3~16 串高精度电池管理系统监测与保护芯片

1 特征

- 设计高度集成，提升系统性能和可靠性
  - 支持 3~16 串电池电压监测功能，满足多样化应用需求
  - 单体电池电压范围覆盖 1.5V 至 5.5V，适配多种电池类型
  - 可同步测量电压与电流
  - ±200mv 量程电流检测电压范围
  - 支持奇偶均衡，最多支持 8 串均衡功能，内置均衡 MOSFET 均衡电流可达最大 80mA
  - 集成电荷泵，用于高侧充电与放电控制
  - 提供通信接口选项：支持 400kHz I2C 和 16MHz SPI 协议
  - 三路 LDO 独立供电，分别用于 MCU 主电源、接口/无线模组以及 MCU VBAT 的低功耗睡眠电源
  - OTP 存储器支持生产线编程，为设备配置和定制提供灵活性
- 精准的监测能力
  - 全温范围电压监测精度达±5mV（单 cell 刷新周期为 1ms）
  - 全温范围电流检测精度达±50μV（<5mV 时）
  - 全温范围电流检测精度达±1%（>4mV 时）
  - 电压与电流同步采样，刷新周期 1ms
  - NTC 温度测量精度可达±2°C
- 在恶劣环境下安全可靠运行
  - CELL 电压支持高达 85V 的 cell 耐压，可支持 CELL 的乱序上电
  - 内置三端保险丝驱动，实现二级保护
  - 配备多种硬件保护机制，包括电压、温度、电流及内部诊断功能
  - 提供多级故障警报和状态指示功能
- 支持多种低功耗运行模式
  - 睡眠模式，功耗在 60μA 至 100μA 之间
  - 深度睡眠模式，功耗范围为 25μA 至 35μA
  - 待机模式的电流消耗为 5μA

2 应用场景

- 便携式电源解决方案
- 低压家庭储能应用
- 锂电池驱动的两轮车系统
- 高压电动工具供电
- 用于各类工业电池组的应用场景

3 描述

GD30BM2016 是一款高度集成的电池监控和保护器，专为锂离子电池包设计。该器件能够精确监测 3-16 串电池组的单体电压、电流和温度，同时支持高边充放电功能。它集成了高精度监控系统以及高度可配置的保护子系统，不仅确保监控的精确性，还简化了系统设计。通过提供过充和过放保护，GD30BM2016 有效增强了电池的安全性和性能。

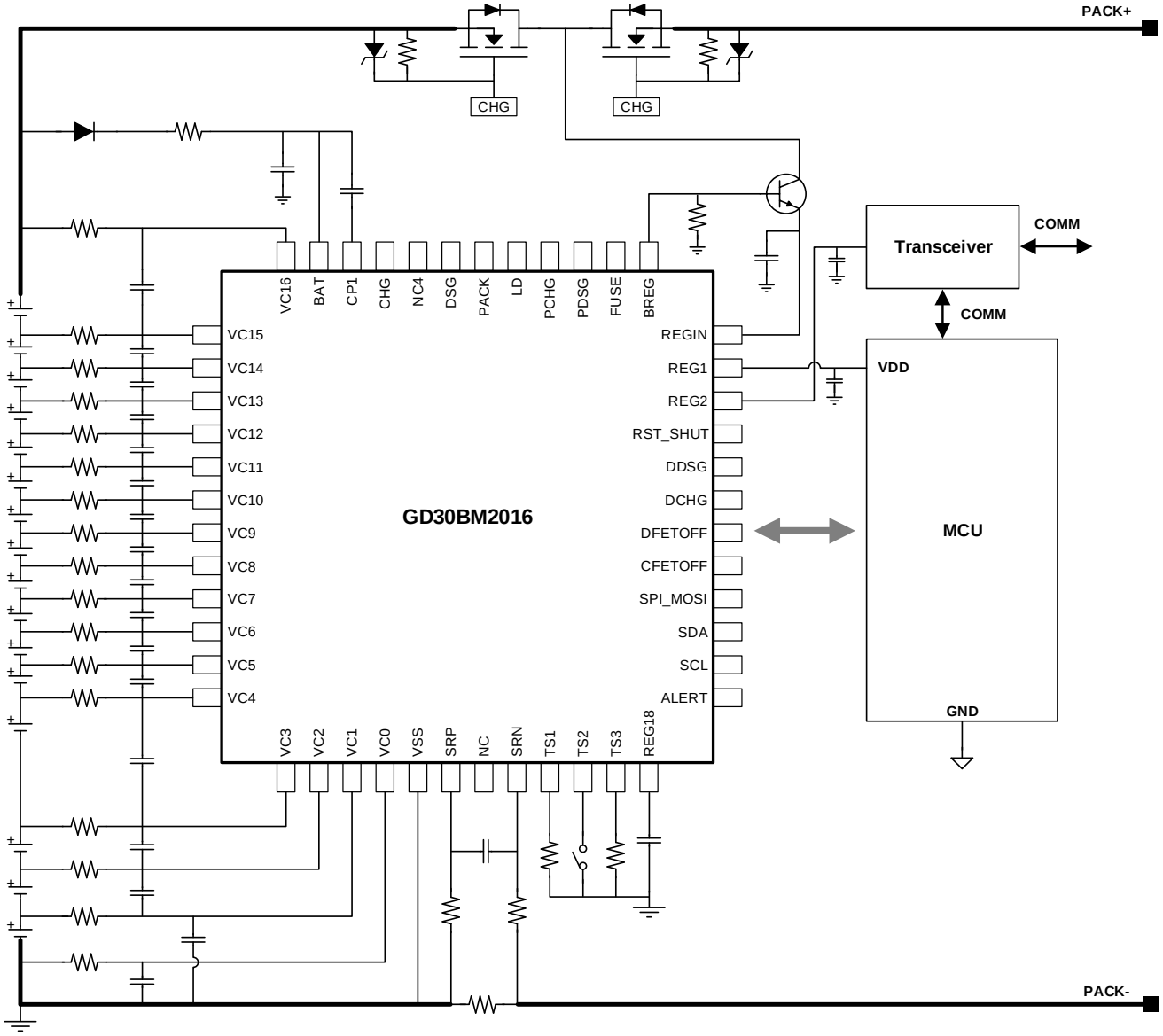
器件信息 [1]

料号	封装	尺寸（标准）
GD30BM2016	TQFP-48	7.00 mm x 7.00 mm

1. 封装详细内容请查看*封装信息*章节。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

简化电路原理图



Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

目录

1 特征 1
2 应用场景 1
3 描述 1
目录 3
4 引脚配置及功能描述 5
4.1 引脚分配 5
4.2 引脚描述 5
5 参数信息 8
5.1 绝对最大额定值 8
5.2 推荐工作条件 9
5.3 ESD 额定值 9
5.4 电气特性 9
6 功能描述 13
6.1 功能框图 13
6.2 概述 14
7 测量 15
7.1 概述 15
7.2 电压测量 15
7.3 电流测量 15
7.4 同步电压和电流测量 16
7.5 温度测量 16
8 电池单元均衡 18
8.1 概述 18
8.2 内外均衡的选择 20
9 充电，放电，预充电，预放电的高侧驱动器 22
9.1 概述 22
9.2 电荷泵 22
9.3 充电与放电 22
9.4 充电和放电 MOSFET 的控制模式 22
10 硬件保护功能 25
10.1 概述 25
10.2 电压相关的硬件保护 25
10.3 电流相关的硬件保护 25
10.4 温度相关的硬件保护 25
10.5 相关寄存器 26
11 二次保护功能 28
11.1 概述 28
11.2 二次保护功能 28
12 辅助电源 30
12.1 概述 30
13 多功能引脚 31

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

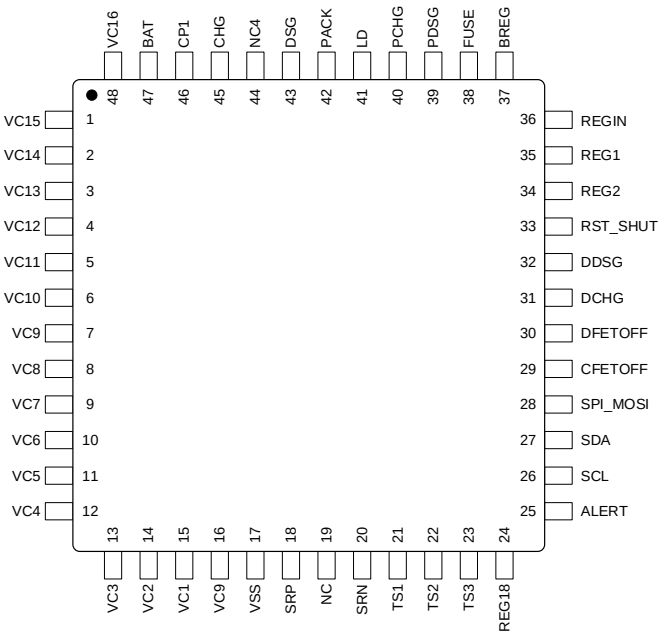
13.1 概述 31
14 工作模式 33
14.1 概述 33
14.2 Normal 模式 33
14.3 Sleep 模式 34
14.4 DeepSleep 模式 35
14.5 ShutDown 模式 35
15 产品配置 36
15.1 命令与子命令 36
15.2 使用 OTP 存储器或寄存器进行配置芯片 36
15.3 寄存器的配置流程 36
16 串行通信接口 37
16.1 串行通信简介 37
16.2 I2C 通信 37
16.3 SPI 通信 38
17 系统与应用介绍 41
17.1 应用信息 41
17.2 典型应用 41
18 封装信息 43
18.1 外形尺寸 43
19 产品对比信息 45
20 订购信息 46
21 版本历史 47

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

4 引脚配置及功能描述

4.1 引脚分配

TQFP-48
Top View



4.2 引脚描述

引脚		类型 [1]	功能描述
名称	编号		
VC15	1	I	第十五节电池监测电压输入引脚；第十五节电池平衡电流输入引脚；第十六节电池平衡电流输出引脚
VC14	2	I	第十四节电池监测电压输入引脚；第十四节电池平衡电流输入引脚；第十五节电池平衡电流输出引脚
VC13	3	I	第十三节电池监测电压输入引脚；第十三节电池平衡电流输入引脚；第十四节电池平衡电流输出引脚
VC12	4	I	第十二节电池监测电压输入引脚；第十二节电池平衡电流输入引脚；第十三节电池平衡电流输出引脚
VC11	5	I	第十一节电池监测电压输入引脚；第十一节电池平衡电流输入引脚；第十二节电池平衡电流输出引脚
VC10	6	I	第十节电池监测电压输入引脚；第十节电池平衡电流输入引脚；第十一节电池平衡电流输出引脚
VC9	7	I	第九节电池监测电压输入引脚；第九节电池平衡电流输入引脚；第十节电池平衡电流输出引脚
VC8	8	I	第八节电池监测电压输入引脚；第八节电池平衡电流输入引脚；第九节电池平衡电流

