位。COMM寄存器包含三字节的数据Dn位[7:0]，即要发送到从器件或由从器件接收到的数据。ICOMn位[3:0]指定发送/接收每个数据字节之前的控制动作。FCOMn位[3:0]指定发送/接收每个数据字节之后的控制动作。

如果将COMM寄存器中的ICOMn位3设置为1，则器件成为SPI主机；如果将其设置为0，则器件成为I²C主机。

表35说明了器件用作I²C主机时ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的有效写入码及其行为。

表36说明了器件用作SPI主机时ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的有效写入码及其行为。

请注意，只有表35和表36中列出的代码对ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]有效。将表35和表36中未列出的任何其他代码写入ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]可能导致I²C或SPI端口出现意外行为。

表34. COMM寄存器存储器映射

| 寄存器 | R/W | 位7 | 位6 | 位5 | 位4 | 位3 | 位2 | 位1 | 位0 |
|-------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| COMM0 | R/W | ICOM0, 位3 | ICOM0, 位2 | ICOM0, 位1 | ICOM0, 位0 | D0, 位7 | D0, 位6 | D0, 位5 | D0, 位4 |
| COMM1 | R/W | D0, 位3 | D0, 位2 | D0, 位1 | D0, 位0 | FCOM0, 位3 | FCOM0, 位2 | FCOM0, 位1 | FCOM0, 位0 |
| COMM2 | R/W | ICOM1, 位3 | ICOM1, 位2 | ICOM1, 位1 | ICOM1, 位0 | D1, 位7 | D1, 位6 | D1, 位5 | D1, 位4 |
| COMM3 | R/W | D1, 位3 | D1, 位2 | D1, 位1 | D1, 位0 | FCOM1, 位3 | FCOM1, 位2 | FCOM1, 位1 | FCOM1, 位0 |
| COMM4 | R/W | ICOM2, 位3 | ICOM2, 位2 | ICOM2, 位1 | ICOM2, 位0 | D2, 位7 | D2, 位6 | D2, 位5 | D2, 位4 |

表35. I²C主机上ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的写入码

| 控制位 | 数字码 | 操作 | 说明 |
|-------------|------|-------------|-------------------------------------|
| ICOMn位[3:0] | 0110 | 开始 | 在I ² C端口上生成起始信号，然后进行数据传输 |
| | 0001 | 停止 | 在I ² C端口上生成停止信号 |
| | 0000 | 空 | 直接进行I ² C端口上的数据传输 |
| | 0111 | 不发送 | 释放SDA和SCL并忽略其余数据 |
| FCOMn位[3:0] | 0000 | 主机ACK | 主机在第九个时钟周期产生一个ACK信号 |
| | 1000 | 主机NACK | 主机在第九个时钟周期产生一个NACK信号 |
| | 1001 | 主机NACK + 停止 | 主机产生一个NACK信号，然后产生一个停止信号 |

工作原理

表36. SPI主机上的ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的写入码

| 控制位 | 数字码 | 操作 | 说明 |
|-------------|------|---------|------------------------------|
| ICOMn位[3:0] | 1000 | CSBM低电平 | 在SPI端口(GPIO3)上生成CSBM低电平信号 |
| | 1010 | CSBM下降沿 | 将CSBM (GPIO3)驱动到高电平，然后驱动到低电平 |
| | 1001 | CSBM高电平 | 在SPI端口(GPIO3)上生成CSBM高电平信号 |
| | 1111 | 不发送 | 释放SPI端口并忽略其余数据 |
| FCOMn位[3:0] | X000 | CSBM低电平 | 在字节传输结束时将CSBM保持为低电平 |
| | 1001 | CSBM高电平 | 在字节传输结束时将CSBM转换为高电平 |

工作原理

COMM命令

以下三个命令帮助完成与从器件的I²C或SPI通信：WRCOMM、STCOMM和RDCOMM。

WRCOMM命令：此命令用于将数据写入COMM寄存器。此命令将6字节的数据写入COMM寄存器。PEC需要写在数据的末尾。如果PEC不匹配，则CSB变为高电平时，COMM寄存器中的所有数据均被清除为1。有关写命令格式的更多信息，参见**总线协议**部分。

STCOMM命令：此命令在GPIO端口上启动I²C/SPI通信。COMM寄存器包含要发送到从机的3字节数据。在此命令期间，COMM寄存器中存储的数据字节被发送到I²C或SPI从器件，从I²C或SPI器件接收的数据存储在COMM寄存器中。此命令使用GPIO4 (SDA)和GPIO5 (SCL)进行I²C通信，或使用GPIO3 (CSBM)、GPIO4 (SDIOM)和GPIO5 (SCKM)进行SPI通信。

在STCOMM命令之后，每个发送到从器件的数据字节使用24个时钟周期，同时CSB保持低电平。例如，要向从机发送三字节的的数据，须先发送STCOMM命令及其PEC，再发送72个时钟周期。在STCOMM命令的72个时钟周期结束时将CSB拉高。

在I²C或SPI通信期间，由从器件接收到的数据在COMM寄存器中更新。

RDCOMM命令：可以使用RDCOMM命令从COMM寄存器回读由从器件接收到的数据。该命令先读取六字节的数据，再读取PEC。有关读命令格式的更多信息，参见**总线协议**部分。

表37说明了器件用作I²C主机时ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的可能回读码。Dn位[7:0]包含I²C从机发送的数据字节。

表37. I²C主机上ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的读取码

| 控制位 | 数字码 | 说明 |
|-------------|------|--------------------|
| ICOMn位[3:0] | 0110 | 主机产生起始信号 |
| | 0001 | 主机产生停止信号 |
| | 0000 | 空白，SDA在字节之间保持低电平 |
| | 0111 | 空白，SDA在字节之间保持高电平 |
| FCOMn位[3:0] | 0000 | 主机产生ACK信号 |
| | 0111 | 从机产生ACK信号 |
| | 1111 | 从机产生NACK信号 |
| | 0001 | 从机产生ACK信号，主机产生停止信号 |

表37. I²C主机上ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的读取码

| 控制位 | 数字码 | 说明 |
|-----|------|---------------------|
| | 1001 | 从机产生NACK信号，主机产生停止信号 |

对于SPI主机，ICOMn位[3:0]和FCOMn位[3:0]的回读码始终分别为0111和1111。Dn位[7:0]包含SPI从机发送的数据字节。

图64显示了ADBMS1818用作I²C或SPI主机使用GPIO的操作。

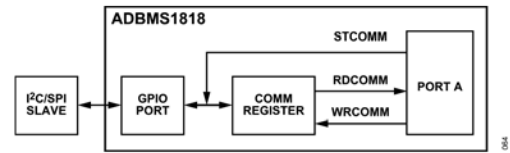


图64. 使用GPIO的ADBMS1818 I²C或SPI主机

使用这些命令，可以将任意数量的字节以3个字节为一组发送到从机。GPIO端口不会在不同的STCOMM命令之间复位。但是，如果命令之间的等待时间大于2秒，则看门狗将超时并将端口复位为默认值。

要使用I²C主机发送几个字节的数据，仅在整个数据流的开始处需要一个起始信号。仅在数据流的末尾需要一个停止信号。所有中间数据组都可以在数据字节之前使用空白码，并在数据字节之后适当地使用ACK/NACK信号。SDA和SCL不会在不同的STCOMM命令之间复位。

要使用SPI主机发送几个字节的数据，须在第一个数据字节的开头发送一个CSBM低电平信号。对于中间数据组，可以使用FCOMn位[3:0]上的相应代码使CSBM保持低电平或高电平。CSBM高电平信号在数据的最后一个字节的末尾发送。CSBM、SDIOM和SCKM不会在不同的STCOMM命令之间复位。

图65显示了不同情况下I²C主机在执行STCOMM命令后的24个时钟周期。请注意，如果ICOMn位[3:0]指定了停止条件，则在发送停止信号后，SDA和SCL线将保持高电平，而字的其余部分的所有数据都将被忽略。如果ICOMn位[3:0]为不发送，则SDA和SCL线均被释放，字中的其余数据被忽略。当电池堆中的特定器件不必与从机通信时，可使用此功能。

图66显示了SPI主机在执行STCOMM命令后的24个时钟周期。与I²C主机类似，如果ICOMn位[3:0]指定了CSBM HIGH或无发送条件，则SPI主机的CSBM、SCKM和SDIOM线将被释放，并且字中的其余数据将被忽略。

工作原理

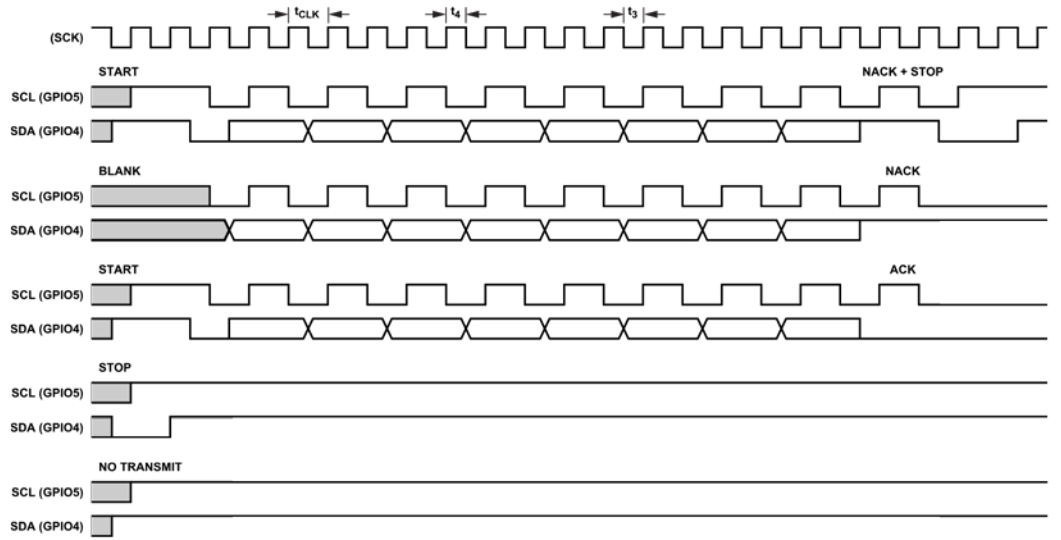


图65. I²C主机的STCOMM时序图

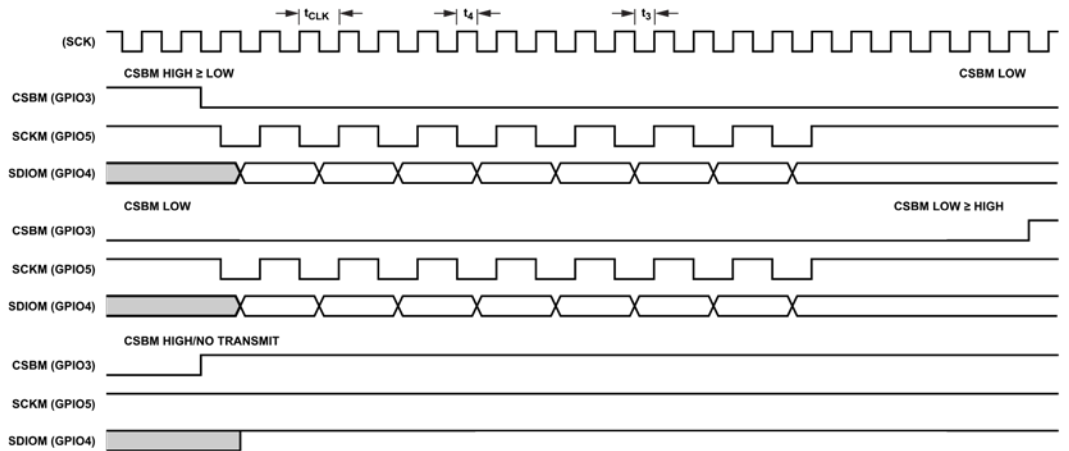


图66. SPI主机的STCOMM时序图

工作原理

I²C和SPI主机的时序规格

ADBMS1818 I²C或SPI主机的时序由ADBMS1818的主SPI的通信时序控制。表38显示了I²C主机与主SPI时钟的关系。表39显示了SPI主机的时序规格。

表38. I²C主机时序

| I ² C主机参数 | 与主SPI的时序关系 | t _{CLK} = 1μs时的时序规格 |
|----------------------|--|------------------------------|
| SCL时钟频率 | 1/(2 × t _{CLK}) | 500 kHz (最大值) |
| t _{HD, STA} | t ₃ | 200 ns (最小值) |
| t _{LOW} | t _{CLK} | 1 μs (最小值) |
| t _{HIGH} | t _{CLK} | 1 μs (最小值) |
| t _{SU, STA} | t _{CLK} + t ₄ ¹ | 1.03 μs (最小值) |
| t _{HD, DAT} | t ₄ | 30 ns (最小值) |
| t _{SU, DAT} | t ₃ | 200 ns (最小值) |
| t _{SU, STO} | t _{CLK} + t ₄ ¹ | 1.03 μs (最小值) |
| t _{BUF} | 3 × t _{CLK} | 3 μs (最小值) |

¹ 使用isoSPI时，内部会生成t₄，其至少为30 ns。另外，t₃ = t_{CLK} - t₄。使用SPI时，t₃和t₄是SCK输入的低电平时间和高电平时间，每个时间的额定最小值为200 ns。

表39. SPI主机时序

| SPI主机参数 | 与主SPI的时序关系 | t _{CLK} = 1μs时的时序规格 |
|--|--|------------------------------|
| SDIOM有效至SCKM上升建立 | t ₃ | 200 ns (最小值) |
| 从SCKM到SDIO有效上升保持 | t _{CLK} + t ₄ ¹ | 1.03 μs (最小值) |
| SCKM低电平 | t _{CLK} | 1 μs (最小值) |
| SCKM高电平 | t _{CLK} | 1 μs (最小值) |
| SCKM周期 (SCKM _{Low} + SCKM _{High}) | 2 × t _{CLK} | 2 μs (最小值) |
| CSBM脉冲宽度 | 3 × t _{CLK} | 3 μs (最小值) |
| SCKM上升到CSBM上升 | 5 × t _{CLK} + t ₄ ¹ | 5.03 μs (最小值) |
| CSBM下降到SCKM下降 | t ₃ | 200 ns (最小值) |
| CSBM下降到SCKM上升 | t _{CLK} + t ₃ | 1.2 μs (最小值) |
| SCKM下降至SDIOM有效 | 主机要求 < t _{CLK} | |

¹ 使用isoSPI时，内部会生成t₄，其至少为30 ns。另外，t₃ = t_{CLK} - t₄。使用SPI时，t₃和t₄是SCK输入的低电平时间和高电平时间，每个时间的额定最小值为200 ns。

使用S引脚控制设置的S引脚脉冲

ADBMS1818的S引脚可用作简单的串行接口，对于控制LT8584（单片反激式DC-DC转换器，设计用于主动平衡大型电池组）特别有用。LT8584有几种工作模式，这些工作模式通过一个串行接口进行控制。通过在每个S引脚上发送脉冲序列以选择特定的LT8584模式，ADBMS1818可以与LT8584通信。S引脚控制设置（位于S控制寄存器组和PWM/S控制寄存器组B中）用于指定18个S引脚中每个引脚的行为，其中每个半字节指定S引脚是驱动高电平、驱动低电平还是发送1到7个脉冲的脉冲序列。本节中的图形显示了可以发送到LT8584的可能S引脚行为。

S引脚脉冲以6.44 kHz的脉冲速率（周期为155μs）出现。脉冲宽度为77.6μs。当命令PEC匹配时，S引脚开始发送脉冲。然后，主机可以继续提供SCK时钟，以轮询脉冲状态。此轮询的工作方式类似于ADC轮询特性。数据输出保持逻辑低电平，直到S引脚脉冲序列完成。

当S引脚正在发送脉冲时，新的STSCTRL、WRPSB或WRPSB命令将被忽略。PLADC命令可用于确定S引脚脉冲何时完成。

如果正确接收到WRPSB（或WRPSB）命令及命令PEC，但数据PEC不匹配，则会清除S引脚控制设置。

如果配置寄存器组A或配置寄存器组B中的DCC位置位，则无论S引脚控制设置如何，ADBMS1818都会将选定的S引脚驱动为低电平。使用S引脚控制设置时，主机必须让DCC位保持为0。

CLRCTRL命令可用于将S引脚控制设置快速复位到全0，并强制脉冲机释放对S引脚的控制。此命令有助于减少高可靠性应用中的诊断控制回路时间。

下列图形显示了S引脚的脉冲行为。



图67. S引脚控制位 = 0000时的S引脚行为

工作原理



图68. S引脚控制位 = 0001时的S引脚行为



图69. S引脚控制位 = 0010时的S引脚行为



图70. S引脚控制位 = 0011时的S引脚行为



图71. S引脚控制位 = 0100时的S引脚行为



图72. S引脚控制位 = 0101时的S引脚行为



图73. S引脚控制位 = 0110时的S引脚行为



图74. S引脚控制位 = 0111时的S引脚行为



图75. S引脚控制位 = 1xxx时的S引脚行为

工作原理

S引脚静音

发送静音命令可以禁用S引脚，发送取消静音命令可以重新使能S引脚。静音和取消静音命令不需要任何后续数据，因此该命令可通过ADBMS1818器件堆栈快速传播。此操作使主机可以快速 ($<100\ \mu\text{s}$) 禁用并重新使能放电，而不会干扰寄存器内容。例如，利用此功能可提供特定的建立时间，然后才进行电池测量。静音状态在配置寄存器组B中的只读MUTE位中显示。

串行接口概述

ADBMS1818上有两类串行端口：标准4线SPI和2线isoSPI。ISOMD引脚的状态决定引脚53、引脚54、引脚61和引脚62是2线还是4线串行端口。

ADBMS1818用在菊花链配置中。

第二isoSPI使用引脚57、引脚58、引脚63和引脚64。

4线式串行外设接口(SPI)物理层

外部连接

将ISOMD连接到 V^- 可将串行端口A配置为4线式SPI。SDO引脚是开漏输出，需要将一个上拉电阻连接到适当的电源电压（参见图76）。

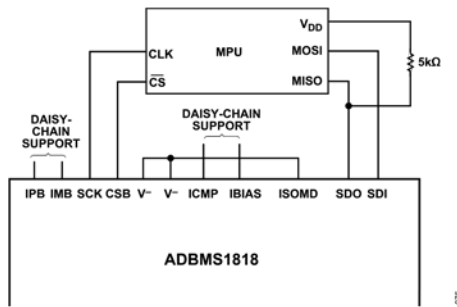


图76. 4线SPI配置

时序

设置CPHA = 1且CPOL = 1，便可将4线串行端口配置为在SPI系统中运行。因此，在SCK的上升沿期间，SDI上的数据必须稳定。时序图参见图77。最大数据速率是1 Mbps。但是，该器件已在生产中使用了更高数据速率进行了测试，以保证其能以最大额定数据速率运行。

2线式隔离接口(isoSPI)物理层

2线接口提供了使用简单双绞线电缆与ADBMS1818器件互连的方法。该接口针对低包差错率而设计，（当电缆受到高RF场影响的情况）。隔离是通过外部变压器实现的。

标准SPI信号编码为差分脉冲。发射脉冲的强度和接收器的阈值电平由两个外部电阻设置。电阻阻值的选择允许用户用在功耗和噪声的抗扰度之间平衡。

图78显示了isoSPI电路的工作方式。2 V基准电压驱动IBIAS引脚。外部电阻 R_{B1} 和 R_{B2} 产生基准电流 I_B 。该电流设置发送器的驱动强度。 R_{B1} 和 R_{B2} 还构成一个分压器，为ICMP引脚提供2 V基准电压的一部分。接收器电路阈值是ICMP引脚电压的一半。

外部连接

ADBMS1818有2个串行端口：端口B和端口A。端口B始终配置为2线接口。端口A是2线或4线接口，具体取决于ISOMD引脚的连接。

当端口A配置为4线接口时，端口A始终是从机端口，而端口B是主机端口。通信始终是在菊花链配置中第一个器件的端口A上启动。菊花链中最后一个器件不使用端口B，必须将其端接到 R_M 。图79显示了微处理器和ADBMS1818位于同一PCB上时可能的最简单端口连接。在图79中，电容用于耦合ADBMS1818之间的信号。

当端口A配置为2线接口时，通信可以在端口A或端口B上启动。如果在端口A上启动通信，则ADBMS1818将端口A配置为从机，将端口B配置为主机。同样，如果在端口B上启动通信，则ADBMS1818将端口B配置为从机，将端口A配置为主机。有关可反向isoSPI的详细说明，参见可反向isoSPI部分。

图80是多个相同PCB稳健互连的例子，每个PCB都包含一个配置为菊花链操作的ADBMS1818。微处理器位于单独的PCB上。为实现微处理器和首个ADBMS1818之间的2线隔离，使用了LTC6820数据转换IC。LTC6820在功能上等效于图78中的图形。在此例中，通信在端口A上启动。因此，ADBMS1818将端口A配置为从机，将端口B配置为主机。

