



文件类别：技术文件

文件编号：XL8818-4008

文件版本：A.008

## XL8818/XL8816/XL8814 Datasheet



受控状态：

受 控

密 级：

绝 密



## Revision History

Version	Data	Note
A.001	11/16/2022	初稿
A.002	3/3/2023	调整格式和部分图片标注
A.003	3/13/2023	调整选型表规格
A.004	3/15/2023	替换应用框图，更新格式，替换并统一芯片温度计算公式，与 XL8816 和 XL8814 产品描述合并。
A.005	5/8/2023	根据现有封装删除 EP 焊盘描述，替换应用框图（6.1&7.1），删除 4.3.2 节多余时序图并更新第四章节所有图号，4.4.3 电源测量公式更新。
A.006	6/25/2023	更新电气参数
A.007	7/21/2023	更新命令代码表格中 ADCV 命令描述
A.008	8/2/2023	删除 COMPCHK 相关寄存器&描述

## Table of Contents

1 概述 .....	7
1.1 特点 .....	7
1.2 应用 .....	7
1.3 功能概述 .....	8
1.4 引脚说明 .....	9
1.5 数字模块概述 .....	14
1.5.1 FSM 模块 .....	14
1.5.2 Chip 时钟, 复位控制 .....	14
1.5.3 定时器 .....	14
1.5.4 AD 变换控制 .....	14
1.5.5 S Pin 放电均衡控制 .....	14
1.5.6 串行通信接口 .....	14
1.5.7 LPCM 监控 .....	15
1.5.8 Efuse 控制 .....	15
1.5.9 命令 .....	15
1.5.10 Chip 寄存器 .....	15
2 电气参数 .....	16
2.1 ADC DC 规格 .....	16
2.2 电压基准规格 .....	17
2.3 一般 DC 规格 .....	17
2.4 ADC 定时规格 .....	18
2.5 数字接口 DC 规格 .....	19
2.6 isoSPI DC 规格 .....	19
2.7 isoSPI 空闲/唤醒规格 .....	20
2.8 脉冲定时规格 .....	20
2.9 绝对最大额定值 .....	22
2.10 热阻抗 .....	23
2.11 ESD 警告 .....	23
3 FSM 模块 .....	24
4 ADC .....	27
4.1 ADC 模式 .....	27
4.1.1 标准模式 (7kHz) .....	27
4.1.2 快速模式 (27kHz) .....	27
4.1.3 滤波模式 (26Hz) .....	27
4.1.4 其他模式 .....	27
4.2 ADC 范围 .....	28
4.2.1 ADC 范围和分辨率 .....	28
4.2.2 ADC 范围与电压基准 .....	29
4.3 ADC 命令 .....	29
4.3.1 ADCV 命令 .....	29
4.3.2 ADLEAK 命令 .....	31

4.3.3	ADSC 命令 .....	32
4.3.4	ADCVAX .....	33
4.3.5	CVOW 命令 .....	34
4.3.6	ADOW 命令 .....	35
4.3.7	ADAX 命令 .....	37
4.3.8	AXOW 命令 .....	38
4.3.9	ADSTAT 命令 .....	40
4.3.10	ADCVSC 命令 .....	40
4.3.11	ADOL 命令 .....	41
4.3.12	DIAGN 命令 .....	42
4.3.13	欠压过压监测 .....	42
4.3.14	ADC 可编程延迟 .....	43
4.3.15	ADC 极性控制 .....	43
4.4	诊断特征 .....	43
4.4.1	电池测量结果的总和 (SC) .....	43
4.4.2	内部芯片温度 (ITMP) .....	43
4.4.3	电源测量 (VREG/VREGD) .....	44
4.4.4	具有数字冗余的 ADC 转换 .....	44
4.4.5	带冗余的 ADC 转换控制器 .....	45
4.4.6	ADC 转换振荡器验证 .....	45
4.4.7	模数转换多路复用电荷泵验证 .....	46
4.4.8	使用 V <sub>REF2</sub> 进行 ADC1 和 V <sub>REF1</sub> 操作检查 .....	46
4.4.9	重叠测量 .....	46
4.4.10	内存验证 .....	46
4.4.11	校准器欠压过压监控 .....	46
4.4.12	电池开路检测 .....	47
4.4.13	辅助开路检测 .....	47
4.4.14	感测线和放电电阻验证 .....	48
4.4.15	电池感应线泄漏检测 .....	49
4.4.16	多路复用解码器检查 .....	50
4.4.17	堆栈电压测量 .....	50
4.4.18	清除 ADC 内存命令 .....	50
4.4.19	清除标志命令 .....	50
4.4.20	热关断 .....	51
4.4.21	测试模式检测 .....	51
4.4.22	睡眠状态检测 .....	51
4.4.23	序列号 .....	51
4.4.24	读所有命令 .....	51
5	S Pin 放电均衡控制 .....	53
5.1	电池放电和用于放电的脉宽调制(PWM) .....	53
6	串行通信接口 .....	55
6.1	isoSPI 可反向动作状态机说明 .....	55



6.2	SPI 动作状态机说明 .....	57
6.2.1	IDLE 状态 .....	57
6.2.2	RXCMD 状态 .....	57
6.2.3	RXCRC1 状态 .....	57
6.2.4	TXDATA 状态 .....	57
6.2.5	TXCRC 状态 .....	57
6.2.6	TXOTHER 状态 .....	58
6.2.7	RXDATA 状态 .....	58
6.2.8	RXCRC2 状态 .....	58
6.2.9	ERROR 状态 .....	58
6.3	GPIO 兼用的 I2C/SPI 主机 .....	59
6.3.1	COMM 命令 .....	60
6.3.2	I2C 和 SPI 主机的时序规格 .....	62
7	LPCM 控制 .....	63
7.1	LPCM 功能简介 .....	63
7.2	LPCM 设置和动作介绍 .....	63
7.3	LPCM 应用方式介绍 .....	65
8	命令 .....	67
9	Chip 寄存器 .....	71
9.1	配置寄存器组 A .....	71
9.2	配置寄存器组 B .....	73
9.3	配置寄存器组 C .....	74
9.4	配置寄存器组 D .....	74
9.5	配置寄存器组 E .....	76
9.6	电池电压寄存器组 A .....	76
9.7	电池电压寄存器组 B .....	77
9.8	电池电压寄存器组 C .....	77
9.9	电池电压寄存器组 D .....	78
9.10	电池电压寄存器组 E .....	78
9.11	电池电压寄存器组 F .....	78
9.12	电池电压寄存器组 G .....	79
9.13	电池电压诊断寄存器组 A .....	79
9.14	电池电压诊断寄存器组 B .....	80
9.15	电池电压诊断寄存器组 C .....	80
9.16	电池电压诊断寄存器组 D .....	80
9.17	电池电压诊断寄存器组 E .....	81
9.18	电池电压诊断寄存器组 F .....	81
9.19	辅助寄存器组 A .....	81
9.20	辅助寄存器组 B .....	82
9.21	辅助寄存器组 C .....	82
9.22	辅助寄存器组 D .....	83
9.23	状态寄存器组 A .....	83



9.24	状态寄存器组 B.....	83
9.25	状态寄存器组 C .....	85
9.26	状态寄存器组 D .....	85
9.27	COMM 寄存器组.....	86
9.28	PWM 控制寄存器组 A.....	87
9.29	PWM 控制寄存器组 B.....	88
9.30	LPCM 配置寄存器组.....	88
9.31	LPCM 状态寄存器组 .....	90
10	封装信息.....	92



## 1 概述

XL8818 /XL8816/XL8814 系列车规级多节电池组监控芯片可同时测量多达 18/16/14 串电池电压，总测量误差(TME)小于 3mV (全温度范围)，测量输入范围-2V ~ +5.5 V，适用于大多数化学电池，任意通道支持 Busbar 连接。

XL8818 /XL8816/XL8814 支持 3.3 MHz 高采样率 ADC 转换器加之冗余独立的模数转换器来完成每节电池的测量，内置 8 种可编程数据采集速率以实现高噪声抑制，减少了外部模拟滤波和无混叠测量结果。所有电池单元具有冗余测量、全面诊断等特点，可以有效降低系统成本，增强了锂离子电池组的安全性。

XL8818 /XL8816/XL8814 支持级联模式，支持高电压电池包中每节电池的同时监视，具有 isoSPI 接口，用于实现高速、抗 RF 干扰的局域通信。使用 XL8818-1/XL8816-1/XL8814-1 时，多个器件采用菊花链式连接，且所有器件采用一根主处理器接线。而使用 XL8818-2/XL8816-2/XL8814-2 时，多个器件并连连接至主处理器，而对每个器件进行单独寻址。

XL8818/XL8816/XL8814 采用同架构设计，仅通道数不同，后续描述中均以 XL8818 代替。

### 1.1 特点

- 可测量多达 18/16/14 串电池的电压 (Max: 85V)
- 3mV 最大总测量误差 (全温度范围)
- 用于高压系统的可级联架构
- 内置双方向传输的 isoSPI 接口：
  - 2Mbps 隔离式串行通信
  - 采用单根双绞线，长达 100 米
  - 低 EMI 敏感度和辐射
- 可在 260us 之内完成系统中所有电池的测量
- 内置频率可编程三阶噪声滤波器的 16 位增量累加( $\Delta\Sigma$ )型 ADC
- 具有可编程 PWM 电池被动均衡，均衡电流 300mA
- 9 个通用的数字 I/O 或模拟输入：
  - 温度或其他传感器输入
  - 可配置为一个 I2C 或 SPI 主控器
- 睡眠模式 4uA 电源电流
- 有外部 Reset 功能
- 64 引脚 LQFP 封装
- 符合 ISO 26262 ASIL D 标准
- 符合 AEC-Q100 Grade-1

### 1.2 应用

电动汽车及混合动力汽车  
电池储能系统  
电网能量存储

## 1.3 功能概述

XL8818 整体功能如下图, XL8816 和 XL8814 功能框图相同, 只是通道数减少。

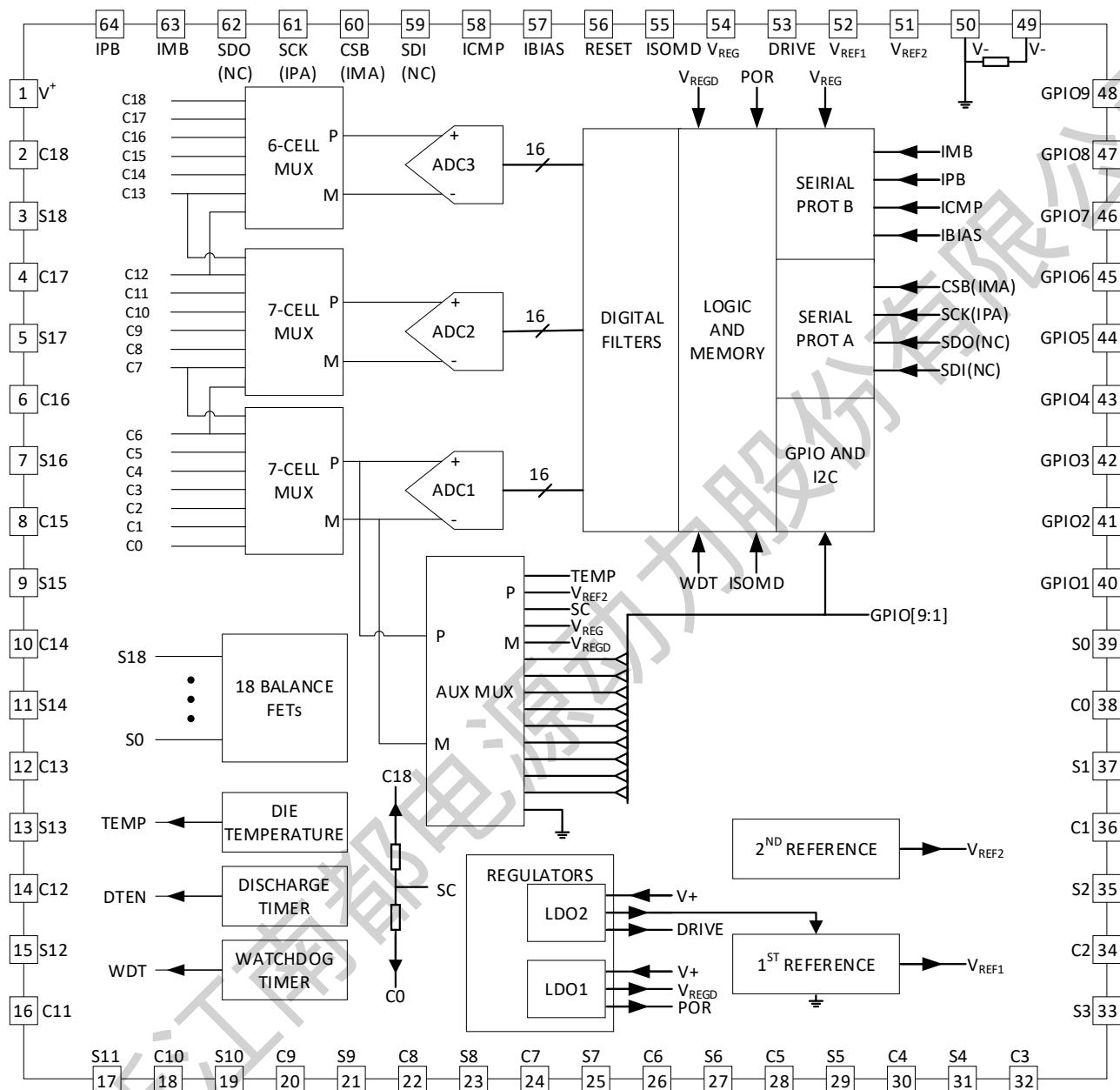


图 1-1 Chip 整体功能

## 1.4 引脚说明

Chip 引脚说明。

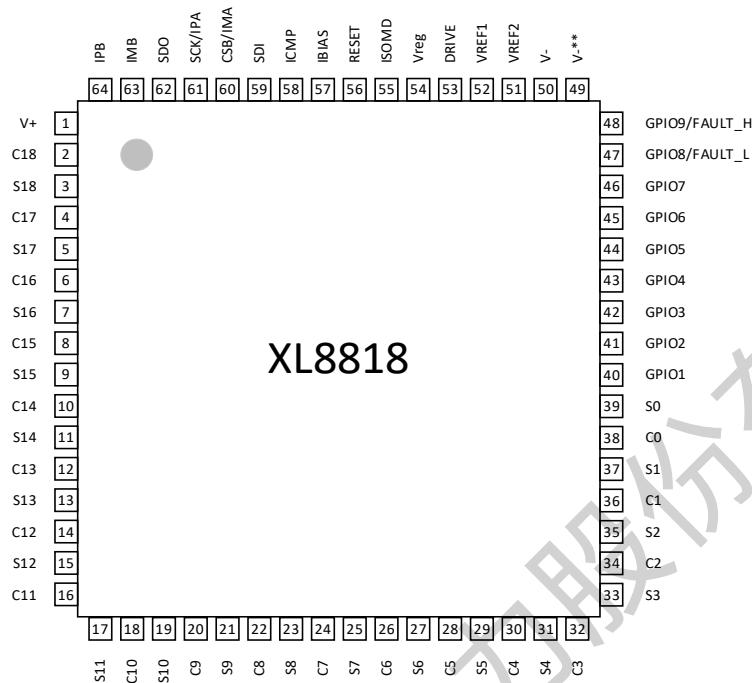


图 1-2 XL8818 Chip 引脚说明

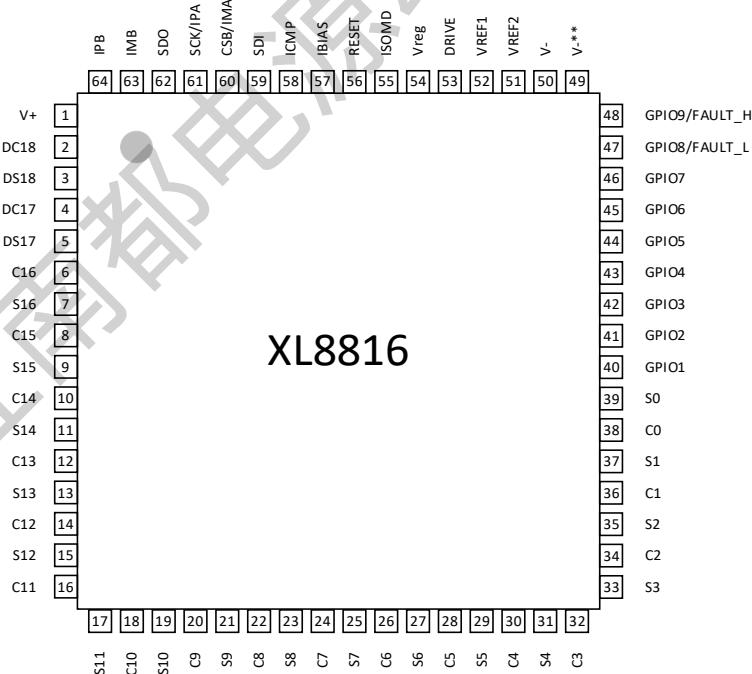


图 1-3 XL8816 Chip 引脚说明

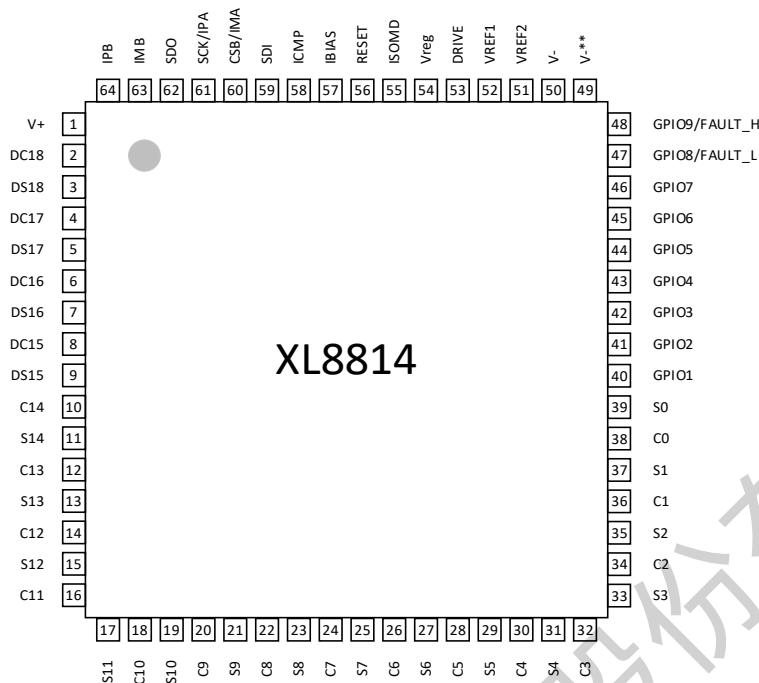


图 1-4 XL8814 Chip 引脚说明

表 1-1 引脚说明

引脚编号	引脚名称	说明		
	XL8818	XL8816	XL8814	
1	V+	V+	V+	正电源引脚
2	C18	DC18	DC18	电池输入 (XL8816/XL8814 需外部连接至 C16/C14 引脚)
3	S18	DS18	DS18	平衡输入/输出。可以用于电池放电 (XL8816/XL8814 需外部连接至 S16/S14 引脚)
4	C17	DC17	DC17	电池输入 (XL8816/XL8814 需外部连接至 C16/C14 引脚)
5	S17	DS17	DS17	平衡输入/输出。可以用于电池放电 (XL8816/XL8814 需外部连接至 S16/S14 引脚)
6	C16	C16	DC16	电池输入 (XL8814 需外部连接至 C14 引脚)
7	S16	S16	DS16	平衡输入/输出。可以用于电池放电 (XL8814 需外部连接至 S14 引脚)
8	C15	C15	DC15	电池输入 (XL8814 需外部连接至 C14 引脚)
9	S15	S15	DS15	平衡输入/输出。可以用于电池放电 (XL8814 需外部连接至 S14 引脚)
10	C14	C14	C14	电池输入
11	S14	S14	S14	平衡输入/输出。可以用于电池放电
12	C13	C13	C13	电池输入
13	S13	S13	S13	平衡输入/输出。可以用于电池放电
14	C12	C12	C12	电池输入
15	S12	S12	S12	平衡输入/输出。可以用于电池放电



16	C11	C11	C11	电池输入
17	S11	S11	S11	平衡输入/输出。可以用于电池放电
18	C10	C10	C10	电池输入
19	S10	S10	S10	平衡输入/输出。可以用于电池放电
20	C9	C9	C9	电池输入
21	S9	S9	S9	平衡输入/输出。可以用于电池放电
22	C8	C8	C8	电池输入
23	S8	S8	S8	平衡输入/输出。可以用于电池放电
24	C7	C7	C7	电池输入
25	S7	S7	S7	平衡输入/输出。可以用于电池放电
26	C6	C6	C6	电池输入
27	S6	S6	S6	平衡输入/输出。可以用于电池放电
28	C5	C5	C5	电池输入
29	S5	S5	S5	平衡输入/输出。可以用于电池放电
30	C4	C4	C4	电池输入
31	S4	S4	S4	平衡输入/输出。可以用于电池放电
32	C3	C3	C3	电池输入
33	S3	S3	S3	平衡输入/输出。可以用于电池放电
34	C2	C2	C2	电池输入
35	S2	S2	S2	平衡输入/输出。可以用于电池放电
36	C1	C1	C1	电池输入
37	S1	S1	S1	平衡输入/输出。可以用于电池放电
38	C0	C0	C0	电池输入
39	S0	S0	S0	平衡输入/输出。可以用于电池放电
40	GPIO1	GPIO1	GPIO1	通用 I/O。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
41	GPIO2	GPIO2	GPIO2	通用 I/O。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
42	GPIO3	GPIO3	GPIO3	通用 I/O。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
43	GPIO4	GPIO4	GPIO4	通用 I/O。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
44	GPIO5	GPIO5	GPIO5	通用 I/O。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
45	GPIO6	GPIO6	GPIO6	通用 I/O。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
46	GPIO7	GPIO7	GPIO7	通用 I/O。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
47	GPIO8/ FAULT_L	GPIO8/ FAULT_L	GPIO8/ FAULT_L	通用 I/O。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 用于错误传输的数字输出



48	GPIO9/ FAULT_H	GPIO9/ FAULT_H	GPIO9/ FAULT_H	通用 I/O。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 用于错误传输的数字输入
49	V-**	V-**	V-**	负电源引脚
50	V-	V-	V-	负电源引脚
51	VREF2	VREF2	VREF2	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
52	VREF1	VREF1	VREF1	ADC 基准电压。使用 1 μF 外部电容旁路。不允许直流负载
53	DRIVE	DRIVE	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 VREG
54	Vreg	Vreg	Vreg	5 V 稳压器输入。使用 1 μF 外部电容旁路
55	ISOMD	ISOMD	ISOMD	串行接口模式。将 ISOMD 连接到 VREG 可将 XL8818 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 XL8818 配置为 4 线 SPI 模式。
56	RESET	RESET	RESET	外部复位引脚
57	IBIAS	IBIAS	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 IB 的 20 倍。
58	ICMP	ICMP	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	SDI	SDI	SDI	4 线 SPI。串行数据输入(SDI)
60	CSB/IMA	CSB/IMA	CSB/IMA	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。 4 线 SPI。低电平有效片选(CSB)
61	SCK/IPA	SCK/IPA	SCK/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。 4 线 SPI。串行时钟(SCK)
62	SDO	SDO	SDO	4 线 SPI。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。
63	IMB	IMB	IMB	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。
64	IPB	IPB	IPB	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。



表 1-2 引脚功能配置表

XL8818		INT		isoSPI		SPI		IIC	ChipAddr
引脚编号	引脚名称	IN	OUT	A 组 ISOMD=1	B 组 CHIPADDR_EN=0	ISOMD=0	Master 专用	Master 专用	CHIPADDR_EN=1
40	GPIO1	-	-	-	-	-	-	-	-
41	GPIO2	-	-	-	-	-	-	-	-
42	GPIO3	-	-	-	-	CSB	-	-	-
43	GPIO4	-	-	-	-	SDI	SDA	-	-
44	GPIO5	-	-	-	-	SCK	SCL	-	-
45	GPIO6	-	-	-	-	-	-	-	-
46	GPIO7	-	-	-	-	-	-	-	-
47	GPIO8/ FAULT_L	-	FAULT_L	-	-	-	-	-	-
48	GPIO9/ FAULT_H	FAULT_H	-	-	-	-	-	-	-
56	RESET	-	-	-	-	-	-	-	-
57	IBIAS	-	-	-	IBIAS2	-	-	-	A0
58	ICMP	-	-	-	ICMP2	-	-	-	A1
59	SDI	-	-	ICP1	-	SDI	-	-	-
60	CSB/IMA	-	-	IMA	-	CSB	-	-	-
61	SCK/IPA	-	-	IPA	-	SCK	-	-	-
62	SDO	-	-	IBIAS1	-	SDO	-	-	-
63	IMB	-	-	-	IMB	-	-	-	A2
64	IPB	-	-	-	IPB	-	-	-	A3

其他没有复用的端子说明省略。

表 1-3 XL8818/XL8816/XL8814 规格选型表

型号	工作电压	最大串数	isoSPI 通讯速率	连接模式	封装	工作温度
XL8818AL7-11	11 ~ 81V	18	1M bps	单向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8818AL7-12	11 ~ 81V	18	2M bps	单向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8818AL7-21	11 ~ 81V	18	1M bps	星形连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8818AL7-22	11 ~ 81V	18	2M bps	星形连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8818AL7-31	11 ~ 81V	18	1M bps	双向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8818AL7-32	11 ~ 81V	18	2M bps	双向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8816AL7-11	11 ~ 81V	16	1M bps	单向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8816AL7-12	11 ~ 81V	16	2M bps	单向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8816AL7-21	11 ~ 81V	16	1M bps	星形连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8816AL7-22	11 ~ 81V	16	2M bps	星形连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8816AL7-31	11 ~ 81V	16	1M bps	双向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8816AL7-32	11 ~ 81V	16	2M bps	双向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8814AL7-11	11 ~ 81V	14	1M bps	单向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8814AL7-12	11 ~ 81V	14	2M bps	单向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8814AL7-21	11 ~ 81V	14	1M bps	星形连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8814AL7-22	11 ~ 81V	14	2M bps	星形连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8814AL7-31	11 ~ 81V	14	1M bps	双向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C
XL8814AL7-32	11 ~ 81V	14	2M bps	双向菊花链连接	LQFP 64	-40 ~ 125°C



## 1.5 数字模块概述

### 1.5.1 FSM 模块

Chip 动作状态机，主要有以下 8 种状态：

- SLEEP：休眠，部分电源域断电
- STANDBY：上电后的初始状态
- REFUP：AD 变换用 Vref On
- MEASURE：AD 测量
- EXTEND BALANCE：放电均衡控制
- DTM MEASURE：放电检测
- LOW POWER：低功耗检测
- HEARTBEAT：低功耗检测中的 AD 测量

### 1.5.2 Chip 时钟，复位控制

Chip 用时钟有：

- ◆ CLK1 的 2MHz 时钟（计时控制用）
- ◆ CLK2 的 3.3MHz 时钟（AD 变换用）
- ◆ SPI 通信用 SCK 时钟（2MHz@max）
- ◆ 写 Efuse 用的端子输入时钟（1MHz）

复位控制：

- ◆ 端子复位 RESET
- ◆ POR Reset
- ◆ 命令 Reset(SRST)

### 1.5.3 定时器

主要是状态切换定时控制，WDT 计时，放电计时，HEARTBEAT 计时等。

### 1.5.4 AD 变换控制

ADC 模块主要介绍 AD 变换命令，数字滤波器，AD 变换数字控制，变换源选择 Switch 等几个部分。

### 1.5.5 S Pin 放电均衡控制

通过控制放电引脚波形，时长控制放电均衡。

### 1.5.6 串行通信接口

串行通信接口主要包括 SPI, isoSPI, IIC。



### 1.5.7 LPCM 监控

低功耗下的 Chip 监控。

### 1.5.8 Efuse 控制

Efuse 的控制主要包括 Efuse 的写和读的时序控制，Chip 启动时 Trim 值读入寄存器。

### 1.5.9 命令

主要是寄存器读写命令、ADC 转换控制命令命令、efuse 读写命令和 LPCM 的状态控制命令等。

### 1.5.10 Chip 寄存器

用户寄存器及测试相关寄存器。

## 2 电气参数

### 2.1 ADC DC 规格

如无特别说明,  $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ ,  $V_+ = 59.4\text{ V}$ ,  $V_{\text{REG}} = 5.0\text{ V}$ , ISOMD 连接到  $V_-$ 。

表 2-1

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
MEASUREMENT RESOLUTION			0.1		mV/bit
ADC OFFSET VOLTAGE <sub>1</sub>			0.1		mV
ADC GAIN ERROR <sub>1</sub>			0.01		%
LIFETIME CELL TOTAL MEASUREMENT ERROR (TME) <sub>2,3</sub>					
-40°C < T <sub>J</sub> < +85°C	0 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 2 V 2 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 3.3 V 3.3 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 4.5 V 4.5 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 5.0 V		±1.0 ±1.5 ±2.0 ±3.2		mV
LIFETIME CELL TME <sub>2,3</sub>					
-40°C < T <sub>J</sub> < +125°C	0 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 2 V 2 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 3.3 V 3.3 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 4.5 V 4.5 V < C <sub>x</sub> to C(x - 1) ≤ 5.0 V		±1.5 ±2.0 ±3.5 ±4.5		mV
GPIO AND DIAGNOSTIC TME <sub>2</sub>					
	0 V < GPIO <sub>x</sub> to V <sub>-</sub> ≤ 3.3 V 3.3 V < GPIO <sub>x</sub> to V <sub>-</sub> ≤ 4.5 V 4.5 V < GPIO <sub>x</sub> to V <sub>-</sub> ≤ 5.0 V Sum of all cells Internal temperature V <sub>REG</sub> pin Digital supply voltage (V <sub>REGD</sub> )		±3.0 ±4.0 ±5.0 ±0.05 ±5 ±0.1 ±0.1	±0.4	% °C %
INPUT RANGE					
C <sub>0</sub> to V <sub>-</sub>		0			V
C <sub>x</sub> , x = 1 to 18		C(x - 1)		C(x - 1) + 5	V
GPIO <sub>x</sub> to V <sub>-</sub> , x = 1 to 9		0	5		V
INPUT CURRENT					
Input Leakage Current in Standby Mode (I <sub>L</sub> )	Inputs are not being measured Cx, x = 0 to 18 Sx, x = 0 to 18, discharge off GPIO <sub>x</sub> , x = 1 to 9		10 10 10	250 250 250	nA



Input Current in Measure Mode	Inputs are being measured				
	Cx, x = 0 to 18	±250	±1000	nA	
	Sx, x = 0 to 18, discharge off	±250	±1000	nA	
	GPIOx, x = 1 to 9	±250	±1000	nA	
Input Current Magnitude During Open Wire Detection	Cx, x = 0 to 18, GPIOx, x = 1 to 9	180	200	220	μA
SECOND REFERENCE ADC CONVERSION (V <sub>REF2</sub> ) <sub>2</sub>	V <sub>REF2</sub> measured with ADAX command	2.993	3	3.007	V
CVOW INITIAL CELL VOLTAGE THRESHOLD	CVMIN bits = 00	0			V
	CVMIN bits = 01	0.6	0.8	1	V
	CVMIN bits = 10	1	1.2	1.4	V
	CVMIN bits = 11	1.4	1.6	1.8	V

<sup>1</sup>Guaranteed by the TME specification.<sup>2</sup>For 7kHz mode, 3kHz mode, 2kHz mode, 1kHz mode, 422Hz mode, and 26Hz mode.<sup>3</sup>Input filtering of  $\leq 470\Omega$  and  $\geq 2.2nF$ .