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

引脚		类型 [1]	功能描述
名称	编号		
			输出引脚
VC7	9	I	第七节电池监测电压输入引脚；第七节电池平衡电流输入引脚；第八节电池平衡电流输出引脚
VC6	10	I	第六节电池监测电压输入引脚；第六节电池平衡电流输入引脚；第七节电池平衡电流输出引脚
VC5	11	I	第五节电池监测电压输入引脚；第五节电池平衡电流输入引脚；第六节电池平衡电流输出引脚
VC4	12	I	第四节电池监测电压输入引脚；第四节电池平衡电流输入引脚；第五节电池平衡电流输出引脚
VC3	13	I	第三节电池监测电压输入引脚；第三节电池平衡电流输入引脚；第四节电池平衡电流输出引脚
VC2	14	I	第二节电池监测电压输入引脚；第二节电池平衡电流输入引脚；第三节电池平衡电流输出引脚
VC1	15	I	第一节电池监测电压输入引脚；第一节电池平衡电流输入引脚；第二节电池平衡电流输出引脚
VC0	16	I	第一节电池负极的监测电压输入引脚，第一节电池的平衡电流输出引脚
VSS	17	G	地
SRP	18	I	模拟输入引脚，与内部电流采样盒库伦计连接，其中 SRP 为监测电阻上端。充电时在 SRP 相对于 SRN 产生一个正电压
NC	19		NC 不连接
SRN	20	I	模拟输入引脚，与内部电流采样盒库伦计连接，其中 SRN 为监测电阻下端。充电电流会在 SRP 相对于 SRN 产生一个正电压
TS1	21	I/O	热敏电阻输入，或通用 ADC 输入
TS2	22	I/O	用作关机状态唤醒，热敏电阻输入，或通用 ADC 输入
TS3	23	I/O	热敏电阻输入，或通用 ADC 输入
REG18	24	O	内部 1.8V LDO 输出（仅供内部使用）
ALERT	25	I/O	多功能引脚，可作为 ALERT（警报）输出，或热敏电阻输入，或通用 ADC 输入
SCL	26	I/O	多功能引脚，可作为 SCL 或 SPI_SCLK
SDA	27	I/O	多功能引脚，可作为 SDA 或 SPI_MISO
SPI_MOSI	28	I/O	多功能引脚，可作为 SPI_MOSI,，或 I2C 地址，或通用数字输出
CFETOFF	29	I/O	多功能引脚，可作为 CFETOFF， SPI_CS，热敏电阻输入，通用 ADC 输入，或通用数字输入
DFETOFF	30	I/O	多功能引脚，可作为 DFETOFF，BOTHOFF，热敏电阻输入，通用 ADC 输入，或通用数字输入
DCHG	31	I/O	多功能引脚，可作为 DCHG,热敏电阻输入，通用 ADC 输入，或通用数字输入
DDSG	32	I/O	多功能引脚，可作为 DDSG,热敏电阻输入，通用 ADC 输入，或通用数字输入
RST_SHUT	33	I	数字输入引脚，用于复位或关机
REG2	34	O	第二个 LDO (REG2) 输出，可通过编程输出 1.8V, 2.5V, 3.0V, 3.3V, 或 5.0V
REG1	35	O	第一个 LDO (REG1) 输出，可通过编程输出 1.8V, 2.5V, 3.0V, 3.3V, 或 5.0V

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

引脚		类型 [1]	功能描述
名称	编号		
REGIN	36	I	REG1 和 REG2 LDO 输入引脚
BREG	37	O	外部 PRE-LDO 的晶体管的基极控制信号
FUSE	38	I/O	三端保险丝检测与检测引脚
PDSG	39	O	预放电 P-MOS 控制
PCHG	40	O	预充电 P-MOS 控制
LD	41	I/O	负载检测引脚
PACK	42	I	电池组电压检测输入引脚
DSG	43	O	主通道 N-MOS 放电驱动输出引脚
NC4	44		NC 不连接
CHG	45	O	主通道 N-MOS 充电驱动输出引脚
CP1	46	I/O	电荷泵电容
BAT	47	I	电池组高侧输入引脚
VC16	48	I	第十六节电池监测电压输入引脚，第十六节电池平衡电流输入引脚，以及电池组顶端测量点

1. I = 输入, O = 输出, P = 电源, G = 地.

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

5 参数信息

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[1]

符号	参数	最小值	最大值	单位
V_{BAT}, V_{PACK}, V_{LD}, V_{CHG}, V_{DSG}		−0.3	85	V
V_{PCHG}, V_{PDSG}	预充电及预放电 P-MOS 控制引脚耐压	VBAT 和 VLD 的最大值	85	V
VC0-VC16	电池监测电压	下一节 CELL 正端-0.3	85	V
V_{ALERT}, V_{SCL}, V_{SDA}, $V_{SPI-MOSI}$, $V_{CFETOFF}$, $V_{DFETOFF}$, V_{DCHG}, V_{DDSG}, V_{RST_SHUT}		−0.3	6	V
V_{TS1}, V_{TS2}, V_{TS3}, V_{ALERT}, $V_{CFETOFF}$, $V_{DFETOFF}$, $V_{SPI-MOSI}$, V_{DCHG}, V_{DDSG} (被配置成通用 ADC 或者 NTC 的输入)		−0.3	VREG18+0.3	V
V_{REGIN}	REG1 和 REG2 LDO 输入电压	−0.3V or Max of VBREG-5.5	Min of 6 or VBAT+0.3 or VBREG+0.3	V
V_{BREG}	外部 PRE-LDO 的晶体管的基极控制电压	−0.3V or Max of VREGIN-0.3V	VREGIN+5.5	V
V_{REG18}	内部 1.8V LDO 输出电压	−0.3	2	V
V_{REG1}, V_{REG2}	第一及第二个 LDO 输出	−0.3	Min of 6 or VREGIN+0.3	V
V_{SRP}, V_{SRN}	模拟输入引脚电压	−0.3	VREG18+0.3	V
V_{OTP}	OTP 引脚耐压			V
V_{REG1}, V_{REG2}, V_{TS2} (SHUT 唤醒用), V_{ALERT}, $V_{CFETOFF}$, $V_{DFETOFF}$, V_{HDQ}, V_{DCHG}, V_{DDSG} （被配置为输出）		−0.3	6	V
V_{CP1}	电荷泵电容耐压			V
V_{FUSE}	三端保险丝检测引脚耐压	−0.3	大于 20 or VBAT+0.3	V
	最大均衡电流 (VC0-VC16)， 最大 8 串开启均衡		50	mA
T_A	工作环境温度	−40	+125	°C
T_J	芯片工作结温	−40	+150	°C
T_{STG}	存储温度	−40	+150	°C
T_L	回流焊接, 10s		+260	°C

1. 超过这些额定值的应力可能会造成永久性损坏。长时间暴露在绝对最大条件下可能会降低器件的可靠性。这些只是应力额定值，并不意味着器件在这些条件或者任何超过指定的其他条件下能够正常工作。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

5.2 推荐工作条件

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
V_{BAT}	主电源电压	8		80	V
V_{PACK} and V_{LD}	上电电压	0		80	V

5.3 ESD 额定值

符号	条件	值	单位
$V_{ESD(HBM)}$	人体放电模型 (HBM), ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2017[1]	±2000	V
$V_{ESD(CDM)}$	充电器件模型 (CDM), ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2022[2]	±500	V

1. JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。
2. JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

5.4 电气特性

T_A = 25°C, 除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电流测量						
t_{IADC}	电流 ADC 转换时间			1		ms
V_{SRPN}	电流 ADC 测量范围	T_A = -40°C to +85°C	−200		+200	mV
$I_{ADC_GAIN_ERR}$	电流 ADC 测量误差	SRP - SRN = >5mV, T_A = -40°C to 85°C	−1		+1	%
V_{IADC_OFFSET}	电流感应偏移	SRP - SRN = <5mV, T_A = -40°C to +85°C	−50		+50	μV
I_{SRPN_LEAK}	SRP 与 SRN 漏电	IADC 停止工作, T_A = -40°C to +85°C	−500		+500	nA
I_{SRPN_DIFF}	SRP 与 SRN 差分输入电流	IADC 工作中, |SPR - SRN| = 200mV, TA = -40°C to +85°C		1		μA
		IADC 工作中, |SPR - SRN| < 4mV, TA = -40°C to +85°C		50		nA
电池单元电压测量						
t_{VADC}	CELL 电压转换时间	16 bits, T_A = 25°C		1		ms
V_{CELL}	CELL 电压测量范围	T_A = -40°C to +85°C	1.5		5	V
V_{CELL_ERR}	总电池单元测量误差	V_{CELL}=2V to 4.5V, T_A = 25°C	−2		+2	mV
		V_{CELL}=2V to 4.5V, T_A =-40°C to +85°C	−5		+5	mV
均衡						
R_{CB}	内部均衡电阻	当 $V_{VC(n)} – V_{VC(n-1)}$ = 3V 时，内部均衡 MOSFET 的 $R_{DS(ON)}$	15	25	40	Ω
温度测量						
V_{NTC_ERR}	NTC 总测量误差	T_A = -40°C to 85°C	−2		+2	℃

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

电气特性（接上一节）

T_A = 25°C, 除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{NTC_IN_LEAK}$	NTCx 输入漏电	对应 ADC 不转换时候，NTC 的输入引脚, T_A = -40°C 到+85°C			250	nA
$I_{NTC_LEAK_CONV}$	ADC 开启 NTCx 输入漏电	ADC 转换过程，NTC 输入引脚, T_A = 25°C			250	nA
BAT 总压测量						
V_{BAT}	VBAT 测量范围	T_A = -40°C to +85°C	8		80	V
V_{BAT_ERR}	VBAT 总测量误差	V_{BAT}=8~80V，T_A = -40°C to +85°C	−0.15		+0.15	V
PACK 电池组测量						
V_{PACK}	Pack 测量范围	T_A = -40°C to +85°C	0		80	V
V_{PACKP_ERR}	Pack 总测量误差	V_{BAT}=0~80V, T_A = -40°C to +85°C	−0.15		+0.15	V
硬件保护（电压 COV/CUV）						
$V_{CELL_TH_STEP}$	电池单元过压（OV）/欠压（UV）步长	V_{CELL} = 1.5V to 5V, T_A = 25°C		20		mV
$V_{CELL_TH_ACC}$	过压/欠压检测步长精度	V_{CELL} = 1.5V to 5V, T_A = 25°C	−10		+10	mV
		V_{CELL} = 1.5V to 5V, T_A = -40°C to 85°C	−25		+25	mV
$V_{CELL_OVTH_RANGE}$	过压检测范围		1		5.5	V
$V_{CELL_UVTH_RANGE}$	欠压检测范围		1		5.5	V
V_{HYS}	迟滞范围		0		1	V
$V_{CELL_UVV_STEP}$	过压/欠压检测延时步长	N 为选择的电池 cell 数量		0.186*(N+6)		ms
V_{CELL_UVV}	过压/欠压检测延时	V_{CELL} = 1.5V to 5V, T_A = 25°C	1		127	Step
硬件保护（放电短路）						
V_{SCD}	短路放电电压阈值范围			-10/-20/-40/-60/-80/-100/-125/-150/-175/-200/-250/-300/-350/-400/-450/-500		mV
V_{SCD_ERR}	短路放电电压阈值精度	V_{SCD} ≤ -20mV, T_A = -40°C to 85°C	−5		+5	mV
		V_{SCD} ≥ -20mV, T_A = -40°C to 85°C	−10		+10	mV
$V_{SCD_DLY_STEP}$	短路发生时，可以设置的延迟步进时间	V_{SRN} -V_{SRP} > 25mV		32		µs
$V_{SCD_DLY_RANGE}$	短路发生时，可以设置的延迟的时间	V_{SRN} -V_{SRP} > 25mV	0		992	µs
V_{SCD_DLY}	短路发生时，最小延迟	当阈值低于 3 mV on V_{SRN} -V_{SRP}		8		µs
		当阈值电压低于 25 mV on V_{SRN} -V_{SRP}		0.6		µs