工作原理

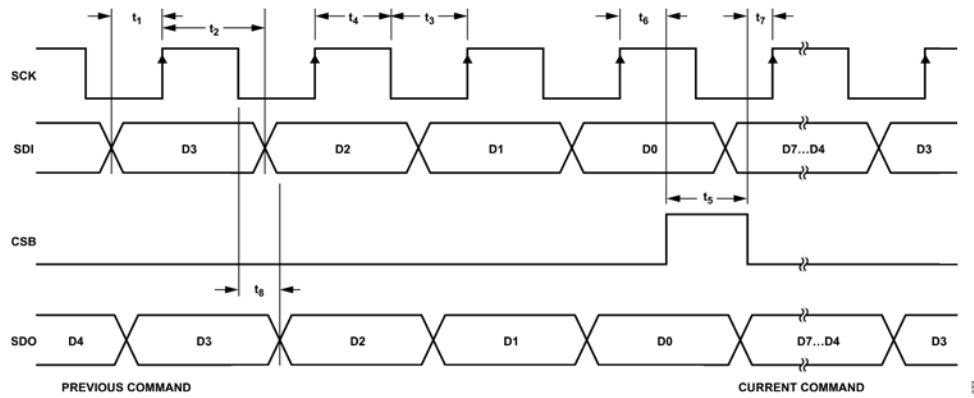


图77. 4线式串行外设接口的时序图

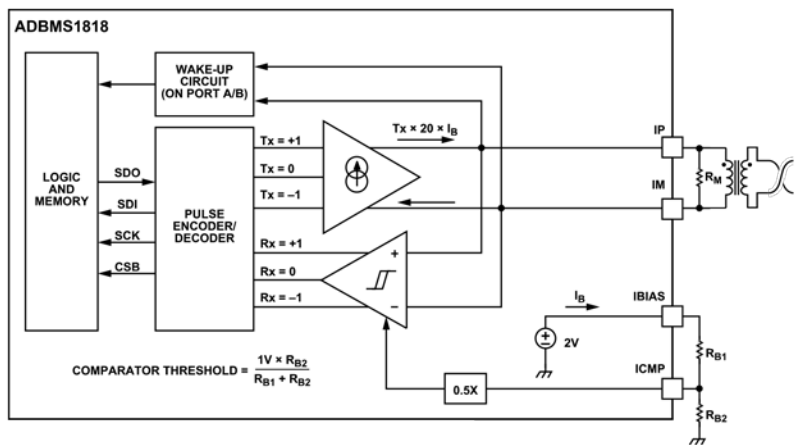


图78. isoSPI接口

工作原理

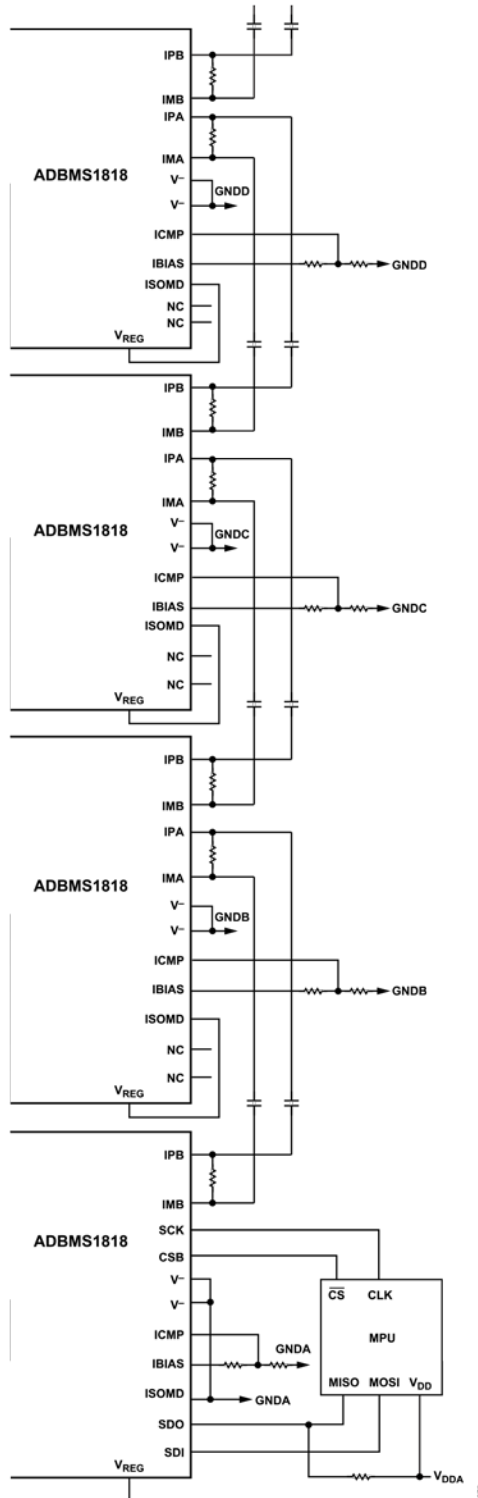


图79. 容性耦合菊花链配置

工作原理

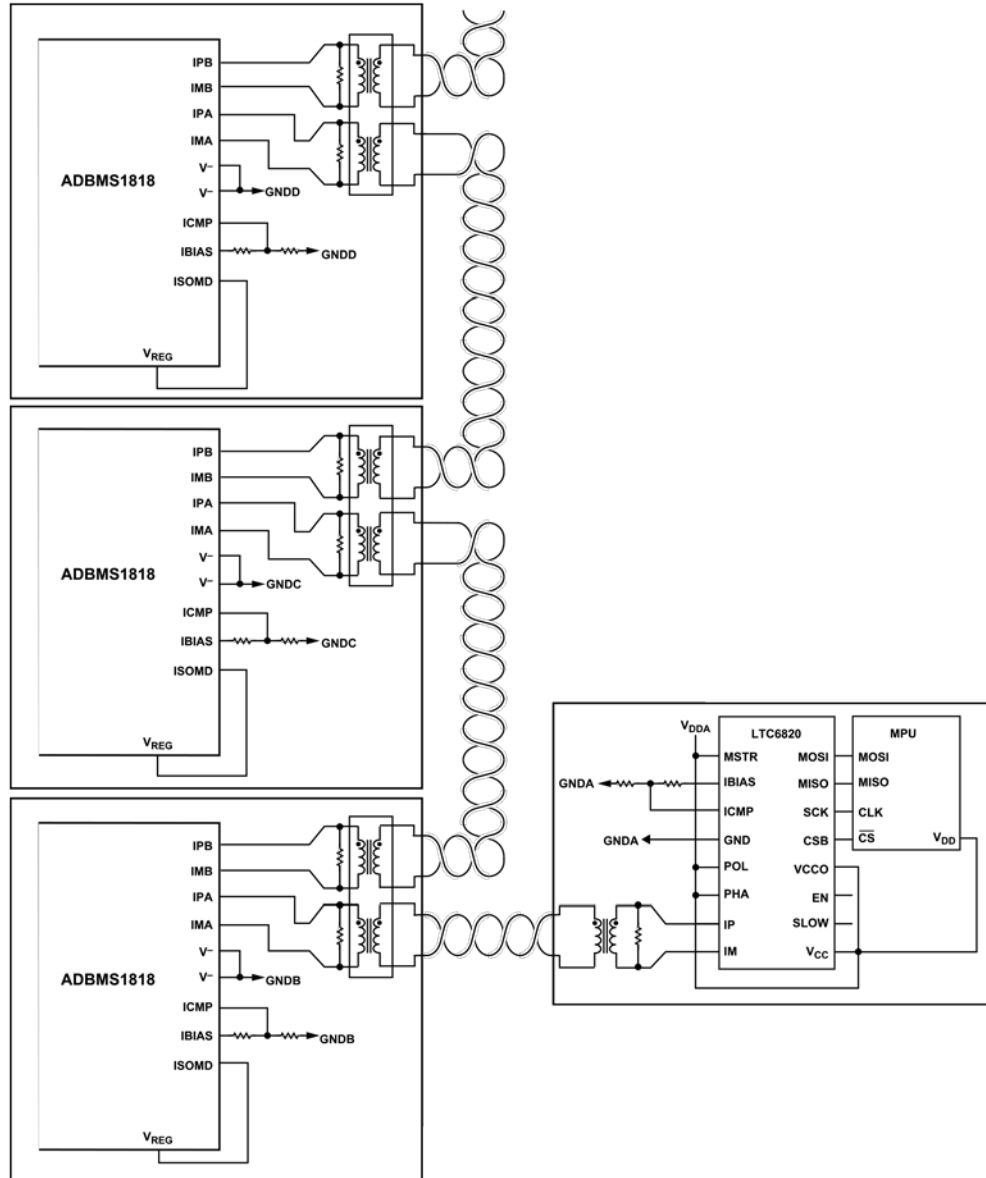


图80. 变压器隔离菊花链配置

工作原理

使用单个ADBMS1818

当只需要一个ADBMS1818时，如果正确偏置并端接第二个isoSPI端口（端口B），则ADBMS1818可用作单个（非菊花链式）器件，如图81和图82所示。ICMP

不能与GND相连，但可以直接连接到IBIAS。IBIAS需要一个偏置电阻（2 kΩ至20 kΩ）。请勿将IBIAS直接绑定到V_{REG}或V⁻。最后，必须将IPB和IMB端接到一个100Ω电阻（不连接到V_{REG}或V⁻）。

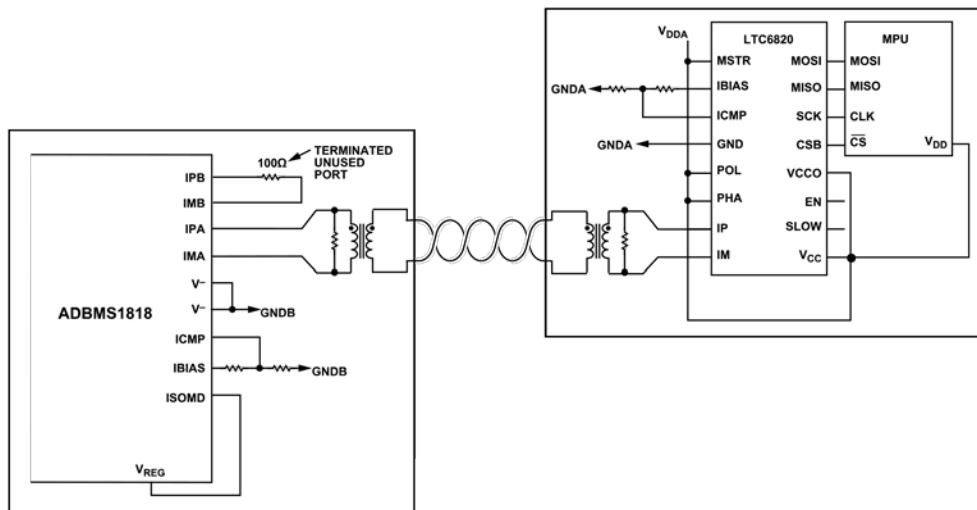


图81. 使用2线端口A的单个器件

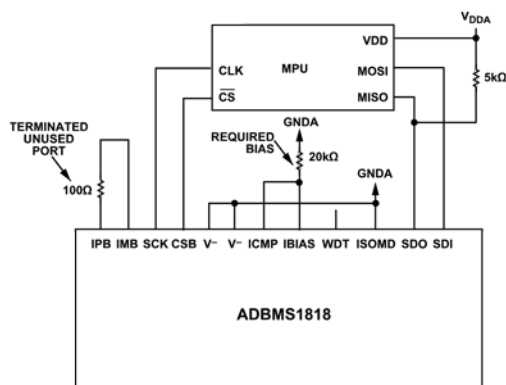


图82. 使用4线端口A的单个器件

工作原理

选择偏置电阻

可调的isoSPI信号幅值允许系统通过牺牲功耗指标来换取通信鲁棒性的提高，而可调节的比较器门限则使系统能够对信号损失实施补偿。

isoSPI发送器驱动电流和比较器电压阈值由IBIAS和V⁻之间的电阻分压器(R_{BIAS} = R_{B1} + R_{B2})设置。分压后的电压连接到ICMP引脚，比较器阈值设置为此引脚电压(V_{ICMP})的一半。当使能任一isoSPI (非IDLE) 时，IBIAS保持在2 V，使得I_B从IBIAS引脚流出。IPx和IMx引脚驱动电流为20 × I_B。

例如，若分压电阻R_{B1}为2.8 kΩ，电阻R_{B2}为1.21 kΩ (因此R_{BIAS} = 4 kΩ)，则

$$I_B = \frac{2 \text{ V}}{R_{B1} + R_{B2}} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_{DRV} = I_{IPx} = I_{IMx} = 20 \times I_B = 10 \text{ mA}$$

$$V_{ICMP} = 2 \text{ V} \times \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = I_B \times R_{B2} = 603 \text{ mV}$$

$$V_{TCMP} = 0.5 \times V_{ICMP} = 302 \text{ mV}$$

在此例中，脉冲驱动电流I_{DRV}为10 mA，接收器比较器检测IPx至IMx幅度大于±302 mV的脉冲。

如果隔离势垒采样双绞线连接且每端均端接120Ω电阻的1:1变压器，则传输的差模信号幅度(±)为：

$$V_A = I_{DRV} \times \frac{R_M}{2} = 0.6 \text{ V}$$

(此计算结果忽略了可能减小幅值的变压器和电缆的损耗。)

isoSPI脉冲详细信息

两个ADBMS1818器件可以通过隔离势垒来回发送和接收差分脉冲进行通信。发送器可以输出三个电压电平：+V_A、0 V 和 -V_A。通过负载电阻R_M的IPx输出电流和IMx吸收电流产生正输出。IPx输出电流和IMx输出电流产生负电压。当两路输出均关闭时，负载电阻强制差分输出为0 V。

为了消除直流信号成分并增强可靠性，isoSPI使用两种不同脉冲长度。这样可传输四类脉冲，如表40所示。+1脉冲是一个正脉冲在前，之后是一个负脉冲的脉冲对。-1脉冲是一个负脉冲在前，之后是一个正脉冲的脉冲对。每个脉冲的持续时间定义为t_{1/2PW}，因为每个脉冲是所需对称对的一半。(总isoSPI脉冲持续时间为2×t_{1/2PW})。

表40. isoSPI脉冲类型

| 脉冲类型 | 第一电平 (t _{1/2PW}) | 第二电平 (t _{1/2PW}) | 结束电平 |
|------|-------------------------------|-------------------------------|------|
| 长+1 | +V _A (150 ns) | -V _A (150 ns) | 0 V |
| 长-1 | -V _A (150 ns) | +V _A (150 ns) | 0 V |
| 短+1 | +V _A (50 ns) | -V _A (50 ns) | 0 V |
| 短-1 | -V _A (50 ns) | +V _A (50 ns) | 0 V |

接收器设计为检测每种isoSPI脉冲类型。为了正确检测，传入的isoSPI脉冲 (CSB或数据) 必须满足以下要求：

- ▶ 传入脉冲的t_{1/2PW} > 接收器的 t_{FILT}，并且
- ▶ 传入脉冲的t_{INV} < 接收器的 t_{WNDW}

第一个条件的最差情况裕量 (裕量1) 为传入脉冲的最小t_{1/2PW}与接收器的最大t_{FILT}之差。同样，第二个条件的最差情况裕量 (裕量2) 为接收器的最小t_{WNDW}与传入脉冲的最大t_{INV}之差。这些时序关系如图83所示。

主机MCU不必生成isoSPI脉冲即可使用该2线接口。系统中的第一个ADBMS1818可以使用其端口A上的4线SPI与MCU通信，然后通过其端口B上的2线isoSPI以菊花链方式连接到其他ADBMS1818。或者，可以使用LTC6820将SPI信号转换为isoSPI脉冲。

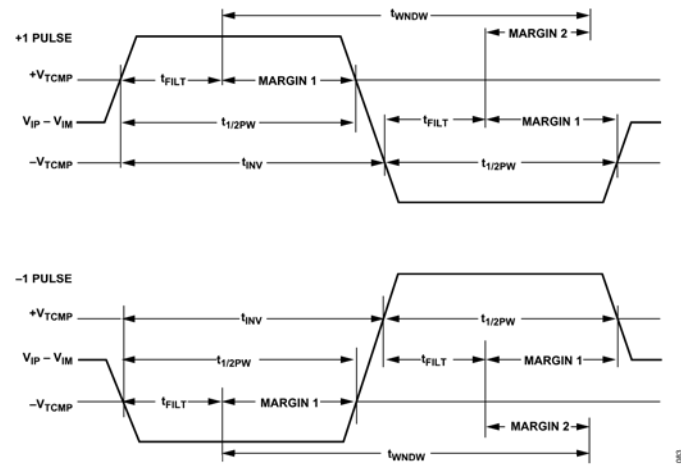


图83. isoSPI脉冲详细信息

配置为SPI的端口A的操作

当ADBMS1818以端口A为SPI (ISOMD = V⁻)来运行时，SPI会检测以下四个通信事件之一：CSB下降，CSB上升，SCK上升 (SDI = 0)，SCK上升 (SDI = 1)。每个事件均转换为四种脉冲类型之一，以便通过菊花链传输。长脉冲用于传输CSB变化，短脉冲用于传输数据，如表41所示。

工作原理

表41. 端口B (主机) isoSPI端口功能

| 通信事件 (端口A SPI) | 发送的脉冲 (端口B isoSPI) |
|-----------------|--------------------|
| CSB上升 | 长+1 |
| CSB下降 | 长-1 |
| SCK上升沿, SDI = 1 | 短+1 |
| SCK上升沿, SDI = 0 | 短-1 |

配置为isoSPI的端口A的操作

在隔离势垒的另一侧 (即电缆的另一端), 第二个ADBMS1818的ISOMD = V_{REG} , 因此其端口A配置为isoSPI。从机isoSPI端口 (端口A或端口B) 接收每个发送的脉冲, 并在内部重建SPI信号, 如表42所示。另外, 在读命令期间, 此端口可以发送返回数据脉冲。

表42. 端口A (从机) isoSPI端口功能

| 接收的脉冲 (端口A isoSPI) | 内部SPI端口动作 | 返回脉冲 |
|--------------------|---------------------------|---------------|
| 长+1 | 驱动CSB为高电平 | 无 |
| 长-1 | 驱动CSB为低电平 | 无 |
| 短+1 | 1. 设置 SDI = 1 2. 脉冲SCK | 短-1脉冲, 如果读到0位 |

表42. 端口A (从机) isoSPI端口功能

| 接收的脉冲 (端口A isoSPI) | 内部SPI端口动作 | 返回脉冲 |
|--------------------|--------------------------|-------------------------|
| 短-1 | 1. 设置SDI = 0 2. 脉冲SCK | (如果不处于读模式或读到1位, 则无返回脉冲) |

从器件isoSPI端口从不发送长(CSB)脉冲。而且, 从机isoSPI端口仅发送-1短脉冲, 而不发送+1脉冲。主机端口将空响应识别为逻辑1。

可反向的isoSPI

当ADBMS1818以端口A配置为isoSPI的方式操作时, 通信可以从端口A或端口B启动。也就是说, 根据通信方向, ADBMS1818的端口A和端口B均可以配置为从机或主机。可反向的isoSPI特性允许在菊花链器件堆叠中从两个方向进行通信。原理图示例参见图84。图85显示了可反向isoSPI的操作。