## 2.2 电压基准规格

如无特别说明,  $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ ,  $V+ = 59.4\text{ V}$ ,  $V_{\text{REG}} = 5.0\text{ V}$ , ISOMD 连接到 V-。

表 2-2

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
FIRST REFERENCE VOLTAGE <sub>1</sub> (V <sub>REF1</sub> )	V <sub>REF1</sub> pin, no load	3.1	3.2	3.3	V
SECOND REFERENCE VOLTAGE (V <sub>REF2</sub> )	V <sub>REF2</sub> pin, no load	2.995	3	3.005	V
Output Current <sup>2</sup>	V <sub>REF2</sub> pin, 5 kΩ load to V-	2.995	3	3.005	V
Temperature Coefficient	$\Delta V_{\text{REF2}} < \pm 2\text{ mV}$	-0.2		5	mA
Thermal Hysteresis	V <sub>REF2</sub> pin, no load		5		ppm/°C
Long-Term Drift	V <sub>REF2</sub> pin, no load		100		ppm
	V <sub>REF2</sub> pin, no load		20		ppm/ $\sqrt{\text{ahr}}$

<sup>1</sup>Lifetime variation of V<sub>REF1</sub> (TC, IR reflow, thermal hysteresis, and long-term drift) is included in the cell TME specifications.<sup>2</sup>Positive values indicate current sourcing from the V<sub>REF2</sub> pin. Negative values indicate current sinking to the V<sub>REF2</sub> pin.

## 2.3 一般 DC 规格

如无特别说明,  $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ ,  $V+ = 59.4\text{ V}$ ,  $V_{\text{REG}} = 5.0\text{ V}$ , ISOMD 连接到 V-。

表 2-3

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
V+ SUPPLY CURRENT (I <sub>VP</sub> ) <sub>1</sub>	Core in sleep state, isoSPI in idle state, $V_{\text{REG}} = 0\text{ V}$		4	8	μA
	Core in sleep state, isoSPI in idle state, $V_{\text{REG}} = 5\text{ V}$		4	8	μA
	Core in standby state or extended balancing state	4	13	24	μA
	Core in REFUP state	0.25	0.45	0.65	mA
	Core in measure state or DTM measure state	0.65	0.85	1.05	mA



V <sub>REG</sub> SUPPLY CURRENT (I <sub>REG(CORE)</sub> ) <sup>1</sup>	Core in sleep state, isoSPI in idle state, V <sub>REG</sub> = 5 V	3.7	8	μA
	Core in standby state or extended balancing state	14	40	70
	Core in REFUP state	0.35	0.65	0.95
	Core in measure state or DTM measure state	9.5	10.4	11.3
ADDITIONAL V <sub>REG</sub> SUPPLY CURRENT FROM THE INTERFACE (I <sub>REG(isoSPI)</sub> ) <sup>2</sup>	Active state current assumes t <sub>CLK</sub> = 0.5 μs			
	Idle state		0	mA
	ISOMD = 0, ISOTHR = 1, ready state	2.6	3.2	3.9
	ISOMD = 0, ISOTHR = 1, active state write or read	7	8.5	11.5
	ISOMD = 1, ready state	3.1	3.7	4.4
	ISOMD = 1, active state write	7.5	9	12
	ISOMD = 1, active state read	12.5	14	18
ADDITIONAL V <sub>REG</sub> SUPPLY CURRENT FROM DISCHARGING (I <sub>REG(DIS)</sub> )	ISOMD = 0, ISOTHR = 0, Port B disabled	40	100	170
	DCTO = 0 and no cell discharge enabled		0	μA
SUPPLY VOLTAGE RANGE	DCTO ≠ 0 and/or some cell discharge(s) asserted	10	40	200
	V+	11	60	81
	V+ to C18	-0.3		V
DRIVE OUTPUT	V <sub>REG</sub>	4.5	5	5.5
	Output Voltage (V <sub>DRIVE</sub> )	T <sub>A</sub> = 25°C	5.6	5.7
	Output Current <sup>3</sup>	Δ V <sub>DRIVE</sub> < ±100 mV	-0.2	1
DIGITAL SUPPLY VOLTAGE (V <sub>REGD</sub> )	Temperature Coefficient			mV/°C
	Result from ADSTAT command	2.7	3	3.6
	V <sub>CELL</sub> = 3.3 V, discharge current = 300 mA		1.8	3
THERMAL SHUTDOWN TEMPERATURE			150	°C

<sup>1</sup>See the operation state diagram shown in Figure 58.

<sup>2</sup>The active state current is calculated from dc measurements. The active state current is the additional average supply current flowing into V<sub>REG</sub> when there is continuous 2 MHz communication on the isoSPI ports. Slower clock rates reduce the supply current.

<sup>3</sup>Positive values indicate current sourcing from the DRIVE pin. Negative values indicate current sinking to the DRIVE pin.

## 2.4 ADC 定时规格

如无特别说明, T<sub>J</sub> = -40°C to +125°C, V+ = 59.4 V, V<sub>REG</sub> = 5.0 V, ISOMD 连接到 V-。

表 2-4

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
MEASUREMENT + CALIBRATION CYCLE TIME (t <sub>CYCLE</sub> ) <sup>1</sup>					
When Starting from the REFUP State					
Measure 18 cells	ADCV in 7 kHz mode (normal mode), MCAL = 02		1174		μs



Measure 9 GPIOs and 2 References	ADAX in 7 kHz mode (normal mode), MCAL = 03	1689		μs
SKEW TIME <sub>1</sub>				
Time Difference Between Cell 18 and Cell 1 ( $t_{SKEW2}$ )	ADCV in 7 kHz mode (normal mode)	644		μs
REGULATOR START-UP TIME ( $t_{WAKE}$ )	$V_{REG}$ generated from drive pin	250	400	μs
WATCHDOG ( $t_{SLEEP}$ )	DCTO[3:0] = 0000	1.6	2	2.4
REFERENCE WAKE-UP TIME ( $t_{REFUP}$ )	Added to $t_{CYCLE}$ time when starting from the standby state; $t_{REFUP} = 0$ when starting from other states; $t_{REFUP}$ is independent of the number of channels measured and the ADC mode	2.8	3.3	4
ADC CLOCK FREQUENCY (f <sub>s</sub> )		3	3.3	3.6
				MHz

<sup>1</sup>These timing specifications vary based on 1/f<sub>s</sub>.<sup>2</sup>For the timing of ADCV in other modes, see AD<sup>3</sup>For the timing of ADAX in other modes, see AD

## 2.5 数字接口 DC 规格

如无特别说明,  $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ ,  $V_+ = 59.4 \text{ V}$ ,  $V_{REG} = 5.0 \text{ V}$ , ISOMD 连接到  $V_-$ 。

表 2-5

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
DIGITAL PIN INPUT VOLTAGE	CSB, SCK, SDI, ISOMD, GPIOx, ISOTH R				
High, $V_{IH}$		2.3			V
Low, $V_{IL}$			1.2		V
DIGITAL PIN OUTPUT VOLTAGE					
Digital Output Low, $V_{OL}$	Sinking 4 mA		0.3		V
SDO, GPIOx					
DIGITAL PIN LEAKAGE CURRENT					
SDI, ISOMD, ISOTH	Pin voltage = 5 V		1		μA
CSB, SCK	Pin voltage = 5 V, ISOMD = 0		10		μA
	Pin voltage = 3.5 V, ISOMD = 0		1		μA
SDO, GPIOx	Pin voltage = 5 V, pin not asserted logic low		1		μA

## 2.6 isoSPI DC 规格

如无特别说明,  $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ ,  $V_+ = 59.4 \text{ V}$ ,  $V_{REG} = 5.0 \text{ V}$ 。

表 2-6

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
LEAKAGE CURRENTS ( $I_{LEAK(IP/IM)}$ )					
IPA, IMA	0 V to 5 V, ISOMD = $V_{REG}$ , idle state		10		μA
IPB, IMB	0 V to 5 V, idle state		10		μA
COMMON-MODE VOLTAGE ( $V_{CM}$ )					



IPA, IMA	$T_A = 25^\circ\text{C}$ ; IPA/IMA not driving	3.2	V		
IPB, IMB	$T_A = 25^\circ\text{C}$ ; IPB/IMB not driving	3.2	V		
PIN RESISTANCE ( $R_{IN}$ )					
IPA, IMA	ISOMD = 1, ready state	35	kΩ		
IPB, IMB	Ready state	100	kΩ		
TRANSMITTER PULSE AMPLITUDE ( $V_A$ )	$V_A =  V_{IP} - V_{IM} $ ; termination resistance = $50 \Omega$	1	1.25	1.6	V
TRANSMITTER DRIVE CURRENT	$V_{CM}$ set by the driver	25			mA
RECEIVER THRESHOLD VOLTAGE ( $V_{Rx}$ )	ISOTHR = 1	420	500	580	mV
	ISOTHR = 0, ISOMD = 1	240	300	360	mV

## 2.7 isoSPI 空闲/唤醒规格

如无特别说明,  $T_J = -40^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$ ,  $V_+ = 59.4 \text{ V}$ ,  $V_{REG} = 5.0 \text{ V}$ -。

表 2-7

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
DIFFERENTIAL WAKE-UP VOLTAGE ( $V_{WAKE}$ )	$t_{DWELL} \geq 240 \text{ ns}$	400			mV
START-UP TIME AFTER WAKE DETECTION ( $t_{READY}$ )				10	μs
IDLE TIMEOUT DURATION ( $t_{IDLE}$ )		4.3	5.5	6.7	ms

## 2.8 脉冲定时规格

### isoSPI 脉冲定时规格

如无特别说明,  $T_J = -40^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$ ,  $V_+ = 59.4 \text{ V}$ ,  $V_{REG} = 5.0 \text{ V}$ -。

表 2-8

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
CHIP SELECT					
Half-Pulse Width ( $t_{1/2PW(CS)}$ )	Transmitter	120	150	180	ns
Signal Filter ( $t_{FILT(CS)}$ )	Receiver	70	90	110	ns
Pulse Inversion Delay ( $t_{INV(CS)}$ )	Transmitter	120	155	190	ns
Valid Pulse Window ( $t_{WNDW(CS)}$ )	Receiver	220	270	330	ns
DATA					
Half-Pulse Width ( $t_{1/2PW(D)}$ )	Transmitter	40	50	60	ns
Signal Filter ( $t_{FILT(D)}$ )	Receiver	10	20	30	ns
Pulse Inversion Delay ( $t_{INV(D)}$ )	Transmitter	40	55	65	ns
Valid Pulse Window ( $t_{WNDW(D)}$ )	Receiver	70	90	110	ns

### SPI 定时规格

如无特别说明,  $T_J = -40^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$ ,  $V_+ = 59.4 \text{ V}$ ,  $V_{REG} = 5.0 \text{ V}$ , ISOMD 连接到 V-。



表 2-9

Parameter	Description	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
t <sub>CLK</sub>	SCK period <sup>1</sup>		0.5			μs
t <sub>1</sub>	SDI setup time before SCK rising edge		25			ns
t <sub>2</sub>	SDI hold time after SCK rising edge		100			ns
t <sub>3</sub>	SCK low	t <sub>CLK</sub> = t <sub>3</sub> + t <sub>4</sub> ≥ 0.5 μs	100			ns
t <sub>4</sub>	SCK high	t <sub>CLK</sub> = t <sub>3</sub> + t <sub>4</sub> ≥ 0.5 μs	100			ns
t <sub>5</sub>	CSB rising edge to CSB falling edge		2			μs
t <sub>6</sub>	SCK rising edge to CSB rising edge <sup>1</sup>		0.5			μs
t <sub>7</sub>	CSB falling edge to SCK rising edge <sup>1</sup>		0.5			μs

<sup>1</sup> These timing specifications are dependent on the delay through the cable and include allowances for 50 ns of delay each direction. A value of 50 ns corresponds to 10 meters of CAT5 cable (which has a velocity of propagation of 66% the speed of light). Use of longer cables require derating these specificationssbytheamountof additional delay.

### isoSPI 定时规格

如无特别说明, T<sub>j</sub> = -40°C to +125°C, V<sub>+</sub> = 59.4 V, V<sub>REG</sub> = 5.0 V, ISOMD 连接到 V<sub>-</sub>。

表 2-10

Parameter	Description	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
t <sub>8</sub>	SCK falling edge to SDO valid <sup>1</sup>				60	ns
t <sub>9</sub>	SCK rising edge to short ±1 transmit		230	265	300	ns
t <sub>10</sub>	CSB transition to long ±1 transmit				100	ns
t <sub>11</sub>	CSB rising edge to SDO rising <sup>1</sup>				200	ns
t <sub>RTN</sub>	Data return delay		150	185	220	ns
t <sub>DSY(CS)</sub>	Chip select daisy-chain delay		100	160	200	ns
t <sub>DSY(D)</sub>	Data daisy-chain delay		280	330	380	ns
t <sub>LAG</sub>	Data daisy-chain lag (vs. chip select)	(t <sub>DSY(D)</sub> + t <sub>½PW(D)</sub> ) - (t <sub>DSY(CS)</sub> + t <sub>½PW(CS)</sub> )	0	70	100	ns
t <sub>5(GOV)</sub>	Chip select high to low pulse governor		0.54	0.67	0.85	μs
t <sub>6(GOV)</sub>	Data to chip select pulse governor		0.69	0.86	1.1	μs
t <sub>BLOCK</sub>	isoSPI port reversal blocking window		2		10	μs

<sup>1</sup> These specifications do not include rise or fall time of SDO. Although fall time (which is typically 5 ns due to the internal pull-down transistor) is not a concern, the rising edge transition time, t<sub>RISE</sub>, is dependent on the pull-up resistance and load capacitance on the SDO pin. The time constant must be chosen such that SDO meets the set up time requirements of the microcontroller unit(MCU).



## 2.9 绝对最大额定值

表 2-11

Parameter	Rating
Total Supply Voltage, V+ to V-	-0.3 V to +81 V
Supply Voltage, Relative to V+	
C18, S18	-40.5 V to +5 V
Input Voltage, Relative to V-	
C18, S18, S17	-0.3 V to +81.0 V
C17, S16	-0.3 V to +76.5 V
C16, S15	-0.3 V to +72.0 V
C15, S14	-0.3 V to +67.5 V
C14, S13	-0.3 V to +63.0 V
C13, S12	-0.3 V to +58.5 V
C12, S11	-0.3 V to +54.0 V
C11, S10	-0.3 V to +49.5 V
C10, S9	-0.3 V to +45.0 V
C9, S8	-0.3 V to +40.5 V
C8, S7	-0.3 V to +36.0 V
C7, S6	-0.3 V to +31.5 V
C6, S5	-0.3 V to +27.0 V
C5, S4	-0.3 V to +22.5 V
C4, S3	-0.3 V to +18.0 V
C3, S2	-0.3 V to +13.5 V
C2, S1	-0.3 V to +9.0 V
C1, S0	-0.3 V to +4.5 V
C0	-0.3 V to +0.3 V
IPA <sup>1</sup> , IMA <sup>1</sup> , IPB, IMB	-0.3 V to +6 V
SCK <sup>1</sup> , CSB <sup>1</sup>	-0.3 V to +6 V
DRIVE	-0.3 V to +7 V
All Other Pins	-0.3 V to +6 V
Voltage Between Inputs	
Cx to C(x - 1)	-0.3 V to +8 V
Sx to S(x - 1)	-0.3 V to +16 V
Cx to Sx	-8 V to +8 V
Cx to S(x - 1)	-0.3 V to +8 V
Sx to C(x - 1)	-0.3 V to +8 V
C18 to C12, C12 to C6, C6 to C0	-0.3 V to +37.5 V
S12 to S12, S12 to S6, S6 to S0	-0.3 V to +37.5 V
Current In and Out of Pins	
IPA, IMA, IPB, IMB	40 mA
Sx	350 mA
VREG	30 mA
All Other Pins	10 mA
Operating Junction Temperature Range (T <sup>j</sup> )	-40°C to +125°C
Junction Temperature (T <sup>jMAX</sup> )	150°C



Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C
ESD Classifications	
Human Body Model (HBM)	Level 2
Charged Device Model (CDM)	Level C4B

超过或者达到绝对最大额定值的情况可能会对产品造成永久性损坏。产品不保证在超出以上条件下的功能操作，长时间超过最大运行条件的运行可能会影响产品的可靠性。

## 2.10 热阻抗

热性能和电路板（PCB）的设计和操作环境直接相关。需要密切关注 PCB 的热设计。

表 2-12 热阻抗

Package Type <sup>1</sup>	$\theta_{JA}^2$	$\theta_{JC}$	Unit
LQFP 64	25	3	°C/W

<sup>1</sup>基于散热考虑，暴露的焊盘必须连接到 V-平面。

<sup>2</sup>电路板布局会影响热特性，如  $\theta_{JA}$ 。

## 2.11 ESD 警告

	<p><b>ESD敏感装置。</b></p> <p>带电设备和电路板可以在没有检测的情况下放电。尽管本产品具有专有保护电路，但受到高能 ESD 影响时仍可能会发生损坏。因此，应采取适当的 ESD 预防措施，以避免性能下降或功能损坏。</p>
--	--

### 3 FSM 模块

Chip 整体状态机主要由以下 8 个状态构成：

- SLEEP：休眠状态，部分电源域断电
- STANDBY：上电后的初始状态
- REFUP：AD 变换用 Vref On
- MEASURE：AD 测量
- EXTEND BALANCE：放电均衡控制
- DTM MEASURE：放电检测
- LOW POWER：低功耗电池检测
- HEARTBEAT：低功耗电池检测中的 AD 测量

Chip 动作状态机图：

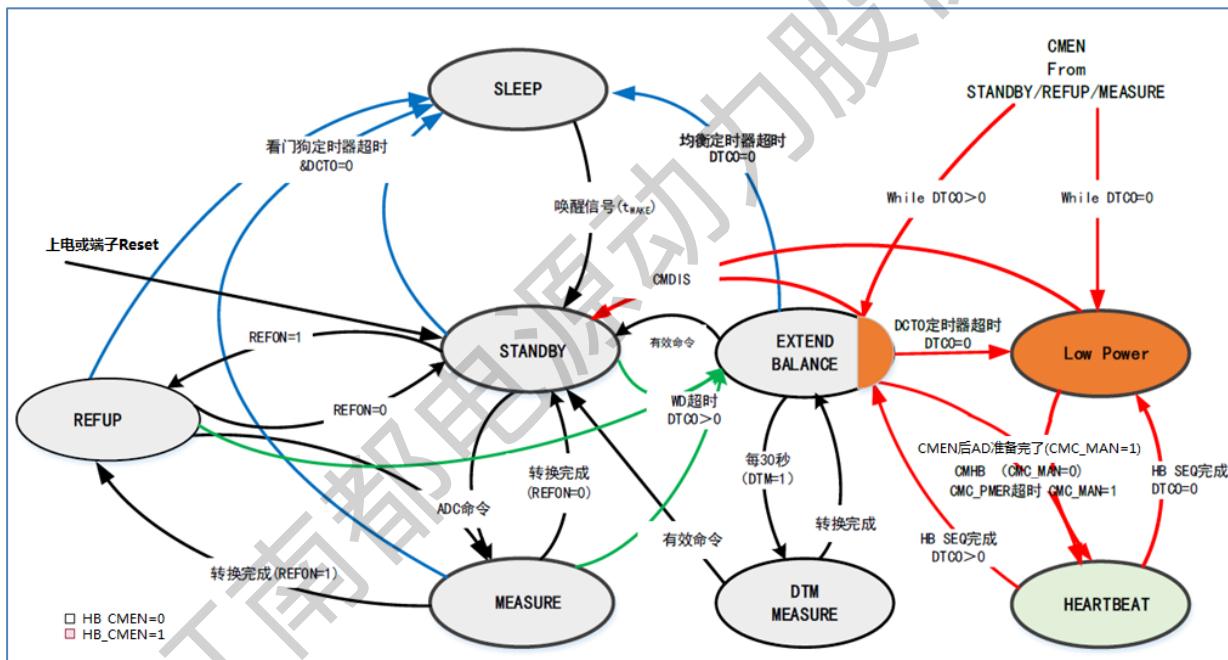


图 3-1 Chip 动作状态机图

表 3-1 状态机说明

No.	pre_state	动作说明	cur_state	迁移条件
1	SLEEP	电源掉电，AWO 电源供电 Trim 寄存器数据保存	STANDBY	SPI 或 isoSPI 唤醒(电源 ON)
2	STANDBY	POR 和端子 Reset 后的初期状态。 上电后状态，Trim 数据 load 后， WDT 计数开始。	MEASURE	ADC 命令
			LOW POWER	CMEN 命令，且 DCTO=0
			EXTEND BALANCE	WDT 超时，且 DCTO>0(有放电计数要求)，



				或 CMEN 命令，且 DCTO>0
			REFUP	写 REFON=1
			SLEEP	WDT 超时，且 DCTO=0(无放电计数要求)
3	REFUP	REF 电源 ON, 3.3MHz 时钟动作, ChargePump 模块动作, VCP (VPLUS+5V) 开始供电	MEASURE	ADC 命令
			LOW POWER	CMEN 命令，且 DCTO=0
			EXTEND BALANCE	WDT 超时，且 DCTO>0(有放电计数要求), 或 CMEN 命令，且 DCTO>0
			STANDBY	写 REFON=0
			SLEEP	WDT 超时，且 DCTO=0(无放电计数要求)
4	MEASURE	AD 测量	LOW POWER	CMEN 命令，且 DCTO=0, 等待 AD 变换完成
			EXTEND BALANCE	WDT 超时，且 DCTO>0(有放电计数要求), 或 CMEN 命令，且 DCTO>0, 等待 AD 变换完成
			REFUP	ADC 命令执行完成，且 REFON=1
			STANDBY	ADC 命令执行完成，且 REFON=0
			SLEEP	WDT 超时，且 DCTO=0(无放电计数要求)
5	EXTEND BALANCE	放电平衡监测 <ul style="list-style-type: none"><li>• DTM MEASURE 监测</li><li>• HEARTBEAT 监测 (LPCM)</li></ul>	STANDBY	有效命令或 CMDIS 命令
			SLEEP	WDT 超时，且 DCTO=0(无放电计数要求)
			DTM MEASURE	非 CMEN 命令进入 EXTEND BALANCE 状态，且等 30s 后
			HEARTBEAT	CMEN 命令进入 EXTEND BALANCE 状态，且 <ul style="list-style-type: none"><li>• CMC_MAN=1 时, CMEN 命令，且 DTCO&gt;0 (1<sup>st</sup> HB 测量)</li><li>• CMC_MAN=1 时, 经过 MPER 设定的时间后，且 DTCO&gt;0 (2<sup>nd</sup> 及以后 HB 测量)</li></ul>



				<ul style="list-style-type: none"><li>CMC_MAN=0 时, 接受到上一单元的 CMHB 命令, 且 DTCO&gt;0</li></ul>
			LOW POWER	CMEN 命令进入 EXTEND BALANCE 状态, 且 DCTO=0
6	DTM MEASURE	测量 Cell 电压, 低于阈值电压时关闭对应 Cell 的放电开关	EXTEND BALANCE	测量完成
			STANDBY	有效命令
7	LOW POWER	低功耗监测 (LPCM)	STANDBY	CMDIS 命令
			HEARTBEAT	<ul style="list-style-type: none"><li>CMC_MAN=1 时, CMEN 命令 (1<sup>st</sup> HB 测量)</li><li>CMC_MAN=1 时, 经过 MPER 设定的时间后, (2<sup>nd</sup> 及以后 HB 测量)</li><li>CMC_MAN=0 时, 接受到上一单元的 CMHB 命令</li></ul>
8	HEARTBEAT	监测动作(测 Cell 电压, 辅助测量)	EXTEND BALANCE	CMEN 命令, 且 DTCO>0, 且 HB 监测完成
			LOW POWER	CMEN 命令, 且 DTCO=0, 且 HB 监测完成

注:

- ADC 命令: AD 变换命令和 DIAGN
- 有效命令: 除 CMEN、CMHB 之外的命令

## 4 ADC

在 XL8818 的内部有三个 ADC。当测量 18 个电池时这三个 ADC 同时运作并配有一个独立冗余 ADC。只有一个 ADC 用于测量通用输入端口。下面的讨论使用 ADC 一词来指三个 ADC 中的一个、两个或三个 (视执行的操作而定)。当需要区分三个电路时 (比如在时序图中)，下面的讨论将采用 ADC1、ADC2 和 ADC3 进行指代。

### 4.1 ADC 模式

配置寄存器组中的 ADCOPT 位 (CFGAR0[6]) 和转换命令中的模式选择位 MD[1:0] 共同为 ADC 提供了 8 种操作模式，其对应于不同的过采样比 (OSR)。表 4-1 汇总了这些模式的准确度。在每种模式中，ADC 首先测量输入，然后执行每个通道的校准。模式的名称基于 ADC 测量的-3dB 带宽。

表 4-1 ADC 滤波器带宽和精度

MODE	-3dB FILTER BW	-40dB FILTER BW	TME SPEC AT 3.3V, 25°C	TME SPEC AT 3.3V, -40°C, 125°C
27kHz (Fast Mode)	27kHz	84kHz	±4.7mV	±4.7mV
14kHz	13.5kHz	42kHz	±4.7mV	±4.7mV
7kHz(NormalMode)	6.8kHz	21kHz	±1.2mV	±2.2mV
3kHz	3.4kHz	10.5kHz	±1.2mV	±2.2mV
2kHz	1.7kHz	5.3kHz	±1.2mV	±2.2mV
1kHz	845Hz	2.6kHz	±1.2mV	±2.2mV
422Hz	422Hz	1.3kHz	±1.2mV	±2.2mV
26Hz (Filtered Mode)	26Hz	82Hz	±1.2mV	±2.2mV

#### 4.1.1 标准模式 (7kHz)

在该模式中，ADC 具有高分辨率和低 TME (总测量误差)。其因为实现了速度与准确度的最优组合而被视为标准操作模式。

#### 4.1.2 快速模式 (27kHz)

在该模式中，ADC 具有最大的吞吐量，但 TME (总测量误差) 略有增加。因此这种模式也被称为快速模式。速度的提高源自于过采样比的下降。这将导致噪声和平均测量误差的增加。

#### 4.1.3 滤波模式 (26Hz)

在该模式中，通过增加 OSR 将 ADC 数字滤波器-3dB 频率降低至 26Hz。该模式由于其低的-3dB 频率的原因也被称为滤波模式。其准确度类似于具有较低噪声的 7kHz (标准) 模式。

#### 4.1.4 其他模式

14kHz, 3kHz, 2kHz, 1kHz and 422Hz 模式提供了用于将 ADC 数字滤波器-3dB 频率分别设定在 13.5kHz, 3.4kHz, 1.7kHz, 845Hz and 422Hz 的额外选项。14kHz 模式的准确度类似于 27kHz (快速) 模式。3kHz, 2kHz, 1kHz and 422Hz 模式的准确度类似于 7kHz (标准) 模式。

这些模式的转换时间列于表 4-3 和表 4-4。如果内核处于 STANDBY 状态，则需一个附加的  $t_{SETUP}$  时间以在 ADC 转换开始之前对基准进行上电。倘若配置寄存器组中的 REFON 位被设定为 1，则基准在 ADC 转换操作之间保持上电，于是内核在一个  $t_{REFUP}$  延迟之后处于 REFUP 状态。这样，后续的 ADC 命令在开始 ADC 转换之前将没有  $t_{REFUP}$  延迟。

## 4.2 ADC 范围

### 4.2.1 ADC 范围和分辨率

C 输入和 GPIO 输入具有相同的范围和分辨率。XL8818 内部的 ADC 具有一个 -2V 至 5V 的近似范围。一般情况下（不包含 ADLEAK, ADSC, CVOW），设定为单极性模式的通道，测量结果为负读数时被取整至 0V，数据的格式为 16 位无符号整数，其中 LSB 代表 100uV。因此，一个 0x80E8 (十进制为 33,000) 的读数表示一个 3.3V 的测量值。双极性模式的测量结果采用 16 位的二进制补码形式存储数据，其中 LSB 代表 200uV。

对于 ADLEAK, ADSC, CVOW 等几个结果可能为负数的命令，采用 16 位二进制补码的形式，将数据存储在电池诊断寄存器中，其中 LSB 代表 200uV。

$\Delta\Sigma$  ADC 具有与输入电压相关的量化噪声，特别是在低过采样比 (OSR) 条件下，例如：在快速模式中。在某些 ADC 模式中，当输入电压接近 ADC 范围的上限和下限时，量化噪声增加。比如：图 4-1 给出了标准模式和滤波模式中总测量噪声与输入电压的关系。

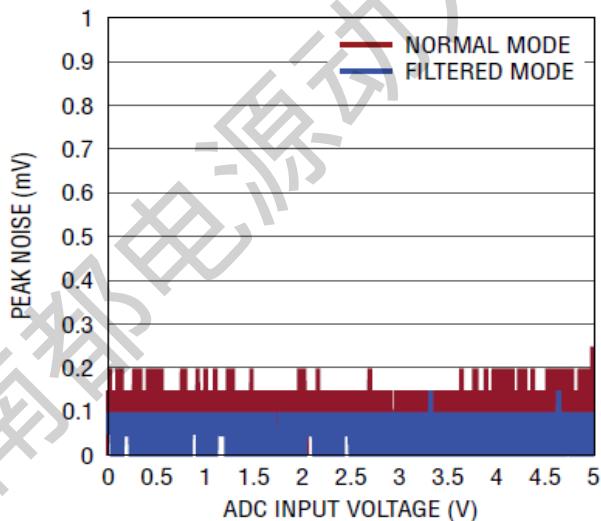


图 4-1 标准模式和滤波模式中总测量噪声与输入电压的关系

ADC 的规定范围为 0V 至 5V。在表 4-2 中，ADC 的精准范围被定义为 0.5V 至 4.5V 中的随意值。这是那种甚至在较低 OSR 模式中量化噪声都将相对恒定的范围 (见图 4-1)。表 4-2 汇总了该范围中的总噪声 (对于所有 8 种 ADC 操作模式)。另外，表中还给出了无噪声分辨率。例如：标准模式中的 14 位无噪声分辨率意味着，对于一个 DC 输入，上部的 14 个位将是无噪声的，但第 15 和 16 个最低有效位 (LSB) 将闪烁。

表 4-2 ADC 范围和分辨率

模式	满量程 <sup>1</sup>	额定范围	精度范围 <sup>2</sup>	LSB	格式	最大噪声	无噪声分辨率
27kHz (快速)	-0.8192V to 5.7344V	0V to 5V	0.5V to 4.5V	100μV	无符号 Bits	$\pm 4\text{mVP-P}$	10 Bits

14kHz				$\pm 1mVP-P$	12 Bits
7kHz (标准)				$\pm 250\mu VP-P$	14 Bits
3kHz				$\pm 150\mu VP-P$	14 Bits
2kHz				$\pm 100\mu VP-P$	15 Bits
1kHz				$\pm 100\mu VP-P$	15 Bits
422Hz				$\pm 100\mu VP-P$	15 Bits
26Hz (滤波)				$\pm 50\mu VP-P$	16 Bits