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

电气特性（接上一节）

T_A = 25°C, 除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
硬件保护充电和放电过流（OCC/OCD1/OCD2 保护）						
V_{OCD}	放电时，过流保护阈值		−200		-4	mV
V_{OCC}	充电时，过流保护阈值		4		124	mV
V_{OCC_STEP} 或 V_{OCD_STEP}	放电时，过流保护步进电压			+/-4		mV
V_{OC_ERR}	充放电保护精度	V_{OCD} 或 V_{OCC} <20 mV, T_A = -40°C to 85°C	−2.5		+2.5	mV
		V_{OCD} 或 V_{OCC} 20 ~ 56 mV, T_A = -40°C to 85°C	−4		+4	mV
		V_{OCD} 或 V_{OCC} 60 ~ 124 mV, T_A = -40°C to 85°C	−5		+5	mV
T_{OC_STEP}	放电时，过流保护延迟步进时间	N 为选择的电池 cell 数量		0.186*(N+6)		ms
T_{OC_DELAY}	放电时，过流保护延迟时间范围		1		127	Step
工作电压与电流						
V_{BAT}	主电源电压		8		80	V
V_{PACK} and V_{LD}	上电电压		0		80	V
I_{NORMAL}	正常模式电流	全部测量与保护使能，REG1=3.3V 无负载, REG2=OFF, CHG=DSG=11V ,无通信，PowerConfig[FASTADC]=0		960		μA
I_{SLEEP}	睡眠模式电流	REG1 = 3.3V 无负载, REG2 = OFF, CHG = OFF, DSG =source follow mode，无通信,周期性测量:Voltage_Time = 5s		60		μA
$I_{DEEPSLEEP}$	深度睡眠模式电流	通信和检测关闭，REG0=OFF,REG1 = OFF, REG2 = OFF, LFO = ON, 无通信		20		μA
$I_{SHUTDOWN}$	关机模式电流	所有模块关闭，TS2 引脚可唤醒，PACK 充电可以唤醒。		5		μA
电压基准						
V_{REF1}	内部基准电压 1	T_A=25°C	1.1995	1.2	1.2005	V
$V_{REF1DRIFT}$	内部基准电压 1 的漂移	T_A=-40°C to 85°C		±6		ppm/℃
V_{REF2}	内部基准电压 2	T_A=25°C	1.1923	1.2	1.1937	V
$V_{REF2DRIFT}$	内部基准电压 2 的漂移	T_A=-40°C to 85°C		±24		ppm/℃

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

电气特性（接上一节）

T_A = 25°C, 除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
LDO- REG18						
V_{REG18}	REG18 电压	T_A=-40°C to 85°C	1.7	1.8	1.9	V
$I_{REG18SC}$	REG18 短路电流	T_A=-40°C to 85°C	5.2		7.4	mA
BREG/REG1/REG2						
V_{BREG}	BREG 输出电压	V_{BAT} > 8V	5.2	5.5	5.8	V
$I_{REG18SC}$	BREG 短路电流限制		1.3	3.23	3.6	mA
C_{EXT}	REGIN 对 VSS 电容		11	22	33	nF
$V_{REG1(1.8)}$	REG1/2, 1.8V 输出电压	T_A=-40°C to 85°C	1.7		1.9	V
$V_{REG1(2.5)}$	REG1/2, 2.5V 输出电压	T_A=-40°C to 85°C	2.3		2.7	V
$V_{REG1(3.0)}$	REG1/2, 3.0V 输出电压	T_A=-40°C to 85°C	2.8		3.2	V
$V_{REG1(3.3)}$	REG1/2, 3.3V 输出电压	T_A=-40°C to 85°C	3.1		3.5	V
$V_{REG1(5.0)}$	REG1/2, 5.0V 输出电压	T_A=-40°C to 85°C	4.7		5.3	V
I_{REG1SC}	REG1/2 短路电流	T_A=-40°C to 85°C	52	62	80	mA
C_{REG1}	外置电容 REG1/2 to VSS		1	2.2	4.7	μF
内置时钟						
f_{2M_CLOCK}	内置时钟频率	V_{BAT} = 4.8V to 80V, T_A = 25°C		768		MHz
		V_{BAT} = 4.8V to 80V, T_A= -40°C to +85°C	−4		4	%
F_{768K_CLOCK}	低频内置时钟	V_{BAT} = 4.8V to 80V, T_A = 25°C		32		kHz
		V_{BAT} = 4.8V to 80V, T_A = -40°C to +85°C	−2.5		2.5	%
I2C 通信接口						
f_{I2C}	I2C 时钟频率	T_A = 25°C			400	kHz
V_{ILOW}	SCL, SDA 低电平输入电压	T_A = -40°C to +85°C			0.25 x 3V3	V
V_{IHIGH}	SCL, SDA 高电平输入电压	T_A = -40°C to +85°C	0.7 x 3V3			V
V_{IHYST}	SCL, SDA 输入迟滞	T_A = -40°C to +85°C		0.2 x 3V3		V
SPI 通信接口						
f_{SPI}	SPI 时钟频率	T_A = 25°C			16	MHz
$V_{SPI_IN_LOW}$	SPI 低电平输入	SDI, CLK, T_A = -40°C to +85°C			0.25 x 3V3	V
$V_{SPI_IN_HIGH}$	SPI 高电平输入	SDI, CLK, T_A = -40°C to +85°C	0.7 x 3V3			V
$R_{SDO_DRV_HI}$	SDO 高侧开启电阻	I_{SOURCE} = 1.5mA, T_A = -40°C to +85°C	75	100	125	Ω
$R_{SDO_DRV_LOW}$	SDO 低侧开启电阻	I_{SINK} = 1.5mA, T_A = -40°C to +85°C	38	52	66	Ω

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

6 功能描述

6.1 功能框图

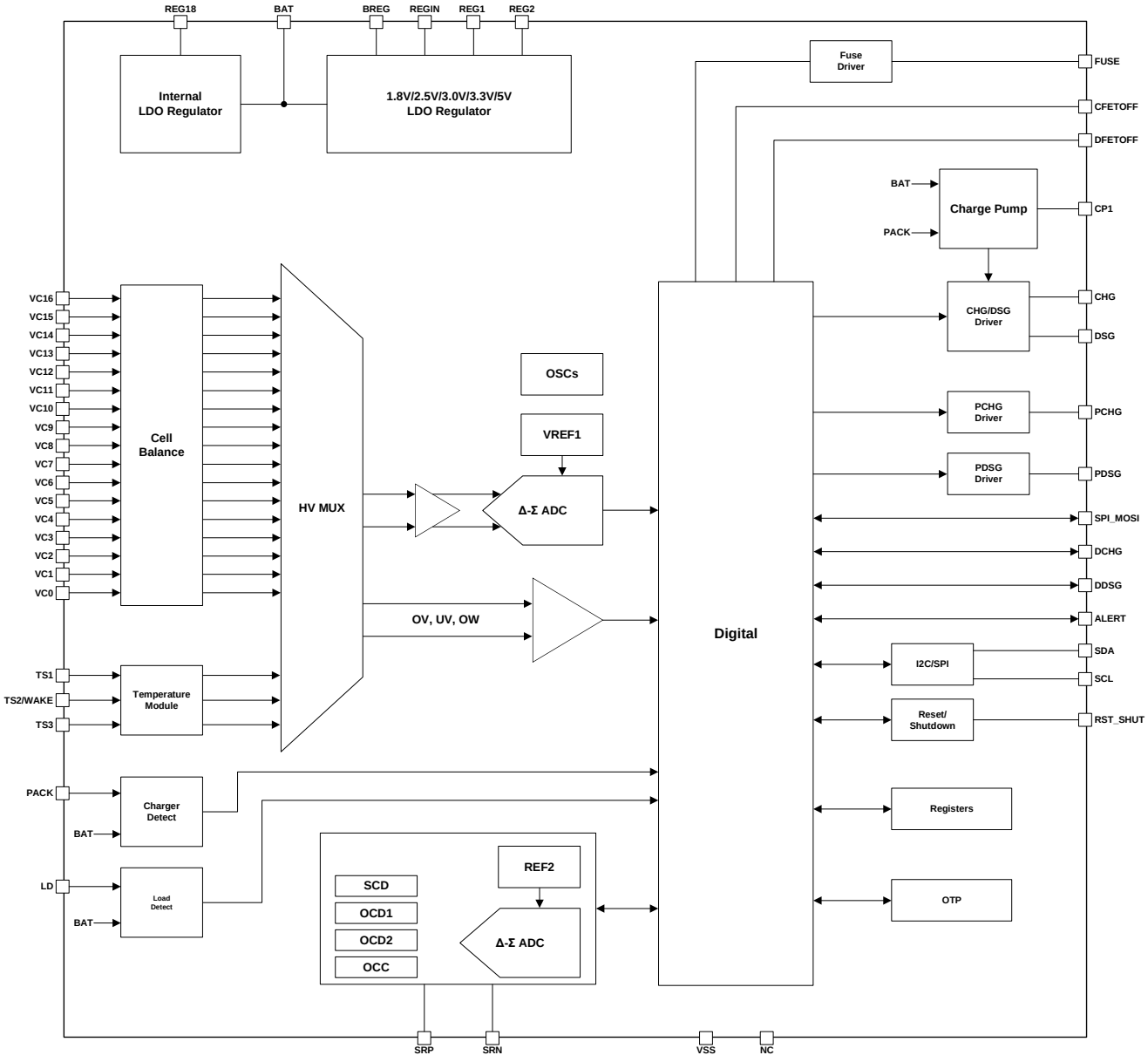


图 1. GD30BM2016 功能框图

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

6.2 概述

GD30BM2016 是一款高度集成的电池监管、均衡和保护器，专为 3~16 串锂离子电池组和磷酸铁锂电池组设计。该器件具备高精度的电压、电流和温度测量功能，为主控处理器提供精准的数据支持。其内置高度可配置的保护子系统可提供多种保护功能，这些功能既能由设备自主触发和恢复，也能完全由主控处理器控制。

芯片内置电流检测使用独立的 16bit 的 ADC，可以保证电流的连续采集，并且内部集成了电流平均和库仑计的功能，库仑计可以工作在 sleep 低功耗模式下，就是在主控 MCU 处于待机模式下，仍然可以对于系统消耗的小电流进行连续的积分。

集成式电荷泵和高侧 N 型 MOSFET 驱动器，保证在 MOSFET 关断时，也能通过保持与电池组的接地连接，确保主控处理器与设备之间持续通信。此外，器件内置两个可编程 LDO，可供外部系统使用，且支持独立编程，输出电压为 1.8V、2.5V、3.0V、3.3V 或 5.0V，并能提供最高 50mA 的电流支持。

GD30BM2016 为客户提供了一次性可编程存储器（OTP），允许客户在生产线上自行设置设备芯片的默认上电状态。该产品支持包括 I2C 和 SPI 在内的多种通信接口。通过配置多个多功能引脚，可实现多种数字控制和状态数据传输，例如对主控处理器的中断信号，以及对充电和放电 MOSFET 的控制与指示信号。本器件还配备三个专用温度测量引脚，支持使用外部热敏电阻进行精准的温度测量。此外，多功能引脚可通过编程支持额外的热敏电阻连接，总计最多支持九个热敏电阻的温度测量能力。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

7 测量

7.1 概述

GD30BM2016 能够监测以下关键参数：电芯电压、电流、NTC 温度、V_{STACK} 总电池电压、V_{PACK} 总 PACK 电压，以及芯片内部温度。针对上述电压、电流及温度的测量结果，用户可以通过直接命令方式获取。

7.2 电压测量

GD30BM2016 集成了一颗独立的 16bit 电压 ADC，能够对以下参数进行精准测量：电池单元电压、芯片内部温度、外置 NTC 电阻、Stack 电压、PACK 引脚电压、LD 引脚电压以及内部 REG18 LDO 电压等。

芯片支持从 3 节至 16 节串联电池组的单体电压测量。每个电池单元的电压测量采用差分方式，即测量相邻两个电池组之间的电压（如 VC1-VC0，VC2-VC1）。电池单体电压的测量通道在出厂后已完成校准，相关寄存器以 1mV 为单位、16bit 形式存储。同时，每个单体电压 ADC 的原始 24bit 数字输出也可以通过 32bit 子命令进行读取。

芯片

支持对 Stack、Pack 和 LD 电压，以及芯片内部温度的测量。芯片内部集成了的分压电阻网络，可对 Stack，Pack，LD 电压进行分压后输入内部 ADC，相关测试量值使用 userV 为单位，从而减少用户在外部通过电阻分压所带来的额外电流消耗，，同时避免占用处理器 ADC 通道的问题。