工作原理

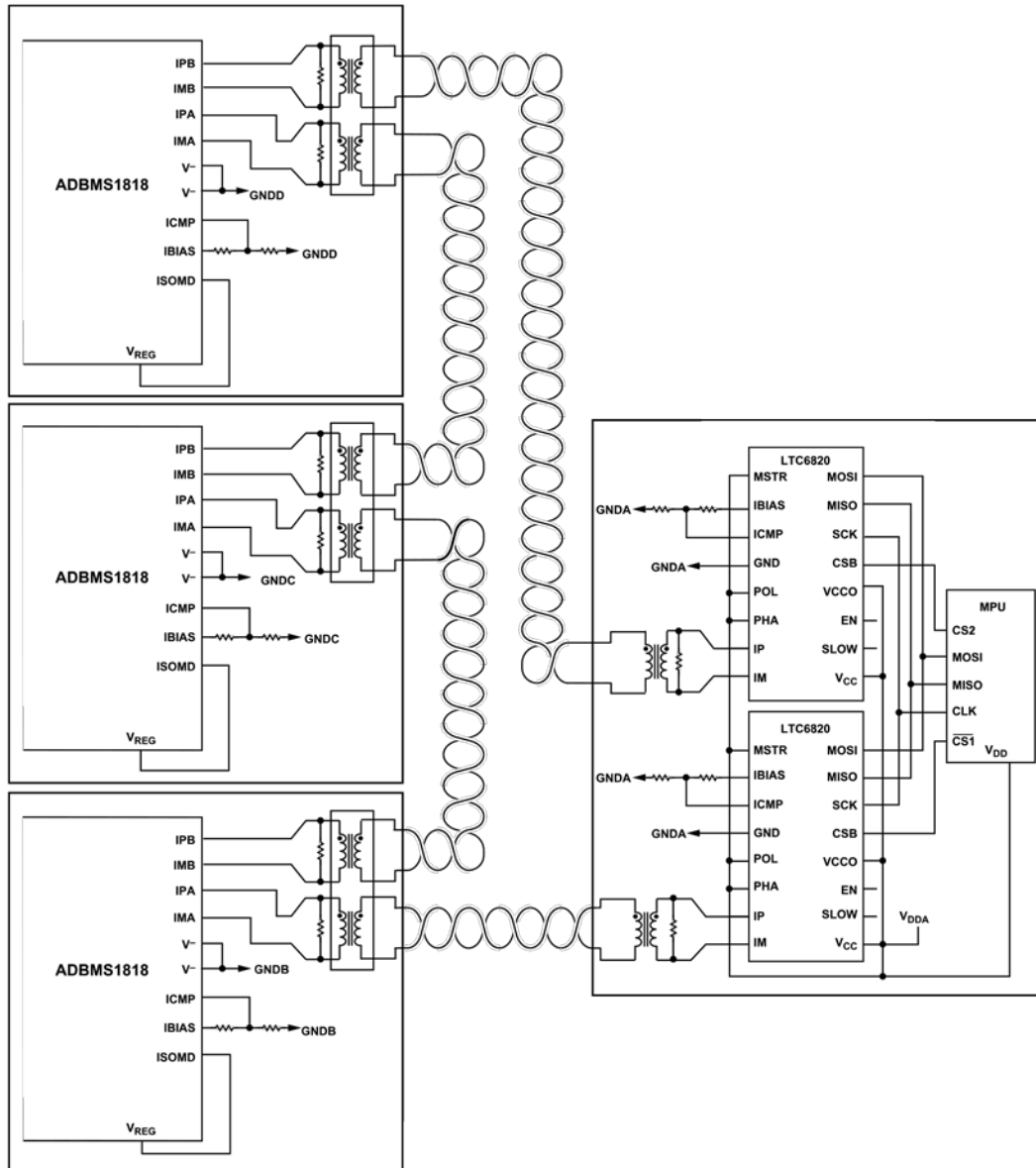


图84. 可反向isoSPI菊花链

工作原理

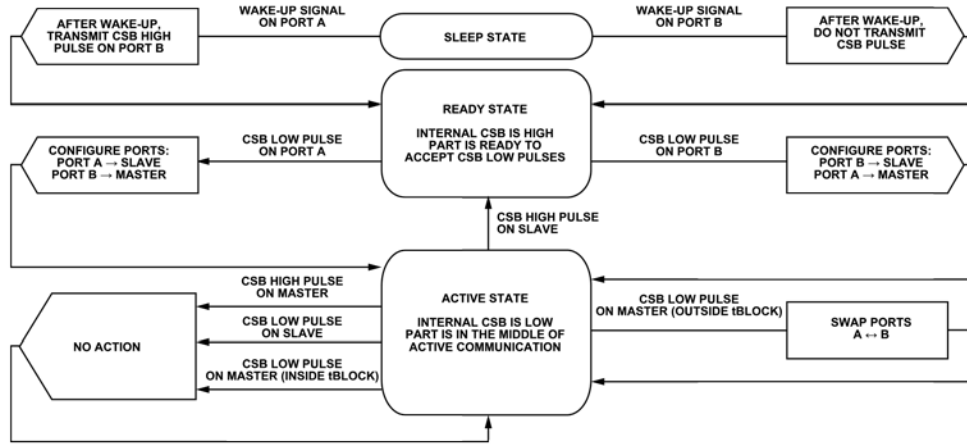


图85. 可反向isoSPI状态图

当ADBMS1818处于SLEEP状态时，器件会响应端口A或端口B上的有效唤醒信号，ISOMD引脚的任何一种配置都是如此。

如果在端口A上发送唤醒信号，则在isoSPI上电后，ADBMS1818在端口B上发送一个长+1 isoSPI脉冲（CSB上升）。如果在端口B上发送唤醒信号，则ADBMS1818会让isoSPI上电，但不会在端口A上发送长+1 isoSPI脉冲。

当ADBMS1818处于READY状态时，可以通过在端口A或端口B上发送长-1 isoSPI脉冲（CSB下降）来启动通信。ADBMS1818自动将接收长-1 isoSPI脉冲的端口配置为从机，另一个端口配置为主机。isoSPI脉冲通过主端口传输到菊花链中的其余器件。

在ACTIVE状态下，ADBMS1818处于通信中，内部SPI端口的CSB为低电平。通信结束时，从端口上的长+1脉冲（CSB上升）使器件返回READY状态。尽管不是正常通信程序的一部分，但ADBMS1818允许在ACTIVE状态内交换端口A和端口B。此特性可供主控制器用来收回对ADBMS1818从端口的控制，无论端口当前处于何种状态。在器件发送最后一个isoSPI信号后，经过 t_{BLOCK} 的时间延迟，在主端口上发送一个

长-1 isoSPI脉冲，即可完成此操作。器件会拒绝在 t_{BLOCK} 内发送到主端口的任何长isoSPI脉冲。这样可确保ADBMS1818不会因为端接不良电缆（电缆长度<100 m）的信号反射而切换端口。

时序图

图86显示了对菊花链式ADBMS1818器件执行读命令的isoSPI时序图。ISOMD引脚连接到底部器件的 V^- ，因此其端口A配置为SPI端口（CSB、SCK、SDI和SDO）。图中显示了三个堆叠器件的isoSPI信号，并且标示了端口（端口A或端口B）和产品序号。请注意，ISO B1和ISO A2实际上是同一信号，但在连接器件1和器件2的传输电缆的每一端都显示了该信号。同样，ISO B2和ISO A3是同一信号，但电缆延迟显示在器件2和器件3之间。

位 W_N 至位 W_0 指读命令的16位命令代码和16位PEC。在位 W_0 的末尾，这三个器件解码读命令并开始移出数据；数据在时钟SCK的下一个上升沿有效。位 X_N 至位 X_0 指器件1移出的数据，位 Y_N 至位 Y_0 指器件2移出的数据，位 Z_N 至位 Z_0 指器件3移出的数据。所有数据都以菊花链方式从器件1的SDO端口回读。

工作原理

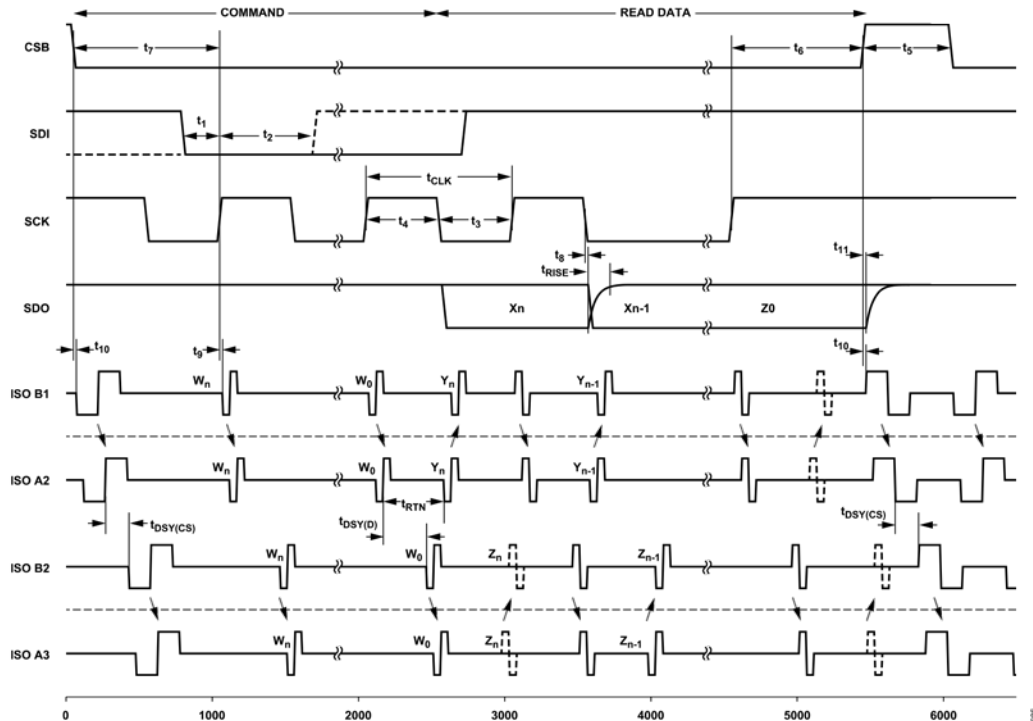


图86. isoSPI时序图

唤醒串行接口

如果在 t_{IDLE} 时间内端口A或端口B上没有任何活动, 则串行端口 (SPI或isoSPI) 进入低功耗IDLE状态。唤醒电路监视引脚61到引脚64上的活动。如果ISOMD = V⁻, 则端口A处于SPI模式。CSB引脚或SCK引脚上的活动会唤醒SPI。如果ISOMD = V_{REG}, 则端口A处于isoSPI模式。IPA到IMA (或IPB到IMB) 的差分活动会唤醒isoSPI。当isoSPI状态在 t_{WAKE} 或 t_{READY} 内变为READY时 (取决于内核状态), ADBMS1818即准备好进行通信 (详情参见图53和SLEEP状态、STANDBY状态、REFUP状态、MEASURE状态部分)。

图87显示了时序和功能等效电路 (仅显示端口A)。共模信号不会唤醒串行接口。该接口设计为在接收到大信号单端脉冲或低幅度对称脉冲后唤醒。差分信号(SCK(IPA) - CSB(IMA))必须至少为 $V_{WAKE} = 200$ mV, 且持续时间至少为 $t_{DWELL} = 240$ ns, 才能成为使串行接口上电的唤醒信号。

唤醒菊花链—方法1

ADBMS1818准备好进行通信后, 会在端口B上发送一个长+1脉冲。在菊花链配置中, 此脉冲唤醒堆叠中

的下一个器件, 进而唤醒下一个器件。如果堆叠中有N个器件, 则所有器件将在此时间内上电:

$N \times t_{WAKE}$ 或 $N \times t_{READY}$, 具体取决于内核状态。对于较大堆叠, 时间 $N \times t_{WAKE}$ 可能等于或大于 t_{IDLE} 。在这种情况下, 等待时间超过 $N \times t_{WAKE}$ 的时间之后, 主机可以再发送一个虚拟字节并等待 $N \times t_{READY}$ 的时间, 以确保所有器件都处于READY状态。

当菊花链上的所有器件都处于IDLE状态时, 可以使用方法1, 确保器件沿着菊花链传播唤醒信号。但是, 当链中间的器件处于READY状态而不是IDLE状态时, 此方法将无法唤醒所有器件。发生这种情况时, 处于READY状态的器件不会传播唤醒脉冲, 因此位于其上方的器件将保持IDLE状态。当仅经过 t_{IDLE} 的IDLE时间便尝试唤醒菊花链时, 可能会出现这种情况 (有些器件可能处于IDLE状态, 而有些器件可能不处于IDLE状态)。

工作原理

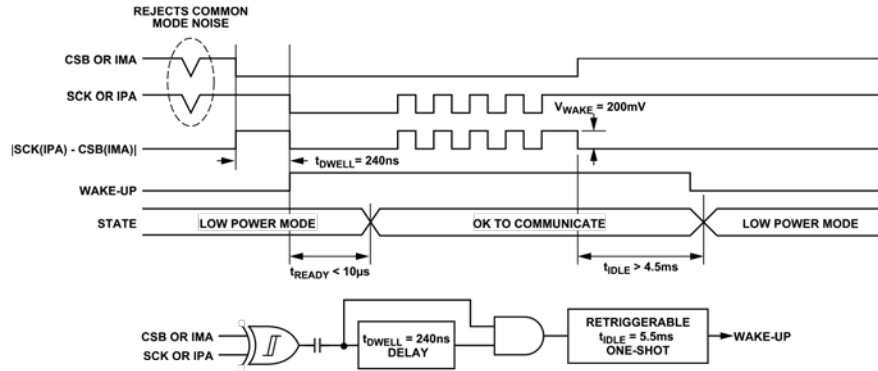


图87. 唤醒检测和空闲定时器

唤醒菊花链—方法2

这是一种更强大的唤醒方法，不依赖于内置的唤醒脉冲，而是手动多次发送isoSPI信号以唤醒整个菊花链。每个器件至少需要一对长的isoSPI脉冲（-1和+1），间隔大于 t_{READY} 或 t_{WAKE} （如果内核状态分别为STANDBY模式或SLEEP模式），但小于 t_{IDLE} 。这样，每个器件都会唤醒并将下一个脉冲传播到下一个器件。即使链中的某些器件未处于IDLE状态，此方法也有效。在实践中，实施方法2要求变换（LTC6820的或ISOMD = 0的底部ADBMS1818的）CSB引脚以生成isoSPI脉冲。或者，可以执行伪命令（例如RDCFGA）来生成isoSPI脉冲。

数据链路层

ADBMS1818 上的所有数据传输均以字节组进行。每个字节由8位组成。字节以MSB在前方式传输。CSB在命令序列的持续时间内（包括在命令字节和后续数据之间）必须保持低电平。对于写命令，数据在CSB的上升沿锁存。

网络层

数据包错误码

PEC是一个15位循环冗余校验(CRC)值，针对一组寄存器中的所有位按传送顺序计算，使用的初始PEC值为000000000010000，特征多项式为： $x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$ 。

为了计算15位PEC值，可以建立一个简单的过程：

1. 将PEC初始化为000000000010000（PEC是15-位寄存器组）。
2. 对于进入PEC寄存器组的每一位DIN，设置：
 - ▶ IN0 = DIN XOR PEC位14
 - ▶ IN3 = IN0 XOR PEC位2
 - ▶ IN4 = IN0 XOR PEC位3

- ▶ IN7 = IN0 XOR PEC位6
- ▶ IN8 = IN0 XOR PEC位7
- ▶ IN10 = IN0 XOR PEC位9
- ▶ IN14 = IN0 XOR PEC位13

3. 更新15位PEC，如下所示：

- ▶ PEC位14 = IN14
- ▶ PEC位13 = PEC位12
- ▶ PEC位12 = PEC位11
- ▶ PEC位11 = PEC位10
- ▶ PEC位10 = IN10
- ▶ PEC位9 = PEC位8
- ▶ PEC位8 = IN8
- ▶ PEC位7 = IN7
- ▶ PEC位6 = PEC位5
- ▶ PEC位5 = PEC位4
- ▶ PEC位4 = IN4
- ▶ PEC位3 = IN3
- ▶ PEC位2 = PEC位1
- ▶ PEC位1 = PEC位0
- ▶ PEC位0 = IN0

4. 返回第2步，直到所有数据移位完毕。最终的PEC（16位）是PEC寄存器中的15位值，其LSB后面附加一个0位。

图88显示了15位PEC算法。表43列出了一个计算16位字(0x0001)的PEC的例子。LSB填充0位后，0x0001的PEC计算结果为0x3D6E。对于更长的数据流，发送到PEC寄存器的数据的最后一位结束时，PEC有效。

ADBMS1818为收到的任何命令或数据计算PEC，并将其与该命令或数据之后的PEC进行比较。只有PEC匹配，命令或数据才被视为有效。移出数据时，ADBMS1818也会将计算出的PEC附加到数据末尾。表44显示了写入或读取ADBMS1818时PEC的格式。

工作原理

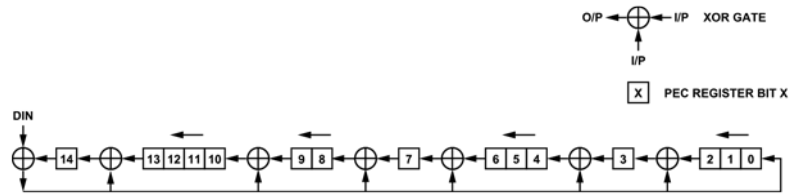


图88. 15位PEC计算电路

表43. 0x0001的PEC计算

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| PEC位14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| PEC位13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| PEC位12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| PEC位11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| PEC位10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| PEC位9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| PEC位8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| PEC位7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| PEC位6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| PEC位5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| PEC位4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| PEC位3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| PEC位2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| PEC位1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| PEC位0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| IN14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| IN10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| IN8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| IN7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| IN4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| IN3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| IN0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| DIN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 时钟周期 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

PEC 字

表44. 写入/读取 PEC 格式

| 名称 | R/W | 位7 | 位6 | 位5 | 位4 | 位3 | 位2 | 位1 | 位0 |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| PEC0 | R/W | PEC位14 | PEC位13 | PEC位12 | PEC位11 | PEC位10 | PEC位9 | PEC位8 | PEC位7 |
| PEC1 | RW | PEC位6 | PEC位5 | PEC位4 | PEC位3 | PEC位2 | PEC位1 | PEC位0 | 0 |

工作原理

向ADBMS1818写入任何命令时，命令字节CMD0和CMD1（参见表47和表48）以及PEC字节PEC0和PEC1按以下顺序通过端口A发送：

CMD0、CMD1、PEC0、PEC1

对菊花链连接的ADBMS1818器件执行写命令后，数据发送到每个器件，然后发送PEC。例如，将配置寄存器组A写入两个菊花链连接的器件（主器件P、堆叠器件S）时，数据将按以下顺序通过端口A发送到主器件：

CFGAR0(S), ..., CFGAR5(S), PEC0(S), PEC1(S),
CFGAR0(P), ..., CFGAR5(P), PEC0(P), PEC1(P)

在对菊花链连接的器件执行读取命令之后，每个器件都会移出其数据以及其为端口A上的数据计算出的PEC，然后移出端口B上接收到的数据。例如，从两个菊花链连接的器件（主器件P、堆叠器件S）读取状态寄存器组B时，主器件将按以下顺序在端口A上发送数据：

STBR0(P), ..., STBR5(P), PEC0(P), PEC1(P),
STBR0(S), ..., STBR5(S), PEC0(S), PEC1(S)

有关命令格式，参见**总线协议**部分。

菊花链配置中的所有器件同时接收命令字节。例如，要在堆叠的器件中启动ADC转换，发送一个ADCV命令后，所有器件将同时启动转换。对于读和写命令，发送单个命令后，堆叠的器件即变成级联移位寄存器，数据通过每个器件移至堆叠中下一个较高位置（写操作）或下一个较低位置（读操作）的器件。参见**串行接口概述**部分。

轮询方法

确定ADC转换是否完成的最简单方法，是控制器启动ADC转换并等待规定的转换时间，然后读取结果。

如果使用以SPI模式通信的单个ADBMS1818（ISOMD引脚接低电平），则有两种轮询方法。第一种方法是在发送ADC转换命令后将CSB保持为低电平。发出转换命令后，当器件忙于执行转换时，SDO线被拉到低电平。当器件完成转换时，SDO被拉高。但是，即使器件尚未完成转换，当CSB变为高电平时，SDO也会变为高电平（参见图89）。这种方法的问题在于，在等待ADC转换完成期间，控制器无法自由执行其他串行通信。

第二种方法克服了此限制。控制器可以发送ADC启动命令，执行其他任务，然后发送轮询ADC转换器状态(PLADC)命令来确定ADC转换的状态（参见图90）。发出PLADC命令后，如果器件正忙于执行转换，则SDO变为低电平。转换结束时，SDO被拉高。但是，即使器件尚未完成转换，当CSB变为高电平时，SDO也会变为高电平。

如果使用以isoSPI模式通信的单个ADBMS1818，则低端端口只有在响应其收到主机isoSPI脉冲时才发送数据脉冲。因此，按照上述任意一种轮询方法发出命令后，isoSPI数据脉冲都将被发送至该器件以更新转换状态。只需为SCK引脚提供时钟，便可使用LTC6820发送这些脉冲。响应此脉冲，如果ADBMS1818仍在忙于执行转换，则发送回一个低电平isoSPI脉冲；如果已完成转换，则发送回一个高电平数据脉冲。如果将CSB高电平isoSPI脉冲发送到器件，则器件退出轮询命令。

在有N个堆叠器件的菊花链配置中，同样可以使用这两种轮询方法。如果底部器件以SPI模式进行通信，则底部器件的SDO会指示整个堆叠的转换状态。也就是说，SDO会保持低电平，直到堆叠中的所有器件都完成转换为止。在第一种轮询方法中，发送ADC转换命令后，通过SCK发送时钟脉冲，同时CSB保持低电平。SDO状态仅在SCK上的N个时钟脉冲结束时才有效。在前N个时钟脉冲期间，菊花链中底部ADBMS1818输出0或低电平数据脉冲。在N个时钟脉冲之后，对于随后的每个时钟脉冲，来自底部ADBMS1818的输出数据都会更新（参见图91）。在第二种方法中，发送PLADC命令后，通过SCK发送时钟脉冲，同时CSB保持低电平。与第一种方法类似，SDO状态仅在SCK上的N个时钟周期后才有效，并在随后的每个时钟周期之后更新（参见图92）。

如果底部器件以isoSPI模式通信，则将isoSPI数据脉冲发送到该器件以更新转换状态。采用LTC6820，只需为SCK引脚提供时钟即可实现此操作。转换状态仅在底部ADBMS1818器件接收到N个isoSPI数据脉冲之后有效，对于随后的每个isoSPI数据脉冲，状态都会更新。如果堆叠中有器件正忙于执行转换，该器件将返回低电平数据脉冲；如果所有器件都空闲，则返回高电平数据脉冲。