## 4.2.2 ADC 范围与电压基准

典型的  $\Delta\Sigma$  ADC 具有一个恰为电压基准值两倍的范围，而且 ADC 测量误差与电压基准中的误差成正比。XL8818 ADC 不是典型的 ADC。V<sub>REF1</sub> 的绝对值被调高或调低以补偿 ADC 中的增益误差。于是，ADC 总测量误差 (TME) 规格优于 V<sub>REF1</sub> 指标。例如：当在 7kHz (标准) 模式中测量 3.300V 时，总测量误差的 25°C 规格值为  $\pm 1.2mV$ ，而 VREF1 的 25°C 规格值则为  $3.200V \pm 100mV$ 。

## 4.3 ADC 命令

### 4.3.1 ADCV 命令

ADCV 命令用于启动电池输入 (引脚 C0 至 C18) 的测量。该命令具有用于选择测量信道数目和 ADC 模式的选项。DCP 位只能用于两通道转换，结果存储在 CV 寄存器中。见有关“命令”的章节以了解 ADCV 命令格式。

图 4-2 示出了用于测量所有 18 节电池的 ADCV 命令的时序。在接收到测量所有 18 节电池的 ADCV 命令之后，ADC1 顺序测量下部的 6 节电池，ADC2 则顺序测量中部的 6 节电池，ADC3 则顺序测量上部的 6 节电池。在电池测量完成之后，对每个通道进行校准以消除偏移误差。默认情况下，配置寄存器组 A 中的 MCAL 位设置为 0。然后，执行一次校准测量，并将其用于所有 18 个单元的结果。如果 MCAI 设置为 1，则执行 18 次校准测量，每个电池使用一个校准结果。如果 soak 功能启用，则在每个单元测量之前都有一个可编程的延迟。有关可编程 ADC 延迟的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分。

表 4-3 列出了负责测量所有 18 节电池之 ADCV 命令的转换时间。总转换时间由 t<sub>c</sub> 给出，其标示着校准过程的结束。

图 4-3 示出了仅测量三节电池的 ADCV 命令的时序。

表 4-4 罗列了仅测量三节电池的 ADCV 命令的转换时间。t<sub>c</sub> 表示该命令的总转换时间。

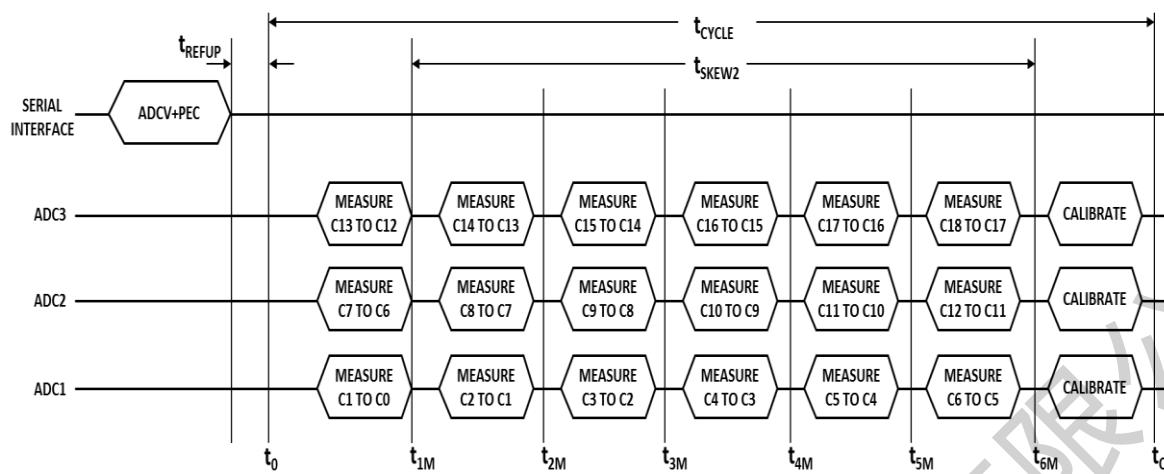


图 4-2 测量所有 18 个电池的 ADCV 命令时序

表 4-3 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

MODE	转换时间 (us)						$t_{C,MCAL=0}$	$t_{C,MCAL=1}$	同步时间 (us) ( $t_{SKEW2}$ )
	$t_0$	$t_{1M}$	$t_{2M}$	$t_{5M}$	$t_{6M}$				
27kHz	0	52	93	218	259	534	1042	208	
14kHz	0	81	152	363	434	708	1216	353	
7kHz	0	139	268	654	783	1174	2264	644	
3kHz	0	255	501	1236	1481	1872	2962	1226	
2kHz	0	488	966	2400	2878	3268	4358	2389	
1kHz	0	954	1897	4727	5670	6061	7151	4717	
422Hz	0	1885	3759	9382	11256	11646	12736	9371	
26Hz	0	29812	59613	149018	178819	182701	201245	149008	

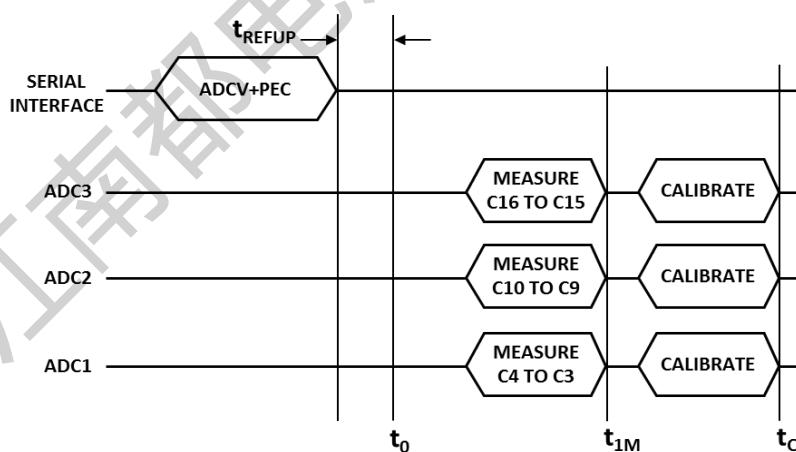


图 4-3 测量三个通道的 ADCV 命令时序

表 4-4 以不同模式测量 3 个电池的 ADCV 命令的转换时间

MODE	转换时间 (uS)		
	$t_0$	$t_{1M}$	$t_c$
27kHz	0	52	190
14kHz	0	81	219

7kHz	0	139	394
3kHz	0	255	510
2kHz	0	488	743
1kHz	0	954	1208
422Hz	0	1885	2139
26Hz	0	29812	33558

### 4.3.2 ADLEAK 命令

ADLEAK 命令用于启动对 Cx 引脚与 Sx 引脚的增量的测量。接收到该命令后，C0 到 C18 全部测量。然后，在校准期间测量相关的 Sx 引脚，并从 Cx 的测量值中减去。此命令具有选择要测量的通道数和 ADC 模式的选项。DCP 位只能用于两通道转换，并可用于在测量期间启用放电。结果存储在电池诊断寄存器组中。如果 SOAK 功能启用，则每次测量前都会有一个可编程的延迟。有关可编程 ADC 延时的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分。

图 4-4 显示了测量三个通道时 ADLEAK 命令的时序。

表 4-5 显示了测量三个通道的 ADLEAK 命令的转换时间

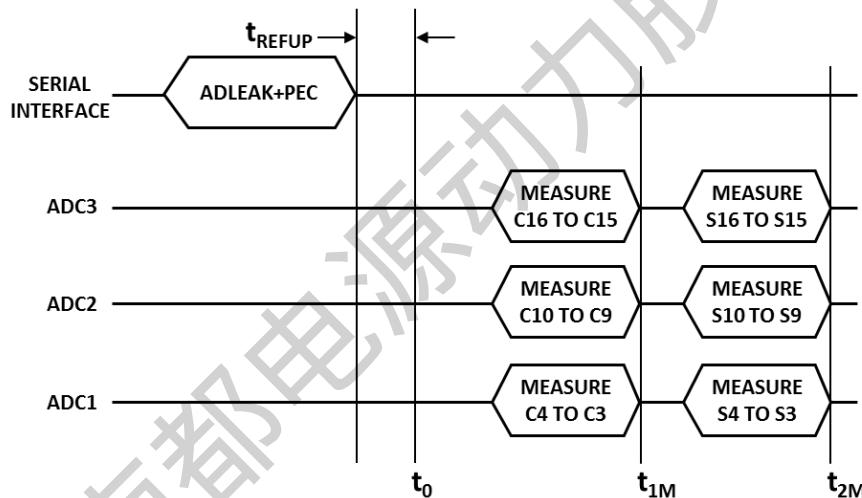


图 4-4 测量三个通道时 ADLEAK 命令的时序

表 4-5 测量三个通道的 ADLEAK 命令转换时间

MODE	转换时间 (us)		
	t <sub>0</sub>	t <sub>1M</sub>	t <sub>2M</sub>
27kHz	0	52	190
14kHz	0	81	219
7kHz	0	139	394
3kHz	0	255	510
2kHz	0	488	743
1kHz	0	954	1208
422Hz	0	1885	2139
26Hz	0	29812	33558

图 4-5 显示了测量全部 18 个通道时 ADLEAK 命令的时序

表 4-6 显示了测量全部 18 个通道的 ADLEAK 转换时间。

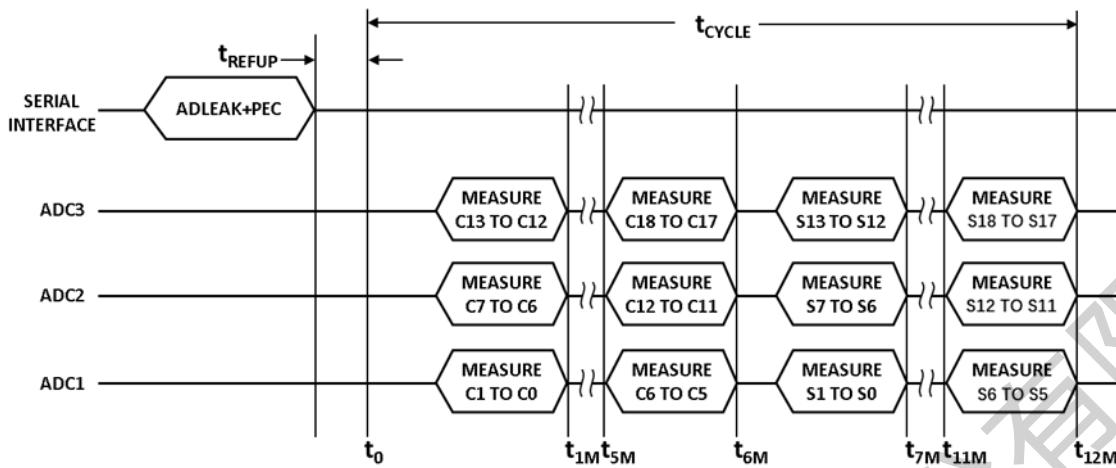


图 4-5 显示了测量全部 18 个通道时 ADLEAK 命令的时序

表 4-6 测量全部 18 个通道的 ADLEAK 命令的转换时间

MODE	转换时间 (us)								
	$t_0$	$t_{1M}$	$t_{2M}$	$t_{5M}$	$t_{6M}$	$t_{7M}$	$t_{11M}$	$t_{12M}$	
27kHz	0	52	93	218	259	398	913	1042	
14kHz	0	81	152	363	434	572	1088	1216	
7kHz	0	139	268	654	783	1038	2018	2264	
3kHz	0	255	501	1236	1481	1736	2717	2962	
2kHz	0	488	966	2400	2878	3132	4113	4358	
1kHz	0	954	1897	4727	5670	5925	6906	7151	
422Hz	0	1885	3759	9382	11256	11511	12491	12736	
26Hz	0	29812	59613	149018	178819	182565	197509	201245	

### 4.3.3 ADSC 命令

ADSC 命令启动  $S_x$  和  $C_{(x-1)}$  引脚之间的测量。此命令不允许进行全通道转换，但可以选择将两个通道连接起来。也可以使用 MD 位设置 ADC 模式。DCP 位在被测通道转换期间启用放电。结果存储在电池诊断寄存器组中。如果启动 soak 功能，则在每个单元测量之前都有可编程延迟。有关可编程 ADC 延时的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分。

ADSC 命令仅适用于  $S_x$  和  $C_{(x-1)}$  引脚之间的 2 通道转换和测量。通过测量  $C_{(x-1)}$  和  $C_{(x-1)}$  校准测量值。表 4-7 显示了测量三通道的 ADSC 命令的转换时间， $t_c$  指示此命令的总转换时间。

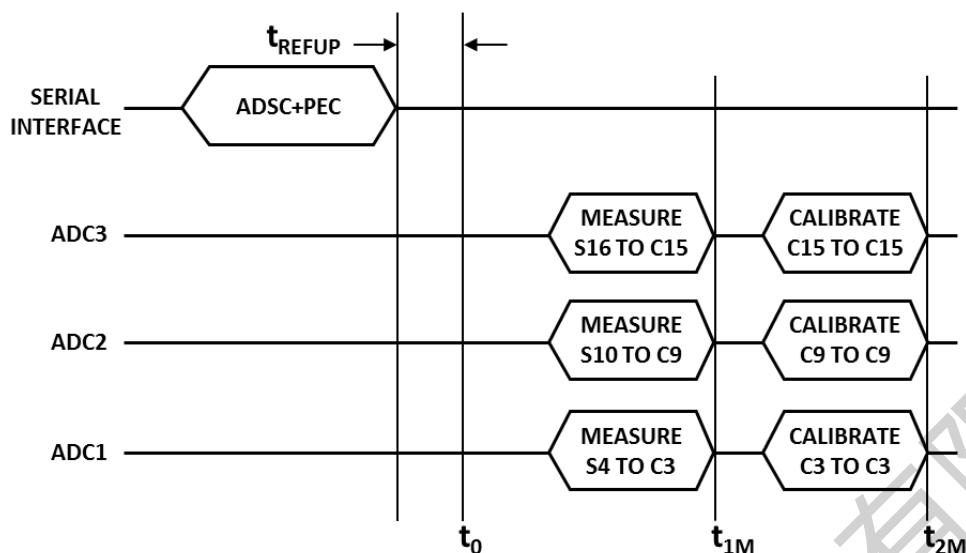


图 4-6 ADSC 测试三个通道时序图

表 4-7 ADSC 测试三个通道时间

Mode	Conversion Times ( $\mu$ s)		
	$t_0$	$t_{1M}$	$t_{2M}$
27 kHz	0	52	190
14 kHz	0	81	219
7 kHz	0	139	394
3 kHz	0	255	510
2 kHz	0	488	743
1 kHz	0	954	1208
422 Hz	0	1885	2139
26 Hz	0	29812	33558

#### 4.3.4 ADCVAX

ADCVAX 命令将 18 个电池的测量值与两个 GPIO(GPIO1 和 GPIO2)的测量值结合起来。当电流传感器连接到 GPIOx 输入时，该命令简化了电池单元电压和电流测量的同步。如果 soak 功能启用，则每次测量前都有一个可编程的延迟。有关可编程 ADC 延迟的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分。

表 4-8 显示了不同模式下 ADCVAX 命令的转换和同步时间。命令的总转换时间由 tc 给出。

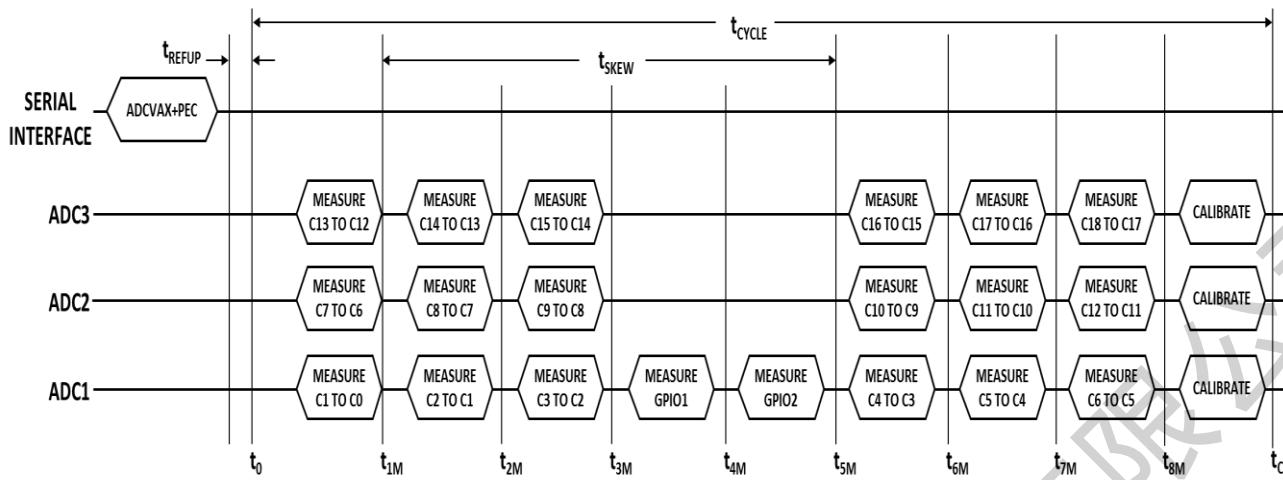


图 4 - 7 ADCVAX 命令时序图

表 4-8 不同模式下 ADCVAX 命令的转换时间及同步时间

MODE	CONVERSION TIMES ( $\mu$ s)										SYNCHRONIZATION ( $\mu$ s)( $t_{\text{SKEW}}$ )	TIME
	$t_0$	$t_{1M}$	$t_{2M}$	$t_{3M}$	$t_{4M}$	$t_{5M}$	$t_{6M}$	$t_{7M}$	$t_{8M}$	$t_C$		
27kHz	0	52	93	135	181	223	269	311	352	1392	171	
14kHz	0	81	152	222	298	368	444	514	585	1625	287	
7kHz	0	139	268	397	530	659	793	922	1050	3021	520	
3kHz	0	255	501	746	996	1241	1491	1736	1981	3952	985	
2kHz	0	488	966	1444	1927	2405	2887	3365	2843	5814	1916	
1kHz	0	954	1897	2840	3788	4732	5680	6623	7567	9538	3778	
422Hz	0	1885	3759	5633	7512	9386	11265	13140	15014	16985	7502	
26Hz	0	29812	59613	89415	119221	149023	178829	208631	238432	268330	119211	

### 4.3.5 CVOW 命令

CVOW 命令用于检测电池和 ADC 之间的开路故障。CVOW 命令启动 ADC 序列，该序列报告由于施加挤压电流而导致的所有单元的电压变化。每个 ADC 首先测量从  $C_x$  到  $C_{(x-1)}$  的单元电压，而不施加任何压缩电流。然后，极性相反的电流源连接到  $C_x$  引脚。电流源挤压电池电压，使  $C_x$  被拉低， $C_{(x-1)}$  被拉高。挤压适用于配置寄存器组中由 OWRNG 和 OWC 配置的时间。然后，当每个 ADC 再次测量从  $C_x$  到  $C_{(x-1)}$  的单元电压时，压缩继续进行。第一次测量（无挤压）和第二次测量（有挤压）之间的差值存储在电池诊断寄存器组中。配置寄存器组 A 中的 CVMIN 位提供了一个选项，用于验证电池电压的初始测量值是否高于最小阈值，以确保开路检测是可能的。

CVOW 命令在所有电池上运行，不能只设定在某两个电池之间测量。有关可编程 ADC 延迟的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分。有关使用 CVOW 检测开路  $C_x$  引脚的信息，请参阅单元开路检测部分。

如果配置寄存器组 A 中的 CVMIN 位被设置为非 0b00。然后，根据阈值对  $C_x - C_{(x-1)}$  的第一次测量进行内部检查，以验证是否有足够的电压用于开路检测。如果初始测量值小于所选阈值，则该单元的 CVOW 结果值被强制设定为 0x7FC0，一旦结果为 0x7FC0，表示电池电压低，无法检测到开路。

表 4-9 显示了不同模式下 CVOW 命令的转换和同步时间。命令的总转换时间由  $t_c$  给出。

	Conversion Time (μs)							
MODE	$t_0$	$t_{1M}$	$t_{1S}$	$t_{1D}$	$t_{6M}$	$t_{6S}$	$t_{6D}$	$t_c$
27kHz	0	52	$52 + t_{SOAK}$	$95 + t_{SOAK}$	$478 + 5 \times t_{SOAK}$	$478 + 6 \times t_{SOAK}$	$521 + 6 \times t_{SOAK}$	$539 + 6 \times t_{SOAK}$
14kHz	0	81	$81 + t_{SOAK}$	$154 + t_{SOAK}$	$795 + 5 \times t_{SOAK}$	$795 + 6 \times t_{SOAK}$	$868 + 6 \times t_{SOAK}$	$886 + 6 \times t_{SOAK}$
7kHz	0	139	$139 + t_{SOAK}$	$270 + t_{SOAK}$	$1435 + 5 \times t_{SOAK}$	$1435 + 6 \times t_{SOAK}$	$1566 + 6 \times t_{SOAK}$	$1584 + 6 \times t_{SOAK}$
3kHz	0	255	$255 + t_{SOAK}$	$503 + t_{SOAK}$	$2715 + 5 \times t_{SOAK}$	$2715 + 6 \times t_{SOAK}$	$2963 + 6 \times t_{SOAK}$	$2981 + 6 \times t_{SOAK}$
2kHz	0	488	$488 + t_{SOAK}$	$968 + t_{SOAK}$	$5275 + 5 \times t_{SOAK}$	$5275 + 6 \times t_{SOAK}$	$5755 + 6 \times t_{SOAK}$	$5773 + 6 \times t_{SOAK}$
1kHz	0	954	$954 + t_{SOAK}$	$1899 + t_{SOAK}$	$10395 + 5 \times t_{SOAK}$	$10395 + 6 \times t_{SOAK}$	$11341 + 6 \times t_{SOAK}$	$11359 + 6 \times t_{SOAK}$
422Hz	0	1885	$1885 + t_{SOAK}$	$3761 + t_{SOAK}$	$20635 + 5 \times t_{SOAK}$	$20635 + 6 \times t_{SOAK}$	$22512 + 6 \times t_{SOAK}$	$22530 + 6 \times t_{SOAK}$
26Hz	0	29812	$29812 + t_{SOAK}$	$59615 + t_{SOAK}$	$327835 + 5 \times t_{SOAK}$	$327835 + 6 \times t_{SOAK}$	$357639 + 6 \times t_{SOAK}$	$357657 + 6 \times t_{SOAK}$

表 4-10 CVMIN 阈值

CVMIN	最小电压阈值
0b00 (默认值)	无阈值, 不比较
0b01	VREF1 * 1/4 (0.8V 典型值)
0b10	VREF1 * 3/8 (1.2V 典型值)
0b11	VREF1 * 1/2 (1.6V 典型值)

图 4-8 显示为 CVOW 命令时序图

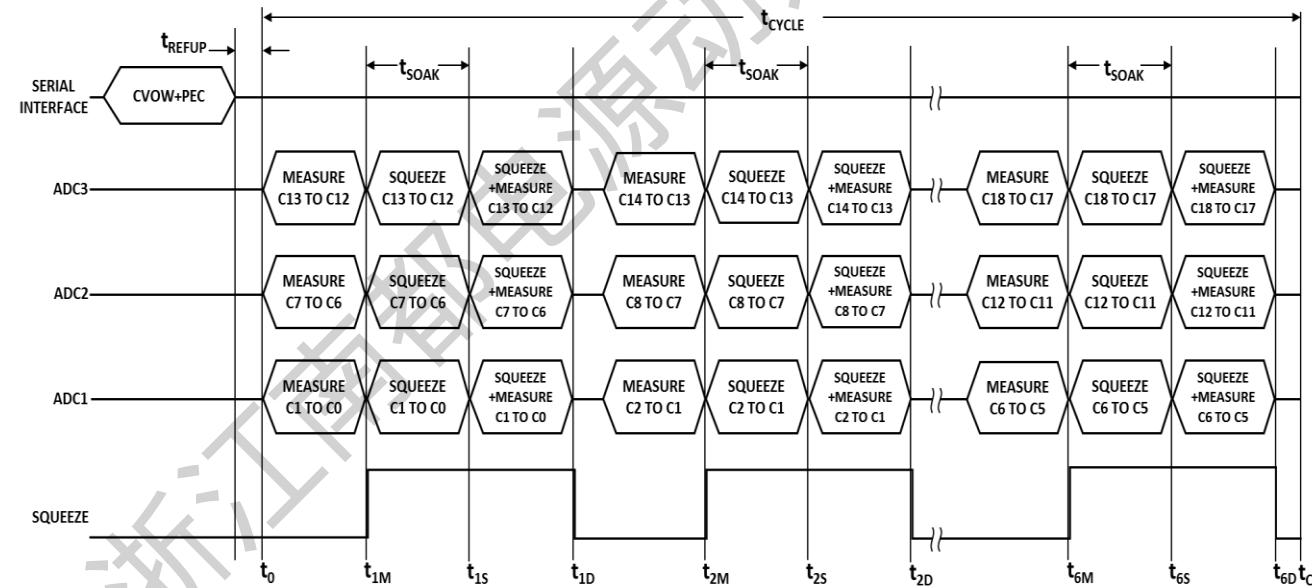


图 4-8 CVOW 命令时序图

#### 4.3.6 ADOW 命令

ADOW 命令是一个用于检测电池开路情况的传统命令。建议使用 CVOW 命令而不是 ADOW。

ADOW 命令启动单元通道从  $C_x$  到  $C_{(x-1)}$  的转换。该命令与 ADCV 命令类似，只是 ADOW 将电流源连接到测量通道，并且始终使用可编程的 soak 时间，而不管配置寄存器组 A 中的 soakon 位如何配置。相反极性的电流源连接到  $C_x$  引脚，以检查开路。

STR 位控制电流源是挤压还是拉伸电池电压。结果存储在电池电压寄存器组中。有关可编程 ADC 延迟的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分

图 4-9 显示了测量 18 个通道时 ADOW 命令的时序。表 4-11 显示了测量所有 18 个通道的 ADOW 命令的时间。

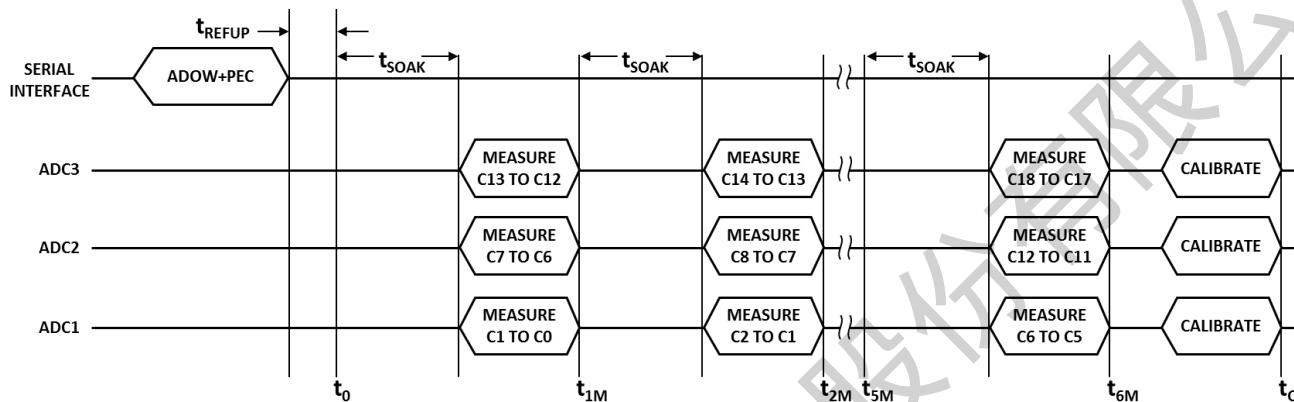


图 4-9 测量 18 个通道时 ADOW 命令的时序

表 4-11 测量所有 18 个通道的 ADOW 命令的时间

Mode	Conversion Time (μs)						
	0	t <sub>1M</sub>	t <sub>2M</sub>	t <sub>5M</sub>	t <sub>6M</sub>	t <sub>C,MCAL = 0</sub>	t <sub>C,MCAL = 1</sub>
27 kHz	0	52 + t <sub>SOAK</sub>	93 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	218 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	259 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	534 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	1042 + 6 × t <sub>SOAK</sub>
14 kHz	0	81 + t <sub>SOAK</sub>	152 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	363 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	434 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	708 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	1216 + 6 × t <sub>SOAK</sub>
7 kHz	0	139 + t <sub>SOAK</sub>	268 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	654 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	783 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	1174 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	2264 + 6 × t <sub>SOAK</sub>
3 kHz	0	255 + t <sub>SOAK</sub>	501 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	1236 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	1481 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	1872 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	2962 + 6 × t <sub>SOAK</sub>
2 kHz	0	488 + t <sub>SOAK</sub>	966 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	2400 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	2878 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	3268 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	4358 + 6 × t <sub>SOAK</sub>
1 kHz	0	954 + t <sub>SOAK</sub>	1897 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	4727 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	5670 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	6051 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	7151 + 6 × t <sub>SOAK</sub>
422Hz	0	1885 + t <sub>SOAK</sub>	3759 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	9382 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	11256 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	11646 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	12736 + 6 × t <sub>SOAK</sub>
26Hz	0	29812 + t <sub>SOAK</sub>	59613 + 2 × t <sub>SOAK</sub>	149018 + 5 × t <sub>SOAK</sub>	178819 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	182701 + 6 × t <sub>SOAK</sub>	201245 + 6 × t <sub>SOAK</sub>

图 4-10 显示了测量 3 个通道时 ADOW 命令的时序，表 4-12 还显示了测量三个通道时 ADOW 命令的转换时间。 $t_c$  表示此命令的总转换时间。

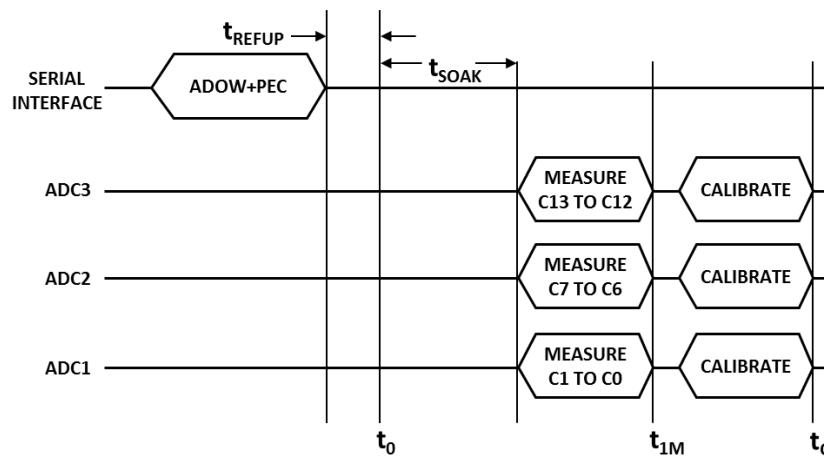


图 4-10 测量 3 个通道时 ADOW 命令的时序

表 4-12 测量三个通道时 ADOW 命令的转换时间

Mode	Conversion Time (μs)		
	$t_0$	$t_{1M}$	$t_c$
27 kHz	0	$52 + t_{SOAK}$	$190 + t_{SOAK}$
14 kHz	0	$81 + t_{SOAK}$	$219 + t_{SOAK}$
7 kHz	0	$139 + t_{SOAK}$	$394 + t_{SOAK}$
3 kHz	0	$255 + t_{SOAK}$	$510 + t_{SOAK}$
2 kHz	0	$488 + t_{SOAK}$	$743 + t_{SOAK}$
1 kHz	0	$954 + t_{SOAK}$	$1208 + t_{SOAK}$
422 Hz	0	$1885 + t_{SOAK}$	$2139 + t_{SOAK}$
26 Hz	0	$29812 + t_{SOAK}$	$33558 + t_{SOAK}$