芯片最高支持 16 个电芯电压测量通道。在实际使用中，如果串联电池数量低于 16 串，需要确保最高的 VC16、VC1 和 VC0 保持连接，并通过在 VCELL_MODE[15:0]寄存器中将连接电池的 CELL MODE 位设置为 1，同时未使用的 VC 引脚需硬件上进行相邻短接到 VC16。例如，在使用 13 串模式时，VCELL_MODE[15:0]寄存器应设置为 0b1000,1110,1111,1111，并在硬件上将 VC15、VC14、VC13 短接至 VC12，且 CELL 10 固定设置为 0；若使用 15 串模式，VCELL_MODE[15:0]寄存器应设置为 0b1110,1110,1111,1111，并在硬件上将 VC15 短接至 VC14，CELL 10 同样固定设置为 0。这些配置和连接需正确设置，以确保芯片的正常工作，如果使用的 CELL 对应没有被配置，就会造成回读数据为 0。反之，没有连接 CELL 如果被错误使能，就会以内 CELL 电压为 0，造成 COV 告警。

7.3 电流测量

GD30BM2016 使用低边采样电阻来监测电池组电流，该电阻通过外部 RC 滤波器连接到 SRP 和 SRN 引脚。SRP 与 SRN 之间的差分电压通过集成的库伦计数器 ADC 进行数字化处理，该 ADC 支持测量±200mV 范围内的电压，并利用多个数字滤波器优化瞬时电流、平均电流和积分电流的测量。GD30BM2016 支持灵活设置监测电阻值，电阻值越大，数字化结果的分辨率越高。为了在电流检测时确保差分电压在系统运行所需的±200mV 范围内，监测电阻的最大值应受到限制，例如在正常运行时最大放电电流为 200A 的系统中，检测电阻应限制在 1mΩ 或以下。

芯片集成独立的 ADC 通道进行电流的测量，确保电流检测能够连续进行，从而保证电流以及库仑计的测量与计算的准确性。

芯片支持三种电流测量滤波模式以及库仑计功能：

CC1 滤波器电流输出：

- 生成 16 位的电流测量值，为 CC2 结果的平均值，代表连续电流的平均值。
- 可用于主控制器进行 SoC（电池电量状态）的计算。
- 在 NORMAL 模式下，每 100ms 生成一个输出。
- 需要通过带有数据间接子命令 CC1 Current 进行获取。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

CC2 滤波器电流输出：

- 产生 16 位电流测量值，用于瞬时电流的测量。
- 在 NORMAL 模式下，每 0.33ms 生成一个输出，并以 16 位格式报告电流值。
- 提供 24 位的 CC2 原始数据供上位机使用，数据通过 32 位格式传递（最低 24 位用于存储数据，最高 8 位用于符号扩展）。
- 可通过直接命令 CC2 Current 获取 CC2 的值。

CC3 滤波器电流输出：

- 输出为可编程数量的 CC2 电流样本平均值。
- CC3 输出以 16 位格式报告。
- 通过带有数据间接子命令 CC3 Current 进行获取。

库仑计输出：

- 以 64 位值表示，其中累积电荷的上 32 位为整数部分，下 32 位为小数部分。
- 附加一个 32 位的时间累积值，以 userAh 为单位。
- 累积电荷积分和定时器均可通过主机经数字通信接口发送命令进行重置。
- 可通过带有数据的间接子命令 Accum Charge, Accum Charge Fraction 和 Accum Time 进行获取库仑计的值。

7.4 同步电压和电流测量

GD30BM2016 配备了两个独立的 16-bit ADC，分别用于电压和电流的测量。在正常运行期间，电池单元电压通过单个复用 ADC 以顺序采样的方式进行测量，而电流则由专用的电流 ADC 连续采样。电流采样与单个电池单元的电压采样同步进行，可用于进行单个电池单元的阻抗测量。

通过数字通信接口可以读取持续的周期性电流测量值，而与特定电池单元电压采样同步的测量结果会与相关的电池单元电压测量结果配对存储到指定的寄存器组中，供单独读取。同步的电压和电流数据可通过带有数据的间接子命令 Cell x Voltage Counts 和 Cell x Current Counts 进行获取。

7.5 温度测量

芯片内部集成了温度传感器，可以用于芯片自身温度测量，当芯片处于均衡模式时，内部 MOSFET 会发热，均衡算法会根据芯片内部温度决定是否开启或者关闭均衡。

芯片集成了温度测量功能，并支持多达九个外部热敏电阻，它们可以连接到多功能引脚上，包括 TS1、TS2、TS3、CFETOFF、DFETOFF、ALERT、SPI_MOSI、DCHG 和 DDSG。设备内部包含一个上拉电阻，用于在测量期间为热敏电阻提供偏置。内部上拉电阻有三种选项，可以选择设置为 18 kΩ，180 kΩ 或者不使用，通过设置 PAD_CFG 寄存器可以进行选择。18 kΩ 的选项适用于在室温下电阻值为 10 kΩ 的热敏电阻。而 180 kΩ 的选项适用于更高电阻的热敏电阻，在室温下电阻值为 200 kΩ 的热敏电阻。

用户可以通过寄存器配置选择哪个引脚用于热敏电阻测量，使用的上拉电阻值为统一配置 ID，热敏电阻测量结果是否用于电池单元或充放电 MOSFET 的温度保护也可以独立配置。

表 1 为例说明多功能引脚用于温度的配置。如果用户希望使用 CFETOFF 引脚作为温度测量，并且用于电芯的温度保护。需要将该 CFETOFF_PIN_CONFIG 寄存器值中高位部分 cfetoff_opt OPT[4]设置为 1 关闭数字输出，同时将 OPT[3]设置为 0 不作为 ADC 输入，OPT[2]设置为 1，选择内部上拉电阻，上拉电阻值选择 18K 或者 180K，使用寄存器 PAD_CFG 配置，OPT[1]设置为 0， OPT[0]设置为 1，用于电芯的保护，cfetoff_pin_fxn 设置为 3，选择 ADC/NTC 输入。其它未描述的 BIT 设置为 0 即可。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

表 1. 多功能引脚用于温度配置

Register: CFETOFF_PIN_CONFIG | Address: 0x00000000				
Field	**Bits**	**Default**	**Type**	**Field Description**
cfetoff_opt	[7: 2]	0x4	RW	这些位配置所选引脚功能的选项。 OPT[5]：配置为 CFETOFF 时的极性（不影响 GPO 模式） 0 = 选择高电平有效 1 = 选择低电平有效； OPT[4]： 0 = 数字输出(OEN=0) 1 = 数字不输出(OEN=1,HZ) OPT[3]： 0 = 输出高电平驱动使用 REG1 1 = 输出高电平驱动使用 REG18 OPT[2]： 0 = 关闭数字输入(IE=0) 1 = 开启数字输入(IE=1) OPT[1]： 0 = 关闭数字输入弱上拉 1 = 开启数字输入弱上拉 OPT[0]： 0 = 关闭数字输入弱下拉 1 = 开启数字输入弱下拉 当为 ADCIN 或热敏电阻功能选择引脚时，将使用 OPT[5:0] 位，如下所示。 OPT[5:4]：-- 如果未使用，OPT[4]设置为 1. OPT[3]是否为 ADC 输入： 0 = 否 1 = 是 OPT[2]：是否为上拉电阻 Tsensor 输入： 0 = 否 1 = 是 OPT[1]： 0 = 未用于 FET 温度保护 1 = 用于 FET 温度保护 OPT[0]： 0 = 未用于电芯温度保护 1 = 用于电芯温度保护
cfetoff_pin_fxn	[1: 0]	0x0	RW	这些位配置此引脚用于哪项功能。 0 = SPI_CS 1 = 通用输出 2 = CFETOFF 3 = ADC 输入或热敏电阻

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

8 电池单元均衡

8.1 概述

GD30BM2016 支持自动和手动电池均衡的配置。芯片在 80mA 电流均衡能力的条件下可以稳定运行，同时对于需要更高均衡电流的场景，也支持通过外加 MOSFET 或者 BJT 的方式实现更大的均衡电流。

在自动均衡模式下，微处理器可以配置以下参数：

- 开启均衡状态，如 SLEEP 均衡，RELAX 均衡，CHG 均衡等
- 最大均衡电池单元数
- 最小均衡电压阈值
- 电芯的均衡最低和最高温度
- 芯片最高内部温度
- 均衡电池电压与最小电池电压差的阈值

表 2 描述断线与在哪些模式下可以开启均衡。cb_en 为总体的均衡开关的，cb_alert_mask 推荐不要开启，因为部分 alert 信息并不关键，不需要打断均衡，均衡有自身的保护机制。cb_no_cmd 就是手动均衡或者半自动均衡选择。cb_nosleep/sleep 设置是否在 sleep 允许均衡。cb_rlx 为静置态，也就是不充电不放电的 normal 下均衡是否开启，cb_chg 为充电状态下均衡是否开启。如果系统开启均衡，需要将 POWER_CONFIG<3:2> bit 设置为非 0 值。

表 2. 均衡使能选择

Register: CFETOFF_PIN_CONFIG | Address: 0x00000000				
Field	**Bits**	**Default**	**Type**	**Field Description**
opw_en	[7: 7]	0x1	RW	0:open_wire detection 关闭 1:open_wire detection 使能
cb_en	[6: 6]	0x0	RW	0:cell balancing function 总体关闭 1:cell balancing function 总体使能
cb_alert_mask	[5: 5]	0x0	RW	0:ALERT 信号不打断均衡 1:ALERT 信号打断均衡
cb_no_cmd	[4: 4]	0x0	RW	0: 芯片接受主控控制器指令 1：芯片忽略主控器的控制指令
cb_nosleep	[3: 3]	0x0	RW	0: 均衡过程中允许进入 sleep 1：均衡过程中禁止进入 sleep
cb_sleep	[2: 2]	0x0	RW	0: sleep mode 下禁止开启均衡 1: sleep mode 下允许开启均衡
cb_rlx	[1: 1]	0x0	RW	0: relax 条件下 禁止开启均衡 1: relax 条件下 允许开启均衡
cb_chg	[0: 0]	0x0	RW	0: 充电条件下 禁止开启均衡 1: 充电条件下 允许开启均衡

当上述阈值条件满足后，芯片内部逻辑会判断自身温度和电池组温度范围。如果所有条件均满足，芯片将自主启动以实现电池单元均衡。

均衡操作与一个定时器协同工作。一旦定时器超时，芯片内部逻辑会重新检查所有均衡条件。只有当所有均衡条件再次满足时，均衡才能重新启动，确保系统的均衡操作稳定且安全。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

不论是自动还是手动均衡，内部开启均衡方式都是按照占空比方式开启和关闭均衡，而不是在整个周期内均衡一直常开，这样设计主要原因是，保持内部均衡 MOSFET 不会过热，同时利用均衡间隙，可以对于电芯的电压进行测量。