工作原理

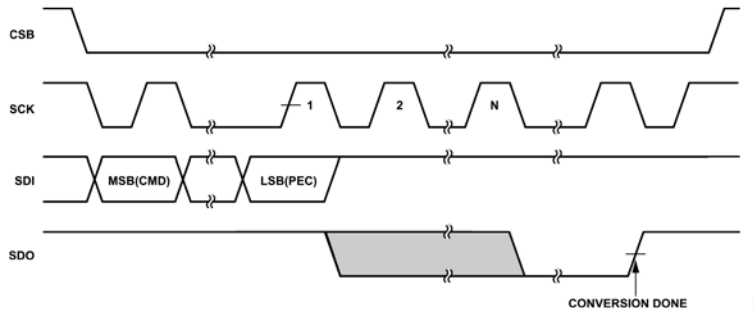


图89. ADC转换命令后的SDO轮询 (单个ADBMS1818)

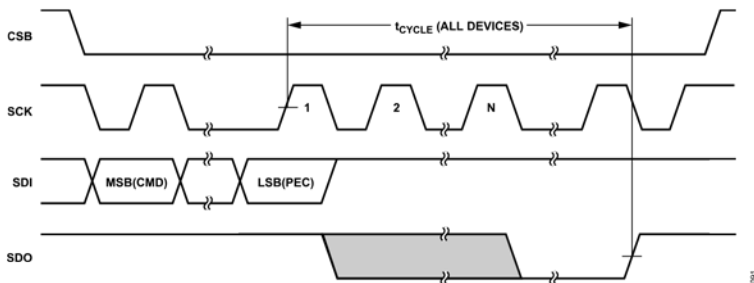


图90. 使用PLADC命令进行SDO轮询 (单个ADBMS1818)

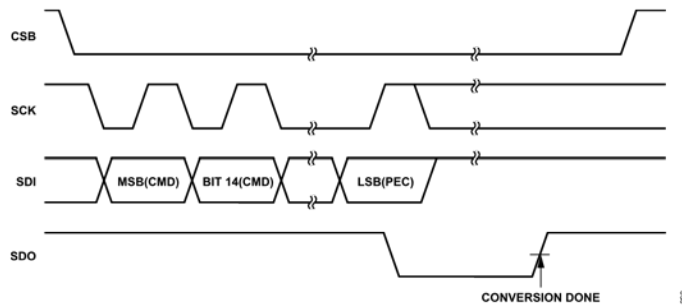


图91. ADC转换命令后的SDO轮询 (菊花链配置)

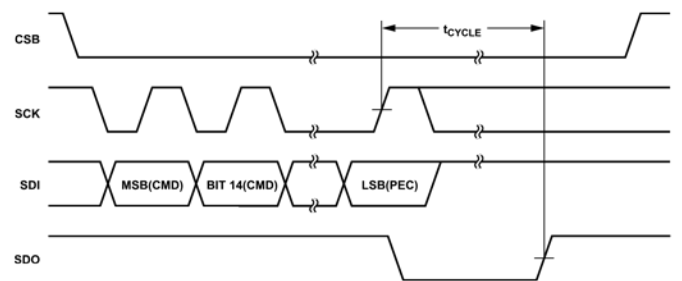


图92. 使用PLADC命令进行SDO轮询 (菊花链配置)

工作原理

总线协议

命令的协议格式参见表46、表47和表48。表45是阅读协议示意图的密钥。

表45. 协议密钥

| | |
|------|---------------|
| CMD0 | 命令字节0 (参见表49) |
| CMD1 | 命令字节1 (参见表49) |

表45. 协议密钥

| | |
|------|------------------------|
| PEC0 | PEC字节0 (参见表44) |
| PEC1 | PEC字节1 (参见表44) |
| n | 字节数 |
| ... | 协议延续 主机到从机 从机到主机 |

表46. 轮询命令

| | | | |
|------|------|------|------|
| 8 | 8 | 8 | 8 |
| CMD0 | CMD1 | PEC0 | PEC1 |
| 轮询数据 | | | |

表47. 写命令

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|-------|-----|-------|------|------|-------|-----|-------|
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| CMD0 | CMD1 | PEC0 | PEC1 | 数据字节低 | ... | 数据字节高 | PEC0 | PEC1 | 移位字节1 | ... | 移位字节n |

表48. 读命令

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|-------|-----|-------|------|------|-------|-----|-------|
| 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| CMD0 | CMD1 | PEC0 | PEC1 | 数据字节低 | ... | 数据字节高 | PEC0 | PEC1 | 移位字节1 | ... | 移位字节n |

命令格式: 命令格式如表49所示。CC位[10:0]是11位命令代码。所有命令代码的清单参见表50。所有命令的CMD0位7至CMD0位3的值都是0。PEC必须对整个16位命令 (CMD0和CMD1) 进行计算。

表49. 命令格式

| 名称 | R/W | 位7 | 位6 | 位5 | 位4 | 位3 | 位2 | 位1 | 位0 |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| CMD0 | W | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | CC, 位10 | CC, 位9 | CC, 位8 |
| CMD1 | W | CC, 位7 | CC, 位6 | CC, 位5 | CC, 位4 | CC, 位3 | CC, 位2 | CC, 位1 | CC, 位0 |

命令

表50列出了所有命令及其选项。

表50. 命令代码

| 命令说明 | 名称 | CC, 位[10:0] - 命令代码 | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 写配置寄存器组A | WRCFGA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 写配置寄存器组B | WRFCGB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 读取配置寄存器组A | RDCFGA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 读取配置寄存器组B | RDCFGB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 读取电池电压寄存器组A | RDCVA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 读取电池电压寄存器组B | RDCVB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 读取电池电压寄存器组C | RDCVC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 读取电池电压寄存器组D | RDCVD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 读取电池电压寄存器组E | RDCVE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 读取电池电压寄存器组F | RDCVF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 读取辅助寄存器组A | RDAUXA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 读取辅助寄存器组B | RDAUXB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 读取辅助寄存器组C | RDAUXC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 读取辅助寄存器组D | RDAUXD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

工作原理

表50. 命令代码

| 命令说明 | 名称 | CC, 位[10:0] – 命令代码 | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|--------------------|---|--------|--------|--------|--------|-----|---|---------|---------|----------|
| | | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 读取状态寄存器组A | RDSTATA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 读取状态寄存器组B | RDSTATB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 写S控制寄存器组 | WRSCTRL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 写PWM寄存器组 | WRPWM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 写PWM/S控制寄存器组B | WRPSB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 读取S控制寄存器组 | RDSCTRL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 读取PWM寄存器组 | RDPWM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 读取PWM/S控制寄存器组B | RDPSB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 启动S控制脉冲和轮询状态 | STSCTRL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 清除S控制寄存器组 | CLRCTRL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 启动电池电压ADC转换和轮询状态 | ADCV | 0 | 1 | MD, 位1 | MD, 位0 | 1 | 1 | DCP | 0 | CH, 位2 | CH, 位1 | CH, 位0 |
| 启动导线开路ADC转换和轮询状态 | ADOW | 0 | 1 | MD, 位1 | MD, 位0 | PUP | 1 | DCP | 1 | CH, 位2 | CH, 位1 | CH, 位0 |
| 启动自测电池电压转换和轮询状态 | CVST | 0 | 1 | MD, 位1 | MD, 位0 | ST, 位1 | ST, 位0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 启动对电池7和电池13电压的重叠测量 | ADOL | 0 | 1 | MD, 位1 | MD, 位0 | 0 | 0 | DCP | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 启动GPIO ADC转换和轮询状态 | ADAX | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | 1 | 1 | 0 | 0 | CHG, 位2 | CHG, 位1 | CHG, 位0 |
| 启动具有数字冗余的GPIO ADC转换和轮询状态 | ADAXD | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | 0 | 0 | 0 | 0 | CHG, 位2 | CHG, 位1 | CHG, 位0 |
| 启动GPIO开路ADC转换和轮询状态 | AXOW | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | PUP | 0 | 1 | 0 | CHG, 位2 | CHG, 位1 | CHG, 位0 |
| 启动自测GPIO转换和轮询状态 | AXST | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | ST, 位1 | ST, 位0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 启动状态组ADC转换和轮询状态 | ADSTAT | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | 1 | 1 | 0 | 1 | CHG, 位2 | CHG, 位1 | CHST, 位0 |
| 启动具有数字冗余的状态组ADC转换和轮询状态 | ADSTATD | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | 0 | 0 | 0 | 1 | CHG, 位2 | CHG, 位1 | CHST, 位0 |
| 启动自测状态组转换和轮询状态 | STATST | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | ST, 位1 | ST, 位0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 启动电池电压与GPIO1、GPIO2转换和轮询状态 | ADCVAX | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | 1 | 1 | DCP | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 启动电池电压与SC转换和轮询状态 | ADCVSC | 1 | 0 | MD, 位1 | MD, 位0 | 1 | 1 | DCP | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 清除电池电压寄存器组 | CLRCELL | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 清除辅助寄存器组 | CLRAUX | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 清除状态寄存器组 | CLRSTAT | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 轮询ADC转换状态 | PLADC | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 诊断MUX和轮询状态 | DIAGN | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 写COMM寄存器组 | WRCOMM | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 读取COMM寄存器组 | RDCOMM | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 启动I2C/SPI通讯 | STCOMM | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 放电静音 | Mute | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 放电取消静音 | Unmute | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

工作原理

表51. 命令位说明

| 名称 | 说明 | 值 | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------------------------------|--|--------|---------------|--------|---------|-----------------------|--------|---------|---------|--|--|--|
| MD, 位[1:0] | ADC模式 | MD | ADCOPT (CFGAR0位0) = 0 | | | | | ADCOPT (CFGAR0位0) = 1 | | | | | | |
| | | 00 | 422 Hz模式 | | | | | 1 kHz模式 | | | | | | |
| | | 01 | 27 kHz模式 (快速) | | | | | 14 kHz模式 | | | | | | |
| | | 10 | 7 kHz模式 (标准) | | | | | 3 kHz模式 | | | | | | |
| | | 11 | 26 Hz模式 (滤波) | | | | | 2 kHz模式 | | | | | | |
| DCP | 允许放电 | DCP | | | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 不允许放电 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 允许放电 | | | | | | | | | | | | | |
| | 8种ADC模式的总转换时间 | | | | | | | | | | | | | |
| CH位[2:0] | ADC转换的 电池选择 | CH | 27 kHz | 14 kHz | 7 kHz | 3 kHz | 2 kHz | 1 kHz | 422 Hz | 26 Hz | | | | |
| | | 000 | 所有电池 | 1.1 ms | 1.3 ms | 2.3 ms | 3.0 ms | 4.4 ms | 7.2 ms | 12.8 ms | 201 ms | | | |
| | | 001 | 电池1、7、13 | 203 μs | 232 μs | 407 μs | 523 μs | 756 μs | 1.2 ms | 2.2 ms | 34 ms | | | |
| | | 010 | 电池2、8、14 | 203 μs | 232 μs | 407 μs | 523 μs | 756 μs | 1.2 ms | 2.2 ms | 34 ms | | | |
| | | 011 | 电池3、9、15 | 203 μs | 232 μs | 407 μs | 523 μs | 756 μs | 1.2 ms | 2.2 ms | 34 ms | | | |
| | | 100 | 电池4、10、16 | 203 μs | 232 μs | 407 μs | 523 μs | 756 μs | 1.2 ms | 2.2 ms | 34 ms | | | |
| | | 101 | 电池5、11、17 | 203 μs | 232 μs | 407 μs | 523 μs | 756 μs | 1.2 ms | 2.2 ms | 34 ms | | | |
| | | 110 | 电池6、12、18 | 203 μs | 232 μs | 407 μs | 523 μs | 756 μs | 1.2 ms | 2.2 ms | 34 ms | | | |
| | | PUP | 开路转换的 上拉/下拉 电流 | 0 | PUP | | | | | | | | | |
| | | | | 1 | PUP | | | | | | | | | |
| ST, 位[1:0] | 自测模式选择 | ST | 自测转换结果 | | | | | | | | | | | |
| | | 01 | 自测1 | 27 kHz | 14 kHz | 7 kHz | 3 kHz | 2 kHz | 1 kHz | 422 Hz | 26 Hz | | | |
| | | 0x9565 | 0x9553 | 0x9555 | 0x9555 | 0x9555 | 0x9555 | 0x9555 | 0x9555 | 0x9555 | 0x9555 | | | |
| | | 10 | 自测2 | 27 kHz | 14 kHz | 7 kHz | 3 kHz | 2 kHz | 1 kHz | 422 Hz | 26 Hz | | | |
| 0x6A9A | 0x6AAC | 0x6AAA | 0x6AAA | 0x6AAA | 0x6AAA | 0x6AAA | 0x6AAA | 0x6AAA | 0x6AAA | | | | | |
| CHG位[2:0] | ADC转换的 GPIO选择 | CHG | 8种ADC模式的总转换时间 | | | | | | | | | | | |
| | | 000 | GPIO1至GPIO5, 第二 基准电压, GPIO6至 GPIO9 | 27 kHz | 14 kHz | 7 kHz | 3 kHz | 2 kHz | 1 kHz | 422 Hz | 26 Hz | | | |
| | | 1.8 ms | 2.1 ms | 3.9 ms | 5.0ms | 7.4 ms | 12.0 ms | 21.3 ms | 335 ms | | | | | |
| | | 001 | GPIO1、GPIO6 | 380 μs | 439 μs | 788 μs | 1.0 ms | 1.5 ms | 2.4 ms | 4.3 ms | 67.1 ms | | | |
| | | 010 | GPIO2、GPIO7 | 380 μs | 439 μs | 788 μs | 1.0 ms | 1.5 ms | 2.4 ms | 4.3 ms | 67.1 ms | | | |
| | | 011 | GPIO3、GPIO8 | 380 μs | 439 μs | 788 μs | 1.0 ms | 1.5 ms | 2.4 ms | 4.3 ms | 67.1 ms | | | |
| | | 100 | GPIO4、GPIO9 | 380 μs | 439 μs | 788 μs | 1.0 ms | 1.5 ms | 2.4 ms | 4.3 ms | 67.1 ms | | | |
| | | 101 | GPIO5 | 200 μs | 229 μs | 403 μs | 520 μs | 753 μs | 1.2 ms | 2.1 ms | 34 ms | | | |
| | | 110 | 第二基准电压 | 200 μs | 229 μs | 403 μs | 520 μs | 753 μs | 1.2 ms | 2.1 ms | 34 ms | | | |
| | | CHST, 位 [2:0] ¹ | 状态组选择 | CHST | 8种ADC模式的总转换时间 | | | | | | | | | |
| 000 | SC、ITMP、VA、VD | | | 27 kHz | 14 kHz | 7 kHz | 3 kHz | 2 kHz | 1 kHz | 422 Hz | 26 Hz | | | |
| 742 μs | 858 μs | 1.6 ms | 2.0 ms | 3.0 ms | 4.8 ms | 8.5 ms | 134 ms | | | | | | | |

工作原理

表51. 命令位说明

| 名称 | 说明 | 值 | | | | | | | | | | |
|----|----|-----|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|--------|-------|--|
| | | 001 | SC | 200 μ s | 229 μ s | 403 μ s | 520 μ s | 753 μ s | 1.2 ms | 2.1 ms | 34 ms | |
| | | 010 | ITMP | 200 μ s | 229 μ s | 403 μ s | 520 μ s | 753 μ s | 1.2 ms | 2.1 ms | 34 ms | |
| | | 011 | VA | 200 μ s | 229 μ s | 403 μ s | 520 μ s | 753 μ s | 1.2 ms | 2.1 ms | 34 ms | |
| | | 100 | VD | 200 μ s | 229 μ s | 403 μ s | 520 μ s | 753 μ s | 1.2 ms | 2.1 ms | 34 ms | |

¹ 注：ADSTAT命令中CHST的有效选项为0到4。如果ADSTAT命令中的CHST设置为5/6，ADBMS1818将忽略该命令。

存储器映射

表52. 配置寄存器组A

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|--------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| CFGAR0 | R/W | GPIO5 | GPIO4 | GPIO3 | GPIO2 | GPIO1 | REFON | DTEN | ADCOPT |
| CFGAR1 | R/W | VUV[7] | VUV[6] | VUV[5] | VUV[4] | VUV[3] | VUV[2] | VUV[1] | VUV[0] |
| CFGAR2 | R/W | VOV[3] | VOV[2] | VOV[1] | VOV[0] | VUV[11] | VUV[10] | VUV[9] | VUV[8] |
| CFGAR3 | R/W | VOV[11] | VOV[10] | VOV[9] | VOV[8] | VOV[7] | VOV[6] | VOV[5] | VOV[4] |
| CFGAR4 | R/W | DCC8 | DCC7 | DCC6 | DCC5 | DCC4 | DCC3 | DCC2 | DCC1 |
| CFGAR5 | R/W | DCTO[3] | DCTO[2] | DCTO[1] | DCTO[0] | DCC12 | DCC11 | DCC10 | DCC9 |

表53. 配置寄存器组B

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|--------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CFGBR0 | R/W | DCC16 | DCC15 | DCC14 | DCC13 | GPIO9 | GPIO8 | GPIO7 | GPIO6 |
| CFGBR1 | R/W | MUTE | FDRF | PS[1] | PS[0] | DTMEN | DCC0 | DCC18 | DCC17 |
| CFGBR2 | R/W | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 |
| CFGBR3 | R/W | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 |
| CFGBR4 | R/W | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 |
| CFGBR5 | R/W | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 | RSVD0 |

表54. 电池电压寄存器组A

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| CVAR0 | R | C1V[7] | C1V[6] | C1V[5] | C1V[4] | C1V[3] | C1V[2] | C1V[1] | C1V[0] |
| CVAR1 | R | C1V[15] | C1V[14] | C1V[13] | C1V[12] | C1V[11] | C1V[10] | C1V[9] | C1V[8] |
| CVAR2 | R | C2V[7] | C2V[6] | C2V[5] | C2V[4] | C2V[3] | C2V[2] | C2V[1] | C2V[0] |
| CVAR3 | R | C2V[15] | C2V[14] | C2V[13] | C2V[12] | C2V[11] | C2V[10] | C2V[9] | C2V[8] |
| CVAR4 | R | C3V[7] | C3V[6] | C3V[5] | C3V[4] | C3V[3] | C3V[2] | C3V[1] | C3V[0] |
| CVAR5 | R | C3V[15] | C3V[14] | C3V[13] | C3V[12] | C3V[11] | C3V[10] | C3V[9] | C3V[8] |

表55. 电池电压寄存器组B

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| CVBR0 | R | C4V[7] | C4V[6] | C4V[5] | C4V[4] | C4V[3] | C4V[2] | C4V[1] | C4V[0] |
| CVBR1 | R | C4V[15] | C4V[14] | C4V[13] | C4V[12] | C4V[11] | C4V[10] | C4V[9] | C4V[8] |
| CVBR2 | R | C5V[7] | C5V[6] | C5V[5] | C5V[4] | C5V[3] | C5V[2] | C5V[1] | C5V[0] |
| CVBR3 | R | C5V[15] | C5V[14] | C5V[13] | C5V[12] | C5V[11] | C5V[10] | C5V[9] | C5V[8] |
| CVBR4 | R | C6V[7] | C6V[6] | C6V[5] | C6V[4] | C6V[3] | C6V[2] | C6V[1] | C6V[0] |
| CVBR5 | R | C6V[15] | C6V[14] | C6V[13] | C6V[12] | C6V[11] | C6V[10] | C6V[9] | C6V[8] |

表56. 电池电压寄存器组C

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|--------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| CVCR0 | R | C7V[7] | C7V[6] | C7V[5] | C7V[4] | C7V[3] | C7V[2] | C7V[1] | C7V[0] |
| CVCR1 | R | C7V[15] | C7V[14] | C7V[13] | C7V[12] | C7V[11] | C7V[10] | C7V[9] | C7V[8] |
| CVCR2 ¹ | R | C8V[7] ¹ | C8V[6] ¹ | C8V[5] ¹ | C8V[4] ¹ | C8V[3] ¹ | C8V[2] ¹ | C8V[1] ¹ | C8V[0] ¹ |
| CVCR3 ¹ | R | C8V[15] ¹ | C8V[14] ¹ | C8V[13] ¹ | C8V[12] ¹ | C8V[11] ¹ | C8V[10] ¹ | C8V[9] ¹ | C8V[8] ¹ |
| CVCR4 | R | C9V[7] | C9V[6] | C9V[5] | C9V[4] | C9V[3] | C9V[2] | C9V[1] | C9V[0] |
| CVCR5 | R | C9V[15] | C9V[14] | C9V[13] | C9V[12] | C9V[11] | C9V[10] | C9V[9] | C9V[8] |

¹ 执行 ADOL 命令后，电池电压寄存器组 C 的 CVCR2 和 CVCR3 包含从 ADC1 测量电池 7 的结果。

表57. 电池电压寄存器组D

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| CVDR0 | R | C10V[7] | C10V[6] | C10V[5] | C10V[4] | C10V[3] | C10V[2] | C10V[1] | C10V[0] |
| CVDR1 | R | C10V[15] | C10V[14] | C10V[13] | C10V[12] | C10V[11] | C10V[10] | C10V[9] | C10V[8] |