### 4.3.7 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-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。

如果启用 soak 功能，则在每次 GPIO 测量之前都有一个可编程延迟。有关可编程 ADC 延迟的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分。

图 4-11 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 和 GPIO6 之间测量。

表 4-13 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。 $t_c$  表示总转换时间。ADAX 测量单个辅助设备的时间与 ADCV 测量单个电池的时间相同。

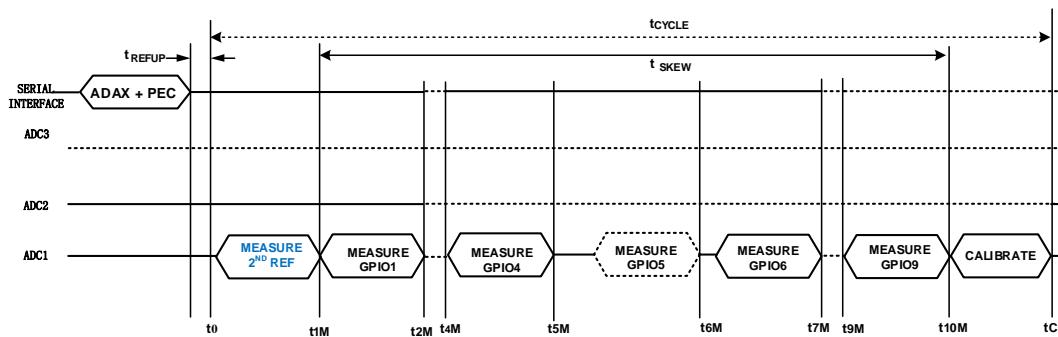


图 4 -11 ADAX 命令测量所有 9 个 GPIO 和第二基准电压的时序

表 4-13 ADAX 命令测量所有 9 个 GPIO 和第二基准电压的转换时间

MODE	Conversion Time (μs)								
	t <sub>0</sub>	t <sub>1M</sub>	t <sub>2M</sub>	t <sub>9M</sub>	t <sub>10M</sub>	t <sub>C,MCAL=0</sub>	t <sub>C,MCAL=1</sub>	t <sub>SKew</sub>	
27kHz	0	52	93	384	425	700	1723	374	
14kHz	0	81	152	646	716	991	2014	635	
7kHz	0	139	268	1169	1298	1689	3759	1159	
3kHz	0	255	501	2217	2462	2852	4923	2206	
2kHz	0	488	966	4311	4789	5180	7250	4301	
1kHz	0	954	1897	8500	9444	9834	11905	8490	
422Hz	0	1885	3759	16878	18753	19143	21214	16868	
26Hz	0	29812	59613	268224	298025	301907	335396	268214	

#### 4.3.8 AXOW 命令

AXOW 命令启动辅助通道从 GPIOx 到 VM 的转换。该命令与 ADAX 命令类似，只是 AXOW 将电流源连接到测量通道，并且始终使用可编程的 soak 时间，而不管配置寄存器组 A 中的 soakon 位值的配置。电流源连接到辅助引脚以检查导线是否开路。PUP 位控制电流源是向上还是向下拉动引脚。结果存储在辅助寄存器组中。有关可编程 ADC 延迟的更多信息，请参阅 ADC 可编程延迟部分。

图 4 -12 显示了测量所有辅助通道的 AXOW 命令的时序，表 4-14 还显示了测量所有辅助通道的 AXOW 命令的转换时间。t<sub>c</sub> 表示此命令的总转换时间。

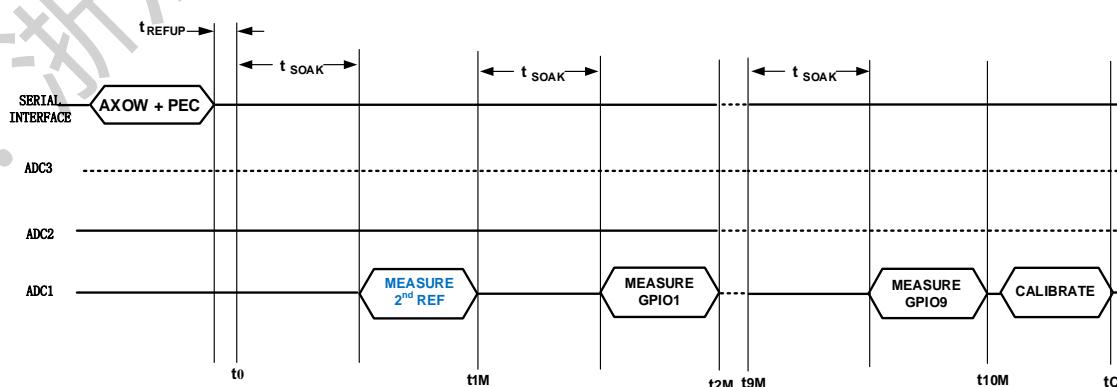


图 4 -12 测量所有辅助通道的 AXOW 命令的时序

表 4-14 AXOW 命令的转换时间及同步时间

Conversion Time (μs)							
MODE	t <sub>0</sub>	t <sub>1M</sub>	t <sub>2M</sub>	t <sub>9M</sub>	t <sub>10M</sub>	t <sub>C,MCAL=0</sub>	t <sub>C,MCAL=1</sub>
27kHz	0	52+ t <sub>SOAK</sub>	93+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	384+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	425+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	700+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	1723+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
14kHz	0	81+ t <sub>SOAK</sub>	152+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	646+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	716+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	991+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	2014+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
7kHz	0	139+ t <sub>SOAK</sub>	268+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	1169+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	1298+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	1689+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	3759+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
3kHz	0	255+ t <sub>SOAK</sub>	501+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	2217+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	2462+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	2852+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	4923+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
2kHz	0	488+ t <sub>SOAK</sub>	966+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	4311+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	4789+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	5180+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	7250+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
1kHz	0	954+ t <sub>SOAK</sub>	1897+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	8500+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	9444+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	9834+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	11905+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
422Hz	0	1885+ t <sub>SOAK</sub>	3759+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	16878+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	18753+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	19143+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	21214+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
26Hz	0	29812+ t <sub>SOAK</sub>	59613+ 2 × t <sub>SOAK</sub>	268224+ 9 × t <sub>SOAK</sub>	298025+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	301907+ 10 × t <sub>SOAK</sub>	335396+ 10 × t <sub>SOAK</sub>
							29812+ t <sub>SOAK</sub>

图 4-13 显示了测量一个通道的 AXOW 命令的时序。表 4-15 还显示了测量一个通道的 AXOW 命令的转换时间。 $t_c$  表示此命令的总转换时间。

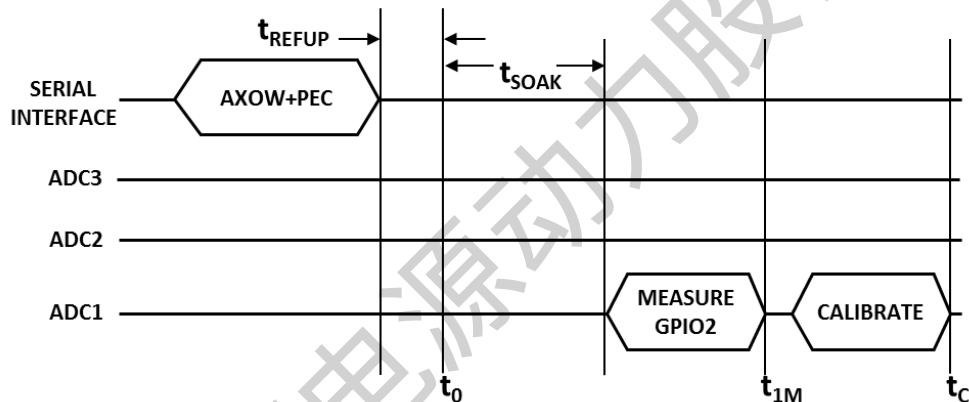


图 4-43 测量一个通道的 AXOW 命令的时序

表 4-15 测量一个通道的 AXOW 命令的转换时间

Mode	Conversion Time (μs)		
	t <sub>0</sub>	t <sub>1M</sub>	t <sub>C</sub>
27 kHz	0	52+ t <sub>SOAK</sub>	190+ t <sub>SOAK</sub>
14 kHz	0	81+ t <sub>SOAK</sub>	219+ t <sub>SOAK</sub>
7 kHz	0	139+ t <sub>SOAK</sub>	394+ t <sub>SOAK</sub>
3 kHz	0	255+ t <sub>SOAK</sub>	510+ t <sub>SOAK</sub>
2 kHz	0	488+ t <sub>SOAK</sub>	743+ t <sub>SOAK</sub>
1 kHz	0	954+ t <sub>SOAK</sub>	1208+ t <sub>SOAK</sub>
422 Hz	0	1885+ t <sub>SOAK</sub>	2139+ t <sub>SOAK</sub>
26 Hz	0	29812+ t <sub>SOAK</sub>	33558+ t <sub>SOAK</sub>

### 4.3.9 ADSTAT 命令

ADSTAT 命令是一个诊断命令，用于测量以下内部设备参数：所有电池电压的总和（SC）、芯片内部温度（ITMP）、模拟电源（VA）和数字电源（VD）。该命令可以选择 ADC 滤波器模式和要测量的单个参数，也可以选择测量所有参数。这些参数将在下一节中介绍。上述八种 ADC 模式均可用于这些转换。有关 ADSTAT 命令格式，请参阅“命令”部分。

图 4-14 ADSTAT 命令测量所有四个内部设备参数的时间。

表 4-16 显示了测量所有四个内部参数的 ADSTAT 命令的转换时间。 $t_c$  表示 ADSTAT 命令的总转换时间。当执行 ADSTAT 测量所有四个内部参数时，无论 MCAL 如何，XL8818 始终执行四个校准周期。

ADSTAT 测量单个状态参数的计时与 ADCV 测量单个单元的计时相同。

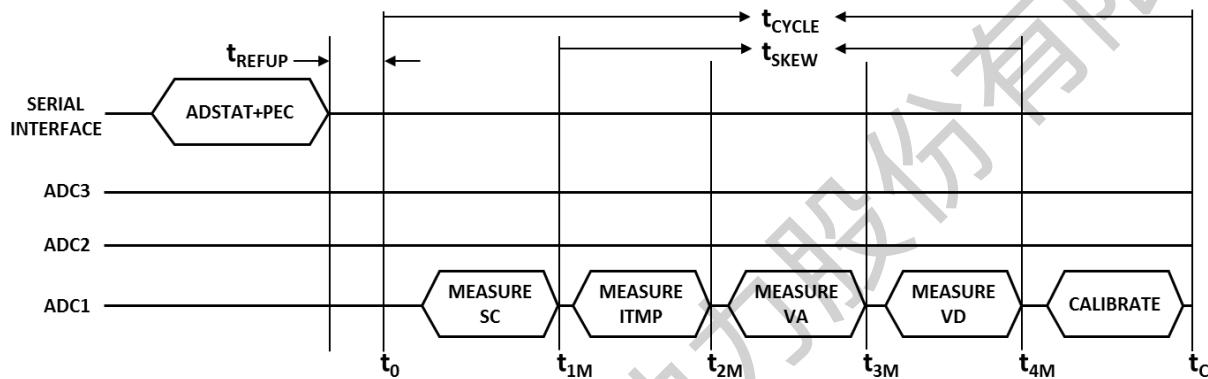


图 4-14 ADSTAT 命令测量所有四个内部设备时序

表 4-16 ADSTAT 命令测量所有四个内部设备参数的时间

Mode	Conversion Time (μs)						Synchronization Time (μs) (tSKew)
	t0	t1M	t2M	t3M	t4M	tC, MCAL = 1 or 0	
27 kHz	0	52	93	135	176	701	125
14 kHz	0	81	152	222	293	818	212
7 kHz	0	139	268	397	525	1516	386
3 kHz	0	255	501	746	991	1981	735
2 kHz	0	488	966	1444	1922	2912	1434
1 kHz	0	954	1897	2840	3784	4774	2830
422 Hz	0	1885	3759	5633	7507	8498	5623
26 Hz	0	29812	59613	89415	119216	134170	89405

### 4.3.10 ADCVSC 命令

ADCVSC 命令组合测量 18 节电池电压和电池组总电压（SC）。该命令简化了单节电池电压和电池组电压的同步测试。图 4-15 为该命令的时序图。命令格式参见命令章节。快速模式下，单节电池和电池组总电压同步测量时间差  $t_{SKew}$  小于 159us。表 4-17 为该命令在各种模式下同步测量时间差和转换时间。 $t_c$  为命令总的转换时间。

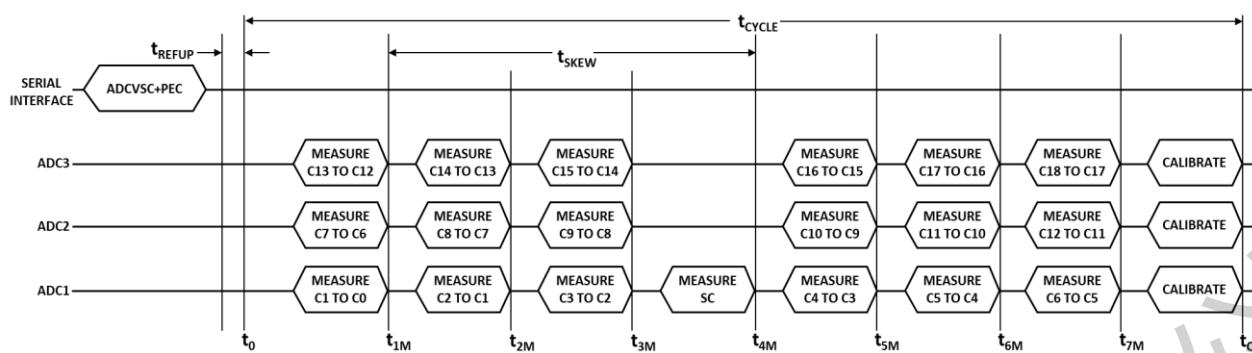


图 4-15 ADCVSC 命令时序图

表 4-17 不同模式下 ADCVSC 命令的转换时间及同步时间

	CONVERSION TIMES (in $\mu$ s)									SYNCHRONIZATION TIME (in $\mu$ s)
MODE	$t_0$	$t_{1M}$	$t_{2M}$	$t_{3M}$	$t_{4M}$	$t_{5M}$	$t_{6M}$	$t_{7M}$	$t_c$	$t_{SKEW}$
27kHz	0	52	93	135	181	223	269	311	1180	129
14kHz	0	81	152	222	298	368	444	514	1355	217
7kHz	0	139	268	397	530	659	793	922	2518	391
3kHz	0	255	501	746	996	1241	1491	1736	3217	740
2kHz	0	488	966	1444	1927	2405	2887	3365	4613	1438
1kHz	0	954	1897	2840	3788	4732	5680	6623	7406	2835
422Hz	0	1885	3759	5633	7512	9386	11265	13140	12991	5628
26Hz	0	29812	59613	89415	119221	149023	178829	208631	204991	89409

### 4.3.11 ADOL 命令

ADOL 命令同时用 ADC1 和 ADC2 测量第 7 节电池，同时用 ADC2 和 ADC3 测量第 13 节电池。主机可以将两个 ADC 的结果相互比较，以诊断测量可能出现的故障。ADC1 和 ADC2 测量第 7 节电池时，来自 ADC1 的结果放在电池电压寄存器组 G 中 ADOL1 中，而 ADC2 的结果放在电池电压寄存器组 C 中第 7 节电池测量结果常规存放位置。ADC2 和 ADC3 测量第 13 节电池时，来自 ADC2 结果放在电池电压寄存器组 G 中 ADOL2 中，而 ADC3 的结果放在电池电压寄存器组 E 中第 13 节电池测量结果常规存放位置。命令格式见命令章节。图 4 -16 为 ADOL 命令时序图。表 4-18 为该命令在各种模式下的转换时间。 $t_{1C}$ 、 $t_{2C}$  为命令总转换时间。

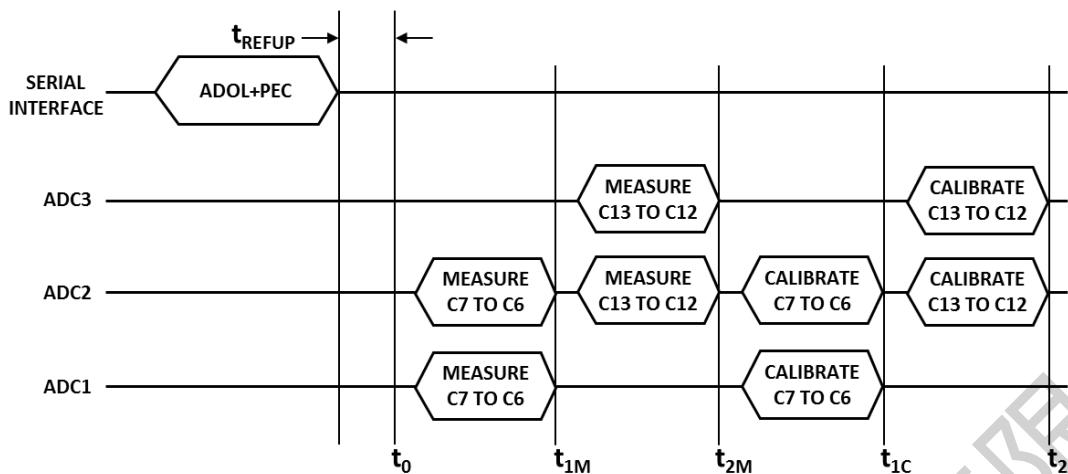


图 4 - 56 ADOL 命令时序图

表 4-18 ADOL 命令的转换时间

	CONVERSION TIMES (in $\mu$ s)			
MODE	$t_0$	$t_{1M}$	$t_{2M}$	$t_{2C}$
27kHz	0	52	93	361
14kHz	0	81	152	419
7kHz	0	139	268	768
3kHz	0	255	501	1001
2kHz	0	488	966	1466
1kHz	0	954	1897	2397
422Hz	0	1885	3759	4259
26Hz	0	29812	59613	67095

### 4.3.12 DIAGN 命令

诊断命令 DIAGN 负责确保每个多路复用器通道的正确运作。该命令循环通过所有的通道，并在有任何通道译码器发生故障的情况下在状态寄存器组 B 中将 MUXFAIL 位设定为 1。如果通道译码器通过了测试，则 MUXFAIL 位被设定为 0。另外，在上电 (POR) 时或一个 CLRSTAT 命令之后，MUXFAIL 位也被设定为 1。

DIAGN 命令需要大约 400us (假如内核处于 REFUP 状态) 和大约 4.5ms (假如内核处于 STANDBY 状态) 的时间完成。在“轮询方法”部分中描述的轮询法可用于确定 DIAGN 命令的完成。

### 4.3.13 欠压过压监测

当使用 ADCV、ADOW、ADCVAX 或 ADCVSC 命令以及在 CVPG 命令期间测量 Cx 输入时，将结果与存储在内存中的欠压和过压阈值进行比较。如果一个电池的读数高于过电压极限，则存储器中的一位被设置为标志。同样，低于欠压极限的测量结果会导致设置标志。过压和欠压阈值存储在配置寄存器组 C 中。标志存储在状态寄存器组 C 中。如果断言配置寄存器组 A 中的 DTEN，则欠压标志选通 PWM 放电功能。如果设置了欠压标志位，则各单元的 PWM 放电被禁用。

当使用 ADAX、ADCVAX 命令以及在 AXPG 命令期间测量 GPIOx 时，将结果与存储配置寄存器组 D 中的欠压和过压阈值进行比较。



### 4.3.14 ADC 可编程延迟

XL8818 ADC 测量命令允许转换开始前的可编程延迟。当使用大型 RC 滤波器且需要额外时间对滤波器电容器放电时，此功能对于开路命令非常有用。在开路 ADC 命令 (ADOW、CVOW 和 AXOW) 期间始终启用可编程延迟。通过将 CFGAR3 寄存器中的 SOAKON 位设置为 1，可选择在其他一些 ADC 命令 (ADCV、ADOL、ADLEAK、ADSC、ADAX、ADCVSC) 期间启用可编程延迟。延迟时间的范围由 OWRNG 位控制。延迟时间由 OWA 位 (用于辅助通道) 或 OWC 位 (用于 Cx 引脚和 Sx 引脚相关通道) 设置。对于 OWC 和 OWA，都有两个延迟时间范围。将 OWRNG 设置为 0 选择低范围延迟，将 OWRNG 设置为 1 选择高范围延迟。

可编程的 soak 时间可通过以下方程式确定：

- 对于 Cx 引脚或 Sx 引脚命令，如果 OWRNG=0，则  
$$\text{soak time} = 2^{(5 + \text{OWC}[2:0])} / 3.3 \text{ MHz} \rightarrow (9.7 \mu\text{s} - 1.24 \text{ ms})$$
- 对于 Cx 引脚或 Sx 引脚命令，如果 OWRNG=1，则  
$$\text{soak time} = 2^{(11 + \text{OWC}[2:0])} / 3.3 \text{ MHz} \rightarrow (620 \mu\text{s} - 79 \text{ ms})$$
- 对于辅助测量命令，如果 OWRNG=0，则  
$$\text{soak time} = 2^{(17 + \text{OWC}[2:0])} / 3.3 \text{ MHz} \rightarrow (38 \mu\text{s} - 4.96 \text{ ms})$$
- 对于辅助测量命令，如果 OWRNG=1，则  
$$\text{soak time} = 2^{(12 + \text{OWC}[2:0])} / 3.3 \text{ MHz} \rightarrow (1.2 \text{ ms} - 159 \text{ ms})$$

图 4-10 显示了可编程 soak 延迟如何被纳入 ADOW 转换中。

### 4.3.15 ADC 极性控制

XL8818 内置 ADC1, ADC2, ADC3 都具备单极和双极模式，每个电池都可以自由配置电压极性。由配置寄存器组 D 里的控制位 (CFGDR5 的位 1 和位 0, CFGDR4 的位 7 到位 0, CFGDR3 的位 7 到位 0, 分别控制电池通道 18 到电池通道 1) 来设置。默认为 0，单极模式，ADC 输入范围为 0V 到 5V。该位设置为 1，双极模式，ADC 输入范围为 -2.5V 到 2.5V。用户可根据 ADC 命令中配置的通道，选择 ADC 转换时的极性。选择双极模式的通道测量结果，以二进制补码形式存储。

## 4.4 诊断特征

### 4.4.1 电池测量结果的总和 (SC)

电池测量结果的总和：所有电池测量结果的总和是 C18 和 C0 之间的电压 (具有一个 30:1 的衰减)。电池测量结果总和 (SOC) 的 16 位 ADC 值存储在状态寄存器组 A 当中。利用 SOC 值，可由下式得出所有电池电压测量结果之和：

$$\text{所有电池之和} = \text{SOC} \cdot 30 \cdot 100\mu\text{V}$$

### 4.4.2 内部芯片温度 (ITMP)



内部芯片温度：ADSTAT 命令能够测量内部芯片温度。芯片温度测量结果 (ITMP) 的 16 位 ADC 值存储在状态寄存器组 A 中。根据 ITMP 可利用下式计算出实际的芯片温度：

$$\text{内部芯片温度 } (\text{°C}) = (\text{ITMP}) \cdot (100\mu\text{V}/7.5\text{mV})^{\circ}\text{C} - 260^{\circ}\text{C}$$

#### 4.4.3 电源测量 (VREG/VREGD)

电源测量：ADSTAT 命令还用于测量模拟电源 (VREG) 和数字电源 (VREGD)。

模拟电源测量结果 (VA) 的 16 位 ADC 值存储在状态寄存器组 A 中。数字电源测量结果 (VD) 的 16 位 ADC 值存储在状态寄存器组 B 中。利用 VA 和 VD 可由下式求出电源测量结果：

$$\text{模拟电源测量 (VREG)} = \text{VA} \cdot 100\mu\text{V}$$

$$\text{数字电源测量 (VREGD)} = \text{VD} \cdot 100\mu\text{V}$$

VREG 的标称范围为 4.5V 至 5.5V。VREGD 的标称范围为 2.7V 至 3.6V。

#### 4.4.4 具有数字冗余的 ADC 转换

XL8818 具有第三个用于冗余的数字后处理路径。此路径复制 ADC1 或 ADC2 或 ADC3 后处理过程。所有 ADC 和自检命令都有冗余。对于主计算，冗余后处理计算的时钟延迟值为 1，以便能够检测瞬时共因故障。然后，对冗余计算和主要计算的最终结果进行比较。如果检测到任何结果位不匹配，则会存储一个数字冗余故障码来代替 ADC 结果

对于 ADLEAK、ADSC 和 CVOW ADC 命令，其在电池诊断寄存器组中产生二进制补码结果，数字冗余故障代码为 0x7FAX。该值是可检测的，因为它不在 0x9000 到 0x6FFF 的正常二进制补码结果范围内。对于在电池电压、辅助和状态寄存器组中产生无符号结果的所有其他 ADC 命令，数字冗余故障代码为 0xFF0X。此值是可检测的，因为它超出了 0x0000 到 0XFFFF 的正常无符号结果范围。

当出现不匹配时，数字冗余故障代码 0x7FAX 或者 0xFF0X 的最后四位指示结果值的那个半字节不匹配。此外，状态寄存器组 B 中的 REDFAIL 位被断言。使用表 4-19 确定故障位置

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，XL8818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A中的PS位[1:0]来选择ADC冗余路径。

表 4-20 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 A 中的 FDRF 位，该位将迫使数字冗余比较在随后的 ADC 转换期间失败。

XL8818 具有测试数字冗余测试是否有效的功能。通过在被测数字块的输出端注入故障，并确认其未通过与冗余数字滤波器块的比较测试来执行该测试。要执行此测试，请将标志位 FLAG\_D[5]（在配置寄存器组 A 中）设置为 1。然后，在任何后续 ADC 命令期间，PS 根据表 4-20 选择的相应结果被设置为 0x7FAF 或 0xFF0F 的不匹配值。如果诊断正在执行，则在正常操作期间，必须往标志位 FLAG\_D[5]写入 0 以不影响 ADC 操作。

表 4-19 数字冗余故障位位置指示

结果	指示
0b0XXX	位15到位12中未检测到故障
0b1XXX	位15到位12中检测到故障
0bX0XX	位11到位8中未检测到故障
0bX1XX	位11到位8中检测到故障
0bXX0X	位7到位4中未检测到故障
0bXX1X	位7到位4中检测到故障



0bXXX0	位3到位0中未检测到故障	
0bXXX1	位3到位0中检测到故障	

表 4-20 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 <sup>1</sup>
电池13 (ADOL)	ADC2	电池13	ADC1	N/A <sup>1</sup>	ADC2	电池13	ADC3	电池13
GPIO[n]	ADC1	GPIO[n]	ADC1	GPIO[n]	ADC2	N/A <sup>1</sup>	ADC3	N/A <sup>1</sup>
第二基准电压	ADC1	第二基准电压	ADC1	第二基准电压	ADC2	N/A <sup>1</sup>	ADC3	N/A <sup>1</sup>
SC	ADC1	SC	ADC1	SC	ADC2	N/A <sup>1</sup>	ADC3	N/A <sup>1</sup>
ITMP	ADC1	ITMP	ADC1	ITMP	ADC2	N/A <sup>1</sup>	ADC3	N/A <sup>1</sup>
VA	ADC1	VA	ADC1	VA	ADC2	N/A <sup>1</sup>	ADC3	N/A <sup>1</sup>
VD	ADC1	VD	ADC1	VD	ADC2	N/A <sup>1</sup>	ADC3	N/A <sup>1</sup>

<sup>1</sup>N/A表示不适用。

#### 4.4.5 带冗余的 ADC 转换控制器

XL8818 包含一个冗余 ADC 控制器，用于在 ADC 转换和 DIAGN 命令期间检查主 ADC 控制器的操作。测试在每个 ADC 测量周期中运行，结果写入 STBR3 寄存器中的 REDFAIL 位。冗余 ADC 控制器检查是否使用了正确的 OSR，数据是否从数字滤波器正确反序列化，以及所有电池数据是否放置在正确的寄存器中。如果 REDFAIL 位被置位，则只能通过 CLRFLAG 命令清除该位。

#### 4.4.6 ADC 转换振荡器验证

ADC 由 3.3MHz 时钟驱动。该时钟设置滤波器时钟并影响 ADC 噪声。ADC 时钟故障会增加测量噪声并降低测量精度，从而导致问题。XL8818 包括用于评估 ADC 时钟性能的自动诊断。在 ADC 转换和 DIAGN 命令期间，将 ADC 时钟与独立的 8 kHz 时钟进行比较，以确定精度。在任意 ADC 转换期间，在 8 kHz 时钟的每半个周期内，使用 3.3 MHz ADC 时钟对其进行计数，如果时钟计数不在预期范围内，则设置 OSCCHK 标志。理想的目标计数为  $3.3 \text{ MHz} / (8.192 \text{ kHz}) / 4 = 101$  计数。如果时钟计数不在目标值的 15% 范围内（86 到 117 次计数），则置位 OSCCHK 标志。8 位计数值可用作状态寄存器组 B 中的 OC\_CNTR。该寄存器反映最接近比较窗口的结果，除非检测到超出范围的情况，超出范围的情况下，寄存器反映该故障值。置位 OSCCHK 标志后，标志、计数器值和不匹配检测逻辑只能通过 CLRFLAG 命令清除并重新启动。

XL8818 能够验证振荡器失配逻辑是否正常工作，并能够检测故障。在正常运行期间，不能改变振荡器频率。因此，诊断是通过调整计数器的两个 LSB 的重量，从而更改诊断的有效分割比。要验证振荡器诊断是否可以检测到缓慢的 ADC 振荡器，请将标志位 FLAG\_D[1:0]设置为 0b10，然后发出任何 ADC 转换命令。命令完成后，检查 OSCCHK 位是否由诊断功能设置，OC\_CNTR 读数是否超出范围下限。要验证振荡器诊断是否可以检测到快速振荡器，请将标志 FLAG\_D[0]设置为 1，并发出任意 ADC 转换命令。转换完成后，检查 OSCCHK 位是否已置位，OC CNTR 读数是否超出范围上限。对于正常操作，始终清除标志 FLAG\_D[1:0]。



表 4-21 振荡器失配诊断

FLAG_D[1:0]	诊断	理想寄存器值
00	正常	101(正常)
x1	快	200% × 正常值
10	慢	66% × 正常值

#### 4.4.7 模数转换多路复用电荷泵验证

ADC MUX 采用电荷泵偏置。电荷泵是提供足够栅极驱动所必需的。监视器电路验证 ADC MUX 电荷泵电路是否正常工作，还验证 V+电源是否低于 C18。监视器电路在 ADC 转换和 DIAGN 命令期间自动检查电荷泵电路。测试结果显示在状态寄存器组 B 的 CPCHK 位上。设置 CPCHK 位后，只能使用 CLRFLAG 命令清除。

XL8818 能够验证 MUX 电荷泵自检是否正确。标志位 FLAG\_D[2]和标志位 FLAG\_D[3]（在配置寄存器组 A 中）可分别设置为 1 和 0，以在多路复用电荷泵电路中产生故障。当标志 FLAG\_D[2]和标志位 FLAG\_D[3]分别设置为 1 和 0 时，相应地，必须发出 ADAX 命令，诊断失败，并且必须在状态寄存器组 B 中设置 CPCHK 标志位。在正常操作期间，标志 FLAG\_D[3]位必须设置为 0。