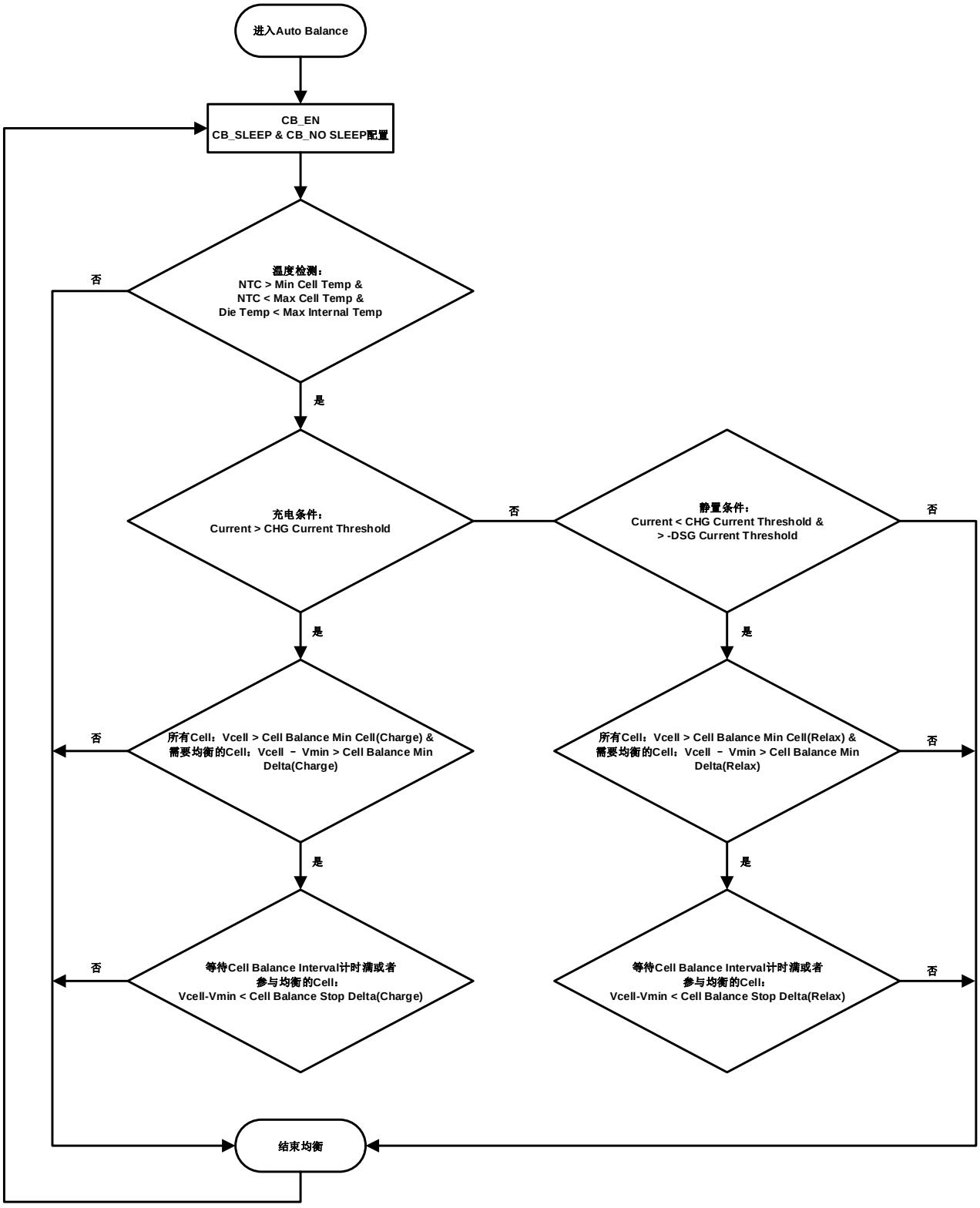
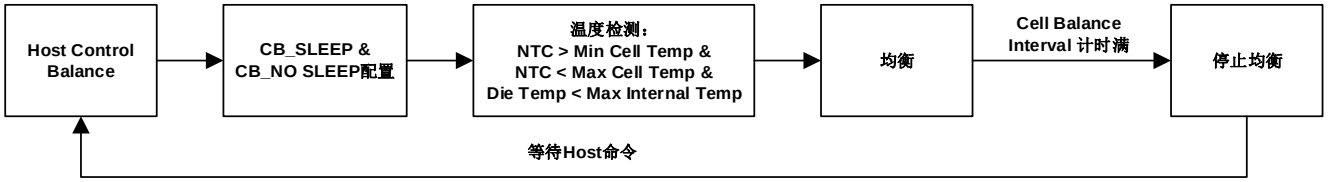


图 2.自动均衡执行过程

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

在手动电池均衡模式下，芯片根据寄存器中的电池均衡位来执行均衡操作。设置电池均衡位后，电池均衡过程会启动并持续运行，直到定时器超时。

为了应对微控制器可能出现的跑飞等异常情况，一旦均衡过程因超时而停止，微控制器需重新设置均衡位以重新启动电池均衡。否则，均衡过程将保持停止状态，无法继续。



芯片均衡操作最多支持同时均衡 8 串电池。此外，相邻电池单元不可同时参与均衡。无论自动均衡还是手动均衡，当选择了相邻单元时，系统将依次均衡，先完成一个单元的均衡后再切换到另一个单元。

8.2 内外均衡的选择

GD30BM2016 为每个电池单元配备了集成的均衡 MOSFET。在均衡电流小于 80mA 的电池包应用场景中，用户可以选择使用芯片内部的均衡 MOSFET 进行均衡放电。外部均衡电阻可通过以下公式进行计算：

$$I_{Balance} = V_{CELL} / (R_{bal} \times 2 + R_{MOS}) \quad (1)$$

以均衡电流 30mA 和均衡开启电压 4V 为例，公式为：30 = 4000/(R_{bal}*2+25)，通过计算得出 R_{bal}=54Ω。输入电阻 R_{bal} 不仅担任均衡电阻的作用，与 C_{Filter} 结合还能对输入信号进行滤波。R_{bal} 还可以有效抑制外部浪涌以及热插拔对芯片输入引脚的冲击。输入电容选择较大时，能够减少外部干扰，降低输入过冲。然而，如果电容过大，会影响输入电荷的建立速度，从而对电压的准确测量产生一定的影响。

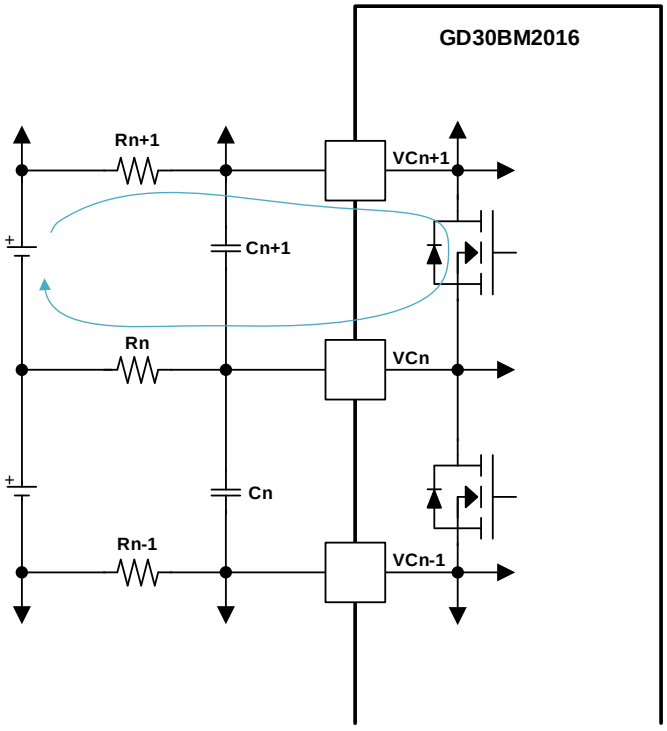


图 3.内部均衡电路配置

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

对于均衡电流超过 80mA 的电池包应用，用户可考虑增加外部 N 型 MOSFET 或三极管来实现均衡，同时考虑散热等因素。外部均衡电路通常由均衡电阻、均衡 MOSFET 或三极管、GATE 驱动电阻、MOSFET 的 GS 保护钳位管以及单元输入电阻和电容组成。在设计中，R_{filter} 的阻值应显著大于 R_{bal}，这样大部分均衡电流将通过外部 R_{bal} 和外部 MOSFET 流动，内部 MOSFET 仅承受一小部分电流。

当均衡功能被使能后，芯片内部 VC_{n+1} 和 VC_n 之间的内部均衡 MOSFET 会导通，与 VC_n 连接的 R_{filter} 上的压降会触发外部 MOSFET，从而实现放电操作。以 100mA 均衡电流为例，假设均衡电压为 4V，两个并联路径的等效电阻为 40 Ω，MOSFET 的导通电阻为 1Ω，选择 R_{bal} 为 49 Ω，滤波及内部均衡 MOSFET 的串联电阻为 200 Ω，R_{filter} 约为 88 Ω。在此配置下，外部均衡 MOSFET 的电流为 80mA，而内部均衡 MOSFET 的电流为 20mA。通过调节 R_{bal} 和 R_{filter} 的阻值，可以改变内外部均衡电流的大小以满足特定应用需求。

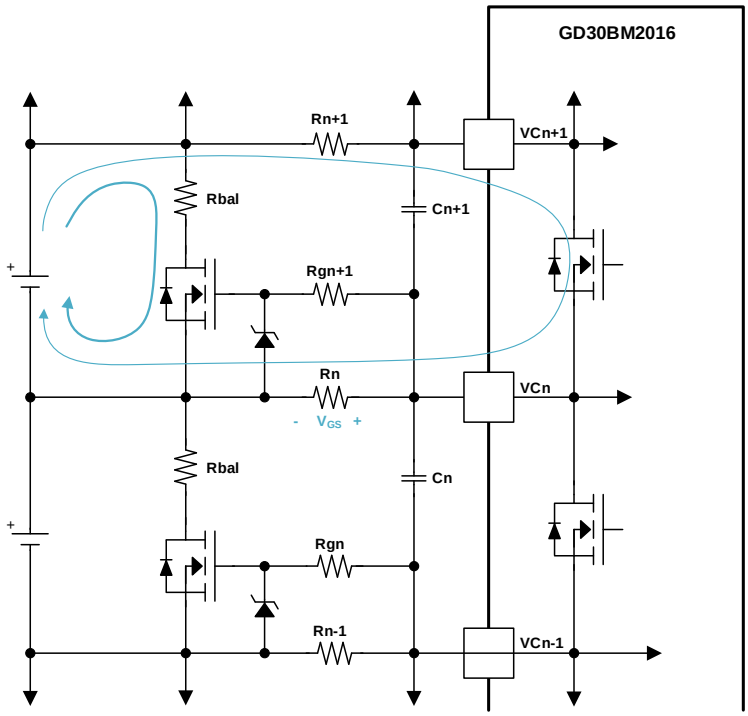


图 4.外部均衡电路设置

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

9 充电，放电，预充电，预放电的高侧驱动器

9.1 概述

GD30BM2016 内部集成了一个高压电荷泵，能够独立支持外部 N 型 MOSFET 的充电与放电功能。此外，芯片还支持使用 P 型 MOSFET 实现预充电与预放电功能。通过在预充电与预放电路径中串联电阻，可以对预充电流与预放电流进行配置和调节，以满足不同的应用需求。

9.2 电荷泵

芯片内部集成了电荷泵，用于驱动高边充放电所需的 N 型 MOSFET。在实际使用中，用户可根据应用需求，尤其是睡眠状态下的低功耗要求，选择关闭电荷泵以降低功耗。同时，该芯片还支持针对 N 型 MOSFET 的小电流放电操作，以适应特定的低功耗场景。

- 在 Sleep 模式下，通过配置寄存器 CHG_PUMP_CONTROL<3> 可使能电荷泵（CP）。当 CP 电压达到稳定值后，驱动才会接入（通过模拟测控制实现）。CP 的输出电压具有 5.5V 和 11V 两档可配置选项。
- 通过配置寄存器 CHG_PUMP_CONTROL<2>，DSGFET 可以选择使用 CP 驱动或 VBAT 驱动（源极跟随器形式）。