存储器映射

表 57. 电池电压寄存器组 D

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| CVDR2 | R | C11V[7] | C11V[6] | C11V[5] | C11V[4] | C11V[3] | C11V[2] | C11V[1] | C11V[0] |
| CVDR3 | R | C11V[15] | C11V[14] | C11V[13] | C11V[12] | C11V[11] | C11V[10] | C11V[9] | C11V[8] |
| CVDR4 | R | C12V[7] | C12V[6] | C12V[5] | C12V[4] | C12V[3] | C12V[2] | C12V[1] | C12V[0] |
| CVDR5 | R | C12V[15] | C12V[14] | C12V[13] | C12V[12] | C12V[11] | C12V[10] | C12V[9] | C12V[8] |

表 58. 电池电压寄存器组 E

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|--------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| CVER0 | R | C13V[7] | C13V[6] | C13V[5] | C13V[4] | C13V[3] | C13V[2] | C13V[1] | C13V[0] |
| CVER1 | R | C13V[15] | C13V[14] | C13V[13] | C13V[12] | C13V[11] | C13V[10] | C13V[9] | C13V[8] |
| CVER2 ¹ | R | C14V[7] ¹ | C14V[6] ¹ | C14V[5] ¹ | C14V[4] ¹ | C14V[3] ¹ | C14V[2] ¹ | C14V[1] ¹ | C14V[0] ¹ |
| CVER3 ¹ | R | C14V[15] ¹ | C14V[14] ¹ | C14V[13] ¹ | C14V[12] ¹ | C14V[11] ¹ | C14V[10] ¹ | C14V[9] ¹ | C14V[8] ¹ |
| CVER4 | R | C15V[7] | C15V[6] | C15V[5] | C15V[4] | C15V[3] | C15V[2] | C15V[1] | C15V[0] |
| CVER5 | R | C15V[15] | C15V[14] | C15V[13] | C15V[12] | C15V[11] | C15V[10] | C15V[9] | C15V[8] |

¹ 执行 ADOL 命令后, 电池电压寄存器组 E 的 CVER2 和 CVER3 包含从 ADC2 测量电池 13 的结果。

表 59. 电池电压寄存器组 F

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| CVFR0 | R | C16V[7] | C16V[6] | C16V[5] | C16V[4] | C16V[3] | C16V[2] | C16V[1] | C16V[0] |
| CVFR1 | R | C16V[15] | C16V[14] | C16V[13] | C16V[12] | C16V[11] | C16V[10] | C16V[9] | C16V[8] |
| CVFR2 | R | C17V[7] | C17V[6] | C17V[5] | C17V[4] | C17V[3] | C17V[2] | C17V[1] | C17V[0] |
| CVFR3 | R | C17V[15] | C17V[14] | C17V[13] | C17V[12] | C17V[11] | C17V[10] | C17V[9] | C17V[8] |
| CVFR4 | R | C18V[7] | C18V[6] | C18V[5] | C18V[4] | C18V[3] | C18V[2] | C18V[1] | C18V[0] |
| CVFR5 | R | C18V[15] | C18V[14] | C18V[13] | C18V[12] | C18V[11] | C18V[10] | C18V[9] | C18V[8] |

表 60. 辅助寄存器组 A

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| AVAR0 | R | G1V[7] | G1V[6] | G1V[5] | G1V[4] | G1V[3] | G1V[2] | G1V[1] | G1V[0] |
| AVAR1 | R | G1V[15] | G1V[14] | G1V[13] | G1V[12] | G1V[11] | G1V[10] | G1V[9] | G1V[8] |
| AVAR2 | R | G2V[7] | G2V[6] | G2V[5] | G2V[4] | G2V[3] | G2V[2] | G2V[1] | G2V[0] |
| AVAR3 | R | G2V[15] | G2V[14] | G2V[13] | G2V[12] | G2V[11] | G2V[10] | G2V[9] | G2V[8] |
| AVAR4 | R | G3V[7] | G3V[6] | G3V[5] | G3V[4] | G3V[3] | G3V[2] | G3V[1] | G3V[0] |
| AVAR5 | R | G3V[15] | G3V[14] | G3V[13] | G3V[12] | G3V[11] | G3V[10] | G3V[9] | G3V[8] |

表 61. 辅助寄存器组 B

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| AVBR0 | R | G4V[7] | G4V[6] | G4V[5] | G4V[4] | G4V[3] | G4V[2] | G4V[1] | G4V[0] |
| AVBR1 | R | G4V[15] | G4V[14] | G4V[13] | G4V[12] | G4V[11] | G4V[10] | G4V[9] | G4V[8] |
| AVBR2 | R | G5V[7] | G5V[6] | G5V[5] | G5V[4] | G5V[3] | G5V[2] | G5V[1] | G5V[0] |
| AVBR3 | R | G5V[15] | G5V[14] | G5V[13] | G5V[12] | G5V[11] | G5V[10] | G5V[9] | G5V[8] |
| AVBR4 | R | REF[7] | REF[6] | REF[5] | REF[4] | REF[3] | REF[2] | REF[1] | REF[0] |
| AVBR5 | R | REF[15] | REF[14] | REF[13] | REF[12] | REF[11] | REF[10] | REF[9] | REF[8] |

表 62. 辅助寄存器组 C

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| AVCR0 | R | G6V[7] | G6V[6] | G6V[5] | G6V[4] | G6V[3] | G6V[2] | G6V[1] | G6V[0] |
| AVCR1 | R | G6V[15] | G6V[14] | G6V[13] | G6V[12] | G6V[11] | G6V[10] | G6V[9] | G6V[8] |
| AVCR2 | R | G7V[7] | G7V[6] | G7V[5] | G7V[4] | G7V[3] | G7V[2] | G7V[1] | G7V[0] |
| AVCR3 | R | G7V[15] | G7V[14] | G7V[13] | G7V[12] | G7V[11] | G7V[10] | G7V[9] | G7V[8] |

存储器映射

表 62. 辅助寄存器组 C

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| AVCR4 | R | G8V[7] | G8V[6] | G8V[5] | G8V[4] | G8V[3] | G8V[2] | G8V[1] | G8V[0] |
| AVCR5 | R | G8V[15] | G8V[14] | G8V[13] | G8V[12] | G8V[11] | G8V[10] | G8V[9] | G8V[8] |

表 63. 辅助寄存器组 D

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| AVDR0 | R | G9V[7] | G9V[6] | G9V[5] | G9V[4] | G9V[3] | G9V[2] | G9V[1] | G9V[0] |
| AVDR1 | R | G9V[15] | G9V[14] | G9V[13] | G9V[12] | G9V[11] | G9V[10] | G9V[9] | G9V[8] |
| AVDR2 | R | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 |
| AVDR3 | R | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 |
| AVDR4 | R | C16OV | C16UV | C15OV | C15UV | C14OV | C14UV | C13OV | C13UV |
| AVDR5 | R | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | RSVD1 | C18OV | C18UV | C17OV | C17UV |

表 64. 状态寄存器 A

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| STAR0 | R | SC[7] | SC[6] | SC[5] | SC[4] | SC[3] | SC[2] | SC[1] | SC[0] |
| STAR1 | R | SC[15] | SC[14] | SC[13] | SC[12] | SC[11] | SC[10] | SC[9] | SC[8] |
| STAR2 | R | ITMP[7] | ITMP[6] | ITMP[5] | ITMP[4] | ITMP[3] | ITMP[2] | ITMP[1] | ITMP[0] |
| STAR3 | R | ITMP[15] | ITMP[14] | ITMP[13] | ITMP[12] | ITMP[11] | ITMP[10] | ITMP[9] | ITMP[8] |
| STAR4 | R | VA[7] | VA[6] | VA[5] | VA[4] | VA[3] | VA[2] | VA[1] | VA[0] |
| STAR5 | R | VA[15] | VA[14] | VA[13] | VA[12] | VA[11] | VA[10] | VA[9] | VA[8] |

表 65. 状态寄存器 B

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|
| STBR0 | R | VD[7] | VD[6] | VD[5] | VD[4] | VD[3] | VD[2] | VD[1] | VD[0] |
| STBR1 | R | VD[15] | VD[14] | VD[13] | VD[12] | VD[11] | VD[10] | VD[9] | VD[8] |
| STBR2 | R | C4OV | C4UV | C3OV | C3UV | C2OV | C2UV | C1OV | C1UV |
| STBR3 | R | C8OV | C8UV | C7OV | C7UV | C6OV | C6UV | C5OV | C5UV |
| STBR4 | R | C12OV | C12UV | C11OV | C11UV | C10OV | C10UV | C9OV | C9UV |
| STBR5 | R | REV[3] | REV[2] | REV[1] | REV[0] | RSVD | RSVD | MUXFAIL | THSD |

表 66. COMM 寄存器组

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| COMM0 | R/W | ICOM0[3] | ICOM0[2] | ICOM0[1] | ICOM0[0] | D0[7] | D0[6] | D0[5] | D0[4] |
| COMM1 | R/W | D0[3] | D0[2] | D0[1] | D0[0] | FCOM0[3] | FCOM0[2] | FCOM0[1] | FCOM0[0] |
| COMM2 | R/W | ICOM1[3] | ICOM1[2] | ICOM1[1] | ICOM1[0] | D1[7] | D1[6] | D1[5] | D1[4] |
| COMM3 | R/W | D1[3] | D1[2] | D1[1] | D1[0] | FCOM1[3] | FCOM1[2] | FCOM1[1] | FCOM1[0] |
| COMM4 | R/W | ICOM2[3] | ICOM2[2] | ICOM2[1] | ICOM2[0] | D2[7] | D2[6] | D2[5] | D2[4] |
| COMM5 | R/W | D2[3] | D2[2] | D2[1] | D2[0] | FCOM2[3] | FCOM2[2] | FCOM2[1] | FCOM2[0] |

表 67. S 控制寄存器组

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|--------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SCTRL0 | R/W | SCTL2[3] | SCTL2[2] | SCTL2[1] | SCTL2[0] | SCTL1[3] | SCTL1[2] | SCTL1[1] | SCTL1[0] |
| SCTRL1 | R/W | SCTL4[3] | SCTL4[2] | SCTL4[1] | SCTL4[0] | SCTL3[3] | SCTL3[2] | SCTL3[1] | SCTL3[0] |
| SCTRL2 | R/W | SCTL6[3] | SCTL6[2] | SCTL6[1] | SCTL6[0] | SCTL5[3] | SCTL5[2] | SCTL5[1] | SCTL5[0] |
| SCTRL3 | R/W | SCTL8[3] | SCTL8[2] | SCTL8[1] | SCTL8[0] | SCTL7[3] | SCTL7[2] | SCTL7[1] | SCTL7[0] |
| SCTRL4 | R/W | SCTL10[3] | SCTL10[2] | SCTL10[1] | SCTL10[0] | SCTL9[3] | SCTL9[2] | SCTL9[1] | SCTL9[0] |
| SCTRL5 | R/W | SCTL12[3] | SCTL12[2] | SCTL12[1] | SCTL12[0] | SCTL11[3] | SCTL11[2] | SCTL11[1] | SCTL11[0] |

存储器映射

表 68. PWM 寄存器组

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PWMR0 | R/W | PWM2[3] | PWM2[2] | PWM2[1] | PWM2[0] | PWM1[3] | PWM1[2] | PWM1[1] | PWM1[0] |
| PWMR1 | R/W | PWM4[3] | PWM4[2] | PWM4[1] | PWM4[0] | PWM3[3] | PWM3[2] | PWM3[1] | PWM3[0] |
| PWMR2 | R/W | PWM6[3] | PWM6[2] | PWM6[1] | PWM6[0] | PWM5[3] | PWM5[2] | PWM5[1] | PWM5[0] |
| PWMR3 | R/W | PWM8[3] | PWM8[2] | PWM8[1] | PWM8[0] | PWM7[3] | PWM7[2] | PWM7[1] | PWM7[0] |
| PWMR4 | R/W | PWM10[3] | PWM10[2] | PWM10[1] | PWM10[0] | PWM9[3] | PWM9[2] | PWM9[1] | PWM9[0] |
| PWMR5 | R/W | PWM12[3] | PWM12[2] | PWM12[1] | PWM12[0] | PWM11[3] | PWM11[2] | PWM11[1] | PWM11[0] |

表 69. PWM/S 控制寄存器组 B

| 寄存器 | R/W | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PSR0 | R/W | PWM14[3] | PWM14[2] | PWM14[1] | PWM14[0] | PWM13[3] | PWM13[2] | PWM13[1] | PWM13[0] |
| PSR1 | R/W | PWM16[3] | PWM16[2] | PWM16[1] | PWM16[0] | PWM15[3] | PWM15[2] | PWM15[1] | PWM15[0] |
| PSR2 | R/W | PWM18[3] | PWM18[2] | PWM18[1] | PWM18[0] | PWM17[3] | PWM17[2] | PWM17[1] | PWM17[0] |
| PSR3 | R/W | SCTL14[3] | SCTL14[2] | SCTL14[1] | SCTL14[0] | SCTL13[3] | SCTL13[2] | SCTL13[1] | SCTL13[0] |
| PSR4 | R/W | SCTL16[3] | SCTL16[2] | SCTL16[1] | SCTL16[0] | SCTL15[3] | SCTL15[2] | SCTL15[1] | SCTL15[0] |
| PSR5 | R/W | SCTL18[3] | SCTL18[2] | SCTL18[1] | SCTL18[0] | SCTL17[3] | SCTL17[2] | SCTL17[1] | SCTL17[0] |

表 70. 存储器映射位功能描述

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|---|------|-----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| GPIOx | GPIOx 引脚控制 | 写入：0→GPIOx 引脚下拉开启，1→GPIOx 引脚下拉关闭（默认） 读取：0→GPIOx 引脚为逻辑 0，1→GPIOx 引脚为逻辑 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REFON | 基准电压源已上电 | 1：基准电压源保持上电，直到看门狗超时 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DTEN | 放电计时器使能 (只读) | 0：转换后基准电压源关闭（默认） 1：使能放电开关的放电定时器 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ADCOPT | ADC 模式选项位 | 0→通过 ADC 转换命令中的 MD 位[1:0]选择模式 27 kHz、7 kHz、422 Hz 或 26 Hz（默认） 1→通过 ADC 转换命令中的 MD 位[1:0]选择模式 14 kHz、3 kHz、1 kHz 或 2 kHz | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VUV | 欠压比较电压 ¹ | 比较电压 = (VUV + 1) × 16 × 100 μV，默认值：VUV = 0x000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VOV | 过压比较电压 ¹ | 比较电压 = VOV × 16 × 100 μV，默认值：VOV = 0x000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DCC[x] | 电池 x 放电 | x = 1 至 18； 1：接通电池 x 的短路开关 0：断开电池 x 的短路开关（默认） x = 0； 1：开启 GPIO9 下拉 0：关闭 GPIO9 下拉（默认） | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DCTO | 放电超时值 | DCTO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| | | (写) | 禁用 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 60 | 75 | 90 | 120 |
| | | 时间 | (分钟) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | DCTO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| | | (读) | | | | | | | | | | | | | | | | |

存储器映射

表 70. 存储器映射位功能描述

| | | |
|------------|-------------------------|---|
| DCTO | 放电超时值 | 剩余时间 禁用或 0 至 0.5 至 1 至 22 至 33 至 44 至 55 至 10 至 15 至 20 至 30 至 40 至 60 至 75 至 90 至 (分钟) 超时 0.5 1 10 15 20 30 40 60 75 90 120 |
| MUTE | 静音状态 (只读) | 1: 启动静音, 放电被禁用 0: 静音被停用 |
| FDRF | 强制数字冗余故障 | 1: 强制 ADC 转换的数字冗余比较失败 |
| PS, 位[1:0] | 数字冗余路径选择 | 11: 冗余仅应用于 ADC3 数字路径 10: 冗余仅应用于 ADC2 数字路径 01: 冗余仅应用于 ADC1 数字路径 00: 在电池转换期间将冗余依次应用于 ADC1、ADC2 和 ADC3 数字路径, 在 AUX 和 STATUS 转换期间将冗余应用于 ADC1 |
| DTMEN | 使能放电计时器 监控器 | 1: 如果 DTEN 引脚置为有效, 则使能放电定时器监视功能 0: 禁用放电定时器监视功能。如果 DTEN 引脚置为有效, 则使能正常的放电定时器功能 |
| CxV | 电池 x 电压 ¹ | x = 1 至 18 电池 x 的 16 位 ADC 测量值 电池 x 的电池电压 = CxV×100μV 上电时和清除命令后, CxV 复位为 0xFFFF |
| GxV | GPIO x 电压 ¹ | x = 1 至 9 GPIOx 的 16 位 ADC 测量值 GPIOx 的电压 = GxV×100μV 上电时和清除命令后, GxV 复位为 0xFFFF |
| REF | 第二基准电压 ¹ | 第二基准电压的 16 位 ADC 测量值 |
| SC | 所有电池测量结果之和 ¹ | 所有电池电压之和的 16 位 ADC 测量值, 所有电池电压之和 = SC×100μV×30 |
| ITMP | 芯片内部温度 ¹ | 内部芯片温度的 16 位 ADC 测量值, 温度测量电压 = ITMP×100μV/7.6mV/°C - 276°C |
| VA | 模拟电源电压 ¹ | 模拟电源电压的 16 位 ADC 测量值, 模拟电源电压 = VA×100μV, VA 的值由外部元件设置, 正常工作要求其在 4.5V 至 5.5V 范围内 |
| VD | 数字电源电压 ¹ | 数字电源电压的 16 位 ADC 测量值, 数字电源电压 = VD×μV, 正常范围在 2.7V 至 3.6V 之内 |
| CxOV | 电池 x 过压标志 | x = 1 至 18 电池电压与 VOV 比较电压比较 0: 电池 x 未被标记为过压情况 1: 电池 x 被标记 |
| CxUV | 电池 x 欠压标志 | x = 1 至 18 电池电压与 VUV 比较电压比较 0: 电池 x 未被标记为过压情况 1: 电池 x 被标记 |

存储器映射

表 70. 存储器映射位功能描述

| | | | | | | | |
|---------|-----------------------------|---|------------------|---------------|---------|---------------|----------------|
| REV | 版本代码 | 器件版本代码 | | | | | |
| RSVD | 保留位 | 读取: 回读值可以为 1 或 0 | | | | | |
| RSVD0 | 保留位 | 读取: 回读值始终为 0 | | | | | |
| RSVD1 | 保留位 | 读取: 回读值始终为 1 | | | | | |
| MUXFAIL | 多路复用器自测结果 | 读取: 0→多路复用器通过自测, 1→多路复用器未通过自测 | | | | | |
| THSD | 热关断状态 | 读取: 0→未发生热关断, 1→发生热关断, 读取状态寄存器组 B 时 THSD 位清 0 | | | | | |
| SCTx[x] | S 引脚控制位 | 0000: 驱动 S 引脚为高电平 (置为无效) 0001: 在 S 引脚上发送 1 个高电平脉冲 0010: 在 S 引脚上发送 2 个高电平脉冲 0011: 在 S 引脚上发送 3 个高电平脉冲 0100: 在 S 引脚上发送 4 个高电平脉冲 0101: 在 S 引脚上发送 5 个高电平脉冲 0110: 在 S 引脚上发送 6 个高电平脉冲 0111: 在 S 引脚上发送 7 个高电平脉冲 1xxx: 驱动 S 引脚为低电平 (置为有效) | | | | | |
| PWMx[x] | PWM 放电控制 | 0000: 如果 DCCx = 1 且看门狗定时器已计时终止, 则选择 0% 放电占空比 0001: 如果 DCCx = 1 且看门狗定时器已计时终止, 则选择 6.7% 放电占空比 0010: 如果 DCCx = 1 且看门狗定时器已计时终止, 则选择 13.3% 放电占空比 ... 1110: 如果 DCCx = 1 且看门狗定时器已计时终止, 则选择 93.3% 放电占空比 1111: 如果 DCCx = 1 且看门狗定时器已计时终止, 则选择 100% 放电占空比 | | | | | |
| ICOMn | 初始通信位 | 写入 | I ² C | 0110 | 0001 | 0000 | 0111 |
| | | | | 开始 | 停止 | 空 | 不发送 |
| | | | SPI | 1000 | 1010 | 1001 | 1111 |
| | | | | CSB 低电平 | CSB 下降沿 | CSB 高电平 | 不发送 |
| Dn | I ² C/SPI 通信数据字节 | 读取 | I ² C | 0110 | 0001 | 0000 | 0111 |
| | | | | 从主机开始 | 从主机停止 | 字节之间 SDA 为低电平 | 字节之间 SDA 为高电平 |
| | | | SPI | 0111 | 0001 | 0000 | 0111 |
| | | | | | | | |
| FCOMn | 最终通信控制位 | 写入 | I ² C | 0000 | 1000 | 1001 | |
| | | | | 主机 ACK | 主机 NACK | 主机 NACK + 停止 | |
| | | | SPI | X000 | 1001 | | |
| | | | | CSB 低电平 | CSB 高电平 | | |
| Dn | I ² C/SPI 通信数据字节 | 读取 | I ² C | 0000 | 0111 | 1111 | 0001 |
| | | | | 主机 ACK 从机 ACK | 从机 NACK | 从机 ACK + 主机停止 | 从机 NACK + 主机停止 |
| | | | SPI | 1111 | | | |
| | | | | | | | |