#### 4.4.8 使用 V<sub>REF2</sub> 进行 ADC1 和 V<sub>REF1</sub> 操作检查

测量独立的参考电压是验证数据采集系统准确性的最佳方法。为此，XL8818 包含第二参考电压。ADAX 命令启动第二个参考的测量。这些结果放在辅助寄存器组 A 中。结果范围取决于 ADC1 测量精度和第二参考电压的精度，包括热滞后和长期漂移。超出 2.993 V 至 3.007V 范围的读数表明系统超出规定耐压。

#### 4.4.9 重叠测量

ADOL 指令同时使用 ADC1 和 ADC2 测量第 7 节电池，同时使用 ADC2 和 ADC3 测量第 13 节电池。主机可以相互比较同一节电池的两个 ADC 的结果，通过不一致性查找可能的故障。ADC2 和 ADC1 的结果被置于电压寄存器组 G 中。差值过大表示调制器或数字滤波器存在故障。用两条独立的路径测量同一个单元。主机比较结果，验证两条路径是否正常工作。此操作验证从单元输入到输出的完整信号链。

#### 4.4.10 内存验证

XL8818 包括一组诊断程序，用于验证每个 ADC 结果寄存器的内存。该诊断可用于检查卡滞位和伪装故障。CVPG、CDPG、AXPG 和 STATPG 命令可快速向相关内存寄存器的每一行输出唯一的模式。每个内存寄存器的唯一模式值是根据所选 ADC 通道、内存地址和 ADC 模式（OSR）生成的。对于每个命令，通过将 PG 位设置为 01 来生成标称模式。或者，通过将 PG 位设置为 10 来生成逆模式。系统执行并检查标称和反向模式测试，并将回读值与预期结果进行比较，以确定是否发生故障。

#### 4.4.11 校准器欠压过压监控

XL8818 包括用于内部电源 V<sub>REG</sub> 和 V<sub>REGD</sub> 的闭锁欠压和过压比较器。比较器是模拟的，有一个独立的参考来设置阈值。比较器检查电源是否保持在安全工作范围内。在 ADC 命令和 DIAGN 命令期间，比较器输出状态到状态寄存器组 B 中更新标志位。在该寄存器中设置欠压或过压故障标志位后，故障位不会清除，直到发送带有相应数据字段的 CLRFLAG 命令。



XL8818 能够测试欠压和过压比较器，并检查它们是否能够检测欠压和过压情况。XL8818 可以向输入信号添加偏移量，以强制 VREG 和 VREGD 窗口比较器出现欠压和过压情况。要运行比较器，请将标志位 FLAG\_D[2] 设置为 1，然后强制执行欠压故障。要强制发生欠压故障，请设置标志位 FLAG\_D[3] 为 0 并执行任意 ADC 转换以运行比较器诊断。要强制出现过压故障，请将标志位 FLAG\_D[3] 设置为 1，然后执行任意 ADC 转换以运行比较器诊断。在状态寄存器组 B 中置位调节器欠压和过压位后，故障位不会清除，直到发送带有适当数据字段的 CLRFAG 命令。

#### 4.4.12 电池开路检测

CVOW 命令检查 XL8818 的 ADC 和外部电池之间是否存在任何开路。此命令在 Cx 引脚上执行 ADC 转换，以确定当电流源挤压电池电压时，有多少电池电压会发生变化。

测量初始电池电压，然后两个内部电流源从 Cx 吸收电流，向 C (x-1) 提供电流。在 Cx 与 C (x-1) 中施加挤压，挤压时长为 tSOAK，再次测量。两次测量值之间的差值存储在电池诊断寄存器组中。测量电压差的能力使系统能够检测多条开路感测导线。当使用大型输入电容器时，可使用配置寄存器组 A 中的 OWRNG 和 OWC 位调整 tSOAK 时间，以测试其功能。配置寄存器组 A 中的 CVMIN 位配置开路测试所需的最小初始电池电压。有关详细信息，请参阅 CVOW 命令数据表部分。

使用以下步骤检查 18 个电池位置中的任何一个是否存在断路：

1. 运行 CVOW 并等待完成。
2. 读取电池 1 至电池 18 的电池诊断寄存器值。
3. 对于 x=1 到 18

如果结果  $x=0x7FAX$ ，则检测到数字冗余故障。

如果结果 = 0x7FC0，则初始电池电压  $Cx - C (x-1)$  低于 CVMIN 阈值。因此，无法进行开路检测，这可能表明电池电压异常低。

如果结果  $x > VTH\_SPF$ ，则 Cx 或 C (x-1) 打开。

如果结果  $x < VTH\_LF$ ，则挤压电流源中出现潜在故障。

否则，不会检测到诊断错误。

VTH\_SPF 和 VTH\_LF 是根据系统中的外部电路值选择的故障检测阈值。联系工厂获取选择 VTH\_SPF 和 VTH\_LF 的指导。

#### 4.4.13 辅助开路检测

AXOW 命令可以检测 GPIO 检测线上的开路情况。AXOW 还可以检测常开故障或高阻抗 mux 通道。AXOW 命令将  $\pm 200\mu A$  的电流源连接到 GPIOx 引脚上。电流源在转换前连接到 GPIOx 引脚，tSOAK 时间可编程（由配置寄存器组 A 中的 OWRNG 位和 OWA[2:0]位确定）。在测量过程中，电流源也被连接。所需的时间由连接到 GPIOx 引脚的标称阻抗（等效电阻和电容）的  $200\mu A$  电流源决定。AXOW PUP 位决定提供还是吸收电流。如果 tSOAK 足够长，当 PUP=1 时，测量的 GPIOx 电压增加，当 PUP=0 时，电压减少。

使用以下步骤检查任意 GPIOx 引脚上的导线是否开路：

1. 将 OWRNG 和 OWA[2:0] 设置为适用于 GPIOx 引脚阻抗的值（见下文）。
2. 运行 ADAX 命令并将所有 GPIOx 电压存储在一个数组 GPIO (x) 中。



3 在 PUP=1 的情况下运行 AXOW。读取 GPIOx 电压并将其存储在阵列 GPIOPU (x) 中。

4. 在 PUP=0 的情况下运行 AXOW。读取 GPIOx 电压并将其存储在阵列 GPIOPD (x) 中。

5. 对于每个 GPIO (x) , 计算 $\Delta$ GPIO (x) 如下:

如果  $\text{GPIO} (x) > 2.75$  伏, 那么  $\Delta\text{GPIO} (x) = \text{GPIO} (x) - \text{GPIOPD} (x)$  。

否则,  $\Delta\text{GPIO} (x) = \text{GPIOPU} (x) - \text{GPIO} (x)$  。

5. 如果某个  $\Delta\text{GPIO} (x) > 2.6$  伏, 该 GPIOx 引脚有故障。

为了找到 OWRNG 和 OWA[2:0]位的适当值, 考虑理想的情况, 其中由平行 RC 网络加载开路电流源。当开路电流接通时, 阶跃响应是由下面公式给出:

$$\Delta V = I \times R \times (1 - e^{-t/\tau})$$

当  $t > 5\tau$  时, 该电压稳定在最终值的 1% 以内。

在  $10\text{k}\Omega/100\text{nF}$ 、 $5\tau \approx 5\text{ ms}$  的情况下, 设置 OWRNG=1, OWA[2:0] = 0b010 会导致 tSOAK 等待时间为 5.0 ms。

#### 4.4.14 感测线和放电电阻验证

系统使用 ADSC 命令来诊断可能影响平衡操作的感测线阻抗变化。连接器或放电电阻器阻抗的变化可能影响平衡电流, 并指示部件退化和潜在故障。ADSC 命令测量 Sx 引脚和 C (x-1) 引脚之间的电压。测量结果存储在电池诊断寄存器组中。图 4-17 显示了 ADSC 命令可以检测到的故障。放电期间, 电池的串联电阻 (R) 约为  $R \approx 2 \times R_{\text{DISCHARGE}} + R_{\text{DS(ON)}}$

预期电压 ( $V_{\text{ADSC}}$ ) 的计算如下

$$V_{\text{ADSC}} \approx V_{\text{CELL}} \times ((R_{\text{DISCHARGE}} + R_{\text{DS(ON)}}) / (2 \times R_{\text{DISCHARGE}} + R_{\text{DS(ON)}}))$$

因为  $R_{\text{DS(ON)}}$  很小 ( $1\Omega$  到  $3\Omega$ ) ,  $V_{\text{ADSC}} \approx 1/2 * V_{\text{CELL}}$ 。

使用以下步骤检测感应线的变化阻抗:

1. 在所有放电开关关闭的情况下, 使用单个、所有电池 ADCV 命令测量电池电压。将电池电压存储在阵列 ADCV (x) 中

2. 发送 ADSC 命令时, 测量两个单元 (每个 ADC 一组)。例如, 可以使用一个 ADSC 命令测量电池 1 和电池 7。设置两个电池的 DCC 位 (例如, DCC (1) 和 DCC (7)) , 然后运行 ADSC 命令。将两个电池的结果存储在一个数组 ADSC (x) 中。

3. 对系统中的每对电池执行步骤 2。如果某些电池未填充, 则忽略这些电池的结果。

4. 计算每个电池的  $\text{ADSC} (x) / \text{ADCV} (x)$  比率

5. 将  $\text{ADSC} (x) / \text{ADCV} (x)$  与预期范围进行比较, 预期范围取决于所选的值、 $R_{\text{DISCHARGE}}$  耐压以及线束、连接器或 PCB 迹线中的任何电阻。预期范围取决于系统设计。例如, 0.35 到 0.7。 $\text{ADSC} (x) / \text{ADCV} (x)$  超出预期范围意味着系统出现故障。

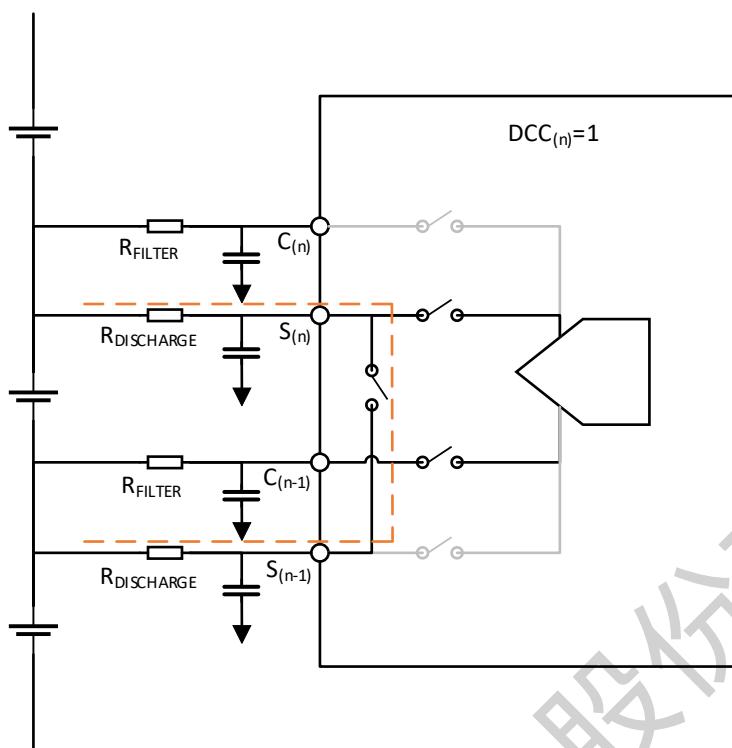


图 4-17 使用 ADSC 命令诊断故障

#### 4.4.15 电池感应线泄漏检测

电路板、元件或引脚泄漏可能导致电池读数低或高。第二测量路径包括在 XL8818 中，以便可以检测泄漏。图 4-18 显示了如何使用第二条测量路径来检测泄漏。ADLEAK 命令通过  $C_x$  和  $S_x$  引脚测量电池电压，并计算增量。ADLEAK 命令执行两个测量：一个在  $C_x-C_{(x-1)}$  之间，另一个在  $S_x-S_{(x-1)}$  之间。两个测量值之间的差值存储在电池诊断寄存器组中。 $S_x$  引脚的测量精度与  $C_x$  引脚类似，但由于缺少抗锯齿滤波器，可能会产生额外的误差。

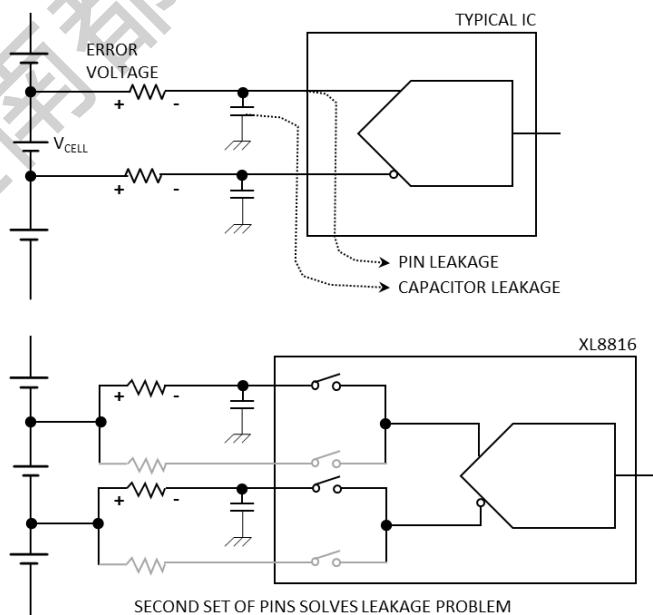


图 4-18 第二条 ADC 测量路径



#### 4.4.16 多路复用解码器检查

ADC 单元和 MUX 的通道通过解码器选择。包括一个诊断，以确定是否选择了正确的 mux 通道。DIAGN 命令确保电池和辅助多路复用器的数字控制正常运行。DIAGN 命令检查所有 mux 控制信号，包括 Cx 引脚、Sx 引脚和辅助设备。有一条通道选择总线从合成数字块连接到 mux。在 mux 内部，该总线被解码为所需的所有 mux 通道选择信号。在 DIAGN 命令期间，控制逻辑在所有通道选择中循环。mux 检查逻辑通过一串锁存器进行，按照正确的顺序准确解码每个通道。Sx 引脚解码是该序列的一部分。如果所有通道都成功解码，则辅助寄存器组 B 中的 MUXFAIL 位设置为低，如果任何通道未正确解码，则 MUXFAIL 位设置为 1。DIAGN 命令运行需要 593uS。MUXFAIL 位保存 DIAGN 命令的结果。MUXFAIL 不受 CLRFLAG 命令或 ADC 的影响命令。

XL8818 能够验证 mux 解码器诊断的操作。XL8818 可在 mux 输出中引发故障，以验证解码器是否能识别故障。将标志位 FLAG\_D[4]设置为 1 会导致故障。mux 解码器故障注入是通过强制通道选择总线的一个位被卡住来执行的。这条总线是 6 位宽的总线，使用了大约 31 个可能的解码。故障注入迫使 LSB 归零。设置故障注入位后，必须发送 DIAGN 命令并设置 MUXEAIL 位。在正常操作期间，标志 FLAG\_D[4]位必须设置为 0，以不干扰 IC 的操作。

#### 4.4.17 堆栈电压测量

状态寄存器组 A 中所有单元的总和可通过添加单个电池测量值的总和进行验证。ADCVSC 命令用于快速获取所有电池电压的测量值加上所有单元的总和。

#### 4.4.18 清除 ADC 内存命令

XL8818 有四个清除 ADC 命令：CLRCELL、CLRCRD、CLRAUX 以及 CLRSTAT。这些命令清除存储所有 ADC 转换结果的寄存器。

CLRCELL 命令清除单元电压寄存器组 A、单元电压寄存器组 B、单元电压寄存器组 C、单元电压寄存器组 D、单元电压寄存器组 E、单元电压寄存器组 F 和单元电压寄存器组 G。CLRCELL 命令将这些寄存器中的所有字节设置为 0xFF。

CLRCRD 命令清除单元诊断寄存器组 A、单元诊断寄存器组 B、单元诊断寄存器组 C、单元诊断寄存器组 D、单元诊断寄存器组 E 和单元诊断寄存器组 F。CLRCRD 命令将这些寄存器中的所有结果设置为 0xFFFF。

CLRAUX 命令清除辅助寄存器组 A、辅助寄存器组 B、辅助寄存器组 C 和辅助寄存器组 D。CLRAUX 命令将这些寄存器中的所有字节设置为 0xFF

CLRSTAT 命令清除状态寄存器组 A、状态寄存器组 B (STBR0、STBR1) 中的一些字节。这些字节由 CLRSTAT 命令设置为 0xFF

#### 4.4.19 清除标志命令

CLRFLAG 命令重置 STBR 寄存器中的诊断标志。CLRFLAG 命令要求系统额外发送两个字节，以指定要重置的故障标志。表 4-21 中描述了 CLRFLAG 格式。CFD0 和 CFD1 中定义的位对应于状态寄存器组 B 节、STBR2 和 STBR3 中的相同位位置。

表 4-22 CLEARFLAG 数据格式

寄存器	读/写	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
CFD0	写	CL_VAOV	CL_VAUV	CL_VDOV	CL_VDUV	CL_ED	CL_MED		



CDF1	写	CL_REDIF	CL_COMP	CL_SLEEP	CL_TMODE	CL_MUXFAIL	CL_THSD	CL_CPCCHK	CL_OSCCHK
------	---	----------	---------	----------	----------	------------	---------	-----------	-----------

#### 4.4.20 热关断

IC 内部包含一个热关机电路，以防止 XL8818 过热。如果在检测到结温高于大约 150°C，则热关机电路跳闸，终止任何正在进行的转换，并将 CFGCR3、CFGCR4、CFGCR5 和 PWM 寄存器重置为默认状态。该寄存器重置关闭所有放电开关。发生热关机事件时，XL8818 将 STBR3 寄存器中的 THSD 位设置为 1。CLRSTAT 命令还将 THSD 位设置为高，以便于诊断。当发送 CLRFLAG 命令且 CFD1 的位 2 被设置为 1 时，THSD 位被清除。与其他内存位不同，当 XL8818 核心状态机进入睡眠状态时，THSD 位保留先前的值。

XL8818 能够诊断 THSD 诊断位未卡滞。可以设置标志 FLGA\_D[7]位 (CFGAR2 寄存器中的 7 位) 以强制将 THSD 位设置为 1。写入标志位后，THSD 位立即强制为 1。必须先将标志 FLAG\_D[7]位写入 0，然后才能使用 CLRFLAG 命令清除 THSD 标志。

#### 4.4.21 测试模式检测

为了提高诊断能力，XL8818 在 STRB3 寄存器中包含一个 TMODECHK 标志，指示设备进入出厂测试模式。如果设置了此位，则不要信任设备的行为。必须清除 TMODECHK 位，如果返回 0，则设备已恢复，可以继续运行。

XL8818 能够诊断 TMODECHK 诊断位是否卡滞。标志 FLGA\_D[7]位 (CFGAR2 寄存器中的位 7) 可设置为强制将 TMODECHK 位设置为 1。写入标志 FLAG\_D[7]后，TMODECHK 位翻转为 1。必须先往标志位 FLAG\_D[7]写入 0，然后才能使用 CLRFLAG 命令删除 TMODECHK 位。

#### 4.4.22 睡眠状态检测

XL8818 包括一个标志，指示设备之前是否已通电或进入睡眠状态，以及寄存器是否已复位。睡眠位存储在 STBR3 寄存器的位 5 中。该位有助于系统检查菊花链中的所有 IC 是否进入低功耗休眠状态。该位还可用于验证 IC 在正常操作期间没有错误地进入睡眠状态。

#### 4.4.23 序列号

在工厂使用唯一位串行识别码 (SID) 对每个 XL8818 芯片进行编程，该值存储在寄存器 SID 中的。主机可以使用 RDSID 命令读取每个设备的唯一 SID 代码。XL8818 在 ADC 命令忙时不接受 RDSID 命令。

#### 4.4.24 读所有命令

XL8818 具备单个 IC 应用读取全部测量寄存器组数据的能力。RDCVALL 命令允许主机通过发出带有单个 2 字节 PEC 的单个命令来读取电池电压寄存器组 A、电池电压寄存器组 B、电池电压寄存器组 C、电池电压寄存器组 D、电池电压寄存器组 E、电池电压寄存器组 F 和电池电压寄存器组 G (42 个数据字节)。RDCDALL 命令读取电池诊断寄存器组 A、电池诊断寄存器组 B、电池诊断寄存器组 C、电池诊断寄存器组 D、电池诊断寄存器组 E 和电池诊断寄存器组 F (36 个数据字节)。RDAUXALL 命令读取辅助寄存器组 A、辅助寄存器组 B、辅助寄存器组 C 和辅助寄存器组 D (24 个数据字节)。RDSTATALL 命令读取状态寄存器组 A、状态寄存器组 B、



状态寄存器组 C 和状态寄存器组 D（24 个数据字节）。这些命令减少了 SPI 读取数据的指令数。这些命令在菊花链配置中不起作用。

TO: 浙江南都电源动力股份有限公司



## 5 S PIN 放电均衡控制

### 5.1 电池放电和用于放电的脉宽调制(PWM)

XL8818 包括每个电池监测通道的。

平衡开关是一种低阻抗 FET，允许平均放电电流为 150 mA，峰值放电电流为 300 mA。

为了简化放电操作，PWM 功能允许为每个电池配置放电电流占空比。PWM 以 960 ms 的周期运行，PWM 占空比配置为每个 Sx 引脚 4 位，允许最大占空比为 50%。

PWM 放电功能可在待机、REFUP、扩展平衡和 DTM 测量状态下使用。XL8818 包含逻辑，以确保不会同时启用相邻单元放电，并错开相邻通道的 PWM 开启时间。PWM 放电在电池测量命令期间静音，一些电池测量命令可以选择在测量期间启用被测单元上的放电。还可以使用配置寄存器组 C 中的 DCC 位来控制连续放电。

表 5-1 详细描述放电特征和优先级。这个优先级较高的功能列在表的顶部，优先级最高。只有当低优先级特征没有被高优先级特征掩盖时，低优先级特征才能控制放电。

#### 电池放电静音

通过发送静音命令，可以同时禁用所有电池上的放电。可通过发送 unmute 命令重新启用放电。静音和取消静音命令不需要任何后续数据。因此，命令通过 XL8818 设备堆栈快速传播。收到静音命令后，内部放电开关停止放电最多需要 65 us。静音功能允许主机快速禁用和重新启用放电，而不会干扰配置寄存器组 B 的内容。静音状态在配置寄存器组 B 的只读静音位中显示。

表 5-1 Sx 引脚 PWM 设定

PWM 设置	导通时间(ms)	关断时间(ms)	占空比(%)
4'b1111	480	480	50.0
4'b1110	448	512	46.7
4'b1101	416	544	43.3
4'b1100	384	576	40.0
4'b1011	352	608	36.7
4'b1010	320	640	33.3
4'b1001	288	672	30.0
4'b1000	256	704	26.7
4'b0111	224	736	23.3
4'b0110	192	768	20.0
4'b0101	160	800	16.7
4'b0100	128	832	13.3
4'b0011	96	864	10.0
4'b0010	64	896	6.7
4'b0001	32	928	3.3
4'b0000 (默认值)	0	960	0.0

表 5-2 放电优先级

优先级(10 = 最高)	事件或特征	行为
10	防止相邻引脚放电	对于相邻 Sx 引脚放电的任何情况，检查最终放电控制选择。如果尝试相邻电池放电，则这些相邻电池不会激活放电。
9	热关断	当超过实时热关机阈值时，最终放电控制选择被屏蔽。此外，PWM 和 DCC 控制位复位。



8	静音	当静音功能由静音命令激活时，所有放电均被禁用。请注意，该静音在看门狗超时时被清除。
7	WRCFGC	DCC、PWM 和 ADC 放电请求在写入确认 C 寄存器组期间被静音。WRCFGC 不接受断言为有效数据的相邻 DCC 位，导致写入新数据失败，并且无法递增命令计数器。
6	DIAGN	执行 DIAGN 命令时，禁用所有放电
5	DCC 位	如果断言任何 DCC 位，DCC 确认优先于 ADC 或 PWM 放电控制。如果 DCC 放电位没有被前面描述的一个更高优先级的特性所阻止，则可以启用电池放电。在任何 ADC 转换命令期间，允许 DCC 放电。DCC 位由看门狗超时清除。此时，如果 DCTO 不为 0 且未达到 0，则设备开始 PWM 放电。
4	ADC 测量	在 ADCV、ADOL、ADCVAX、ADCVSC、CVOW、ADLEAK、ADOW、ADSC 和 ADSTAT 命令的测量时间内，PWM 放电被静音。允许在 ADC 序列的校准部分期间恢复 PWM 控制（ADLEAK 命令除外）。ADCV、ADLEAK 和 ADSC 命令有一个 DC 位，可以断言该位，以在测量期间强制被测通道的电池放电连续开启。如果没有前面描述的一个更高优先级的功能阻止，则会发生此操作。
3	WRPWM	在写入 PWM 寄存器组期间，PWM 放电被静音。
2	DTEN	如果配置寄存器组 A 中的 DTEN 位设置为 1，则如果状态寄存器组 C 中断言任何单元的欠电压标志（由于单元测量值低于欠电压阈值），则该单元的 PWM 放电将被禁用。
1	PWM	PWM 放电是最低优先级。当通过将任何 PWM 寄存器位设置为 1 来启用 PWM 放电时，仅当上述一种更高优先级的特性未阻止放电时，该放电才控制单元放电。

## 6 串行通信接口

串行通信接口主要包括 SPI 通信、isoSPI 通信，Master 专用的 SPI 通信和 Master 专用的 IIC 通信。

表 6-1 通信端子配置表：

XL8818		isoSPI		SPI	SPI (M 专用)	IIC (M 专用)	ChipAddr
引脚编号	引脚名称	A 组 ISOMD=1	B 组 CHIPADDR_EN=0	ISOMD=0			CHIPADDR_EN=1
42	GPIO3				CSB		
43	GPIO4				SDI	SDA	
44	GPIO5				SCK	SCL	
57	IBIAS		IBIAS2				A0
58	ICMP		ICMP2				A1
59	SDI	ICMP1		SDI			
60	CSB/IMA	IMA		CSB			
61	SCK/IPA	IPA		SCK			
62	SDO	IBIAS1		SDO			
63	IMB		IMB				A2
64	IPB		IPB				A3

XL8818 中可供选择的通信组合如下：

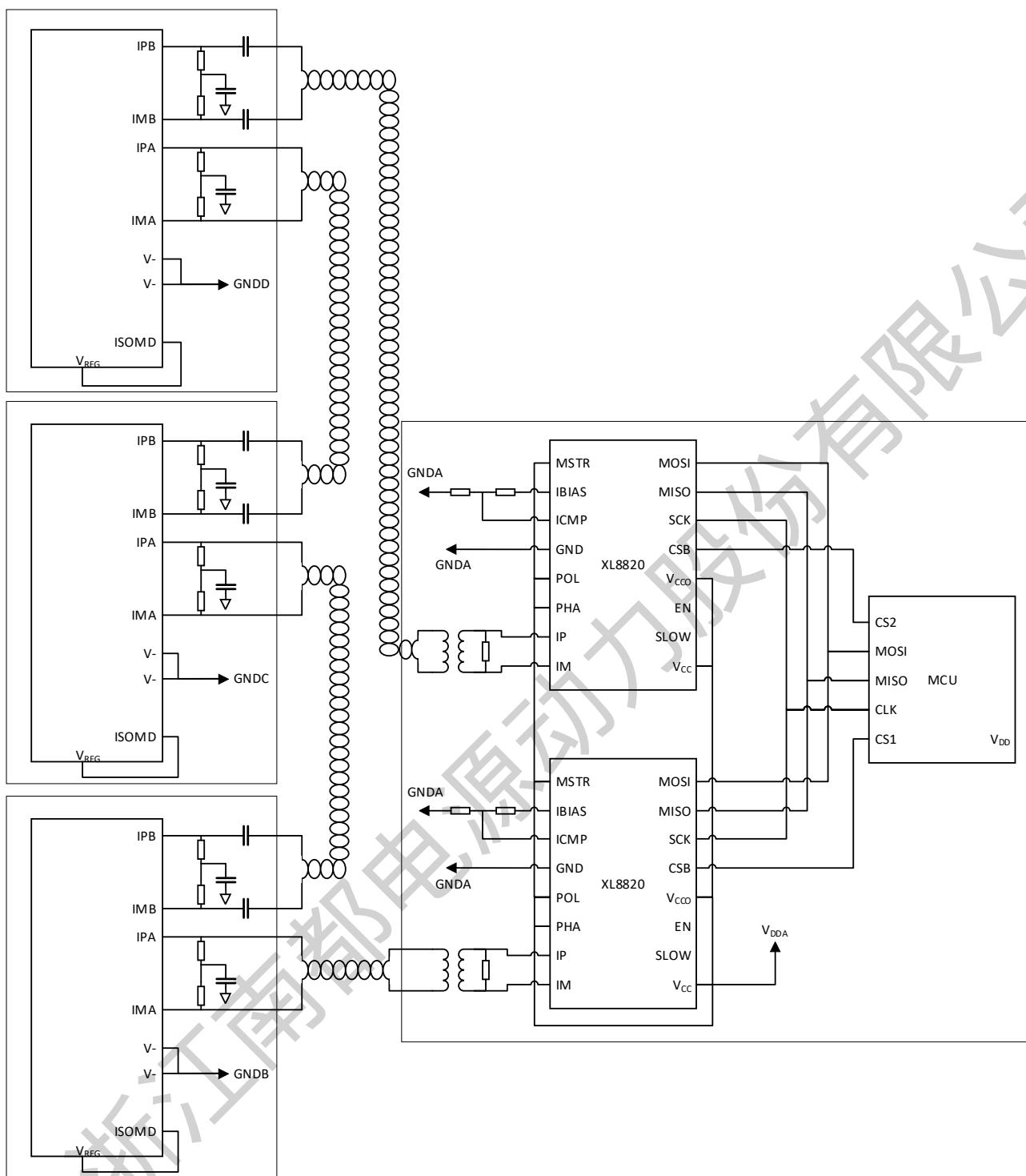
- isoSPIA 和 SPI 中 2 选 1
- SPI (M 专用) 和 IIC (M 专用) 中 2 选 1 (可以不用)
- isoSPIB、Chip 地址中 2 选 1

XL8818 的主流通信方式是控制器从 SPI 输入命令，通过 isoSPIB 向菊花链传送，菊花链中 isoSPIA 接受上级 isoSPIB 的信息，对自身控制的同时经由 isoSPIB 向下一级传送信息。isoSPI 接受的数据经过内部电路转换成 SPI 格式，对内部进行控制，输出时又会转换成 isoSPI 格式输出。

### 6.1 isoSPI 可反向动作状态机说明

XL8818 的 isoSPI 做成可反向动作的端口，即端口 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。