9.3 充电与放电

芯片支持系统的充电和放电 MOSFET 的串联配置（充放电同口）和并联配置（充放电分口），同时也可仅使用充电 MOSFET 或放电 MOSFET 单独工作。

在串联 MOSFET 配置中，充电口与放电口共享。在这种应用场景下，当芯片开启其中一个 MOSFET 时，其体二极管保护功能在超出设定的电流阈值后将会自动开启。

如果充电 MOSFET 处于关闭状态，而放电 MOSFET 与预放电 MOSFET 开启，同时检测到放电电流的幅值超过可编程阈值（即存在显著放电电流），芯片会自动开启充电 MOSFET，以避免电流通过充电 MOSFET 的体二极管，可能对 MOSFET 造成的损坏。当放电电流降至该阈值以下时，如果关闭充电 MOSFET 的原因仍然存在，则充电 MOSFET 会再次关闭。

如果放电 MOSFET 处于关闭状态，而充电 MOSFET 与预充电 MOSFET 开启，同时检测到充电电流超过可编程阈值（即存在显著充电电流），芯片会自动开启放电 MOSFET，以避免电流通过放电 MOSFET 的体二极管，从而防止 MOSFET 被损坏。当充电电流降至阈值以下时，如果关闭放电 MOSFET 的原因依然存在，则放电 MOSFET 会再次关闭。

9.4 充电和放电 MOSFET 的控制模式

针对充放电 MOSFET 的控制，芯片支持全自动控制，半自动控制和手动控制。

- fet_init_off 设置初始态的 MOSFET 上电允许被打开;
- pdsg_en 设置在开启 DSG 之前是否开启 PDSG;
- fet_ctrl_en 设置全自动模式模式，芯片自身通过设置的保护和恢复条件关闭或者打开 MOSFET，推荐使能该 bit，即使在 MCU 出现故障时候，AFE 芯片也可以独立保护电池系统。
- host_fet_en 设置是否允许主控制器控制 AFE 芯片，该 bit 设置为 1，对应半自动模式，允许芯片与外部控制器同时控制 MOSFET 的开关。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

表 3. MOSFET 模式控制配置

Register: FET_OPTIONS | Address: 0x00000024				
Field	**Bits**	**Default**	**Type**	**Field Description**
fet_init_off	[5: 5]	0x0	RW	0 : HOST 控制 MOSFET 允许上电开。 1 : HOST 控制 MOSFET 允许上电关。
pdsg_en	[4: 4]	0x0	RW	0 : PDSG FET 未使用 1 : DSG 放电之前开启 PDSG MOSFET
fet_ctrl_en	[3: 3]	0x1	RW	0 : FETs 关闭 1 : FETs 受 AFE 芯片控制
host_fet_en	[2: 2]	0x1	RW	0 : AFE 忽略主控器控制 MOSFET 的命令 1 : AFE 接受主控器的控制 MOSFET 的命令
sleepchg	[1: 1]	0x0	RW	0 : CHG FET 在 SLEEP mode 关闭 1 : CHG FET 在 SLEEP mode 下可以被打开
sfet	[0: 0]	0x1	RW	0 : 并联 MOSFET mode: Body diode 保护禁止，用于充放电分口设计 1 : 串联 MOSFET mode: Body diode 保护使能，用于充放电同口设计，当 body diode 电流超过一定阈值之后，开启对应 MOSFET

9.4.1 自动充放电 MOSFET 控制

芯片默认进入全自动模式，该模式可在 NORMAL 和 SLEEP 状态下使用。在全自动模式下，芯片会自动执行以下操作：

自动检查异常并关闭 MOSFET。

自动监测恢复条件，并在满足恢复条件时自动重新开启 MOSFET。

如果发生二次保护 Fault 事件，芯片会无期限关闭 MOSFET 以确保系统安全。

9.4.2 半自动充放电 MOSFET 控制

用户可以配置芯片在 NORMAL、SLEEP 和 DEEPSLEEP 模式下使用半自动模式。在此模式下，芯片会自动检测异常并自动关闭 MOSFET，但不会自动重新开启 MOSFET，恢复条件需由主控制器监测并控制 MOSFET 的开启。

- 如果发生二次保护 PF 事件，芯片将自动无期限关闭 MOSFET，确保系统安全。
- 当发生 Fault 事件时，芯片会自动关闭对应的 MOSFET，直到主控制器决定重新开启。

主控制器还可以通过以下方式控制 MOSFET 状态：

- 使用主控制器的 GPIO 控制 CFETOFF/DFETOFF 引脚以关闭对应的 MOSFET。
- 使用命令 DSG_PDSG_OFF、CHG_PCHG_OFF、ALL_FETS_OFF 来保持对应的 MOSFET 处于关闭状态。
- 通过 ALL_FETS_OFF 和 ALL_FETS_ON 子命令单独启用或禁用每个 MOSFET。

此外，使用 FET_ENABLE 子命令可以 toggle 原始 MOSFET 开启或者关闭状态。

9.4.3 手动充放电 MOSFET 控制

用户可以配置芯片在 NORMAL、SLEEP 和 DEEPSLEEP 模式下使用手动模式。在该模式下，主控制器负责检查异常中断并手动关闭 MOSFET，同时监测恢复条件，满足恢复条件后由主控制器手动重新开启 MOSFET。

当发生 Fault 事件时，芯片会通过 ALERT 引脚生成中断，主控制器接收中断后读取错误状态信息，识别到异常发

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

生。此时，主控制器可以通过以下方式关断相应的 MOSFET：

- 使用 CFETOFF/DFETOFF 引脚控制关闭对应的 MOSFET。
- 使用命令 DSG_PDSG_OFF、CHG_PCHG_OFF、ALL_FETS_OFF 将对应 MOSFET 保持关闭，直到主控制器决定重新开启。

9.4.4 预充电和预放电模式

芯片支持预充电模式，该模式通过高侧 P 型 MOSFET（由 PCHG 引脚驱动）和串联电阻实现充电，用以降低欠压电池的充电电流。预充电模式会持续进行，直到单体电池电压达到设定的阈值后自动关闭。如果串联电池组中最小单体电池电压低于寄存器 PRECHARGE_START_VOLTAGE 的阈值，则芯片将进入预充电模式。在 Normal 状态下，每 100ms 检测一次， Sleep 状态下每 5s 检测一次。当电池电压大于 PRECHARGE_STOP_VOLTAGE 设定的阈值时，退出预充模式。即使主控制器配置芯片进行充电，芯片也会优先使用预充电 MOSFET 进行充电。用户若希望禁用该功能，可将阈值设置得非常低，以避免进入预充电模式。

此外，芯片还支持预放电模式，该模式由高侧 PDSG PFET（由 PDSG 引脚驱动）以及串联电阻实现。在负载初次通电时，预放电可以有效抑制浪涌电流并减少打火现象。如果启用预放电模式，则每次负载接通时，芯片会首先启用预放电 MOSFET 供电，接着会切换到开启充电 MOSFET 并关闭预放电 MOSFET。预放电模式的退出条件包括：

- 寄存器 PREDISCHARGE_TIMEOUT 中设定的 PDSG 时间到。
- 每 100ms 检测一次，并验证寄存器 PREDISCHARGE_STOP_DELTA 中设定的 LD 和 Stack 电压差是否在阈值范围内。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

10 硬件保护功能

10.1 概述

GD30BM2016 内部集成了一次保护和二次保护功能，其中一次保护主要用于控制充放电 MOSFET，二次保护主要针对外部三端保险丝的控制。

在检测机制上，芯片配备了基于纯硬件比较器的保护功能，用户可通过设置保护阈值、保护延迟以及恢复阈值，针对电压、电流、温度等信息进行监控。当达到预设的阈值条件时，根据对应的保护是否使能，芯片将自动触发一次或二次保护功能。

具体的寄存器配置方法请参考相关寄存器文档中的保护设置章节，以确保保护功能的正确实现和系统安全性。

10.2 电压相关的硬件保护

芯片内部基于比较器的硬件保护，支持对于 CELL 电压 COV 过压保护，可以对过压阈值，过压后的保护延迟，过压恢复迟滞进行设置；支持对于 CELL 电压 CUV 欠压保护，可以针对欠压阈值，欠压后的保护延迟，欠压恢复迟滞进行设置。除了 COV 之外，如果系统允许一定次数的欠压，降低欠压错误触发的概率，芯片还设置了 COVL 保护机制，用于针对欠压错误次数进行累计，或者当欠压消失后可以自动减数，提升欠压错误检测的准确性。

10.3 电流相关的硬件保护

芯片内部基于比较器的硬件保护，支持针对电池组的充电过流保护（OCC），用户可设置充电过流阈值、保护延迟及恢复迟滞，以保护充电过程中的安全。对于电池组放电过流和短路保护，芯片提供 OCD1、OCD2、OCD3 和 SCD 四种不同配置，允许用户分别设置保护阈值、保护延迟以及恢复阈值。此外，芯片还提供 OCDL 和 SCDL 保护机制，如果系统允许一定次数的过流或短路以降低触发误报的概率，则可通过 OCDL 和 SCDL 对错误次数进行累计；当错误条件消失并且时间超过延迟阈值后，芯片可以自动递减计数以降低短路保护发生的概率。短路保护机制（以 SCD 和 SCDL 为例）具体流程为：当电流超过 SCD 阈值时，触发 SCD 信号并生成 Alert 信号；经过延迟滤波后若 SCD 信号未消失，则触发 SCD_Fault，保护动作会使 CHG/DSG 执行 MOSFET 控制。当 SCD 信号消失并持续超过设定的 SCD_Recovery 时间时，SCD_Fault 状态将自动清除。

10.4 温度相关的硬件保护

芯片内部基于比较器的硬件保护，支持对电芯、充放电 MOSFET 以及芯片本身的过温或低温进行保护。用户可以针对电芯充电过温（OTC）、低温（UTC）、放电过温（OTD）、放电低温（UTD）、MOSFET 过温（OTF）以及芯片过温（OTINT）分别设置独立的保护阈值、保护延迟及恢复阈值，以满足不同应用的安全需求。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

10.5 相关寄存器

表 4. 一次保护动作与相关寄存器设置

保护名	使能	告警 Mask	保护阈值	ALERT 触发	后续动作	延时滤波	FAULT 触发	后续动作	恢复阈值	恢复时间
CUV	默认 0：关闭	是	CUV_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1	ALERT 引脚有效	CUV_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG OFF	CUV_RECOVERY_HYSTERESIS	无延迟
COV	默认 1：使能	是	COV_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		COV_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	CHG OFF/COVL +1	COV_RECOVERY_HYSTERESIS	无延迟
COVL	默认 0：关闭	是	COVL_LATCH_LIMIT	Safety Alert 对应 Bit =1		COVL_COUNTER_DEC_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	CHG OFF		COVL_RECOVERY_TIME
OCC	默认 0：关闭	是	OCC_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OCC_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	CHG OFF	OCC_RECOVERY_THRESHOLD	RECOVERY_TIME RECOVERY_TIME
OCD1	默认 0：关闭	是	OCD1_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OCD1_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG OFF/OCDL +1	OCD_RECOVERY_THRESHOLD	
OCD2	默认 0：关闭	是	OCD2_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OCD2_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1			
OCD3	默认 0：关闭	是	OCD3_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OCD3_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1			
OCDL	默认 0：关闭	是	OCDL_LATCH_LIMIT	Safety Alert 对应 Bit =1		OCDL_COUNTER_DEC_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG OFF	OCDL_RECOVERY_THRESHOLD	OCDL_RECOVERY_TIME
SCD	默认 1：使能	是	SCD_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		SCD_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG OFF/ SCDL+1	SCDL_RECOVERY_THRESHOLD	SCD_RECOVERY_TIME
SCDL	默认 0：关闭	是	SCDL_LATCH_LIMIT	Safety Alert 对应 Bit =1		SCDL_COUNTER_DEC_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG OFF	SCDL_RECOVERY_THRESHOLD	SCDL_RECOVERY_TIME
OTC	默认 0：关闭	是	OTC_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OTC_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	CHG OFF	OTC_RECOVERY_THRESHOLD	RECOVERY_TIME
OTD	默认 0：关闭	是	OTD_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OTD_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG OFF	OTD_RECOVERY_THRESHOLD	
OTF	默认 0：关闭	是	OTF_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OTF_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG/CHG/ BOTH OFF	OTF_RECOVERY_THRE	