¹ 电压公式使用寄存器的十进制值: 12 位为 0 到 4095, 16 位为 0 到 65535。

存储器映射

应用信息

提供直流电源

简单线性稳压器

ADBMS1818 的主电源引脚是 5 V (± 0.5 V) V_{REG} 输入引脚。为了产生 V_{REG} 所需的 5 V 电源，可以增加几个外部元件，并使用 DRIVE 引脚形成一个分立稳压器，如图 93 所示。DRIVE 引脚提供 5.7 V 输出，支持 1 mA 拉电流。当使用 NPN 晶体管进行缓冲时，DRIVE 引脚可在整个温度范围内提供稳定的 5 V 电压。必须选择 NPN 晶体管以在整个温度范围内 (>40) 具有足够的 Beta 值来提供必要的电源电流。当通过 isoSPI 通信和 ADC 转换同时进行，ADBMS1818 的峰值 V_{REG} 电流要求接近 35 mA。如果需要 V_{REG} 引脚来支持任何额外负载，则可能需要具有更高 Beta 值的晶体管。

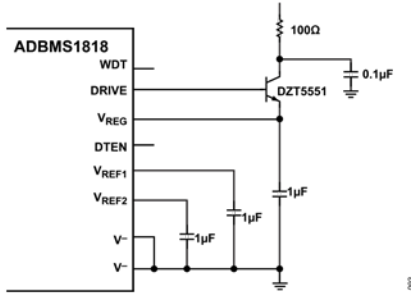


图93. 使用NPN调整管的简单 V_{REG} 电源

NPN 集电极可以由任何高于 V^- 至少 6 V 的电压源供电，包括正被监视的电池或非稳压电源。对于集电极电源连接，建议使用 100Ω、100 nF RC 解耦网络以保护 NPN 免受瞬态影响。NPN 的发射极必须通过 1 μF 电容旁路。必须避免使用较大电容，因为这会增加 ADBMS1818 的唤醒时间。必须注意 NPN 的热特性，因为在高集电极电压下会产生较大的热量。

改善稳压器能效

为了改善电池为 ADBMS1818 供电时的效率， V_{REG} 可以从 DC-DC 转换器而不是 NPN 调整管供电。一个合适的电路是基于 LT8631 降压稳压器，如图 94 所示。建议在电池堆和 LT8631 输入之间使用一个 100Ω 电阻，以防止连接电池堆时的涌入电流并减少传导的电磁干扰(EMI)。EN/UV 引脚必须连接到 DRIVE 引脚，当 ADBMS1818 处于 SLEEP 状态时，LT8631 会被置于低功耗状态。

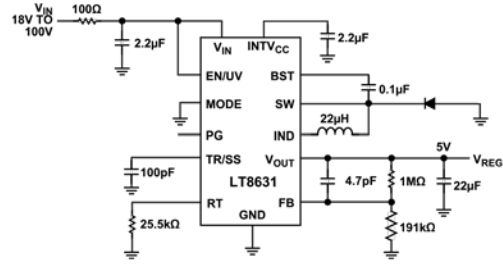


图94. V_{REG} 由高效率稳压器从电池堆供电

内部保护和滤波

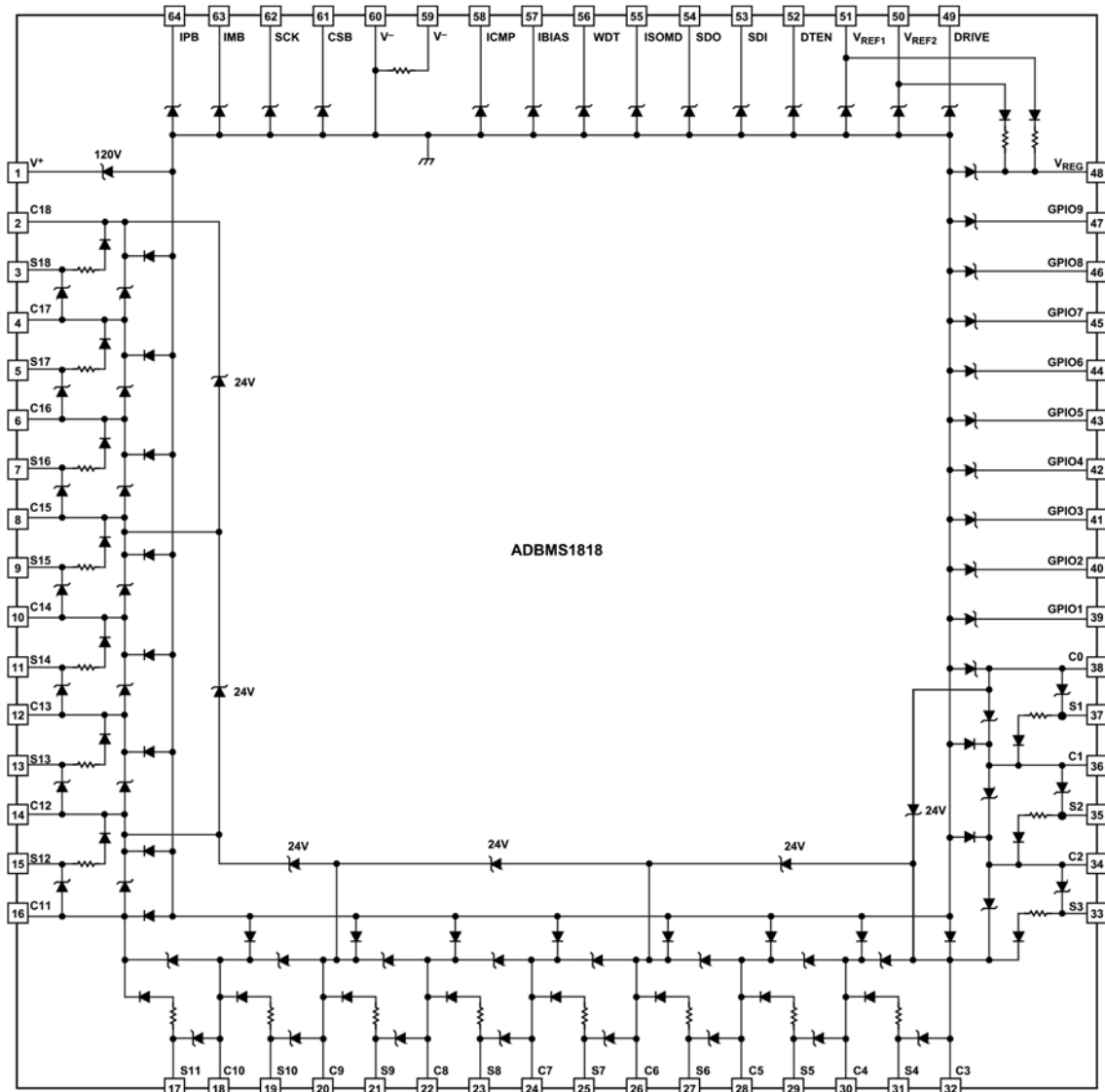
内部保护特性

ADBMS1818 集成了各种 ESD 防护措施以确保 ADBM1818 的鲁棒性。显示具体保护结构的等效电路如图 95 所示。齐纳二极管型抑制器娴熟初了其标称钳位电压，其他二极管则表现出标准的 PN 工作特性。

电池和 GPIO 输入的滤波

ADBMS1818 使用 $\Delta-\Sigma$ ADC，该 ADC 包括一个 $\Delta-\Sigma$ 调制器，和一个位于其后的 sinc3 有限脉冲响应(FIR)数字滤波器，这极大地放宽了对输入滤波的要求。此外，可编程过采样率使用户可以在测量速度与滤波器截止频率之间确定最佳的折衷方案。即使采用这种高阶低通滤波器，快速瞬态噪声仍可能在测量中引起一些残留噪声，尤其是在较快速转换模式下。在每个 ADC 输入端增加一个 RC 低通解耦网络可将噪声降至最低，而且此方法还有助于抑制潜在高能量有害瞬变。在 ADC 输入串入超过约 100Ω 的电阻，便会开始在测量中引入系统误差，这可以通过提高滤波器电容或使用校准程序通过软件进行数学补偿来改善。对于要求最高水平的电池电压纹波抑制的情况，建议使用接地电容滤波。该配置有一个串联电阻和电容，将高频噪声解耦至 V^- 。在噪声周期性较低或使用较高过采样率的系统中，差分电容滤波器结构即足够。在这种配置中，每个输入都有串联电阻，但电容连接在相邻的 C 引脚之间。然而，差分电容部分会相互作用。结果是滤波器响应的一致性较差，导致衰减比 RC 预测值要小大约十倍。请注意，差分电容仅承受一个电池的电压（因此更小且成本更低），并且往往将瞬态能量均匀地分布在整个 IC 上（减少内部保护结构上的应力事件）。图 96 以示意图方式显示了这两种方法。如典型性能曲线所示，ADC 精度随 R 和 C 的变化而变化，但如果 $R = 100\Omega$ 且 $C = 10$ nF，则误差最小。GPIO 引脚始终使用接地电容配置，因为所有测量均相对于 V^- 。

应用信息



NOTES
1. ZENER VOLTAGE IS 8V UNLESS MARKED OTHERWISE.

图 95. ADBMS1818 的内部 ESD 保护结构

应用信息

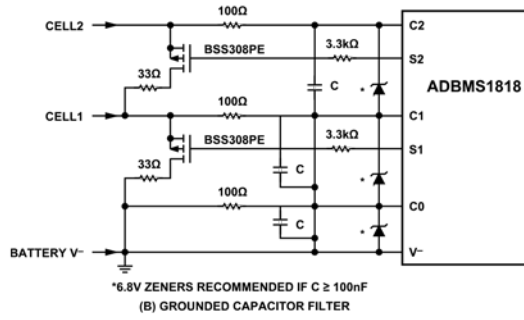
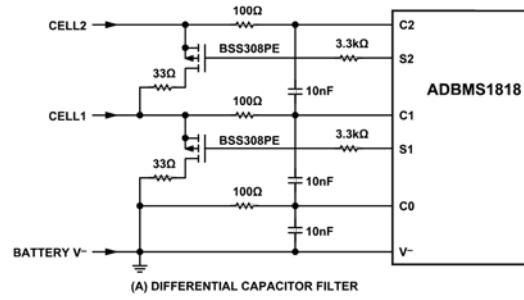


图 96. 输入滤波器结构配置

应用信息

使用非标准电池输入滤波器

对于所有应用，建议使用100Ω和10 nF的电池引脚滤波器。该滤波器提供噪声抑制和TME性能的最佳组合。在使用大于100Ω和10 nF的C引脚RC滤波器的应用中，可能会有额外的测量误差。图97显示了总TME和TME如何随RC时间常数的增加而增加。增加的误差与多路复用器的建立有关。在发出标准全通道ADCV命令之前执行额外的单通道转换，可以将TME

水平降低到接近数据手册的规格。图98显示了标准ADCV命令序列。图98显示了让多路复用器得以建立的建议命令序列和时序。修改程序的目的是让多路复用器可以在测量周期开始之前建立于C1/C7/C13。C1/C7/C13 ADCV命令与所有通道ADCV命令之间的延迟取决于所用RC的时间常数。一般指导原则是在C1/C7/C13 ADCV命令和所有通道ADCV命令之间等待6τ。图97显示了使用建议命令序列时的预期TME。

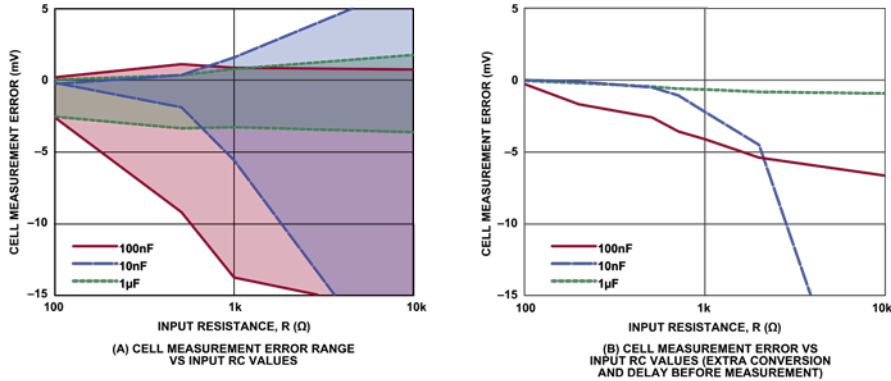


图 97. 电池测量 TME

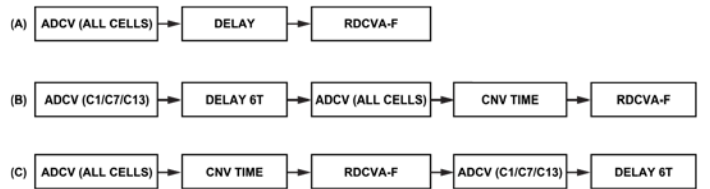


图 98. ADC 命令顺序

应用信息

电池平衡

使用内部MOSFET的电池平衡

使用被动平衡时，如果串联电池堆中的一个电池发生过充，则S输出可将其连接到一个电阻来使其缓慢放电。每个S输出都连接到一个内部N沟道MOSFET，其最大导通电阻为10Ω。必须将一个外部电阻与这些MOSFET串联，以使大部分热量散发到ADBMS1818封装之外，如图99所示。

内部放电开关(MOSFET)S1至S18可用于被动平衡电池，如图99所示，平衡电流为200 mA或更小（如果芯片温度超过85°C，则为80 mA或更小）。对于内部放电开关，均衡电流不宜大于200 mA，以免芯片过热。当使用内部放电开关对电池放电时，必须监控芯片温度。参见**热关断**部分。

请注意，抗混叠滤波器电阻是放电路径的一部分，必须将其移除或减小。可以使用RC进行电池电压测量滤波，但滤波电阻必须很小，通常约为10Ω，以减小对平衡电流的影响。

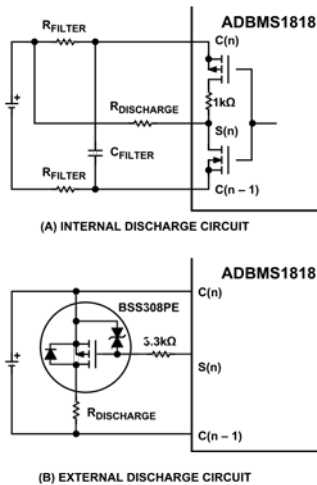


图99. 内部/外部放电电路

使用外部晶体管的电池平衡

对于需要超过200 mA的平衡电流或较大电池滤波器的应用，S输出可用来控制外部晶体管。ADBMS1818包含一个内部上拉PMOS晶体管和1 kΩ串联电阻。S引脚可用作数字输出，适合驱动外部MOSFET

的栅极，如图99所示。图96显示了包含RC滤波的外部MOSFET电路。对于电池电压非常低的应用，图99中的PMOS可以用PNP代替。使用PNP时，必须减小基极串联电阻值。

选择放电电阻

确定均衡电阻的大小时，了解典型的电池不平衡和电池平衡容许时间很重要。在大多数小电池应用中，平衡电路能够在5个小时的平衡时间内校正5%的充电状态(SOC)误差，这是合理的。例如，具有5% SOC不平衡的5 AHr 电池的不平衡约为250 mA Hrs。使用50 mA均衡电流，误差可以在5小时内校正。使用100 mA的均衡电流，误差可以在2.5小时内校正。在电池非常大的系统中，很难用被动平衡在短时间内校正较大SOC不平衡。均衡过程中产生的大量热通常会限制均衡电流。在大容量电池应用中，如果需要较短平衡时间，则必须考虑采用主动平衡解决方案。选择平衡电阻器时，可以使用下式帮助确定电阻值：

均衡电流 =

$$\frac{\text{SOC不平衡百分比} \times \text{电池容量}}{\text{均衡小时数}}$$

均衡电阻 =

$$\frac{\text{标称电池电压}}{\text{均衡电流}}$$

主动电池平衡

需要1 A或更大均衡电流的应用必须考虑实施主动均衡系统。主动平衡可提供高得多的均衡电流，而不会产生过大的热量。主动均衡还能进行能量回收，因为大部分均衡电流都重新分配回到电池组。图100显示了采用LT8584实现的简单主动均衡方案。LT8584还有可通过ADBMS1818控制的高级特性。有关更多信息，参见**使用S引脚控制设置的S引脚脉冲**部分和LT8584数据手册。

应用信息

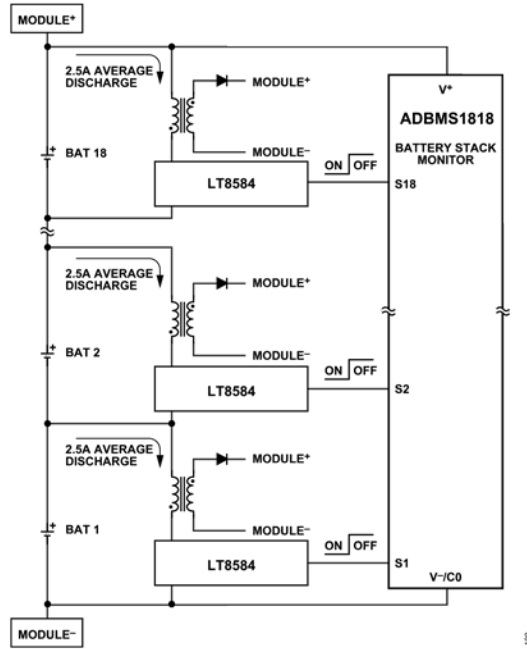


图 100. 采用主动平衡的 18 节电池的电池堆模块

应用信息

电池测量期间的放电控制

如果在执行电池测量命令时允许放电(DCP)位为1,则在电池测量期间S引脚放电状态不会改变。如果DCP位为0,则在测量对应电池或相邻电池时,将禁用S引脚放电状态。如果使用外部放电晶体管,则ADBMS1818内部PMOS晶体管的相对较低的1 kΩ阻抗可使放电电流在电池测量之前完全关闭。表71显示了DCP = 0的ADCV命令。在该表中,“关”表示无论相应DCC位的状态如何,都强制关闭S引脚放电。

“开”表示如果在测量命令之前S引脚放电为开启状态,则在测量期间其将保持开启状态。

在某些情况下,自动放电控制无法消除由于运行放电而引起的所有测量误差。这是因为放电晶体管的

关断速度不够快,无法使电池电压在测量开始之前完全稳定下来。为了在运行放电时获得最佳测量精度,必须使用静音(MUTE)和取消静音(UNMUTE)命令。发出ADCV命令之前,可以发出静音命令以暂时禁用所有放电晶体管。电池转换完成后,可以发送取消静音命令以重新使能先前导通的所有放电晶体管。使用这种方法可以最大程度地提高测量精度,而时间损失非常小。

验证放电电路的方法

使用内部放电特性时,可以在软件中实现验证放电功能的能力。在使用外部放电MOSFET的应用中,电池单元和放电MOSFET的源极之间可以添加一个电阻,从而允许系统检测放电功能。

表71. DCP = 0的ADCV命令期间的放电控制

| 放电引脚 | 电池测量周期 | | | | | | 电池校准周期 | | | | | |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| | 电池1、 电池7、 电池13 | 电池2、 电池8、 电池14 | 电池3、 电池9、 电池15 | 电池4、 电池10、 电池16 | 电池5、 电池11、 电池17 | 电池6、 电池12、 电池18 | 电池1、 电池7、 电池13 | 电池2、 电池8、 电池14 | 电池3、 电池9、 电池15 | 电池5、 电池11、 电池17 | 电池6、 电池12、 电池18 | |
| | t_0 至 t_{1M} | t_{1M} 至 t_{2M} | t_{2M} 至 t_{3M} | t_{3M} 至 t_{4M} | t_{4M} 至 t_{5M} | t_{5M} 至 t_{6M} | t_{6M} 至 t_{1C} | t_{1C} 至 t_{2C} | t_{2C} 至 t_{3C} | t_{4C} 至 t_{5C} | t_{5C} 至 t_{6C} | |
| S1 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | |
| S2 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | |
| S3 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | |
| S4 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | |
| S5 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | |
| S6 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | |
| S7 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | |
| S8 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | |
| S9 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | |
| S10 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | |
| S11 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | |
| S12 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | |
| S13 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | |
| S14 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | |
| S15 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | |
| S16 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 关 | 关 | 关 | 关 | 开 | |
| S17 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | 开 | 开 | 关 | 关 | 关 | |
| S18 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | 开 | 开 | 开 | 关 | 关 | |

应用信息

两个电路如图101所示。放电电路的功能可通过执行电池测量，并将放电关闭时的测量结果与放电开启时的测量结果进行比较来验证。放电开启时进行测量要求将允许放电(DCP)位置1。放电开启时测量值的变化可根据电阻值计算。以下算法可以配合图101使用，以验证每个放电电路：

- ▶ 第1步：测量所有不放电的电池（所有S输出均关闭），读取并存储结果。
- ▶ 第2步：接通S1、S7和S13。
- ▶ 第3步：测量C1至C0、C7至C6和C13至C12。
- ▶ 第4步：断开S1、S7和S13。
- ▶ 第5步：接通S2、S8和S14。
- ▶ 第6步：测量C2至C1、C8至C7和C14至C13。
- ▶ 第7步：断开S2、S8和S14。
- ▶ ...
- ▶ 第17步：接通S6、S12和S18。
- ▶ 第18步：测量C6至C5、C12至C11和C18至C17。
- ▶ 第19步：断开S6、S12和S18。
- ▶ 第20步：读取电池电压寄存器组以获取第2步至第19步的结果。
- ▶ 第21步：将新读数与旧读数进行比较。每个电池电压读数应当降低了固定的百分比；对于使用内部均衡的设计，该百分比由 $R_{DISCHARGE}$ 和 R_{FILTER} 设置，而对于使用外部MOSFET的设计，该百分比由 $R_{DISCHARGE1}$ 和 $R_{DISCHARGE2}$ 设置。确切的减少量取决于电阻值和MOSFET特性。

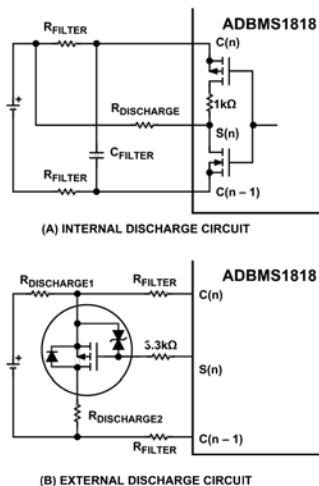


图 101. 平衡自测电路

数字通信

PEC计算

可以使用PEC来确保从ADBMS1818读取的串行数据有效且未遭破坏。此特性是实现可靠通信的关键，尤其是在高噪声环境中。ADBMS1818要求对所有从ADBMS1818读取和写入其中的数据计算PEC。因此，必须有一种高效的PEC计算方法。

下面的C代码提供了一种从查找表派生的PEC计算方法的简单实现。它有两个函数。第一个函数init_PEC15_Table()只应在MCU启动时调用一次，初始化一个称为pec15Table[]的PEC15表数组。以后的所有PEC计算都使用此表。也可以将PEC15表硬编码到MCU中，而不是在启动时运行init_PEC15_Table()函数。pec15()函数计算PEC，返回任何给定长度的字节数组的正确15位PEC。

/******

Copyright 2012 Analog Devices, Inc. (ADI)

Permission to freely use, copy, modify, and distribute this software for any purpose with or without fee is hereby granted, provided that the above copyright notice and this permission notice appear in all copies: THIS SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" AND ADI DISCLAIMS ALL WARRANTIES

INCLUDING ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS. IN NO EVENT SHALL ADI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, DIRECT, INDIRECT, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER RESULTING FROM ANY USE OF SAME, INCLUDING ANY LOSS OF USE OR DATA OR PROFITS, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTUOUS ACTION, ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THIS SOFTWARE.