基于反向 isoSPI 通信的通信截止功能。参照下图进行说明。



通过在 DeviceB 和 C 上分别设 COMM\_BK=1，使得整体菊花链分成两条分链，即

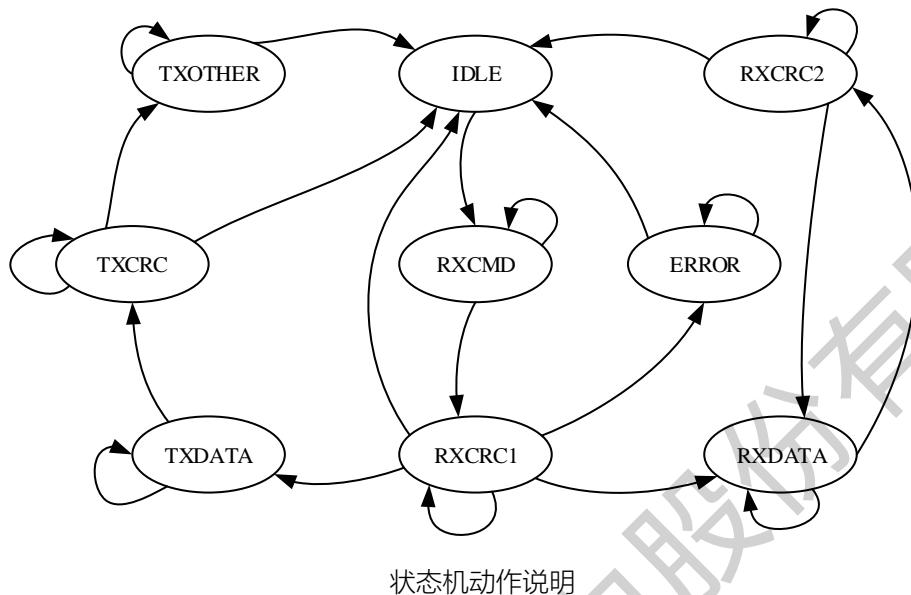
链路 DC: XL8820 -> Device D -> Device C

链路 AB: XL8820 -> Device A -> Device B

B 和 C 之间不通信，这样就将原有的菊花链分成两组控制链，减少的单个链的长度，假设出现在链路 AB 上出现通信故障，可以通过清除 DeviceC 的 COMM\_BK，再通过 isoSPI 的反向通信功能实施从链路 DC 对链路 AB 的控制或者解析。

## 6.2 SPI 动作状态机说明

SPI Interface State 用于控制 SPI Slave 接口接收数据。SPI Interface State 共有 9 种状态。



### 6.2.1 IDLE 状态

SPI 接口状态机默认处于 IDLE 状态，此时 CSB 信号处于高电平，SPI 接口没有数据传输，只有开始传输数据后才会跳转到 RXCMD 状态。

### 6.2.2 RXCMD 状态

RXCMD 状态时状态机正在接收命令码，命令码共 16bit（详见 3.8 节）。接收完 16bit 命令码，状态机便会跳转到 RXCRC1 状态。

### 6.2.3 RXCRC1 状态

RXCRC1 状态是接收命令码的 PEC 校验码，校验码共 16bit。如果接收的校验码不正确，状态机跳转到 ERROR 状态，收到的命令无效。如果校验码正确，则判断是什么类型的命令，如果是读命令则跳转到 TXDATA 状态，如果是写命令则跳转到 RXDATA 状态，如果是执行命令跳转到 IDLE 状态结束。

### 6.2.4 TXDATA 状态

TXDATA 状态是通过 SDO 向外发送读命令应该读到的数据。TXDATA 均为 48bit。

### 6.2.5 TXCRC 状态

TXCRC 状态是向外发送 TXDATA 的 PEC 校验码。校验码是 16bit。



## 6.2.6 TXOTHER 状态

TXOTHER 是多级 XL8800 级联时读多块芯片才会出现的状态。此时传输下一级芯片的数据。

## 6.2.7 RXDATA 状态

RXDATA 状态是接收需要写入寄存器的数据。RXDATA 是固定 48bit。

## 6.2.8 RXCRC2 状态

RXCRC2 是 RXDATA 的 PEC 校验码。如果 PEC 校验码接收完后还有数据传输则进入 RXDATA 状态，此时是多级芯片级联时写多级芯片。

## 6.2.9 ERROR 状态

ERROR 状态是 PEC 错误导致的，只有 CSB 拉高才会跳出 ERROR 状态。



## 6.3 GPIO 兼用的 I<sup>2</sup>C/SPI 主机

XL8818 上的 I/O 端口 GPIO3、GPIO4 和 GPIO5 可用作 I<sup>2</sup>C 或 SPI 主机端口，可以与 I<sup>2</sup>C 或 SPI 从机端口通信。对于 I<sup>2</sup>C 主机，GPIO4 和 GPIO5 分别构成 I<sup>2</sup>C 接口的 SDA 和 SCL 端口。对于 SPI 主机，PIO3、GPIO4 和 GPIO5 分别是 SPI 的 CSBM、SDIOM 和 SCKM 端口。XL8818 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 I<sup>2</sup>C 或 SPI 主机。另外，须向配置寄存器组 B 中对应的 GPO 位写入 1，使得这些端口的内部下拉关闭。

XL8818 有一个 6Byte 的 COMM 寄存器，详细见 11.27 COMM 寄存器组。该寄存器存储 I<sup>2</sup>C 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 Device 或由从 Device 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 I<sup>2</sup>C 主机。

表 6-2 说明了器件用作 I<sup>2</sup>C 主机时 ICOMn 位[3:0] 和 FCOMn 位[3:0]的有效写入码及其行为。

表 6-3 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 6-2 和表 6-3 中列出的代码对 ICOMn 位[3:0]和 FCOMn 位[3:0]有效。将表 6-2 和表 6-3 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 I<sup>2</sup>C 或 SPI 端口出现意外行为。

表 6-2 I<sup>2</sup>C 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 <sup>2</sup> C端口上生成起始信号，然后进行数据传
	0001	停止	输在I <sup>2</sup> C端口上生成停止信号
	0000	空	直接进行I <sup>2</sup> 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
	1000	主机NACK	信号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

表 6-3 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

### 6.3.1 COMM 命令

以下三个命令帮助完成与从器件的 I<sub>2</sub>C 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。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 I<sub>2</sub>C/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 I<sub>2</sub>C 或 SPI 从器件，从 I<sub>2</sub>C 或 SPI 器件接收的数据存储在 COMM 寄存器中。

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 I<sub>2</sub>C 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。

表 6-4 说明了器件用作 I<sub>2</sub>C 主机时 ICOMn 位[3:0]和 FCOMn 位[3:0]的可能回读码。Dn 位[7:0]包含 I<sub>2</sub>C 从机发送的数据字节。

表 6-4 I<sub>2</sub>C 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
	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 6-1 显示了 XL8818 用作 I<sub>2</sub>C 或 SPI 主机使用 GPIO 的操作。

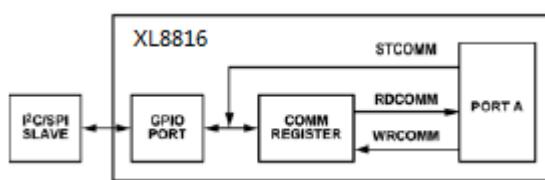


图 6-1 使用 GPIO 的 XL8818 I<sub>2</sub>C 或 SPI 主机

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 6-2 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 6-3 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。

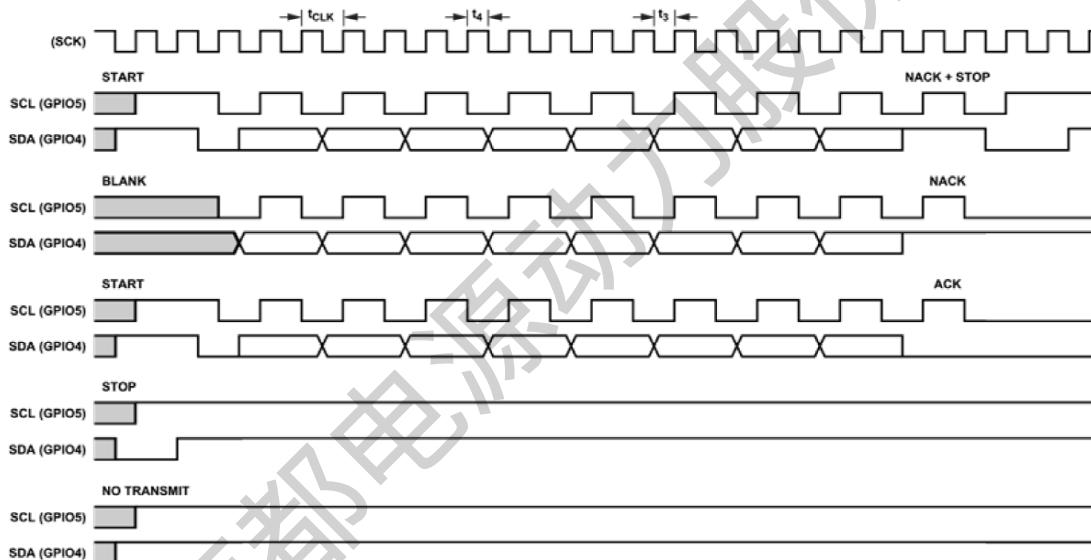


图 6-2 I2C 主机的 STCOMM 时序图

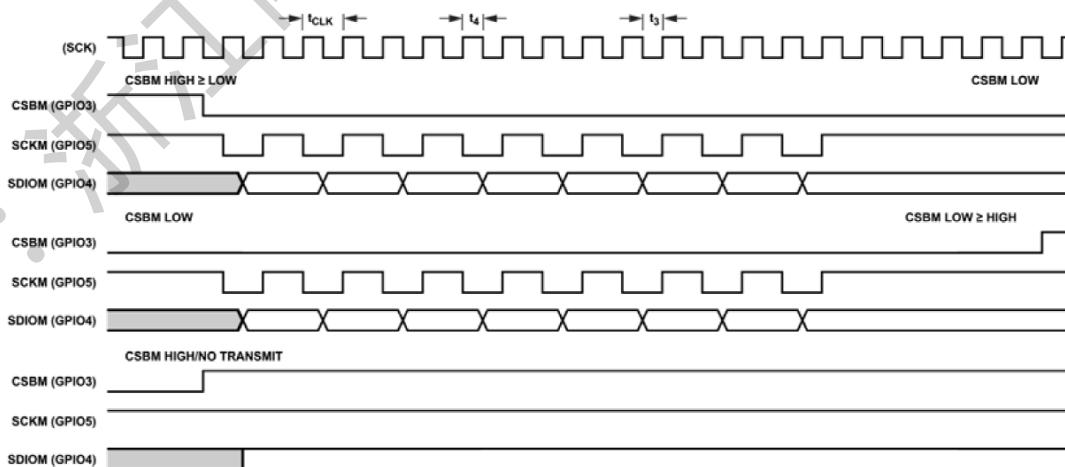


图 6-3 SPI 主机的 STCOMM 时序图



### 6.3.2 I<sup>2</sup>C 和 SPI 主机的时序规格

XL8818 I<sup>2</sup>C 或 SPI 主机的时序由 XL8818 的主 SPI 的通信时序控制。表 6-5 显示了 I<sup>2</sup>C 主机与主 SPI 时钟的关系。表 6-6 显示了 SPI 主机的时序规格。

表 6-5 I<sup>2</sup>C 主机时序

I <sup>2</sup> C 主机参数	与主 SPI 的时序关系	t <sub>CLK</sub> =0.5μs 时的时序规格
SCL 时钟频率	1/(2×t <sub>CLK</sub> )	1MHz (最大值)
t <sub>HD</sub> , STA	t <sub>3</sub>	100ns (最小值)
t <sub>LOW</sub>	t <sub>CLK</sub>	0.5μs (最小值)
t <sub>HIGH</sub>	t <sub>CLK</sub>	0.5μs (最小值)
t <sub>SU</sub> , STA	t <sub>CLK</sub> +t <sub>4</sub> <sup>注</sup>	0.53μs (最小值)
t <sub>HD</sub> , DAT	t <sub>4</sub> <sup>注</sup>	30ns (最小值)
t <sub>SU</sub> , DAT	t <sub>3</sub>	100ns (最小值)
t <sub>SU</sub> , STO	t <sub>CLK</sub> +t <sub>4</sub> <sup>注</sup>	0.53μs (最小值)
t <sub>BUF</sub>	3×t <sub>CLK</sub>	1.5μs (最小值)

注：使用 isoSPI 时，内部会生成 t<sub>4</sub>，其至少为 30ns。另外，t<sub>3</sub> = t<sub>CLK</sub> - t<sub>4</sub>。使用 SPI 时，t<sub>3</sub> 和 t<sub>4</sub> 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 100ns。

表 6-6 SPI 主机时序

SPI 主机参数	与主 SPI 的时序关系	t <sub>CLK</sub> = 0.5μs 时的时序规格
SDIOM 有效至 SCKM 上升建立	t <sub>3</sub>	100 ns (最小值)
从 SCKM 到 SDIO 有效上升保持	t <sub>CLK</sub> + t <sub>4</sub> <sup>注</sup>	0.53 μs (最小值)
SCKM 低电平	t <sub>CLK</sub>	0.5 μs (最小值)
SCKM 高电平	t <sub>CLK</sub>	0.5 μs (最小值)
SCKM 周期	2 × t <sub>CLK</sub>	1 μs (最小值)
(SCKM_Low + SCKM_High)CSBM 脉冲宽度	3 × t <sub>CLK</sub>	1.5 μs (最小值)
SCKM 上升到 CSBM 上升	5 × t <sub>CLK</sub> + t <sub>4</sub> <sup>注</sup>	2.53 μs (最小值)
CSBM 下降到 SCKM 下降	t <sub>3</sub>	100 ns (最小值)
CSBM 下降到 SCKM 上升	t <sub>CLK</sub> + t <sub>3</sub>	0.6 μs (最小值)
SCKM 下降至 SDIOM 有效	主机要求 < t <sub>CLK</sub>	

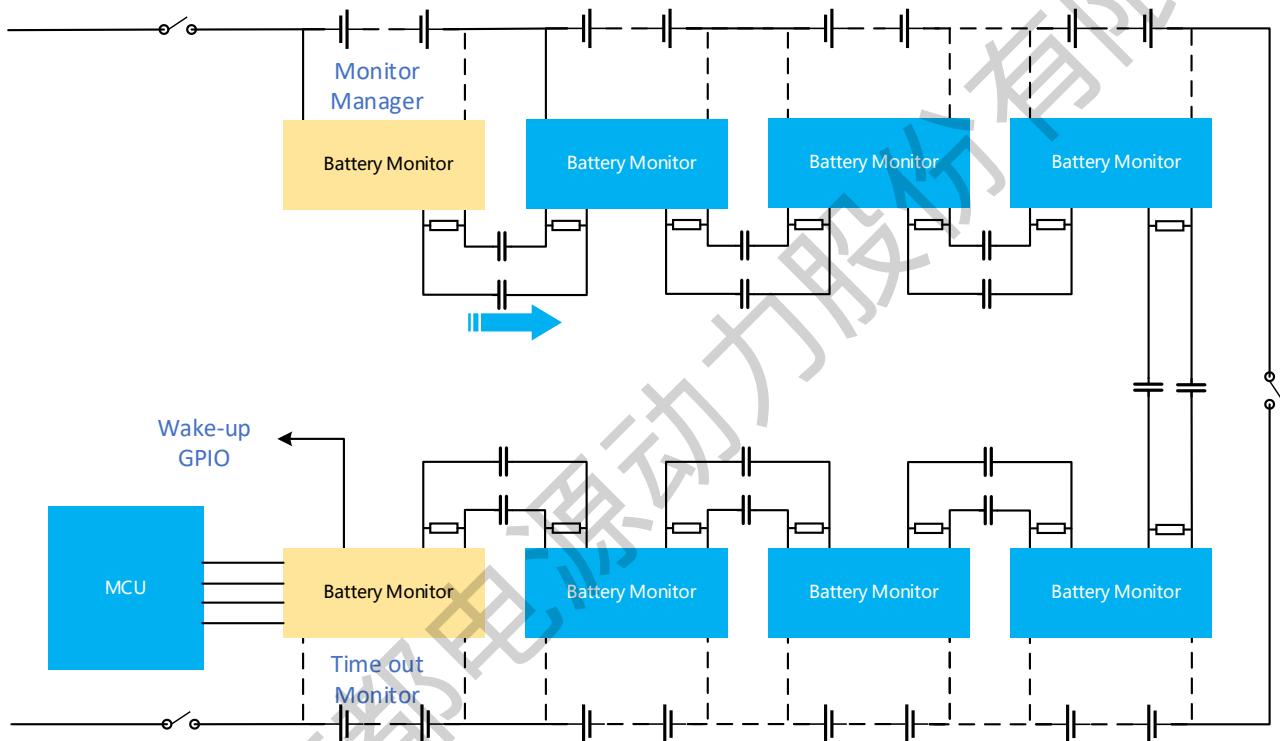
注：使用 isoSPI 时，内部会生成 t<sub>4</sub>，其至少为 30 ns。另外，t<sub>3</sub> = t<sub>CLK</sub> - t<sub>4</sub>。使用 SPI 时，t<sub>3</sub> 和 t<sub>4</sub> 是 SCK 输入的低电平时间和高电平时间，每个时间的额定最小值为 100 ns。

## 7 LPCM 控制

LPCM 是 Low Power Cell Monitoring 的简称，主要用于整体系统在 Standby 状态下，定期启动（heartbeat）后监测电池，端口等的电压，并把测试结果通过 isoSPI 发出，需要的话发出中断申请。

### 7.1 LPCM 功能简介

LPCM 在 FSM 状态机为 STANDBY、REFUP 和 MEASURE 时，通过 CMEN 命令进入 EXTEND BALANCE (DTCO $\neq$ 0) 或者 LOW POWER (DTCO=0)，在一定的时间周期内执行一次 Device (电池 cell, GPIO 等) 监测后，给控制器发回监测结果。参考应用图如下：



通过控制器把菊花链的最后一个 Device 设置成 MM (Monitor Manager) 监测管理者，在他完成监测后，首先主动发出信息，菊花链上其他监测者在接受到上个监测者发的监测信息后，启动自身监测，监测完后发出监测信息。

LPCM 还可以设置 TM (TimeOut Monitor) 监测者，在规定的时间内还没有收到上个监测者的监测信息时，启动中断报警。

### 7.2 LPCM 设置和动作介绍

LPCM 控制的设置和监测过程参照下面的步骤：

#### 1、LPCM 设置

##### 1) Device 的编号设置

LPCM 配置寄存器 HBCFG1 的 HB\_NDEV【7:0】设置对应的值。

HB\_NDEV=Devices 数+0x42；

上图介绍的 MM 器件的 HB\_NDEV 就是 0x4A= (8+0x42)

TM 器件的 HB\_NDEV 就是  $0x43 = (1 + 0x42)$

## 2) 菊花链中监测器身份设置

- 监测管理器 (MM) 设置

LPCM 配置寄存器 HBCFG0 的 HB\_MAN=1

一条菊花链中至少有一个 Device 设置成管理器。

对应的还需要设置 CMCFG4 的 HB\_DIR，以决定监测信息从哪组 isoSPI 端子 (A 或 B) 上发出。

- TM 监测者设置 (可选)

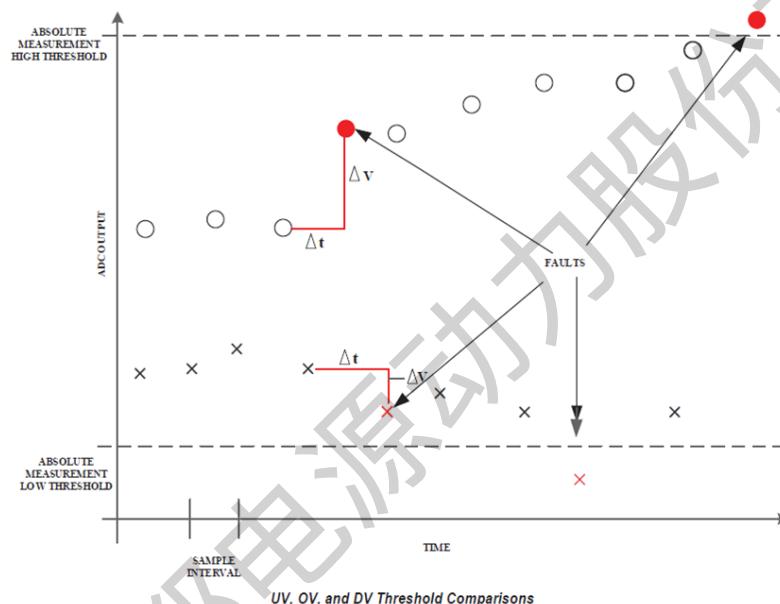
LPCM 配置寄存器 HBCFG0 的 HB\_BTMR=1 并设定相应的 HB\_TPER [2:0]。

- 其他监测者不需要特别设置

## 3) 监测时间间隔设置 (监测管理器 MM 的 Device 需要设置)

设置 LPCM 配置寄存器 HBCFG0 的 HB\_MPTR [2:0]，具体请参照寄存器说明。

## 4) 监测对象和阈值设置



监测对象可以通知设置 LPCM 配置寄存器 HBCFG2~HBCFG5 的 HB\_CM [18:1] 和 HB\_GM [9:1] 对不需要监测的电池 Cell 或者 GPIO 进行屏蔽。

监测阈值主要由电池 Cell/GPIO 的过压、欠压和差值电压设定来判定是否需要发出警报。阈值设置寄存器是配置寄存器组 E，对应的比较结果参照 LPCM 状态寄存器的 HBD1。

## 5) 执行 CLRHBFLAG 命令，清除 HBD1 的 8bit 和 HBD2 的 HB\_BTMRD 和 HB\_BTMCMP

### 6) 监测结果中断使能 (可选)

通过设置 HBCFG4 的 HB\_INTM [2:0]，可以选择中断输入、输出及中断的有效状态。

## 2、发行 CMEN 命令，进入 LPCM 状态

- 第一次发行 CMEN 命令后进入相应的 EXTEND BALANCE 和 LOW POWER 状态，之后迁移到 HEARTBEAT 状态，进行第一次 HB (Heartbeat) 监测，监测完退到对应的 EXTEND BALANCE 和 LOW POWER 状态并发出 CMHB 命令提供相应监测信息，之后的监测需要经过 HB\_MPTR 设定时间之后再迁移到 HEARTBEAT 状态进行监测。

在此期间如果发现有监测阈值违反的话，中断或者 CMHB 命令唤醒主控芯片后，如果主控芯片处理完再次进入 LPCM 之前，需要用 CLRHBFLAG 命令对 HBD1 的 8bit 和 HBD2 的 HB\_BTMRD 和 HB\_BTMCMP 清除。

### CMHB 命令格式说明

8	8	8	8	8	8	8	8
CMD0	CMD1	PEC0	PEC1	HBDO	HBD1	DPEC0	DPEC1

HBDO 的 HB\_DCNT 的数据构成：

- MM 监测者
  - 监测未违反:  $HB\_DCNT = HB\_NDEV - 1$
  - 监测违反:  $HB\_DCNT = HB\_NDEV$
- 其他监测者
  - 监测未违反:  $HB\_DCNT = HB\_DCNT$  (CMHB 命令接受的数据) -1
  - 监测违反:  $HB\_DCNT = HB\_DCNT$  (CMHB 命令接受的数据)

#### 3、EXTEND BALANCE 向 LOW POWER 迁移的条件

在 EXTEND BALANCE 的放电检测完成 ( $DCTO=0$ ) 后, 向 LOW POWER 迁移, 继续进行 LPCM 检测。

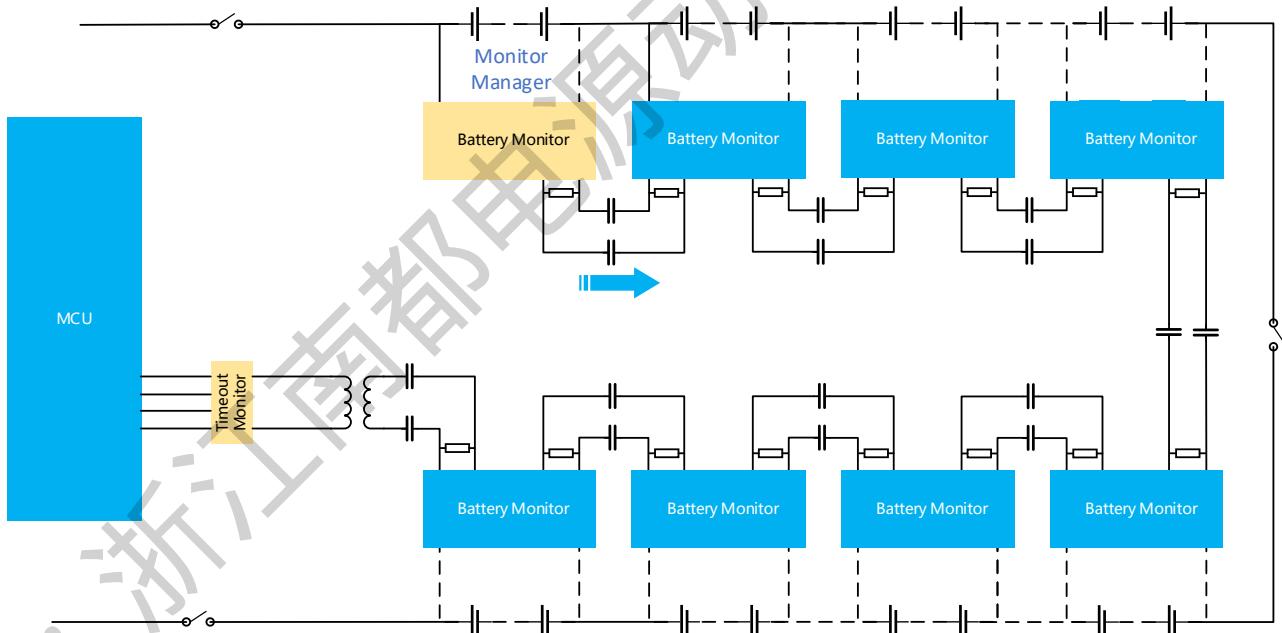
#### 4、发行 CMDIS 命令, 退出 LPCM 状态, 进入 STANDBY 状态

### 7.3 LPCM 应用方式介绍

现在推荐的 LPCM 应用方式主要有以下 3 种方式。

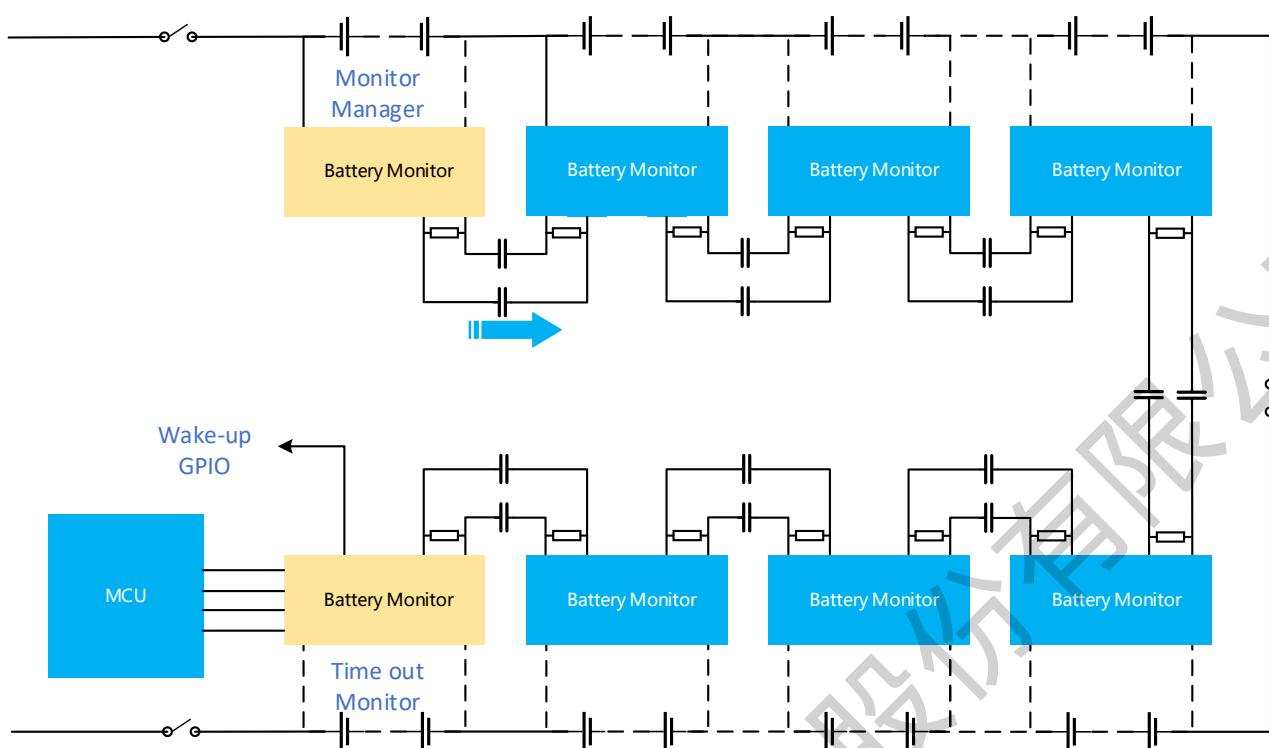
#### 1) 基础的 LPCM 系统构成

由 MM 和桥接的 TIMEOUT MONITOR 组成



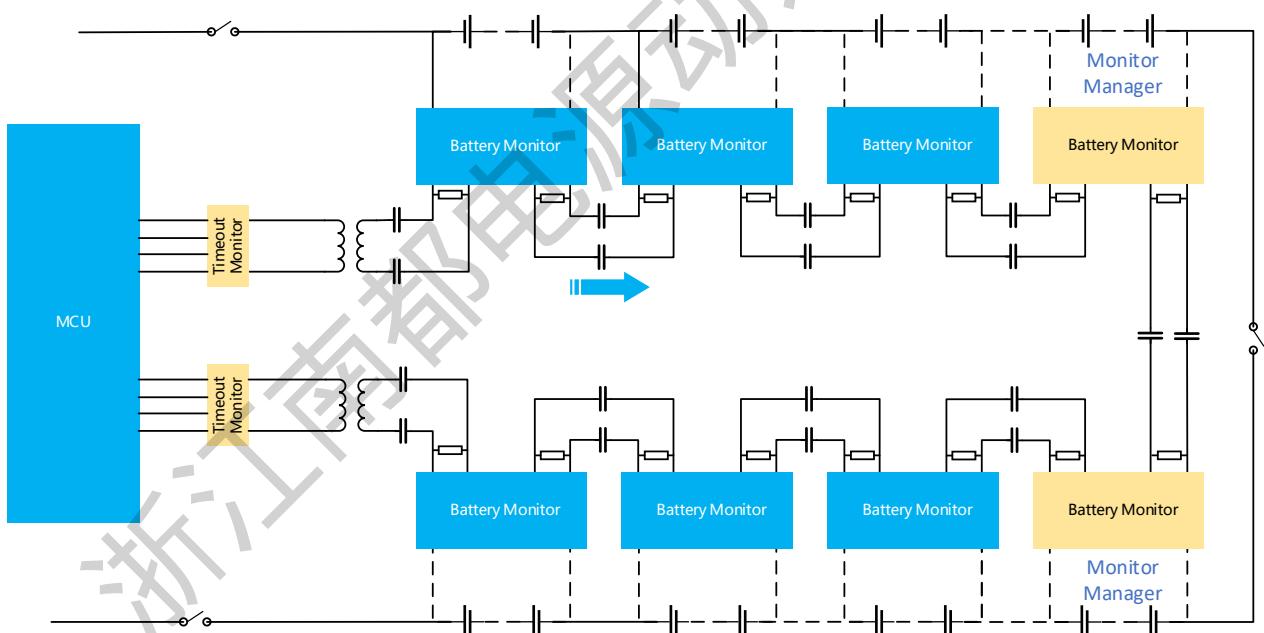
#### 2) 无桥接的 LPCM 系统构成

由 MM 和 TM 组成



### 3) 双 LPCM 路径系统构成

由 2 个 MM 和 2 个 TIMEOUT MONITOR 组成





## 8 命令

命令代码

DESCRIPTION	NAME	INC	CC[10:0] Command Code										
			10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
写配置寄存器组 A	WRCFG A	Yes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
写配置寄存器组 B	WRCFG B	Yes	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
写配置寄存器组 C	WRFGC	Yes	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
写配置寄存器组 D	WRFGD	Yes	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
写配置寄存器组 E	WRFGE	Yes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
读取配置寄存器组 A	RDCFG A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
读取配置寄存器组 B	RDCFG B		0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
读取配置寄存器组 C	RDCFG C		0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
读取配置寄存器组 D	RDCFG D		0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
读取配置寄存器组 E	RDCFG E		0	0	0	0	0	1	0	0	0	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	0	1	0	0
读取电池电压寄存器组 D	RDCVD		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
读取电池电压寄存器组 E	RDCVE		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
读取电池电压寄存器组 F	RDCVF		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
读取电池电压寄存器组 G	RDCVG		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
读所有电压结果	RDCVALL		0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
读电池电压诊断寄存器组 A	RDCDA		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
读电池电压诊断寄存器组 B	RDCDB		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
读电池电压诊断寄存器组 C	RDCDC		0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
读电池电压诊断寄存器组 D	RDCDD		0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
读电池电压诊断寄存器组 E	RDCDE		0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
读电池电压诊断寄存器组 F	RDCDF		0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1
读所有电池电压诊断结果	RDCDALL		0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
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
读所有辅助寄存器	RDAUXALL		0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	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
读取状态寄存器组 C	RDSTATC		0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
读取状态寄存器组 D	RDSTATD		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
读所有状态寄存器	RDSTATALL		0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
写 PWM 控制寄存器组 A	WRPWMA	Yes	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
写 PWM 控制寄存器组 B	WRPWMB	Yes	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
读取 PWM 控制寄存器 A	RDPWMA		0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
读取 PWM 控制寄存器 B	RDPWMB		0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0