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

保护名	使能	告警 Mask	保护阈值	ALERT 触发	后续动作	延时滤波	FAULT 触发	后续动作	恢复阈值	恢复时间
									SHOLD	
OTINT	默认 0：关闭	是	OTINT_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		OTINT_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG/CHG/BOTH OFF	OTINT_DELAY	
UTC	默认 0：关闭	是	UTC_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		UTC_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	CHG OFF	UTC_RECOVERY_THRESHOLD	
UTD	默认 0：关闭	是	UTD_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		UTD_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG OFF	UTD_RECOVERY_THRESHOLD	
UTINT	默认 0：关闭	是	UTINT_THRESHOLD	Safety Alert 对应 Bit =1		UTINT_DELAY	Safety Status 对应 Bit =1	DSG/CHG/BOTH OFF	UTINT_RECOVERY_THRESHOLD	

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

11 二次保护功能

11.1 概述

GD30BM2016 内部集成了一次保护和二次保护功能，一次保护主要用于控制充放电 MOSFET，而二次保护则针对三端保险丝的控制操作，以实现全面的安全保护。

11.2 二次保护功能

二次保护定义了一些异常状态，当这些异常状态被检测到时，芯片会启动二次保护，烧毁三端保险丝，从而永久性关闭 PACK 的充放电通路。

这些异常状态检测默认处于关闭状态。若用户需要启用某个异常状态检测，可将对应 BIT 置位进行开启。检测使能开启后，告警的 MASK 默认启用。若发生对应的异常状态，芯片会产生 ALTER 中断并记录状态，通过直接命令读取 PF_ALERTX 获取 ALERT 信息。如果故障持续时间超过数字滤波设置的延迟时间，芯片将触发错误，烧毁外部三端保险丝，从而永久关闭充放电通路，并将 PF 状态记录，通过直接命令读取 PF_STATUSX 获取 FAULT 信息。

表 5. 二次保护异常保护项目动作与相关寄存器设置

保护名	使能	告警 Mask	保护阈值	告警触发	后续动作	数字滤波	错误触发	后续动作	保存 PF 状态
CUDEP	默认 0：关闭	是	CUDEP_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1	ALERT 引脚有效	CUDEP_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1	烧三端保险丝	存储 PF 状态
SOTF	默认 0：关闭	是	SOTF_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		SOTF_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
SOT	默认 0：关闭	是	SOT_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		SOT_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
SOCD	默认 0：关闭	是	SOCD_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		SOCD_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
SOCC	默认 0：关闭	是	SOCC_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		SOCC_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
SOV	默认 0：关闭	是	SOV_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		SOV_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
SUV	默认 0：关闭	是	SUV_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		SUV_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
VIMA	默认 0：关闭	是	VIMA_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		VIMA_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
VIMR	默认 0：关闭	是	VIMR_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		VIMR_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
2LVL	默认 0：关闭	是		PF_ALERT 对应 BIT = 1		DUALLVL_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
DFETF	默认 0：关闭	是	DFETF_OFF_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		DFETF_OFF_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
CFETF	默认 0：关闭	是	CFETF_OFF_THRESHOLD	PF_ALERT 对应 BIT = 1		CFETF_OFF_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
HWMX	默认	是		告警触发=1		HWMX_DELA	PF_STATUS		

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

保护名	使能	告警 Mask	保护阈值	告警触发	后续动作	数字滤波	错误触发	后续动作	保存 PF 状态
	0：关闭					Y	对应 BIT = 1		
VSSF	默认 0：关闭	是	VSSF_FAIL_THRESHOLD	告警触发=1		VSSF_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		
LFOF	默认 0：关闭	是		告警触发=1		LFOF_DELAY	PF_STATUS 对应 BIT = 1		

表中列出异常保护项目对应，告警 MASK，相应告警阈值，以及滤波时间都有对应寄存器设置，参考寄存器文档。

表 6. 二次保护异常保护细节功能描述

保护名	保护细节
CUDEP	任何 cell 电压低于阈值
SOTF	检测到最大 FET 温度高于阈值
SOT	最大 cell 温度过温
SOCD	检测到安全过流放电
SOCC	检测到安全过流充电
SOV	检测到任意 cell 过压
SUV	检测到任意 cell 欠压
VIMA	检测到最大最小 CELL 之间的电压差超过阈值
VIMR	最大 cell 电压大于 VIMR:Check Voltage，且电流幅值小于 VIMR:Min Active Current 电流幅值，且持续时间大于 VIMR:Relax Min Duration
2LVL	器件每 1 秒检测一次 FUSE pin（在 NORMAL 和 SLEEP 模式），如果外部二次保护检测到 PIN 使能
DFETF	DSG 和 PDSG 关闭，检测到放电过流幅值超过阈值幅值
CFETF	当 CHG 和 PCHG 关闭，充电电流幅值大于阈值
HWMX	针对内部电路高压 MUX 进行检查，是否有高压 MUX 失效故障
VSSF	通过 ADC 周期性测量 VSS 电压，与阈值进行比较
LFOF	低压振荡器 LFO 频率误差检测

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

12 辅助电源

12.1 概述

GD30BM2016 在系统中内置了多个 LDO，以简化用户外围电路设计。

- PRE_LDO(REG0)：通过与外部三极管和电阻配合，从高压系统生成低压轨，为 LDO1 和 LDO2 提供供电支持。根据电池 PACK 电压不同，以及负载使用电流的不同，串联电阻和三极管承受压降和功耗也不同，需要根据设计功耗特性选择合适功率的电阻和三极管，以满足散热需求。用户也可以根据系统的功耗需求，选择 DC-DC 电源实现从 PACK 电压到低电压转换。
- LDO1(REG1)和 LDO2(REG2)：芯片内部集成的低压 LDO, 专为微控制器、接口芯片或 IOT 等外围设备使用。用户可以独立配置 LDO1 和 LDO2 在睡眠或深度睡眠模式下是否使能，从而降低系统待机时的整体功耗。
- REG18, REG18 的 LDO 在 Normal，Sleep，Deep Sleep 下默认使能，不可以关闭，为内部数模电路提供电源，REG18 不可以驱动外部负载。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

13 多功能引脚

13.1 概述

为了方便用户灵活使用数字 I/O 和内部 ADC 资源，芯片设计了多个多功能引脚，包括 TS1、TS2、TS3、CFETOFF、DFETOFF、ALERT、SPI_MOSI、SPI_CS、DCHG 和 DDSG。每个引脚均可独立配置为不同的工作模式。在表 7 中，这些引脚默认配置为表中标示为 0 的功能。表 7 中描述的相关复用功能低两位配置状态，对应高位的配置状态，主要用于配置成 GPIO 的输入、输出、上拉、下拉、驱动电平的来源(REG1 或者 REG18)，以及用于 ADC 输入还是热敏电阻输入，在用于热敏电阻输入时候，是否用于电芯或 MOSFET 的保护等。

- ALERT 信号：用于系统中断功能，包括一次保护告警触发中断、一次保护错误触发中断以及二次保护告警触发中断，并且可以作为数字 GPIO，ADC 或者热敏电阻输入。
- DDSG/DCHG 信号：作为高边驱动信号的影子信号，用于指示充电（CHG）和放电（DSG）信号使能的，同时在低边驱动的应用中，可以用于作为低边驱动芯片或者电路输入信号。并且可以作为数字 GPIO，ADC 或者热敏电阻输入，并且可以作为数字 GPIO，ADC 或者热敏电阻输入。
- CFETOFF/DFETOFF：可以由主控制器通过 I/O 接口用于硬件直接控制充放电 MOSFET 的操作，并且可以作为数字 GPIO，ADC 或者热敏电阻输入。
- SPI_CS/SPI_MOSI: 芯片工作 SPI 模式下的片选和数据信号。

表 7. 多功能引脚映射描述

管脚名称	I/O	类型	功能描述
ALERT	I/O	I/OD, I/OA	多功能管脚： 0 = 未使用 1 = 通用输出 2 = ALERT 3 = ADC 输入或热敏电阻
SPI_MOSI	I/O	I/OD, I/OA	多功能管脚： 0 = SPI_MOSI 或 I2C 地址管脚 1 = 通用输出 2 = 未使用 3 = ADC 输入或热敏电阻
CFETOFF	I/O	I/OD, I/OA	多功能引脚，可以是 SPI_CS、热敏电阻输入、通用 ADC 输入、通用数字输出、驱动输出； 0 = SPI_CS 1 = 通用输出 2 = CFETOFF 3 = ADC 输入或热敏电阻
DFETOFF	I/O	I/OD, I/OA	多功能引脚，可以是 DFETOFF、BOTHOFF、热敏电阻输入、通用 ADC 输入、通用数字输出、驱动输出； 0 = DFETOFF 1 = 通用输出 2 = BOTHOFF 3 = ADC 输入或热敏电阻
DCHG	I/O	OD, I/OA	多功能引脚，可以是 DCHG、热敏电阻输入、通用 ADC 输入、通用数字输出、驱动输出；

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

管脚名称	I/O	类型	功能描述
			0 = Reserved 1 = 通用输出 2 = DCHG 3 = ADC 输入或热敏电阻
DDSG	I/O	OD, I/OA	多功能引脚，可以是 DDSG、热敏电阻输入、通用 ADC 输入、通用数字输出、驱动输出； 0 = Reserved 1 = 通用输出 2 = DDSG 3 = ADC 输入或热敏电阻
SPI_CS	I/O	OD	多功能管脚： 0 = SPI_CS 或 I2C 地址管脚 1 = 通用数字输出；
SCL	I/O	OD	多功能管脚： 0 = SCL 或者 SPI_SCLK 1 = 未使用 2 = 未使用 3 = 未使用
SDA	I/O	OD	多功能管脚： 0 = SDA 或者 SPI_MISO 1 = 未使用 2 = 未使用 3 = 未使用

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

14 工作模式

14.1 概述

GD30BM2016 支持 Normal、Sleep、DeepSleep 和 ShutDown 等工作模式。不同模式可以通过软件配置进行切换，也可以根据外部条件自动跳转。在这些模式下，芯片的内部功能模块可灵活配置为开启或关闭状态，以满足不同功耗及功能需求。