*****/

```
int16 pec15Table[256];
int16 CRC15_POLY = 0x4599;
void init_PEC15_Table()
{
    for (int i = 0; i < 256; i++)
    {
        remainder = i << 7;
        for (int bit = 8; bit > 0; --bit)
        {
```

应用信息

```

if (remainder & 0x4000)
{
remainder = ((remainder << 1));
remainder = (remainder ^ CRC15_POLY)
}
else
{
remainder = ((remainder << 1));
}
}
pec15Table[i] = remainder&0xFFFF;
}
}
unsigned int16 pec15 (char *data , int len)
{
int16 remainder,address;
remainder = 16;//PEC seed
for (int i = 0; i < len; i++)
{
address = ((remainder >> 7) ^ data[i]) &
0xff;//calculate PEC table
address remainder = (remainder << 8) ^
pec15Table[address];
}
return (remainder*2);//The CRC15 has a 0 in the LSB
so the final
value must be multiplied by 2
}

```

isoSPI IBIAS和ICMP设置

ADBMS1818 允许每个应用的 isoSPI 链路针对功耗或抗扰度进行优化。isoSPI 系统的功耗和抗扰度由所设置的 I_B 电流决定，该电流控制 isoSPI 信号电流。 I_B 的范围是 $100\mu\text{A}$ 到 1 mA 。内部电路按比例放大该偏置电流，以产生等于 $20 \times I_B$ 的 isoSPI 信号电流。低 I_B 可降低 READY 和 ACTIVE 状态下的 isoSPI 功耗，而高 I_B 可提高匹配端接电阻 R_M 两端的差模信号电压 V_A 的幅度。 I_B 电流由连接在 2 V IBIAS 引脚和 GND 之间的 R_{B1} 和 R_{B2} 电阻之和和设定，如图 103 所示。接收器输入阈值由 ICMP 电压设置，该电压由 R_{B1} 和 R_{B2} 电阻形成的电阻分压器设定。接收器阈值为 ICMP 引脚电压的一半。

设置 I_B ($100\mu\text{A}$ 至 1 mA) 和接收器比较器阈值电压 $V_{ICMP}/2$ 时，必须遵循以下准则：

$$R_M = \text{传输线特性阻抗 } Z_0$$

$$\text{信号幅度 } V_A = (20 \times I_B) \times (R_M/2)$$

$$\text{接收器比较器阈值 } (V_{TCMP}) = K \times V_A$$

$$\text{ICMP 引脚电压 } (V_{CIMP}) = 2 \times V_{TCMP}$$

$$R_{B2} = V_{ICMP}/I_B$$

$$R_{B1} = (2/I_B) - (R_{B2})$$

根据应用选择 I_B 和 K (V_A 与接收器比较器阈值之比)：

- ▶ 对于低功耗链路： $I_B = 0.5\text{ mA}$ ， $K = 0.5$ 。
- ▶ 对于全功率链路： $I_B = 1\text{ mA}$ ， $K = 0.5$ 。
- ▶ 对于长链路 ($>50\text{m}$)： $I_B = 1\text{ mA}$ ， $K = 0.25$ 。

对于系统噪声很小的应用，将 I_B 设置为 0.5 mA 可以很好地兼顾功耗和抗扰度。使用此 I_B 设置以及 1:1 变压器和 $R_M = 100\Omega$ 时，须将 R_{B1} 设置为 $3.01\text{ k}\Omega$ ， R_{B2} 设置为 $1\text{ k}\Omega$ 。使用典型的 CAT5 双绞线时，这些设置允许通信距离长达 50 m 。对于环境非常嘈杂或电缆长度超过 50 m 的应用，建议将 I_B 提高到 1 mA 。较高驱动电流可以补偿电缆中插入损耗的增加，并提供高抗扰度。当使用长度超过 50 m 的电缆以及匝数比为 1:1 的变压器且 $R_M = 100\Omega$ 时， R_{B1} 为 $1.5\text{ k}\Omega$ ， R_{B2} 为 499Ω 。

isoSPI 链路的最大时钟速率由 isoSPI 电缆的长度决定。对于 10 m 或更短的电缆，最大 1 MHz SPI 时钟频率是可能的。随着电缆长度增加，SPI 最大可能时钟速率会降低。这种相关性是因为经过电缆的传输，信号延迟变大可能导致所需时序无法保证。图 102 显示了使用 CAT5 双绞线时，最大数据速率如何随着电缆长度的增加而降低。

电缆延迟影响三个时序规格： t_{CLK} 、 t_6 和 t_7 。在电气特性表中，每个规格减额 100 ns 以顾及 50 ns 的电缆延迟。如果电缆更长，最小时序参数可以按下式计算：

$$t_{CLK}、t_6 \text{ 和 } t_7 > 0.9\ \mu\text{s} + 2 \times t_{CABLE} \ (0.2\text{ m/ns})$$

应用信息

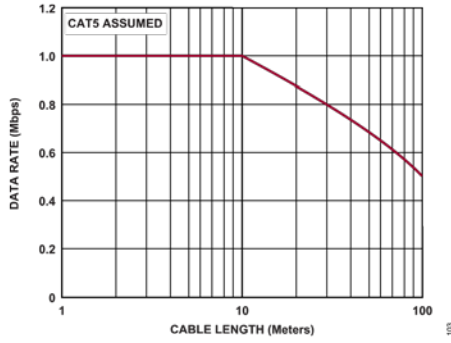


图 102. 数据速率与电缆长度的关系

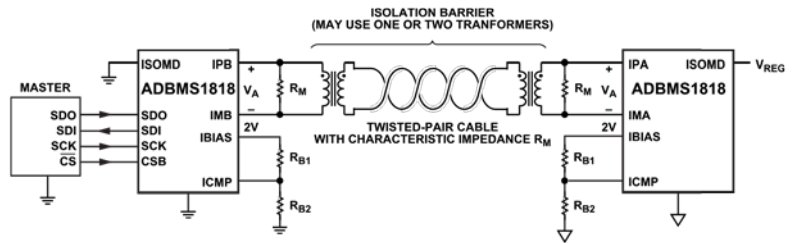


图 103. isoSPI 电路

应用信息

实现模块化isoSPI菊花链

由于菊花链点对点结构，菊花链isoSPI总线的硬件设计对于网络中的每个器件都是相同的。如图103所示的简单设计可以满足基本工作要求，但对于大多数设计而言是不足的。端接电阻 R_M 必须分成几部分并用电容旁路，如图104所示。这种变化同时提供了差模和共模端接，因此提高了系统抗扰度。

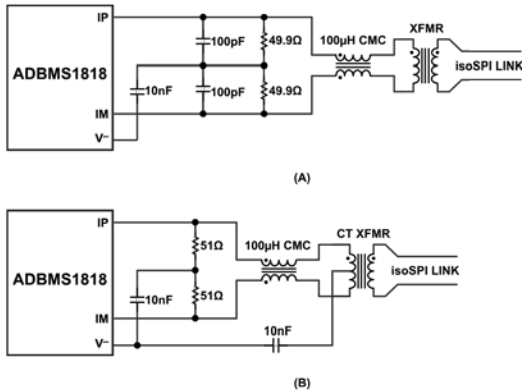


图104. 菊花链接口元件

在电池模组之间使用的电缆，尤其是在危险应用中，可能会导致通信线路的噪声敏感性增加。如果有非常高的电磁干扰(EMC)，建议进行额外的滤波。图104中的电路示例显示了使用共模扼流圈(CMC)来增加对电池线路瞬变引起共模噪声的抑制。使用中心抽头变压器还可以增强噪声抗扰性能。对于共模噪声，连接到中心抽头的旁路电容会产生低阻抗路径（参见图104）。没有中心抽头的变压器可能会便宜一些，因此可能会被客户考虑，在这种情况下，增加分裂端接电阻和旁路电容（参见图104）可以提高isoSPI性能。避免使用大于10nF的中心抽头电容，大电容会阻止isoSPI共模电压稳定下来。建议使用类似于以太网或CANBus应用中的共模扼流圈。具体例子参见表73。

菊花链设计的一个重要考虑因素是isoSPI网络中的器件数量。菊花链的长度决定了串行时序，并且会影响

数据延迟和吞吐量。isoSPI菊花链中的最大器件数量由串行时序要求严格限定。但是，必须注意，串行读取时间和增加的电流消耗可能会带来实际限制。

对于菊花链，以下两个时序考虑是正常操作的主要考虑因素（参见图86）：

1. t_6 （最后一个时钟和片选信号上升之间的时间）必须足够长。
2. t_5 （从片选信号上升到下一个下降片选（命令之间）的时间）必须足够长。

随着菊花链中ADBMS1818器件数量增加，必须延长 t_5 和 t_6 。这些时间的方程式如下：

$$t_5 > (\text{器件数} \times 70 \text{ ns}) + 900 \text{ ns}, \quad t_6 > (\text{器件数} \times 70 \text{ ns}) + 950 \text{ ns}$$

在同一PCB上连接多个ADBMS1818

当在同一PCB上连接多个ADBMS1818器件时，ADBMS1818 isoSPI端口之间仅需要一个变压器。由于没有使用电缆，通信线路上的噪声水平降低了，常常仅需要一组分裂的端接电阻。图105显示了一个示例应用，同一PCB上有多个ADBMS1818器件，通过LTC6820 isoSPI驱动器与底部MCU进行通信。如果使用带有中心抽头的变压器，则可以添加电容以改善噪声抑制性能。在单个变压器的两侧放置分立共模扼流圈（未显示）可增加额外的噪声滤波。

在噪声抑制需求不高的单板设计中，可以使用图106所示的简化电容隔离耦合来代替变压器。

在该电路中，变压器直接由两个10 nF电容代替。可选CMC提供的噪声抑制类似于使用变压器的应用电路。该电路设计使用与变压器电路相同的IBIAS和ICMP设置。

应用信息

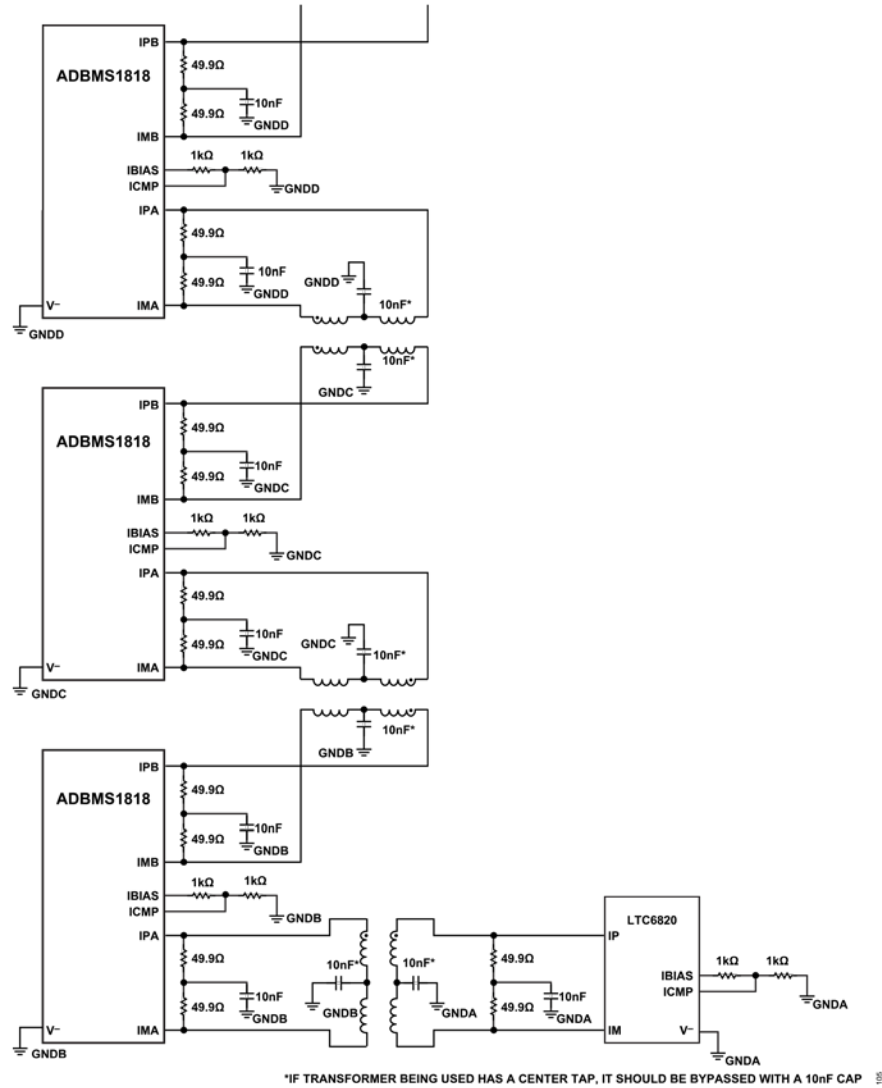


图 105. 单板上的菊花链接口元件

应用信息

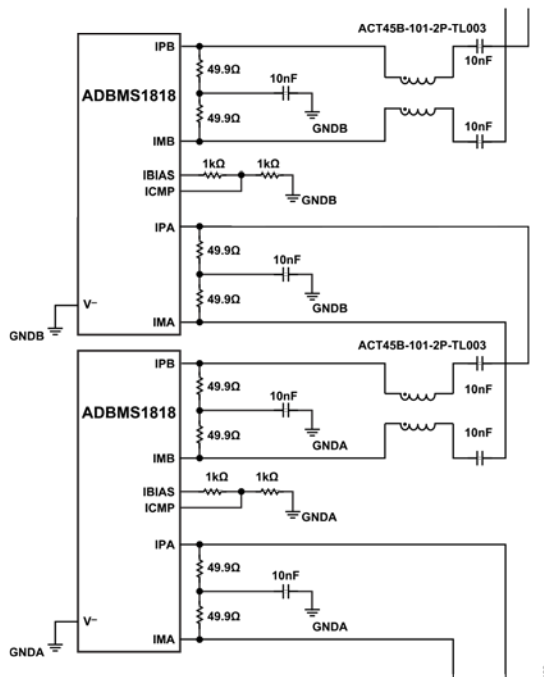


图106. 同一PCB上ADBMS1818的电容隔离耦合

通过isoSPI数据链路将MCU连接到ADBMS1818

LTC6820将标准4线SPI转换为可直接与ADBMS1818通信的2线isoSPI链路。如图107所示。LTC6820在应用中使用，可以在MCU和ADBMS1818器件堆叠之间提供隔离。LTC6820还支持远程系统配置，在这种应用中电池管理系统(BMS)控制器放在相对于ADBMS1818器件以及电池组较远的位置。

变压器选择指南

如图103所示，一个变压器或一对变压器隔离两个isoSPI端口之间的isoSPI信号。isoSPI信号幅值是可配的，最高达1.6 VP-P，脉冲宽度为50 ns和150 ns。为了能够以必要的保真度传输这些脉冲，系统要求变压器的初级电感大于60 μ H，匝数比为1:1。另外，变压器的漏感应小于2.5 μ H。就脉冲形状而言，初级电感主要影响50ns和150ns脉冲的下降。如果初级电感过低，脉冲幅度会在一定脉冲周期内下降并衰减。当脉冲下降足够严重时，接收器收到的有效脉冲宽度会大大下降，导致噪声裕量降低。一定的下降是可以接受的，但要求其占总脉冲幅度的百分比相对较小。漏感主要影响脉冲的上升和下降时间。较慢的上升和下降时间会减小脉冲有效宽度。接收器将脉冲宽度确定为幅值超过ICMP引脚所设置

阈值的时间。缓慢的上升和下降时间会缩短时间裕量。一般来说，脉冲上升和下降应尽可能快。评估变压器时，还应注意并联绕组的电容。虽然变压器在低频下具有非常好的CMRR，但在较高频率下，这种抑制会降低，其原因在很大程度上是由于绕组间电容。选择变压器时，最好选择并联绕组电容较小的变压器。

选择变压器时，同样重要的一点是，应根据应用选择拥有足够隔离度的器件。为应用选择器件时，变压器的额定工作电压是一个关键指标。典型应用中，ADBMS1818之间的互连菊花链链路应力小于60 V。普通脉冲和局域网(LAN)型变压器就足够了。一般而言，为了实现良好的长期可靠性，与LTC6820连接的变压器所需额定电压要高得多。通常，工作电压与整个电池堆的电压匹配是需要的。但是变压器供应商常常仅指定一秒钟高压测试，这并不等于器件的长期(永久)额定值。例如，根据大多数安全标准，1.5kV额定值的变压器应能连续处理230 V电压，3 kV器件可以长期处理1100 V电压，不过制造商可能并不总是保证达到这些水平(具体信息请参阅实际供应商数据)。通常，供应商将高压变压器称为高隔离度或增强绝缘型变压器。表72列出了已在isoSPI链路中评估过的变压器。