DESCRIPTION	NAME	INC	CC[10:0] Command Code											
			10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
启动电池电压 ADC 转换和轮询状态	ADCV	Yes	0	1	MD , bit1	MD , bit0	1	1	DCP	0	CH , bit2	CH , bit1	CH , bit0	
启动电池电压 开路 ADC 转换 和轮询状态	CVOW	Yes	0	1	MD , bit1	MD , bit0	0	0	0	1	0	0	0	
启动导线开路 ADC 转换和轮 询状态	ADOW	Yes	0	1	MD , bit1	MD , bit0	STR	1	0	1	CH , bit2	CH , bit1	CH , bit0	
启动电池电压 模式生成和轮 询状态	CPVG	Yes	0	1	MD , bit1	MD , bit0	PG , bit1	PG , bit0	0	0	1	1	1	
启动电池诊断 模式生成和轮 询状态	CDPG	Yes	0	1	MD , bit1	MD , bit0	PG , bit1	PG , bit0	1	1	1	1	1	
启动对电池 7 和电池 13 电压 的重叠测量	ADOL	Yes	0	1	MD , bit1	MD , bit0	0	0	0	0	0	0	1	
启动 PIN leak 测 量 (Cx vs Sx)	ADLEAK	Yes	0	0	MD , bit1	MD , bit0	1	1	DCP	0	CH , bit2	CH , bit1	CH , bit0	
启动 Sx vs C(x- 1) 测量	ADSC	Yes	0	0	MD , bit1	MD , bit0	1	1	DCP	1	CH , bit2	CH , bit1	CH , bit0	
启动 GPIO ADC 转换和轮询状 态	ADAX	Yes	1	0	MD , bit1	MD , bit0	1	1	0	CHG , bit3	CHG , bit2	CHG , bit1	CHG , bit0	
启动 GPIO 开路 ADC 转换和轮 询状态	AXOW	Yes	1	0	MD , bit1	MD , bit0	PUP	0	1	CHG , bit3	CHG , bit2	CHG , bit1	CHG , bit0	
启动辅助模式 生成和轮询状 态	AXPG	Yes	1	0	MD , bit1	MD , bit0	PG , bit1	PG , bit0	0	0	1	1	1	
启动状态组 ADC 转换和轮 询状态	ADSTAT	Yes	1	0	MD , bit1	MD , bit0	1	1	1	1	CHST , bit2	CHST , bit1	CHST , bit0	
启动状态模式 生成和轮询状 态	STATPG	Yes	1	0	MD , bit1	MD , bit0	PG , bit1	PG , bit0	0	1	1	1	1	
启动电池电压 与 GPIO1 、 GPIO2 转换和 轮询状态	ADCVAX	Yes	1	0	MD , bit1	MD , bit0	1	1	0	1	1	1	1	
启动电池电压 与 SC 转换和轮 询状态	ADCVSC	Yes	1	0	MD , bit1	MD , bit0	1	1	1	0	1	1	1	
LPCM 状态(检 测 cell,GPIO)迁 移命令	CMEN	Yes	0	0	MD , bit1	MD , bit0	1	0	1	0	0	0	0	
LPCM 状态解除	CMDIS	Yes	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	



电池监视 HeartBeat 信息	CMHB		0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
清除电池电压 寄存器组	CLRCELL	Yes	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
清除辅助寄存 器组	CLRAUX	Yes	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
清除状态寄存 器组	CLRSTAT	Yes	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
清除电池诊断 寄存器组	CLRCD	Yes	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
清除 flag	CLRFAG	Yes	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1
轮询 ADC 转换 状态	PLADC	Yes	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
诊断 MUX 和轮 询状态	DIAGN	Yes	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
写 COMM 寄存 器组	WRCOMM	Yes	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	Yes	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
放电静音	Mute	Yes	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
放电取消静音	Unmute	Yes	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1

DESCRIPTION	NAME	INC	CC[10:0] Command Code										
			1 0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
读 ADC 命令参数 <sup>注</sup>	RDADCP		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
写 LPCM 配置寄存器	WRHBCFG	Yes	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
读 LPCM 配置寄存器	RDHBCFG		0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
读 LPCM 状态寄存器	RDCMFLAG		0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
清除 LPCM 状态寄存器	CLRCMFLAG	Yes	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
写双极模式下 ADC1/2 的 Trim 寄存器组	WRTRIMBIPOADCA	Yes	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
读双极模式下 ADC1/2 的 Trim 寄存器组	RDTRIMBIPOADCA		0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1
写双极模式下 ADC3 的 Trim 寄存器组	WRTRIMBIPOADCB	Yes	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
读双极模式下 ADC3 的 Trim 寄存器组	RDTRIMBIPOADCB		0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1
强制 load trim 值	LOADFUSE	Yes	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Soft 复位	SRST		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
复位命令计数器	RSTCC		0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0

注: 发行读 ADC 命令参数(RDADCP)命令后, 输出 48 位数据的高 17 位为 ADC 的配置信息, 低 31 位固定成 0。高 17 位详细信息如下:

Bit	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
内容	MD[1:0]	STR	PUP	PG[1:0]	DCP	CH[2:0]					CHG[3:0]				CHST[2:0]		



命令位描述：

Name	Description	Values				
MD[1:0]	ADC 模式	MD	ADCOPT(CFGAR0[6]) = 0	ADCOPT(CFGAR0[6]) = 1		
		00	422 Hz mode	1 kHz mode		
		01	27 kHz mode (fast)	14 kHz mode		
		10	7 kHz mode (normal)	3 kHz mode		
		11	26 Hz mode (filtered)	2 kHz mode		
DCP	放电使能	0：ADC 命令不会自动使能任何电池放电 1：ADC 命令自动针对正在测量的电池放电，全部电池转换时 DCP 为 0				
CH[2:0]	ADC 转换的电池选择	000	所有电池			
		001	电池1、7、13			
		010	电池2、8、14			
		011	电池3、9、15			
		100	电池4、10、16			
		101	电池5、11、17			
		110	电池6、12、18			
STR	开路转换时拉伸/ 挤压电流	0：电池开路转换时，挤压电流 1：电池开路转换时，拉伸电流				
PUP	开路转换的上拉/ 下拉电流	0：下拉电流				
		1：上拉电流				
PG[1:0]	自测模式选择	01：唯一自测试向量				
		10：自测试向量相反值				
CHG[3:0]	ADC 转换的 GPIO 选择	0000	GPIOs + VREF2			
		0001	GPIO1			
		0010	GPIO2			
		0011	GPIO3			
		0100	GPIO4			
		0101	GPIO5			
		0110	GPIO6			
		0111	GPIO7			
		1000	GPIO8			
		1001	GPIO9			
		1010	V <sub>REF2</sub>			
CHST[2:0]	状态组选择	000	SC, ITMP, VA, VD			
		001	SC			
		010	ITMP			
		011	VA			
		100	VD			

## 9 CHIP 寄存器

Chip 寄存器主要有普通寄存器和带 Trim 的寄存器组成。

### 9.1 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	复位值
CFGAR0	R/W	REFON	ADCOPT	PS[1]	PS[0]	CVMIN[1]	CVMIN[0]	MCAL	COMM_BK	0x00
CFGAR1	R/W	ADCORDER	GP_ADDIS_MSPI	GP_ADDIS_MIIC	ODECURADJ	0	0	0	DTEN	0x01
CFGAR2	R/W	FLAG_D[7]	FLAG_D[6]	FLAG_D[5]	FLAG_D[4]	FLAG_D[3]	FLAG_D[2]	FLAG_D[1]	FLAG_D[0]	0x00
CFGAR3	R/W	DTRNG	GP_ADDIS_INT	SOAKON	0	0	OWA[2]	OWA[1]	OWA[0]	0x00
CFGAR4	R/W	RFBYPASS	RABYPASS	OWRNG	0	0	OWC[2]	OWC[1]	OWC[0]	0x00
CFGAR5	R/W	0	0	DCTO[5]	DCTO[4]	DCTO[3]	DCTO[2]	DCTO[1]	DCTO[0]	0x00

配置寄存器组 A 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CFGAR0	7	REFON	基准电压源已上电 0：转换后基准电压源关闭（默认） 1：基准电压源保持上电，直到看门狗超时
	6	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
	[5:4]	PS[1:0]	数字冗余路径选择 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 01：冗余仅应用于ADC1数字路径 10：冗余仅应用于ADC2数字路径 11：冗余仅应用于ADC3数字路径
	[3:2]	CVMIN[1:0]	执行 CVOW 命令时的最小电池电压 00：无阈值使能。 01：初始电池电压阈值= $V_{REF1} \times 1/4$ (0.8 V typical). 10：初始电池电压阈值= $V_{REF1} \times 3/8$ (1.2 V typical). 11：初始电池电压阈值= $V_{REF1} \times 1/2$ (1.6 V typical).
	1	MCAL	多次校准 0：只校准一次 1：对所有通道执行校准
	0	COMM_BK	通信截止。 0：通信向下一个 Device 传递 1：通信不向下一个 Device 传递
CFGAR1	7	ADCORDER	ADC 转换通道扫描顺序（适用于选择多通道） 0：按照编号由小到大的顺序扫描 1：按照编号由大到小的顺序扫描



	6	GP_ADDIS_MSP_I	该位设置为 1,GPIO3,GPIO4,GPIO5 不能作为辅助 ADC 转换对象
	5	GP_ADDIS_MII_C	该位设置为 1,GPIO4,GPIO5 不能作为辅助 ADC 转换对象
	4	ODECURADJ	开路检测电路充放电电流调整信号 0：100uA 1：200uA
	[3:1]	保留位	-
	0	DTEN	放电定时器监视使能 0：放电监视禁止 1：放电监视使能
CFGAR2	[7:0]	FLAG_D[7:0]	断言各种诊断模式 <b>FLAG_D[1:0]:</b> 0X:不强制振荡器计数器加速或者减速 10:强制振荡器计数器变慢(在 ADC 动作时设置 OSCCHK 位) 11:强制振荡器计数器加速(在 ADC 动作时设置 OSCCHK 位) <b>FLAG_D[3:2]:</b> X0:不进行过压,欠压或者 ChargePump 检测诊断 01:强制欠压以及 ChargePump 检测诊断(在 ADC 动作时设置 VA_UVLO 位和 VD_UVLO 位, ADAX 命令时设置 CPCHK 位) 11:强制过压检测(在 ADC 动作时设置 VA_OVHI 位和 VD_OVHI 位) <b>FLAG_D[4]:</b> 0:不强制 mux 诊断失败 1:强制 mux 诊断失败 (在 ADC 动作时设置 MUXFAIL) <b>FLAG_D[5]:</b> 0:不强制数字冗余检查失败 1:强制数字冗余检查失败(ADC 结果接收数字冗余错误代码),并在 ADC 动作时设置 REDFAIL <b>FLAG_D[6]:</b> 0:不强制 EFUSE ED/MED 为 1 1:强制 EFUSE ED/MED 为 1(在 LOADEFUSE 命令时,设置 TRIM_OPT_ED、TRIM_OPT_MED) <b>FLAG_D[7]:</b> 0:不强制 TMODE 诊断标志位或者 THSD 标志位 1:强制 TMODE 诊断标志位(设置 TMODECHK 位)以及设置 THSD 标志位
CFGAR3	7	DTRNG	放电定时器范围设定 0：0 分钟到 63 分钟，以 1 分钟为单位递增 1：0 小时到 16.8 小时，以 16 分钟为单位递增
	6	GP_ADDIS_INT	该位设置为 1,GPIO8,GPIO9 不能作为辅助 ADC 转换对象
	5	SOAKON	SOAK 使能 0：仅仅针对 ADOW、CVOW 以及 AXOW 使能 SOAK 时间 1：针对全部 ADC 命令使能 SOAK 时间
	[4:3]	保留位	-
	[2:0]	OWA[2:0]	辅助开路 SOAK 时间 针对辅助命令, 如果 OWRNG = 0, SOAK 时间= $2^{(7 + OWA[2:0])}/3.3\text{ MHz}$ (38 μs – 4.96 ms). 如果 OWRNG = 1, SOAK 时间= $2^{(12 + OWA[2:0])}/3.3\text{ MHz}$ (1.2 ms – 159 ms).
CFGAR4	7	RFBYPASS	数字冗余滤波器BYPASS 0：数字冗余滤波器有效



			1: 数字冗余滤波器无效
	6	RABYPASS	ADC冗余功能BYPASS 0: ADC冗余功能有效 1: ADC冗余功能无效
	5	OWRNG	SOAK 时间范围 0: 短 SOAK 时间范围 1: 长 SOAK 时间范围
	[4:3]	保留位	-
	[2:0]	OWC[2:0]	电池开路 SOAK 时间 针对 C/S 引脚命令, 如果 OWRNG = 0, SOAK 时间=2 <sup>(5 + OWC[2:0])</sup> /3.3 MHz (9.7 μs – 1.24 ms). 如果 OWRNG = 1, SOAK 时间=2 <sup>(11 + OWC[2:0])</sup> /3.3 MHz (620 μs – 79 ms).
CFGAR5	[7:6]	保留位	-
	[5:0]	DCTO[5:0]	放电超时值

## 9.2 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	复位值
CFGBR0	R/W	GPO[8]	GPO[7]	GPO[6]	GPO[5]	GPO[4]	GPO[3]	GPO[2]	GPO[1]	0xFF
CFGBR1	R/W	0	0	0	0	0	0	0	GPO[9]	0x01
CFGBR2	R	GPI[8]	GPI[7]	GPI[6]	GPI[5]	GPI[4]	GPI[3]	GPI[2]	GPI[1]	0bXXXXXXXX
CFGBR3	R	0	0	0	0	0	0	0	GPI[9]	0b0000000X
CFGBR4	R	MUTE	0	0	0	0	0	0	0	0x00
CFGBR5	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00

配置寄存器组 B 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CFGBR0	[7:0]	GPO[8]~GPO[1]	GPIOx (x=1~8) 引脚控制 0: GPIOx 引脚下拉开启 1: GPIOx 引脚下拉关闭 (默认)
CFGBR1	[7:1]	保留位	-
	0	GPO[9]	GPIO9引脚控制 0: GPIO9 引脚下拉开启 1: GPIO9 引脚下拉关闭 (默认)
CFGBR2	[7:0]	GPI[8]~GPI[0]	GPIOx (x=1~8) 引脚状态 0: GPIOx引脚为逻辑0 1: GPIOx引脚为逻辑1
CFGBR3	[7:1]	保留位	-
	0	GPI[9]	GPIO9引脚状态 0: GPIO9引脚为逻辑0 1: GPIO9 引脚为逻辑 1
CFGBR4	7	MUTE	静音状态 (只读) 0: 静音被停用



			1: 启动静音, 放电被禁用
	[6:0]	保留位	-
CFGCR5	[7:0]	保留位	-

## 9.3 配置寄存器组 C

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CFGCR0	R/W	VUV[7]	VUV[6]	VUV[5]	VUV[4]	VUV[3]	VUV[2]	VUV[1]	VUV[0]	0x00
CFGCR1	R/W	VOV[3]	VOV[2]	VOV[1]	VOV[0]	VUV[11]	VUV[10]	VUV[9]	VUV[8]	0xF0
CFGCR2	R/W	VOV[11]	VOV[10]	VOV[9]	VOV[8]	VOV[7]	VOV[6]	VOV[5]	VOV[4]	0xFF
CFGCR3	R/W	DCC[8]	DCC[7]	DCC[6]	DCC[5]	DCC[4]	DCC[3]	DCC[2]	DCC[1]	0x00
CFGCR4	R/W	DCC[16]	DCC[15]	DCC[14]	DCC[13]	DCC[12]	DCC[11]	DCC[10]	DCC[9]	0x00
CFGCR5	R/W	0	0	0	0	0	0	DCC[18]	DCC[17]	0x00

配置寄存器组 C 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CFGCR0	[7:0]	VUV[7: 0]	电池欠压比较电压 比较电压 = VUV × 16 × 100 μV, 默认值: VUV = 0x000
CFGCR1	[3:0]	VUV[11: 8]	
CFGCR1	[7:4]	VOV[3: 0]	电池过压比较电压 比较电压 = VOV × 16 × 100 μV, 默认值: VOV = 0x000
CFGCR2	[7:0]	VOV[11: 4]	
CFGCR3	[7:0]	DCC[8:1]	电池x放电 (x=1至18)
CFGCR4	[7:0]	DCC[16:9]	0: 断开电池x的短路开关 (默认) 1: 接通电池x的短路开关
CFGCR5	[1:0]	DCC[18:17]	注:DCC[18:1]任意相邻位不可同时写1,相邻位同时写1,该写动作无效
CFGCR5	[7:2]	保留位	-

## 9.4 配置寄存器组 D

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CFGDR0	R/W	GUV[7]	GUV[6]	GUV[5]	GUV[4]	GUV[3]	GUV[2]	GUV[1]	GUV[0]	0x00
CFGDR1	R/W	GOV[3]	GOV[2]	GOV[1]	GOV[0]	GUV[11]	GUV[10]	GUV[9]	GUV[8]	0xF0
CFGDR2	R/W	GOV[11]	GOV[10]	GOV[9]	GOV[8]	GOV[7]	GOV[6]	GOV[5]	GOV[4]	0xFF
CFGDR3	R/W	BIPO8	BIPO7	BIPO6	BIPO5	BIPO4	BIPO3	BIPO2	BIPO1	0x00
CFGDR4	R/W	BIPO16	BIPO15	BIPO14	BIPO13	BIPO12	BIPO11	BIPO10	BIPO9	0x00
CFGDR5	R/W	0	0	0	0	0	0	BIPO18	BIPO17	0x00

配置寄存器组 D 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CFGDR0	[7:0]	GUV[7: 0]	GPIO欠压比较电压



CFGDR1	[3:0]	GUV[11 : 8]	比较电压 = VUV × 16 × 100 μV, 默认值: VUV = 0x000
CFGDR1	[7:4]	GOV[3 : 0]	GPIO过压比较电压
CFGDR2	[7:0]	GOV[11 : 4]	比较电压 = VOV × 16 × 100 μV, 默认值: VOV = 0x000
CFGDR3	7	BIPO8	电池通道 8 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	6	BIPO7	电池通道 7 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	5	BIPO6	电池通道 6 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	4	BIPO5	电池通道 5 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	3	BIPO4	电池通道 4 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	2	BIPO3	电池通道 3 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	1	BIPO2	电池通道 2 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	0	BIPO1	电池通道 1 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
CFGDR4	7	BIPO16	电池通道 16 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	6	BIPO15	电池通道 15 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	5	BIPO14	电池通道 14 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	4	BIPO13	电池通道 13 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	3	BIPO12	电池通道 12 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	2	BIPO11	电池通道 11 极性选择 0: 单极模式



			1: 双极模式
	1	BIPO10	电池通道 10 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	0	BIPO9	电池通道 9 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
CFGDR5	[7:2]	保留位	
	1	BIPO18	电池通道 18 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式
	0	BIPO17	电池通道 17 极性选择 0: 单极模式 1: 双极模式

## 9.5 配置寄存器组 E

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CFGERO	R/W	CDV[7]	CDV[6]	CDV[5]	CDV[4]	CDV[3]	CDV[2]	CDV[1]	CDV[0]	0x00
CFGER1	R/W	GDV[3]	GDV[2]	GDV[1]	GDV[0]	CDV[11]	CDV[10]	CDV[9]	CDV[8]	0x00
CFGER2	R/W	GDV[11]	GDV[10]	GDV[9]	GDV[8]	GDV[7]	GDV[6]	GDV[5]	GDV[4]	0x00
CFGER3	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CFGER4	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CFGER5	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0

配置寄存器组 E 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CFGERO	[7:0]	CDV[7:0]	电池电压变动阈值
CFGER1	[3:0]	CDV[11:8]	
CFGER1	[7:4]	GDV[3:0]	GPIO 电压变动阈值
CFGER2	[7:0]	GDV[11:4]	
CFGER3	[7:0]	保留位	
CFGER4	[7:0]	保留位	
CFGER5	[7:0]	保留位	

## 9.6 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	复位值
CVAR0	R/Wc	C1V[7]	C1V[6]	C1V[5]	C1V[4]	C1V[3]	C1V[2]	C1V[1]	C1V[0]	0xFF



CVAR1	R/Wc	C1V[15]	C1V[14]	C1V[13]	C1V[12]	C1V[11]	C1V[10]	C1V[9]	C1V[8]	0xFF
CVAR2	R/Wc	C2V[7]	C2V[6]	C2V[5]	C2V[4]	C2V[3]	C2V[2]	C2V[1]	C2V[0]	0xFF
CVAR3	R/Wc	C2V[15]	C2V[14]	C2V[13]	C2V[12]	C2V[11]	C2V[10]	C2V[9]	C2V[8]	0xFF
CVAR4	R/Wc	C3V[7]	C3V[6]	C3V[5]	C3V[4]	C3V[3]	C3V[2]	C3V[1]	C3V[0]	0xFF
CVAR5	R/Wc	C3V[15]	C3V[14]	C3V[13]	C3V[12]	C3V[11]	C3V[10]	C3V[9]	C3V[8]	0xFF

电池电压寄存器组 A 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CVAR0~CVAR5	[7:0]	CxV[15] ~ CxV[0]	电池 x(x=1~3) 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

## 9.7 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	复位值
CVBR0	R/Wc	C4V[7]	C4V[6]	C4V[5]	C4V[4]	C4V[3]	C4V[2]	C4V[1]	C4V[0]	0xFF
CVBR1	R/Wc	C4V[15]	C4V[14]	C4V[13]	C4V[12]	C4V[11]	C4V[10]	C4V[9]	C4V[8]	0xFF
CVBR2	R/Wc	C5V[7]	C5V[6]	C5V[5]	C5V[4]	C5V[3]	C5V[2]	C5V[1]	C5V[0]	0xFF
CVBR3	R/Wc	C5V[15]	C5V[14]	C5V[13]	C5V[12]	C5V[11]	C5V[10]	C5V[9]	C5V[8]	0xFF
CVBR4	R/Wc	C6V[7]	C6V[6]	C6V[5]	C6V[4]	C6V[3]	C6V[2]	C6V[1]	C6V[0]	0xFF
CVBR5	R/Wc	C6V[15]	C6V[14]	C6V[13]	C6V[12]	C6V[11]	C6V[10]	C6V[9]	C6V[8]	0xFF

电池电压寄存器组 B 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CVBR0~CVBR5	[7:0]	CxV[15] ~ CxV[0]	电池 x(x=4~6) 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

## 9.8 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	复位值
CVCR0	R/Wc	C7V[7]	C7V[6]	C7V[5]	C7V[4]	C7V[3]	C7V[2]	C7V[1]	C7V[0]	0xFF
CVCR1	R/Wc	C7V[15]	C7V[14]	C7V[13]	C7V[12]	C7V[11]	C7V[10]	C7V[9]	C7V[8]	0xFF
CVCR2	R/Wc	C8V[7]	C8V[6]	C8V[5]	C8V[4]	C8V[3]	C8V[2]	C8V[1]	C8V[0]	0xFF
CVCR3	R/Wc	C8V[15]	C8V[14]	C8V[13]	C8V[12]	C8V[11]	C8V[10]	C8V[9]	C8V[8]	0xFF
CVCR4	R/Wc	C9V[7]	C9V[6]	C9V[5]	C9V[4]	C9V[3]	C9V[2]	C9V[1]	C9V[0]	0xFF
CVCR5	R/Wc	C9V[15]	C9V[14]	C9V[13]	C9V[12]	C9V[11]	C9V[10]	C9V[9]	C9V[8]	0xFF

电池电压寄存器组 C 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CVCR0~CVCR5	[7:0]	CxV[15] ~ CxV[0]	电池 x(x=7~9) 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



## 9.9 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	复位值
CVDR0	R/Wc	C10V[7]	C10V[6]	C10V[5]	C10V[4]	C10V[3]	C10V[2]	C10V[1]	C10V[0]	0xFF
CVDR1	R/Wc	C10V[15]	C10V[14]	C10V[13]	C10V[12]	C10V[11]	C10V[10]	C10V[9]	C10V[8]	0xFF
CVDR2	R/Wc	C11V[7]	C11V[6]	C11V[5]	C11V[4]	C11V[3]	C11V[2]	C11V[1]	C11V[0]	0xFF
CVDR3	R/Wc	C11V[15]	C11V[14]	C11V[13]	C11V[12]	C11V[11]	C11V[10]	C11V[9]	C11V[8]	0xFF
CVDR4	R/Wc	C12V[7]	C12V[6]	C12V[5]	C12V[4]	C12V[3]	C12V[2]	C12V[1]	C12V[0]	0xFF
CVDR5	R/Wc	C12V[15]	C12V[14]	C12V[13]	C12V[12]	C12V[11]	C12V[10]	C12V[9]	C12V[8]	0xFF

电池电压寄存器组 D 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CVDR0~ CVDR5	[7:0]	CxV[15] ~ CxV[0]	电池 x(x=10~12)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

## 9.10 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	复位值
CVER0	R/Wc	C13V[7]	C13V[6]	C13V[5]	C13V[4]	C13V[3]	C13V[2]	C13V[1]	C13V[0]	0xFF
CVER1	R/Wc	C13V[15]	C13V[14]	C13V[13]	C13V[12]	C13V[11]	C13V[10]	C13V[9]	C13V[8]	0xFF
CVER2	R/Wc	C14V[7]	C14V[6]	C14V[5]	C14V[4]	C14V[3]	C14V[2]	C14V[1]	C14V[0]	0xFF
CVER3	R/Wc	C14V[15]	C14V[14]	C14V[13]	C14V[12]	C14V[11]	C14V[10]	C14V[9]	C14V[8]	0xFF
CVER4	R/Wc	C15V[7]	C15V[6]	C15V[5]	C15V[4]	C15V[3]	C15V[2]	C15V[1]	C15V[0]	0xFF
CVER5	R/Wc	C15V[15]	C15V[14]	C15V[13]	C15V[12]	C15V[11]	C15V[10]	C15V[9]	C15V[8]	0xFF

电池电压寄存器组 E 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CVER0~ CVER5	[7:0]	CxV[15] ~ CxV[0]	电池 x(x=13~15)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

## 9.11 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	复位值
CVFR0	R/Wc	C16V[7]	C16V[6]	C16V[5]	C16V[4]	C16V[3]	C16V[2]	C16V[1]	C16V[0]	0xFF
CVFR1	R/Wc	C16V[15]	C16V[14]	C16V[13]	C16V[12]	C16V[11]	C16V[10]	C16V[9]	C16V[8]	0xFF
CVFR2	R/Wc	C17V[7]	C17V[6]	C17V[5]	C17V[4]	C17V[3]	C17V[2]	C17V[1]	C17V[0]	0xFF
CVFR3	R/Wc	C17V[15]	C17V[14]	C17V[13]	C17V[12]	C17V[11]	C17V[10]	C17V[9]	C17V[8]	0xFF
CVFR4	R/Wc	C18V[7]	C18V[6]	C18V[5]	C18V[4]	C18V[3]	C18V[2]	C18V[1]	C18V[0]	0xFF
CVFR5	R/Wc	C18V[15]	C18V[14]	C18V[13]	C18V[12]	C18V[11]	C18V[10]	C18V[9]	C18V[8]	0xFF



电池电压寄存器组 F 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CVFR0~ CVFR5	[7:0]	CxV[15] ~ CxV[0]	电池 x(x=16~18)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

## 9.12 电池电压寄存器组 G

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CVGR0	R/Wc	ADOL1[7]	ADOL1[6]	ADOL1[5]	ADOL1[4]	ADOL1[3]	ADOL1[2]	ADOL1[1]	ADOL1[0]	0xFF
CVGR1	R/Wc	ADOL1[15]	ADOL1[14]	ADOL1[13]	ADOL1[12]	ADOL1[11]	ADOL1[10]	ADOL1[9]	ADOL1[8]	0xFF
CVGR2	R/Wc	ADOL2[7]	ADOL2[6]	ADOL2[5]	ADOL2[4]	ADOL2[3]	ADOL2[2]	ADOL2[1]	ADOL2[0]	0xFF
CVGR3	R/Wc	ADOL2[15]	ADOL2[14]	ADOL2[13]	ADOL2[12]	ADOL2[11]	ADOL2[10]	ADOL2[9]	ADOL2[8]	0xFF
CVGR4	R/Wc	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
CVGR5	R/Wc	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00

电池电压寄存器组 G 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CVGR0~ CVGR1	[7:0]	ADOL1[15]~ ADOL1[0]	ADC1 和 ADC2 同时测量电池 7 的时候, ADC1 测量值。 电池电压 = ADOL1×100μV。 上电时和清除命令后, ADOL1 复位为 0xFFFF
CVGR2~ CVGR3	[7:0]	ADOL2[15]~ ADOL2[0]	ADC2 和 ADC3 同时测量电池 13 的时候, ADC2 测量值。 电池电压 = ADOL2×100μV。 上电时和清除命令后, ADOL2 复位为 0xFFFF
CVGR4	[7:0]	保留位	-
CVGR5	[7:0]	保留位	-