应用信息

在大多数应用中，CMC对于噪声抑制也是必需的。如果CMC未集成到所使用的变压器中，可以使用表73列出的合适CMC。

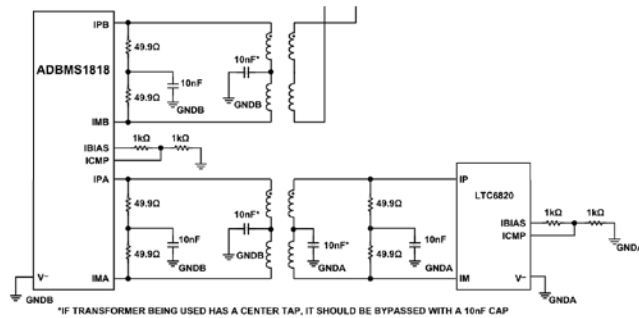


图 107. 使用 LTC6820 将 ADBMS1818 与微控制器接口以实现隔离 SPI 控制

表 72. 推荐变压器

| 供应商 | 产品型号 | 温度范围 | 工作电压 (V _{WORKING}) | V _{HIPOT} / 60秒 | 中心 抽头 | CMC | 高度 | 长度 | 宽度 (带引线) | 引脚 | AEC- Q200 |
|---------|----------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------|-----|------------|---------|-------------|-------|--------------|
| 推荐的双变压器 | | | | | | | | | | | |
| Pulse | HX1188FNL | -40°C至85°C | 60 V (估计) | 1.5 kV rms | 是 | 是 | 6.0 mm | 12.7 mm | 9.7 mm | 16SMT | 否 |
| Pulse | HX0068ANL | -40°C至85°C | 60 V (估计) | 1.5 kV rms | 是 | 是 | 2.1 mm | 12.7 mm | 9.7 mm | 16SMT | 否 |
| Pulse | HM2100NL | -40°C至105°C | 1000 V | 4.3 kV dc | 否 | 是 | 3.4 mm | 14.7 mm | 14.9 mm | 10SMT | 是 |
| Pulse | HM2112ZNL | -40°C至125°C | 1000 V | 4.3 kV dc | 是 | 是 | 4.9 mm | 14.8 mm | 14.7 mm | 12SMT | 是 |
| Sumida | CLP178-C20114 | -40°C至125°C | 1000 V (估计) | 3.75 kV rms | 是 | 是 | 9 mm | 17.5 mm | 15.1 mm | 12SMT | 否 |
| Sumida | CLP0612-C20115 | | 600 V rms | 3.75 kV rms | 是 | 否 | 5.7 mm | 12.7 mm | 9.4 mm | 16SMT | 否 |
| Würth | 7490140110 | -40°C至85°C | 250 V rms | 4 kV rms | 是 | 是 | 10.9 mm | 24.6 mm | 17.0 mm | 16SMT | 否 |
| Würth | 7490140111 | 0°C至70°C | 1000 V (估计) | 4.5 kV rms | 是 | 否 | 8.4 mm | 17.1 mm | 15.2 mm | 12SMT | 否 |
| Würth | 749014018 | 0°C至70°C | 250 V rms | 4 kV rms | 是 | 是 | 8.4 mm | 17.1 mm | 15.2 mm | 12SMT | 否 |
| Halo | TG110- AE050N5LF | -40°C 至 85/125°C | 60 V (估计) | 1.5 kV rms | 是 | 是 | 8.4 mm | 12.7mm | 9.5 mm | 16SMT | 是 |
| 推荐的单变压器 | | | | | | | | | | | |
| Pulse | PE-68386NL | -40°C至130°C | 60 V (估计) | 1.5 kV dc | 否 | 否 | 2.5 mm | 6.7 mm | 8.6 mm | 6SMT | 否 |
| Pulse | HM2101NL | -40°C至105°C | 1000 V | 4.3 kV dc | 否 | 是 | 5.7 mm | 7.6 mm | 9.3 mm | 6SMT | 是 |
| Pulse | HM2113ZNL | -40°C至125°C | 1600 V | 4.3 kV dc | 是 | 是 | 3.5 mm | 9 mm | 15.5 mm | 6SMT | 是 |
| Würth | 750340848 | -40°C至105°C | 250 V | 3 kV rms | 否 | 否 | 2.2 mm | 4.4 mm | 9.1 mm | 4SMT | 否 |
| Halo | TGR04- 6506V6LF | -40°C至125°C | 300 V | 3 kV rms | 是 | 否 | 10 mm | 9.5 mm | 12.1 mm | 6SMT | 否 |
| Halo | TGR04- A6506NA6NL | -40°C至125°C | 300 V | 3 kV rms | 是 | 否 | 9.4 mm | 8.9 mm | 12.1 mm | 6SMT | 是 |
| Halo | TDR04-A550ALLF | -40°C至105°C | 1000 V | 5 kV rms | 是 | 否 | 6.4 mm | 8.9 mm | 16.6 mm | 6TH | 是 |

应用信息

表 72. 推荐变压器

| 供应商 | 产品型号 | 温度范围 | 工作电压 ($V_{WORKING}$) | $V_{HIPOT}/$ 60秒 | 中心 抽头 | CMC | 高度 | 长度 | 宽度 (带引线) | 引脚 | AEC- Q200 |
|--------|----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|----------|-----|---------|---------|-------------|------|--------------|
| TDK | ALT4532V-201-T001 | -40°C至105°C | 60 V (估计) | ~1 kV | 是 | 否 | 2.9 mm | 3.2 mm | 4.5 mm | 6SMT | 是 |
| Sumida | CEEH96BNP-LTC6804/11 | -40°C至125°C | 600 V | 2.5 kV rms | 否 | 否 | 7 mm | 9.2 mm | 12.0 mm | 4SMT | 否 |
| Sumida | CEP99NP-LTC6804 | LTC6804 -40°C至125°C | 600 V | 2.5 kV rms | 是 | 否 | 10 mm | 9.2 mm | 12.0 mm | 8SMT | 否 |
| Sumida | ESMIT-4180/A | -40°C至105°C | 250 V rms | 3 kV rms | 否 | 否 | 3.5 mm | 5.2 mm | 9.1 mm | 4SMT | 是 |
| TDK | VGT10/9EE-204S2P4 | LTC6804 -40°C至125°C | 250 V (估计) | 2.8 kV rms | 是 | 否 | 10.6 mm | 10.4 mm | 12.7 mm | 8SMT | 否 |

表 73. 推荐共模扼流圈

| 制造厂商 | 产品型号 |
|--------|---------------|
| TDK | ACT45B-101-2P |
| Murata | DLW43SH101XK2 |

应用信息

isoSPI布局指南

isoSPI信号线的布局对于最大化提高数据链路抗扰度也起着重要作用。建议遵循以下布局布线准则：

1. 变压器须放置在尽可能靠近isoSPI电缆连接器的位置。距离必须小于2 cm。ADBMS1818必须放置在距变压器较近但至少1 cm至2 cm的地方，以帮助将IC与磁场耦合隔离。
2. 变压器下方、isoSPI连接器下方或变压器与连接器之间延伸不得布设接地层。
3. isoSPI信号走线必须尽可能直，同时应通过接地金属或空间与相邻电路隔离。任何走线都不得穿过isoSPI信号线，除非通过内层上的接地层隔开。

系统电源电流

ADBMS1818针对不同工作状态有不同电源电流规格。平均电源电流取决于系统中的控制环路。必须知道每个控制循环周期正在执行哪些命令，以及控制循环周期的持续时间。利用该信息可以确定ADBMS1818处于测量状态与处于低功耗SLEEP状态的时间百分比。isoSPI或SPI的通信量也会影响平均电源电流。

计算串行吞吐量

对于任何给定ADBMS1818，确定通信时间的计算都很简单：传输位数乘以所用的SPI时钟周期。ADBMS1818的控制协议是统一的。因此，几乎所有命令都可以归类为写或读操作。表74可用于确定给定ADBMS1818命令的位数。

增强应用

在少于18串电池的应用中使用ADBMS1818

电池可以按照从底部(C1)到顶部(C18)的常规顺序连接，所有未使用的C输入都短接到所连接的最高电池或保持悬空。未使用的S引脚也可以悬空。

或者，为了在少于18个电池的应用中优化测量同步，未使用的C引脚可以平均分配在第三多路复用器(C18)的顶部、第二多路复用器(C12)的顶部和第一多路复用器(C6)的顶部之间（参见图108）。如果要测量的电池数不是三的倍数，则顶部多路复用器必须连接较少的电池。未使用的电池输入必须与同一多路复用器上的其他未使用输入相连，并通过100Ω电阻连接到电池堆。未使用的输入会使得这些电池的读数为0.0 V。

使用霍尔效应传感器进行电流测量

ADBMS1818辅助ADC输入（GPIO引脚）可用于任何模拟信号，包括具有0 V至5 V模拟输出的有源传感器。对于电池电流测量，霍尔效应传感器是一种隔离的低功耗解决方案。图109显示了一个典型的霍尔效应传感器，其产生与提供的 V_{CC} 成比例的两个输出。图109中的传感器具有两个以 V_{CC} 的一半为中心的双向输出。CH1为0 A至50 A的低量程，CH2为0 A至200 A的高量程。传感器由5 V电源供电，并产生模拟输出，这些模拟输出连接到GPIO引脚或图111所示多路复用器的输入。GPIO1和GPIO2用作ADC输入时，可以在与电池电压相同的转换序列中进行数字化（使用ADCVAX命令），从而同步电池电压和电池电流的测量。

表74. 菊花链串行时间公式

| 命令类型 | 每个IC的数 | | 总位数 | 通信时间 |
|------|--------------------|-----------------|--|----------------------|
| | CMD字节 + CMD PEC | 数据字节 + 数据PEC | | |
| 读取 | 4 | 8 | $(4 + (8 \times \text{IC数})) \times 8$ | 总位数 × 时钟周期 |
| 写入 | 4 | 8 | $(4 + (8 \times \text{IC数})) \times 8$ | 总位数 × 时钟周期 |
| 操作 | 4 | 0 | $4 \times 8 = 32$ | $32 \times$ 时钟 周期 |

应用信息

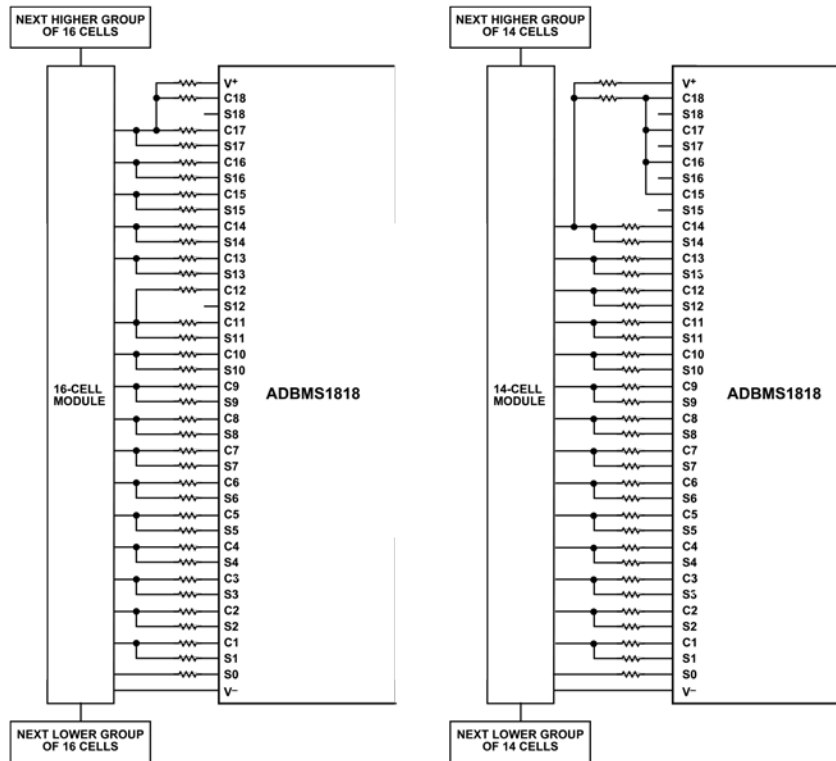


图 108. 16 个电池和 14 个电池的电池连接方案

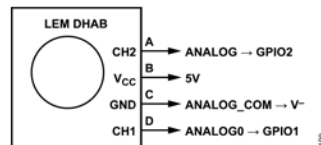


图 109. 典型霍尔效应电池电流传感器与辅助 ADC 输入的接口

应用信息

读取外部温度探头

图110显示了负温度系数(NTC)热敏电阻的典型偏置电路。25°C时10 kΩ是最常用的传感器值， V_{REF2} 输出级为直接给多个此类探头提供偏置电流而设计。选择该偏置电阻应与NTC值相对应，因此该电路在25°C时提供1.5 V电压 (V_{REF2} 为3 V标称值)。在典型电池温度范围内，总电路响应约为-1%/°C，如图110中的图表所示。

扩大辅助测量数目

ADBMS1818有9个GPIO引脚可用作ADC输入。在需要测量九个以上信号的应用中，可以使用多路复用器电路将模拟测量数目扩大到16个(图111)。GPIO1

ADC输入用于测量，多路复用器控制使用GPIO4和GPIO5(配置为I²C接口)。缓冲放大器用于实现信号快速建立并提高可用的吞吐速率。

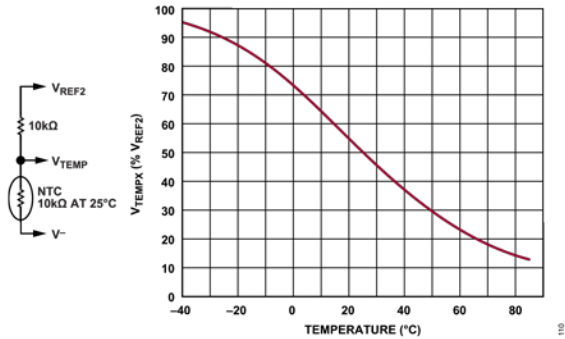


图 110. 典型温度探头电路和相对输出

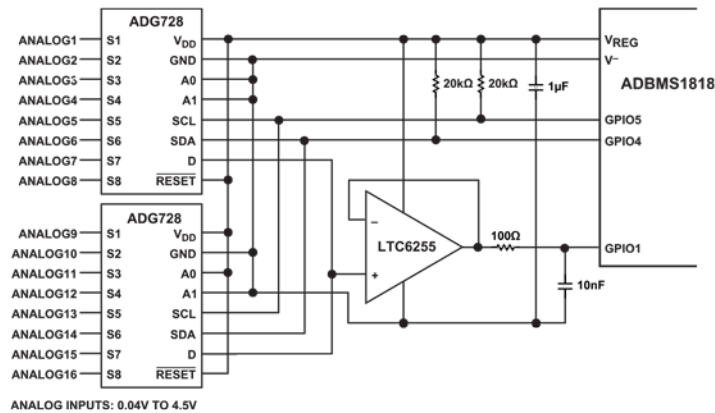


图 111. 多路复用器电路支持 16 种额外的模拟测量

典型应用

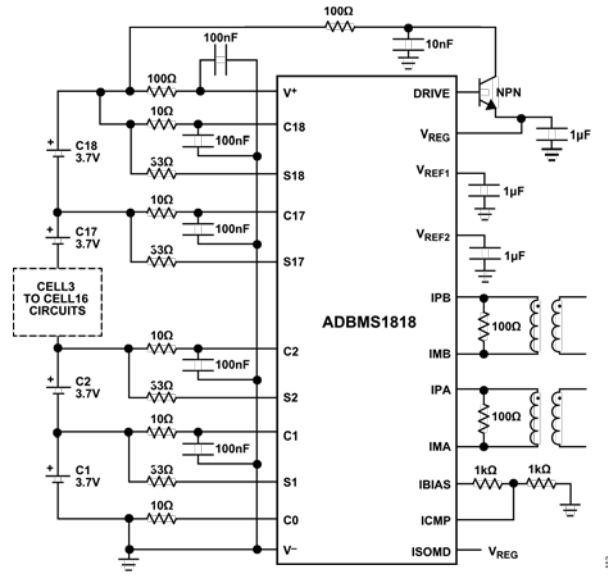


图 112. 典型应用电路

相关器件

表75. 相关器件

| 型号 | 说明 | 注释 |
|---------------------|-------------------|--|
| LTC6811-1/LTC6811-2 | 第四代12节电池堆监控和平衡IC。 | 测量最多12节串联电池电压。内置的1 MHz 2线isoSP使得多个器件可以级联，从而可以同时测量许多电芯。具备被动电池均衡能力。 |
| LTC6820 | isoSPI隔离式通信接口。 | 提供隔离接口，支持使用双绞线进行长达100米的SPI通信。LTC6804、LTC6806、LTC6811、LTC6812、LTC6813和ADBMS1818的配套器件。 |
| LTC6812-1 | 第四代15节电池堆监控和平衡IC。 | 测量最多15节串联电芯的电池电压。isoSPI菊花链功能支持多个器件串联，从而可以同时测量许多电芯。isoSPI总线工作频率最高可达1 MHz，并且可以双向操作以检测故障状况，例如开路或连接器断开。具有高达200 mA的内部被动电池平衡能力。 |
| LTC6813-1 | 第四代18节电池堆监控和平衡IC。 | 测量最多18节串联电芯的电池电压。isoSPI菊花链功能支持多个器件串联，从而可以同时测量许多电芯。isoSPI总线工作频率最高可达1 MHz，并且可以双向操作以检测故障状况，例如开路或连接器断开。具有高达200 mA的内部被动电池平衡能力，温度范围比ADBMS1818更宽。 |

外形尺寸

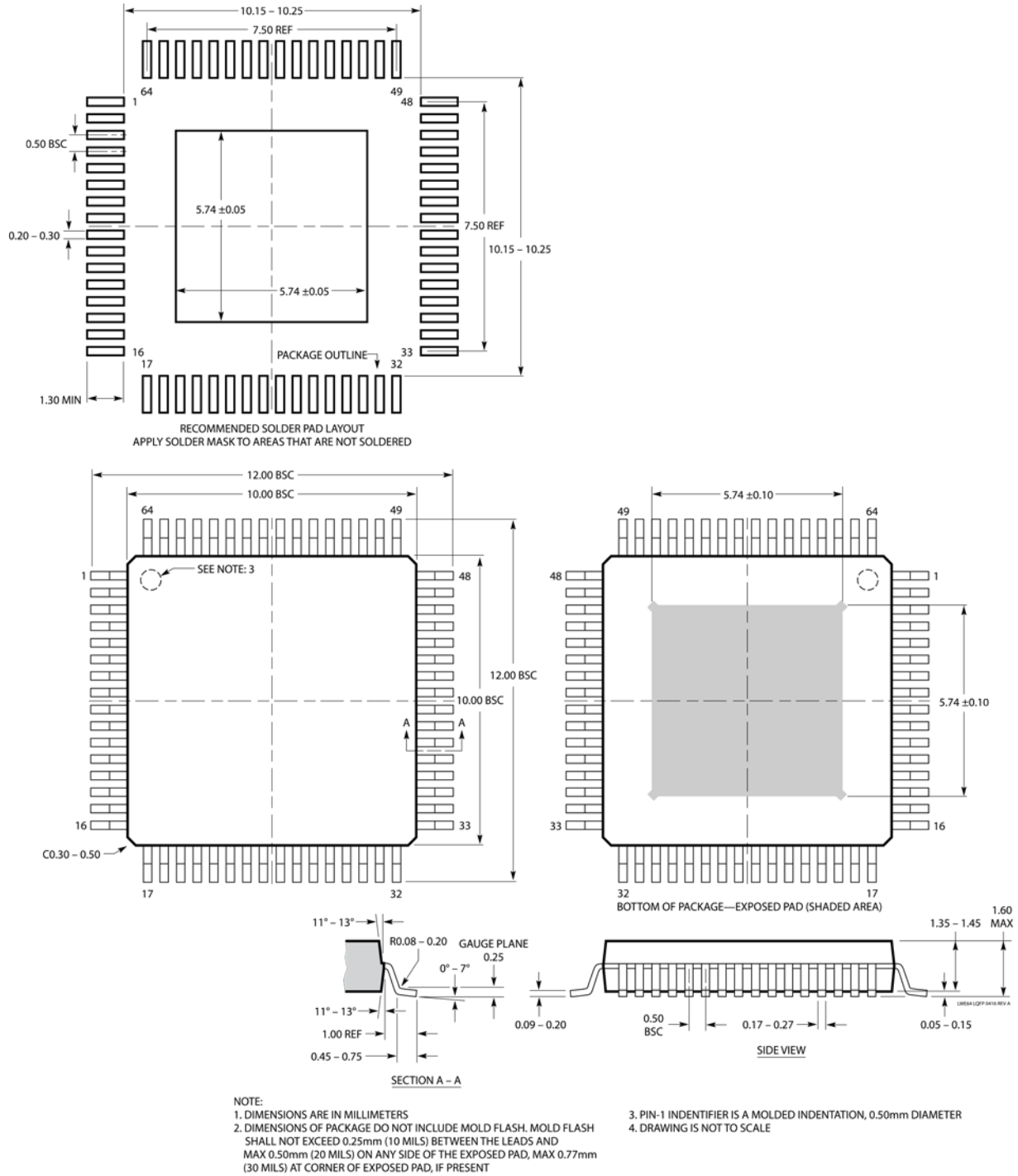


图 113. 封装尺寸

外形尺寸

更新日期: 2021年1月15日

订购指南

| 型号 ¹ | 温度范围 | 封装描述 | 包装数量 | 封装选项 |
|------------------|-------------|-----------------------------|----------|------------|
| ADBMS1818ASWZ | -40°C至+85°C | 64引脚LQFP (10 mm×10 mm, 带EP) | 卷盘, 160 | 05-08-1982 |
| ADBMS1818ASWZ-R7 | -40°C至+85°C | 64引脚LQFP (10 mm×10 mm, 带EP) | 卷盘, 300 | 05-08-1982 |
| ADBMS1818ASWZ-RL | -40°C至+85°C | 64引脚LQFP (10 mm×10 mm, 带EP) | 卷盘, 1500 | 05-08-1982 |

¹ Z = 符合RoHS标准的器件

关于具有更宽额定工作温度范围的器件, 请联系工厂。

卷带和卷盘规格。某些封装以500单元卷盘形式通过指定销售渠道提供, 其带有#TRMPBF后缀。