## 9.13 电池电压诊断寄存器组 A

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CDAR0	R/Wc	CD1V[7]	CD1V[6]	CD1V[5]	CD1V[4]	CD1V[3]	CD1V[2]	CD1V[1]	CD1V[0]	0xFF
CDAR1	R/Wc	CD1V[15]	CD1V[14]	CD1V[13]	CD1V[12]	CD1V[11]	CD1V[10]	CD1V[9]	CD1V[8]	0x7F
CDAR2	R/Wc	CD2V[7]	CD2V[6]	CD2V[5]	CD2V[4]	CD2V[3]	CD2V[2]	CD2V[1]	CD2V[0]	0xFF
CDAR3	R/Wc	CD2V[15]	CD2V[14]	CD2V[13]	CD2V[12]	CD2V[11]	CD2V[10]	CD2V[9]	CD2V[8]	0x7F
CDAR4	R/Wc	CD3V[7]	CD3V[6]	CD3V[5]	CD3V[4]	CD3V[3]	CD3V[2]	CD3V[1]	CD3V[0]	0xFF
CDAR5	R/Wc	CD3V[15]	CD3V[14]	CD3V[13]	CD3V[12]	CD3V[11]	CD3V[10]	CD3V[9]	CD3V[8]	0x7F

电池电压诊断寄存器组 A 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CDAR0~ CDAR5	[7:0]	CDxV[15]~ CDxV[0]	电池 x(x=1~3)诊断电压。由 ADLEAK、ADSC 以及 CVOW 命令产生的 16 位 ADC 诊断测量值。 电池 x 的诊断电压 = CDxV×100μV (二进制补码)。 上电时和清除命令后, CDxV 复位为 0x7FFF



## 9.14 电池电压诊断寄存器组 B

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CDBR0	R/Wc	CD4V[7]	CD4V[6]	CD4V[5]	CD4V[4]	CD4V[3]	CD4V[2]	CD4V[1]	CD4V[0]	0xFF
CDBR1	R/Wc	CD4V[15]	CD4V[14]	CD4V[13]	CD4V[12]	CD4V[11]	CD4V[10]	CD4V[9]	CD4V[8]	0x7F
CDBR2	R/Wc	CD5V[7]	CD5V[6]	CD5V[5]	CD5V[4]	CD5V[3]	CD5V[2]	CD5V[1]	CD5V[0]	0xFF
CDBR3	R/Wc	CD5V[15]	CD5V[14]	CD5V[13]	CD5V[12]	CD5V[11]	CD5V[10]	CD5V[9]	CD5V[8]	0x7F
CDBR4	R/Wc	CD6V[7]	CD6V[6]	CD6V[5]	CD6V[4]	CD6V[3]	CD6V[2]	CD6V[1]	CD6V[0]	0xFF
CDBR5	R/Wc	CD6V[15]	CD6V[14]	CD6V[13]	CD6V[12]	CD6V[11]	CD6V[10]	CD6V[9]	CD6V[8]	0x7F

电池电压诊断寄存器组 B 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CDBR0~CDBR5	[7:0]	CDxV[15]~CDxV[0]	电池 x(x=4~6)诊断电压。由 ADLEAK、ADSC 以及 CVOW 命令产生的 16 位 ADC 诊断测量值。 电池 x 的诊断电压 = CDxV×100μV (二进制补码)。 上电时和清除命令后，CDxV 复位为 0x7FFF

## 9.15 电池电压诊断寄存器组 C

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CDCR0	R/Wc	CD7V[7]	CD7V[6]	CD7V[5]	CD7V[4]	CD7V[3]	CD7V[2]	CD7V[1]	CD7V[0]	0xFF
CDCR1	R/Wc	CD7V[15]	CD7V[14]	CD7V[13]	CD7V[12]	CD7V[11]	CD7V[10]	CD7V[9]	CD7V[8]	0x7F
CDCR2	R/Wc	CD8V[7]	CD8V[6]	CD8V[5]	CD8V[4]	CD8V[3]	CD8V[2]	CD8V[1]	CD8V[0]	0xFF
CDCR3	R/Wc	CD8V[15]	CD8V[14]	CD8V[13]	CD8V[12]	CD8V[11]	CD8V[10]	CD8V[9]	CD8V[8]	0x7F
CDCR4	R/Wc	CD9V[7]	CD9V[6]	CD9V[5]	CD9V[4]	CD9V[3]	CD9V[2]	CD9V[1]	CD9V[0]	0xFF
CDCR5	R/Wc	CD9V[15]	CD9V[14]	CD9V[13]	CD9V[12]	CD9V[11]	CD9V[10]	CD9V[9]	CD9V[8]	0x7F

电池电压诊断寄存器组 C 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CDCR0~CDCR5	[7:0]	CDxV[15]~CDxV[0]	电池 x(x=7~9)诊断电压。由 ADLEAK、ADSC 以及 CVOW 命令产生的 16 位 ADC 诊断测量值。 电池 x 的诊断电压 = CDxV×100μV (二进制补码)。 上电时和清除命令后，CDxV 复位为 0x7FFF

## 9.16 电池电压诊断寄存器组 D

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CDDR0	R/Wc	CD10V[7]	CD10V[6]	CD10V[5]	CD10V[4]	CD10V[3]	CD10V[2]	CD10V[1]	CD10V[0]	0xFF
CDDR1	R/Wc	CD10V[15]	CD10V[14]	CD10V[13]	CD10V[12]	CD10V[11]	CD10V[10]	CD10V[9]	CD10V[8]	0x7F
CDDR2	R/Wc	CD11V[7]	CD11V[6]	CD11V[5]	CD11V[4]	CD11V[3]	CD11V[2]	CD11V[1]	CD11V[0]	0xFF
CDDR3	R/Wc	CD11V[15]	CD11V[14]	CD11V[13]	CD11V[12]	CD11V[11]	CD11V[10]	CD11V[9]	CD11V[8]	0x7F
CDDR4	R/Wc	CD12V[7]	CD12V[6]	CD12V[5]	CD12V[4]	CD12V[3]	CD12V[2]	CD12V[1]	CD12V[0]	0xFF
CDDR5	R/Wc	CD12V[15]	CD12V[14]	CD12V[13]	CD12V[12]	CD12V[11]	CD12V[10]	CD12V[9]	CD12V[8]	0x7F



电池电压诊断寄存器组 D 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CDDR0~ CDDR5	[7:0]	CDxV[15]~ CDxV[0]	电池 x(x=10~12)诊断电压。由 ADLEAK、ADSC 以及 CVOW 命令产生的 16 位 ADC 诊断测量值。 电池 x 的诊断电压 = CDxV × 100μV (二进制补码)。 上电时和清除命令后，CDxV 复位为 0x7FFF

## 9.17 电池电压诊断寄存器组 E

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CDER0	R/Wc	CD13V[7]	CD13V[6]	CD13V[5]	CD13V[4]	CD13V[3]	CD13V[2]	CD13V[1]	CD13V[0]	0xFF
CDER1	R/Wc	CD13V[15]	CD13V[14]	CD13V[13]	CD13V[12]	CD13V[11]	CD13V[10]	CD13V[9]	CD13V[8]	0x7F
CDER2	R/Wc	CD14V[7]	CD14V[6]	CD14V[5]	CD14V[4]	CD14V[3]	CD14V[2]	CD14V[1]	CD14V[0]	0xFF
CDER3	R/Wc	CD14V[15]	CD14V[14]	CD14V[13]	CD14V[12]	CD14V[11]	CD14V[10]	CD14V[9]	CD14V[8]	0x7F
CDER4	R/Wc	CD15V[7]	CD15V[6]	CD15V[5]	CD15V[4]	CD15V[3]	CD15V[2]	CD15V[1]	CD15V[0]	0xFF
CDER5	R/Wc	CD15V[15]	CD15V[14]	CD15V[13]	CD15V[12]	CD15V[11]	CD15V[10]	CD15V[9]	CD15V[8]	0x7F

电池电压诊断寄存器组 E 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CDDR0~ CDDR5	[7:0]	CDxV[15]~ CDxV[0]	电池 x(x=13~15)诊断电压。由 ADLEAK、ADSC 以及 CVOW 命令产生的 16 位 ADC 诊断测量值。 电池 x 的诊断电压 = CDxV × 100μV (二进制补码)。 上电时和清除命令后，CDxV 复位为 0x7FFF

## 9.18 电池电压诊断寄存器组 F

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
CDFR0	R/Wc	CD16V[7]	CD16V[6]	CD16V[5]	CD16V[4]	CD16V[3]	CD16V[2]	CD16V[1]	CD16V[0]	0xFF
CDFR1	R/Wc	CD16V[15]	CD16V[14]	CD16V[13]	CD16V[12]	CD16V[11]	CD16V[10]	CD16V[9]	CD16V[8]	0x7F
CDFR2	R/Wc	CD17V[7]	CD17V[6]	CD17V[5]	CD17V[4]	CD17V[3]	CD17V[2]	CD17V[1]	CD17V[0]	0xFF
CDFR3	R/Wc	CD17V[15]	CD17V[14]	CD17V[13]	CD17V[12]	CD17V[11]	CD17V[10]	CD17V[9]	CD17V[8]	0x7F
CDFR4	R/Wc	CD18V[7]	CD18V[6]	CD18V[5]	CD18V[4]	CD18V[3]	CD18V[2]	CD18V[1]	CD18V[0]	0xFF
CDFR5	R/Wc	CD18V[15]	CD18V[14]	CD18V[13]	CD18V[12]	CD18V[11]	CD18V[10]	CD18V[9]	CD18V[8]	0x7F

电池电压诊断寄存器组 F 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
CDFR0~ CDFR5	[7:0]	CDxV[15]~ CDxV[0]	电池 x(x=16~18)诊断电压。由 ADLEAK、ADSC 以及 CVOW 命令产生的 16 位 ADC 诊断测量值。 电池 x 的诊断电压 = CDxV × 100μV (二进制补码)。 上电时和清除命令后，CDxV 复位为 0x7FFF

## 9.19 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	复位值
AVAR0	R/Wc	REFV[7]	REFV[6]	REFV[5]	REFV[4]	REFV[3]	REFV[2]	REFV[1]	REFV[0]	0xFF
AVAR1	R/Wc	REFV[15]	REFV[14]	REFV[13]	REFV[12]	REFV[11]	REFV[10]	REFV[9]	REFV[8]	0xFF
AVAR2	R/Wc	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
AVAR3	R/Wc	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
AVAR4	R/Wc	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
AVAR5	R/Wc	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00

辅助寄存器组 A 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
AVAR0~ AVAR1	[7:0]	REFV[15]~ REFV[0]	第二基准电压的 16 位 ADC 测量值。 第二基准电压= REFV[15:0] × 100 μV。 上电时和清除命令后，CDxV 复位为 0x7FFF
AVAR2~ AVAR5	[7:0]	保留位	-

## 9.20 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	复位值
AVBR0	R/Wc	G1V[7]	G1V[6]	G1V[5]	G1V[4]	G1V[3]	G1V[2]	G1V[1]	G1V[0]	0xFF
AVBR1	R/Wc	G1V[15]	G1V[14]	G1V[13]	G1V[12]	G1V[11]	G1V[10]	G1V[9]	G1V[8]	0xFF
AVBR2	R/Wc	G2V[7]	G2V[6]	G2V[5]	G2V[4]	G2V[3]	G2V[2]	G2V[1]	G2V[0]	0xFF
AVBR3	R/Wc	G2V[15]	G2V[14]	G2V[13]	G2V[12]	G2V[11]	G2V[10]	G2V[9]	G2V[8]	0xFF
AVBR4	R/Wc	G3V[7]	G3V[6]	G3V[5]	G3V[4]	G3V[3]	G3V[2]	G3V[1]	G3V[0]	0xFF
AVBR5	R/Wc	G3V[15]	G3V[14]	G3V[13]	G3V[12]	G3V[11]	G3V[10]	G3V[9]	G3V[8]	0xFF

辅助寄存器组 B 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
AVBR0~ AVBR1	[7:0]	GxV[15]~ GxV[0]	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

## 9.21 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	复位值
AVCR0	R/Wc	G4V[7]	G4V[6]	G4V[5]	G4V[4]	G4V[3]	G4V[2]	G4V[1]	G4V[0]	0xFF
AVCR1	R/Wc	G4V[15]	G4V[14]	G4V[13]	G4V[12]	G4V[11]	G4V[10]	G4V[9]	G4V[8]	0xFF
AVCR2	R/Wc	G5V[7]	G5V[6]	G5V[5]	G5V[4]	G5V[3]	G5V[2]	G5V[1]	G5V[0]	0xFF
AVCR3	R/Wc	G5V[15]	G5V[14]	G5V[13]	G5V[12]	G5V[11]	G5V[10]	G5V[9]	G5V[8]	0xFF
AVCR4	R/Wc	G6V[7]	G6V[6]	G6V[5]	G6V[4]	G6V[3]	G6V[2]	G6V[1]	G6V[0]	0xFF
AVCR5	R/Wc	G6V[15]	G6V[14]	G6V[13]	G6V[12]	G6V[11]	G6V[10]	G6V[9]	G6V[8]	0xFF

辅助寄存器组 C 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
AVCR0~ AVCR1	[7:0]	GxV[15]~ GxV[0]	GPIOx x(x=4~6) 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							
--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

## 9.22 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	复位值
AVDR0	R/Wc	G7V[7]	G7V[6]	G7V[5]	G7V[4]	G7V[3]	G7V[2]	G7V[1]	G7V[0]	0xFF
AVDR1	R/Wc	G7V[15]	G7V[14]	G7V[13]	G7V[12]	G7V[11]	G7V[10]	G7V[9]	G7V[8]	0xFF
AVDR2	R/Wc	G8V[7]	G8V[6]	G8V[5]	G8V[4]	G8V[3]	G8V[2]	G8V[1]	G8V[0]	0xFF
AVDR3	R/Wc	G8V[15]	G8V[14]	G8V[13]	G8V[12]	G8V[11]	G8V[10]	G8V[9]	G8V[8]	0xFF
AVDR4	R/Wc	G9V[7]	G9V[6]	G9V[5]	G9V[4]	G9V[3]	G9V[2]	G9V[1]	G9V[0]	0xFF
AVDR5	R/Wc	G9V[15]	G9V[14]	G9V[13]	G9V[12]	G9V[11]	G9V[10]	G9V[9]	G9V[8]	0xFF

辅助寄存器组 D 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
AVDR0~ AVDR1	[7:0]	GxV[15]~ GxV[0]	GPIOx x(x=7~9)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

## 9.23 状态寄存器组 A

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

状态寄存器组 A 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
STAR0~ STAR1	[7:0]	SC[15]~ SC[0]	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
STAR2~ STAR3	[7:0]	ITMP[15]~ ITMP[0]	内部芯片温度的 16 位 ADC 测量值 温度测量电压 = ITMP×(100μV/7.6mV)°C – 260°C
STAR4~ STAR5	[7:0]	VA[15]~ VA[0]	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

## 9.24 状态寄存器组 B

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



STBR0	R/Wc	VD[7]	VD[6]	VD[5]	VD[4]	VD[3]	VD[2]	VD[1]	VD[0]	0xFF
STBR1	R/Wc	VD[15]	VD[14]	VD[13]	VD[12]	VD[11]	VD[10]	VD[9]	VD[8]	0xFF
STBR2	R/Wc	VA_OVHI	VA_UVLO	VD_OVHI	VD_UVLO	TRIM_OPT_ED	TRIM_OPT_MED	0	0	0x00
STBR3	R/Wc	REDFAIL	0	SLEEP	TMODECHK	MUXFAIL	THSD	CPCHK	OSCCHK	0x00
STBR4	R/Wc	OC_CNTR[7]	OC_CNTR[6]	OC_CNTR[5]	OC_CNTR[4]	OC_CNTR[3]	OC_CNTR[2]	OC_CNTR[1]	OC_CNTR[0]	0x00
STBR5	R/Wc	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00

## 状态寄存器组 B 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
STBR0~ STBR1	[7:0]	VD[15]~ VD[0]	数字电源电压的 16 位 ADC 测量值 数字电源电压 = $VD \times 100\mu V$ VD 的值由外部元件设置，正常工作要求其在 2.7V 至 3.6V 范围内
STBR2	7	VA_OVHI	模拟电源过压标志 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD0 的 bit7 为 1)
	6	VA_UVLO	模拟电源欠压标志 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD0 的 bit6 为 1)
	5	VD_OVHI	数字电源过压标志 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD0 的 bit5 为 1)
	4	VD_UVLO	数字电源欠压标志 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD0 的 bit4 为 1)
	3	TRIM_OPT_ED	Trim 寄存器从 Efuse load 过程中, Trim 值有一个错误, 如果 TRIM_OPT_MED 不为 1 时, 该错误已被纠正, 该 bit 可以通过 CLRFLAG 命令并设置 CFD0 的 bit3 为 1 来清零。 0: Trim 值没有错误。 1: Trim 值有一个错误。
	2	TRIM_OPT_MED	Trim 寄存器从 Efuse load 过程中, Trim 值有多个错误, 该 bit 可以通过 CLRFLAG 命令并设置 CFD0 的 bit2 为 1 来清零。 0: Trim 值没有多个错误被检出。 1: Trim 值有多个错误被检出。
	[1:0]	保留位	-
STBR3	7	REDFAIL	数字冗余失效检出。 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD1 的 bit7 为 1)
	6	保留位	
	5	SLEEP	SLEEP 状态检出。 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD1 的 bit5 为 1)
	4	TMODECHK	测试模式检出。 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD1 的 bit4 为 1)
	3	MUXFAIL	多路复用器自测结果。 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD1 的 bit3 为 1)
	2	THSD	热关断状态。 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD1 的 bit2 为 1)
	1	CPCHK	电荷泵检查。 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD1 的 bit1 为 1)
	0	OSCCHK	发振器检查。 该位由 CLRFLAG 命令来清 0 (设定 CFD1 的 bit0 为 1)



STBR4	[7:0]	OC_CNTR	发振器检查计数器。
STBR5	[7:0]	保留位	-

9.25 状态寄存器组 C

## 状态寄存器组 C 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
STCR0~ STCR3	1,3,5,7	CxOV	电池 x (x = 1~16) 过压标志。 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 被标记为过压情况
STCR0~ STCR3	0,2,4,6	CxUV	电池 x (x = 1~16) 欠压标志。 电池电压与 VUV 比较电压比较 0：电池 x 未被标记为欠压情况 1：电池 x 被标记为欠压情况
STCR4	1,3	CxOV	电池 x (x = 17~18) 过压标志。 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 被标记为过压情况
STCR4	0,2	CxUV	电池 x (x = 17~18) 欠压标志。 电池电压与 VUV 比较电压比较 0：电池 x 未被标记为欠压情况 1：电池 x 被标记为欠压情况
STCR4	[7:4]	保留位	-
STCR5	[7:0]	保留位	-

## 9.26 状态寄存器组 D



状态寄存器组 D 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
STDR0~ STDR1	1,3,5,7	GxOV	GPIOx (x = 1~8) 过压标志。 GPIO 电压与 GOV 比较电压比较 0: GPIOx 未被标记为过压情况 1: GPIOx 被标记为过压情况
STDR0~ STDR1	0,2,4,6	GxUV	GPIOx (x = 1~8) 欠压标志。 GPIO 电压与 GUV 比较电压比较 0: GPIOx 未被标记为欠压情况 1: GPIOx 被标记为欠压情况
STDR2	[7:4]	保留位	-
STDR2	3	REFOV	第二基准电压过压标志。 第二基准电压与 GOV 比较电压比较 0: 第二基准电压未被标记为过压情况 1: 第二基准电压被标记为过压情况
STDR2	2	REFUV	第二基准电压欠压标志。 第二基准电压与 GUV 比较电压比较 0: 第二基准电压未被标记为欠压情况 1: 第二基准电压被标记为欠压情况
STDR2	1	G9OV	GPIO9 过压标志。 GPIO9 电压与 GOV 比较电压比较 0: GPIO9 未被标记为过压情况 1: GPIO9 被标记为过压情况
STDR2	0	G9UV	GPIO9 欠压标志。 GPIO9 电压与 GUV 比较电压比较 0: GPIO9 未被标记为欠压情况 1: GPIO9 被标记为欠压情况
STDR3	[7:0]	保留位	-
STDR4	[7:0]	保留位	-
STDR5	[7:0]	保留位	-

## 9.27 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	复位值
COMM0	R/W	ICOM0[3]	ICOM0[2]	ICOM0[1]	ICOM0[0]	FCOM0[3]	FCOM0[2]	FCOM0[1]	FCOM0[0]	0xFF
COMM1	R/W	D0[7]	D0[6]	D0[5]	D0[4]	D0[3]	D0[2]	D0[1]	D0[0]	0xFF
COMM2	R/W	ICOM1[3]	ICOM1[2]	ICOM1[1]	ICOM1[0]	FCOM1[3]	FCOM1[2]	FCOM1[1]	FCOM1[0]	0xFF
COMM3	R/W	D1[7]	D1[6]	D1[5]	D1[4]	D1[3]	D1[2]	D1[1]	D1[0]	0xFF
COMM4	R/W	ICOM2[3]	ICOM2[2]	ICOM2[1]	ICOM2[0]	FCOM2[3]	FCOM2[2]	FCOM2[1]	FCOM2[0]	0xFF
COMM5	R/W	D2[7]	D2[6]	D2[5]	D2[4]	D2[3]	D2[2]	D2[1]	D2[0]	0xFF

COMM 寄存器组的位描述

寄存器名	位	位名	描述
COMM0,COMM2,COMM4	[7:4]	ICOMx[3:0]	I2C/SPI 通信主机 (x=0~2) 的初始通信控制位 I2C 通信写控制



			0110: 开始 0001: 停止 0000: 空 0111: 不发送 I2C 通信读控制 0110: 从主机开始 0001: 从主机停止 0000: 字节之间 SDA 为低电平 0111: 字节之间 SDA 为高电平 SPI 通信写控制 1000: CSB 低电平 1010: CSB 下降沿 1001: CSB 高电平 1111: 不发送 SPI 通信读控制 0111: 全 cases
COMM0,COMM2,COMM4	[3:0]	FCOMx[3:0]	I2C/SPI 通信主机 (x=0~2) 的最终通信控制位 I2C 通信写控制 0000: 主机 ACK 1000: 主机 NACK 1001: 主机 NACK+停止 I2C 通信读控制 0000: 主机 ACK 0111: 从机 ACK 1111: 主机 NACK 0001: 从机 ACK+主机停止 1001: 从机 NACK+主机停止 SPI 通信写控制 x000: CSB 低电平 1001: CSB 高电平 SPI 通信读控制 1111: 全 cases
COMM1,COMM3,COMM5	[7:0]	Dx[7:0]	I2C/SPI 通信数据字节 数据发送到 (接收自) I2C/SPI 从器件 (x=0~2)

## 9.28 PWM 控制寄存器组 A

寄存器	R/ W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
PWMAR <sub>0</sub>	R/W	PWM2[3]	PWM2[2]	PWM2[1]	PWM2[0]	PWM1[3]	PWM1[2]	PWM1[1]	PWM1[0]	0x00
PWMAR <sub>1</sub>	R/W	PWM4[3]	PWM4[2]	PWM4[1]	PWM4[0]	PWM3[3]	PWM3[2]	PWM3[1]	PWM3[0]	0x00
PWMAR <sub>2</sub>	R/W	PWM6[3]	PWM6[2]	PWM6[1]	PWM6[0]	PWM5[3]	PWM5[2]	PWM5[1]	PWM5[0]	0x00
PWMAR <sub>3</sub>	R/W	PWM8[3]	PWM8[2]	PWM8[1]	PWM8[0]	PWM7[3]	PWM7[2]	PWM7[1]	PWM7[0]	0x00



PWMAR4	R/W	PWM10[3]	PWM10[2]	PWM10[1]	PWM10[0]	PWM9[3]	PWM9[2]	PWM9[1]	PWM9[0]	0x00
PWMAR5	R/W	PWM12[3]	PWM12[2]	PWM12[1]	PWM12[0]	PWM11[3]	PWM11[2]	PWM11[1]	PWM11[0]	0x00

PWM 控制寄存器组 A 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
PWMAR0~PWMAR5	[7:0]	PWMx[3:0]	电池 x (x=1~12) PWM 放电控制 0000: 选择 0% 放电占空比 0001: 选择 3.3% 放电占空比 ... 1110: 选择 46.7% 放电占空比 1111: 选择 50% 放电占空比

## 9.29 PWM 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	复位值
PWMBR0	R/W	PWM14[3]	PWM14[2]	PWM14[1]	PWM14[0]	PWM13[3]	PWM13[2]	PWM13[1]	PWM13[0]	0x00
PWMBR1	R/W	PWM16[3]	PWM16[2]	PWM16[1]	PWM16[0]	PWM15[3]	PWM15[2]	PWM15[1]	PWM15[0]	0x00
PWMBR2	R/W	PWM18[3]	PWM18[2]	PWM18[1]	PWM18[0]	PWM17[3]	PWM17[2]	PWM17[1]	PWM17[0]	0x00
PWMBR3	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
PWMBR4	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
PWMBR5	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00

PWM 控制寄存器组 B 的位描述

寄存器名	位	位名	描述
PWMBR0~PWMBR2	[7:0]	PWMx[3:0]	电池 x (x=13~18) PWM 放电控制 0000: 选择 0% 放电占空比 0001: 选择 3.3% 放电占空比 ... 1110: 选择 46.7% 放电占空比 1111: 选择 50% 放电占空比
PWMBR3	[7:0]	保留位	-
PWMBR4	[7:0]	保留位	-
PWMBR5	[7:0]	保留位	-

## 9.30 LPCM 配置寄存器组

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
HBCFG0	R/W	HB_MAN	HB_MP PER[2]	HB_MP PER[1]	HB_MP PER[0]	HB_BT M	HB_TPER[2]	HB_TPER[1]	HB_TPER[0]	0x00
HBCFG1	R/W	HB_NDEV[7]	HB_NDEV[6]	HB_NDEV[5]	HB_NDEV[4]	HB_NDEV[3]	HB_NDEV[2]	HB_NDEV[1]	HB_NDEV[0]	0x00
HBCFG2	R/W	HB_CM[8]	HB_CM[7]	HB_CM[6]	HB_CM[5]	HB_CM[4]	HB_CM[3]	HB_CM[2]	HB_CM[1]	0x00
HBCFG3	R/W	HB_CM[16]	HB_CM[15]	HB_CM[14]	HB_CM[13]	HB_CM[12]	HB_CM[11]	HB_CM[10]	HB_CM[9]	0x00
HBCFG4	R/W	HB_GM[2]	HB_GM[1]	HB_DIR	HB_INTM[2]	HB_INTM[1]	HB_INTM[0]	HB_CM[18]	HB_CM[17]	0x00
HBCFG5	R/W	0	HB_GM[9]	HB_GM[8]	HB_GM[7]	HB_GM[6]	HB_GM[5]	HB_GM[4]	HB_GM[3]	0x00



## LPCM 配置寄存器组的位描述

寄存器名	位	位名	描述
HBCFG0	7	HB_MAN	LPCM 监测管理器 在完成一次监测任务后，监测管理器会主动发出 CMHB 命令，同时管理监测时间。 0：该设备不是 LPCM 监测管理器功能 1：该设备是 LPCM 监测管理器功
	[6:4]	HB_MPER	LPCM 监测测量周期(仅监测管理器需要设定) 000：1秒 001：2秒 010：4秒 011：8秒 100：12秒 101：16秒 110：32秒 111：1秒
	3	HB_BTM	LPCM 监测超时设定有效 在 LPCM 监测时启动计时器 0：禁止该设备故障监测无网桥 LPCM 超时监测器 1：使能该设备故障监测无网桥 LPCM 超时监测器
	[2:0]	HB_TPER	LPCM 监测超时阈值设定 000：1.5秒 001：3秒 010：6秒 011：12秒 100：18秒 101：24秒 110：48秒 111：1.5秒
HBCFG1	[7:0]	HB_NDEV	菊花链上串联 Device 数量。 设置值=Device 数量 + 0x42.
HBCFG2~HBCFG3	[7:0]	HB_CM[16]~HB_CM[1]	电池 Cell 在 LPCM 监测中屏蔽 0：监测 1：屏蔽
HBCFG4	[7:6]	HB_GM[2]~HB_GM [1]	GPIO 在 LPCM 监测中屏蔽 0：监测 1：屏蔽
	5	HB_DIR	LPCM 监测管理器的送信方向 决定管理器从 PORTA 还是 PORTB 发送数据，不关注其它设备。 0：管理器从 Port B 发送 CMHB 1：管理器从 Port A 发送 CMHB
	[4:2]	HB_INTM[2]~HB_INTM[0]	中断模式设定 0：FAULT_H 无效，FAULT_L 无效 (Default) 1：FAULT_H 输入，FAULT_L 输出 (H 有效) 2：FAULT_H 输入，FAULT_L 输出 (L 有效)



			3: FAULT_H 无效, FAULT_L 输出 (H 有效) 4: FAULT_H 无效, FAULT_L 输出 (L 有效) 5: FAULT_H 输入 (H 有效), FAULT_L 输出无效 6: FAULT_H 输入 (L 有效), FAULT_L 输出无效
	[1:0]	HB_CM[18]~HB_CM[17]	电池 Cell 在 LPCM 监测中屏蔽 0: 监测 1: 屏蔽
HBCFG5	7	保留位	-
	[6:0]	HB_GM[9]~HB_GM[3]	GPIO 在 LPCM 监测中屏蔽 0: 监测 1: 屏蔽

### 9.31 LPCM 状态寄存器组

寄存器	R/W	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0	复位值
HBD0	R	HB_DCNT[7]	HB_DCNT[6]	HB_DCNT[5]	HB_DCNT[4]	HB_DCNT[3]	HB_DCNT[2]	HB_DCNT[1]	HB_DCNT[0]	0x00
HBD1	R	HB_GDVP	HB_GDVN	HB_GOV	HB_GUV	HB_CDVP	HB_CDVN	HB_COV	HB_CUV	0x00
HBD2	R	HB_CMEN	0	0	0	0	0	HB_BTMWD	HB_BTMCMP	0x00
HBD3	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
HBD4	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00
HBD5	R/W	0	0	0	0	0	0	0	0	0x00

LPCM 状态寄存器组的位描述

寄存器名	位	位名	描述
HBD0	[7:0]	HB_DCNT[7]~HB_DCNT[0]	LPCM 传递信息 Device 计数: LPCM 监测没有违反时: DCNT=NDEV-1 (监测管理者) DCNT=收到的 DCNT-1 LPCM 监测有违反时: DCNT=NDEV (监测管理者) DCNT=收到的 DCNT
HBD1	7	HB_GDVP	GPIO 监测向上变化阈值违反 写入值无效, 需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
	6	HB_GDVN	GPIO 监测向下变化阈值违反 写入值无效, 需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
	5	HB_GOV	GPIO 监测超出高阈值违反 写入值无效, 需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
	4	HB_GUV	GPIO 监测超出低阈值违反 写入值无效, 需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
	3	HB_CDVP	电池监测向上变化阈值违反 写入值无效, 需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
	2	HB_CDVN	电池监测向下变化阈值违反 写入值无效, 需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
	1	HB_COV	电池监测超出高阈值违反 写入值无效, 需通过 CLRCMFLAG 命令清除。



	0	HB_CUV	电池监测超出低阈值违反 写入值无效，需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
HBD2	[7]	HB_CMEN	LPCM 监测标准 CMEN 命令时置 1 CMDIS 命令时清 0
	[6:2]	保留位	-
	1	HB_BTMWWD	LPCM 监测超时引起的中断 LPCM 监测超时设定有效时，监测超时时置 1。 写入值无效，需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
	0	HB_BTMCMP	LPCM 监测阈值违反引起的中断 写入值无效，需通过 CLRCMFLAG 命令清除。
HBD3	[7:0]	保留位	-
HBD4	[7:0]	保留位	-
HBD5	[7:0]	保留位	-

# 10封装信息

XL8818 64-Lead Package Outline Drawing LQFP (10mm x10mm)