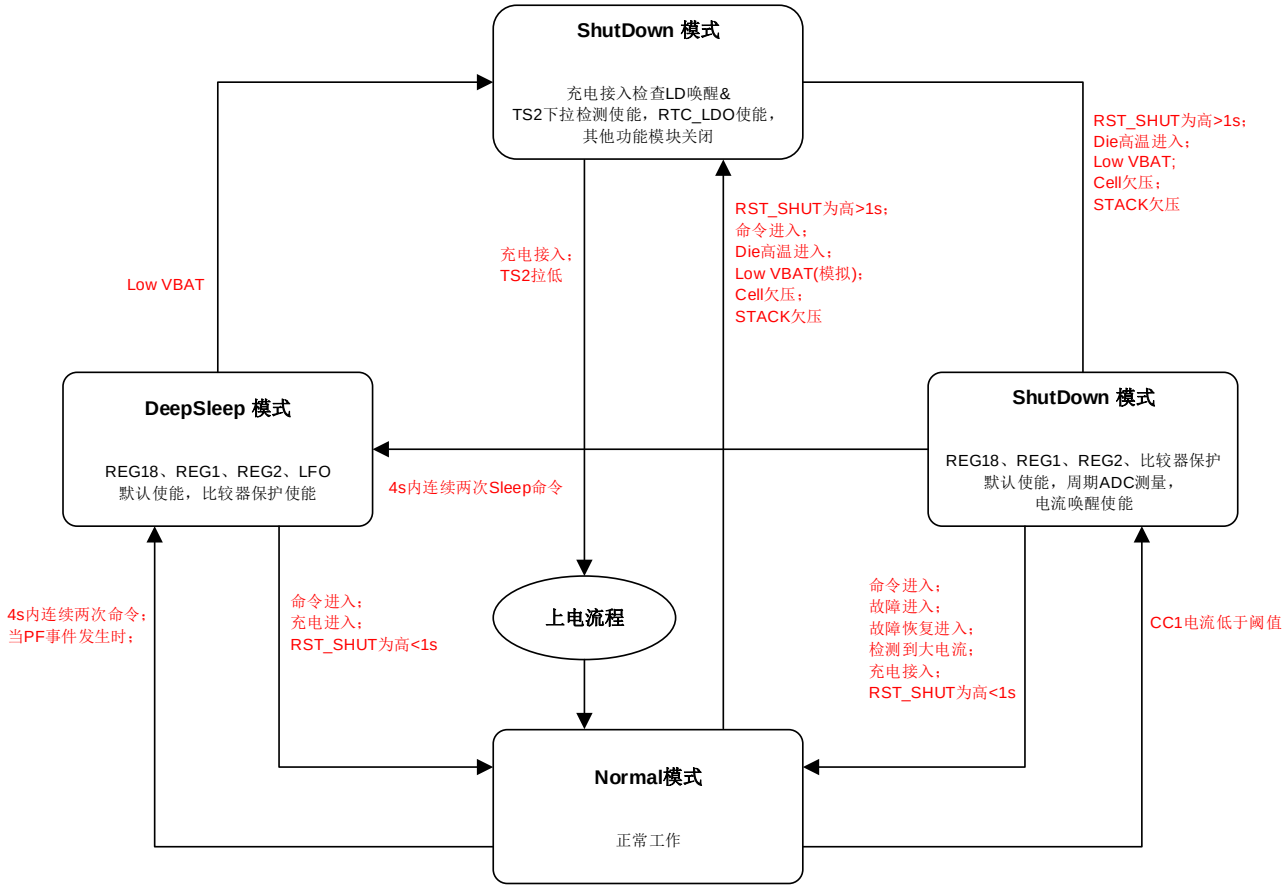


图 5. 芯片模式切换图

14.2 Normal 模式

在 Normal 模式下，芯片的所有功能模块均处于使能状态，包括电压、温度和电流检测 ADC，比较器保护功能、内部 REG18、以及内部振荡器 LFO，全部被开启，REG1 和 REG2 根据配置决定是否开启。芯片上电后会默认进入 Normal 模式，并默认关闭 MOSFET。

芯片从 Normal 模式切换到 Sleep 状态的条件如下：

- CC1 电流低于寄存器 SLEEP_CURRENT 中设定的阈值。

芯片从 Normal 模式切换到 DeepSleep 状态的条件如下：

- 在 4 秒内连续发送两次 DeepSleep 命令。
- 发生二次保护且烧毁三端保险丝的情况下，需要等待保险丝烧断时间。

芯片会在以下情况发生时退出 Normal 模式并进入 Shutdown 状态：

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

- RST_SHUT 信号保持高电平超过 1s，并按照寄存器 SHUTDOWN_COMMAND_DELAY 中配置的阈值延迟一段时间后。
- 4 秒内连续接收到两次命令间接命令 SHUTDOWN，并按照寄存器 SHUTDOWN_COMMAND_DELAY 中配置的阈值延迟一段时间后。
- 片上过温达到寄存器 SHUTDOWN_TEMP 中的配置温度阈值，并持续 SHUTDOWN_TEMPERATURE_DELAY 时间后。
- Cell 欠压达到寄存器 SHUTDOWN_CELL_VOLTAGE 设定的阈值，并持续 LOWV_SHUTDOWN_DELAY 一段时间后。
- STACK 欠压达到寄存器 SHUTDOWN_STACK_VOLTAGE 设定的阈值，并持续 LOWV_SHUTDOWN_DELAY 时间后。
- 当 VBAT 电压低于 VPORA－VPORA_HYS 时，引发模拟 POR 复位，从而进入 Shutdown 模式。

14.3 Sleep 模式

在 Sleep 模式下，芯片支持电压、温度和电流的周期性检测，以及比较器保护功能，同时保持内部 REG18 和内部振荡器等功能模块处于开启状态。芯片支持周期性 ADC 测量（周期可通过寄存器 VOLTAGE_TIME 配置），支持电流阈值唤醒 Normal 模式（阈值可通过寄存器 WAKE_COMPARATOR_CURRENT 配置），每 8/16/32/64ms 检测一次电流用于唤醒。同时，DSGFET 可配置为 CP 或 source follower 驱动形式，CHGFET 可配置为 CP 驱动或关闭 MOSFET。

芯片退出 Sleep 模式并进入 Normal 模式的情况包括：

- 电流 ADC 检测到大电流后，立刻退出 Sleep 模式并启动 FET。
- RST_SHUT 信号保持高电平>200ms 且<1s。
- 当 PACK 电压高于 STACK 电压一定阈值（寄存器 SLEEP_CHARGER_PACKTOS_DELTA 配置）且 STACK 电压低于设定阈值（寄存器 SLEEP_CHARGER_VOLTAGE_THRESHOLD 配置），满足充电接入条件。
- 接收到进入 Normal 模式的配置命令。
- 发生故障情况。
- 故障恢复。
- 出现二次保护 PF 事件。

芯片在以下情况下会从 Sleep 模式 退出并进入 DeepSleep 状态：

- 在 4 秒内连续接收到两次 DeepSleep 命令。

芯片在以下情况下会从 Sleep 模式 退出并进入 Shutdown 状态：

- RST_SHUT 信号保持高电平超过 1 秒，并根据寄存器 SHUTDOWN_COMMAND_DELAY 配置的阈值延迟一段时间后。
- 片上过温达到寄存器 SHUTDOWN_TEMP 设定的阈值，并持续超过寄存器 SHUTDOWN_TEMPERATURE_DELAY 配置的时间。
- Cell 欠压达到寄存器 SHUTDOWN_CELL_VOLTAGE 的设定值，并持续超过寄存器 LOWV_SHUTDOWN_DELAY 配置的时间。
- STACK 欠压达到寄存器 SHUTDOWN_STACK_VOLTAGE 设定的值，并持续超过寄存器 LOWV_SHUTDOWN_DELAY 配置的时间。
- LOW VBAT（VPORA－VPORA_HYS 以下）引发模拟 POR 复位，进入 Shutdown 模式。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

14.4 DeepSleep 模式

在 DeepSleep 模式下，比较器保护功能和内部 REG18 默认开启，而 REG1/2 和 LFO 默认关闭。用户可通过寄存器配置使 REG1/2 在 DeepSleep 模式下保持工作（POWER_CONFIG<10>=1），也可配置 LFO 在 DeepSleep 模式下保持工作（POWER_CONFIG<9>=1）。

芯片从 DeepSleep 模式退出并进入 Normal 模式的条件：

- 检测到充电接入。
- RST_SHUT 信号保持高电平>200ms 且<1s。
- 收到进入 Normal 模式的配置命令。

芯片从 DeepSleep 模式退出并进入 Shutdown 状态的条件：

- 当 LOW VBAT（VPORA－VPORA_HYS 以下）引发模拟 POR 复位时，芯片进入 Shutdown 模式。

14.5 ShutDown 模式

在 SHUTDOWN 模式下，芯片仅保留充电检测功能和 TS2 引脚唤醒功能。此外，该模式中所有数字模块均关闭，除上述两个功能外的所有检测功能也全部关闭。寄存器配置在 SHUTDOWN 模式中会丢失，重新启动后需要重新进行初始化流程。芯片在该模式下工作时处于最小电流消耗状态。

从 SHUTDOWN 模式唤醒的启动顺序如下：唤醒、REG1 上电、芯片初始化、自检完成，总启动时间约为 300ms。

芯片退出 SHUTDOWN 模式并进入 NORMAL 模式的条件：

- 检测到充电器接入。
- 检测到 TS2 引脚拉低。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

15 产品配置

15.1 命令与子命令

GD30BM2016 支持直接命令和子命令两种方式进行操作。直接命令通过主控制器发送的 7-bit 命令地址进行访问，可用于触发一个动作、向芯片写入数据或读取数据。子命令通过 7-bit 命令地址空间进行间接访问，提供块数据传输功能。子命令分为两类：带有数据的子命令和不带数据的子命令。

15.2 使用 OTP 存储器或寄存器进行配置芯片

GD30BM2016 内部集成了寄存器，寄存器的值存储在 RAM 中，可通过 I2C 和 SPI 接口进行读写操作。在初次上电时，设备会自动将 OTP 中的默认设置加载到寄存器中，这些配置用于芯片运行期间的操作。

推荐使用 OTP 的流程为：客户在生产线上将初始化配置写入 OTP，这样设备在每次上电时都会使用这些固定设置。如果用户未对 OTP 进行任何操作，芯片上电后将使用出厂默认配置。主控制器也可以在上电后对寄存器进行初始化，以覆盖 OTP 加载的寄存器值，但寄存器每次设备断电重启后都需要重新进行初始化配置。
当芯片处于 NORMAL（正常）、SLEEP（睡眠）或 DEEPSLEEP（深度睡眠）模式时，寄存器值会保持不变。如果设备进入 SHUTDOWN（关断）模式，所有寄存器内存将被清除，设备再次上电后会恢复默认参数（如已编程，则会加载 OTP 配置）。

15.3 寄存器的配置流程

芯片访问机制分为三个模式：

- SEALED 模式：为最安全的模式，允许所有直接命令进行仿真访问，同时部分间接子命令也可以被访问。
- UNSEALED 模式：部分额外子命令在此模式下可被访问。
- FULLACCESS 模式：用于更改寄存器设置。然而，由于寄存器更改会导致测量和保护异常，因此需要进入 FULLACCESS 模式进行相关操作后，再切换到 CFGUPDATE 模式进行寄存器配置。

整个操作流程如下：

- 芯片进入 FULLACCESS 模式前需通过间接子命令从 SEALED 模式切换至 UNSEALED 模式，再从 UNSEALED 模式切换至 FULLACCESS 模式。
- 使用间接子命令 SET_CFGUPDATE 进行相关寄存器的配置。
- 配置完成后，使用间接子命令 EXIT_CFGUPDATE。
- 完成所有操作后，芯片需要退回到 SEAL 模式。

具体流程步骤：

- 带数据的间接子命令（SECURITY_ACCESS、unseal_key_step1、unseal_key_step2）。
- 带数据的间接子命令（SECURITY_ACCESS、full_acc_key_step1、full_acc_key_step2）。
- 执行间接子命令（SET_CFGUPDATE）。
- 完成寄存器的配置，进行芯片初始化及相关配置。
- 使用间接子命令（EXIT_CFGUPDATE）。
- 间接子命令（SEAL）。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

16 串行通信接口

16.1 串行通信简介

GD30BM2016 集成了两种串行通信接口：

- I2C 总线：支持 100kHz 和 400kHz 速率模式，并可选择启用 CRC 校验。
- SPI 总线：支持高效传输，并可选择启用 CRC 校验。

芯片的不同版本可支持不同通信模式以及是否带有 CRC 校验功能。用户可以在生产线上对设备的集成 OTP 进行编程，以配置设备上电运行时所需的通信速度和协议。

16.2 I2C 通信

16.2.1 I2C 通信简介

GD30BM2016 中的 I2C 串行接口支持最高 400kHz 的通信速率，并可选择启用 CRC 校验功能。如果 OTP 未进行编程，芯片在初次上电时将默认运行 400kHz 的 I2C 模式，而其他版本的芯片可能会在初次上电时运行不同的通信模式。用户可以在生产线对 OTP 进行编程，以设置设备上电时需要的 I2C 模式。

此外，主机可以在 CONFIG_UPDATE 模式下更改 I2C 速度设置，新的速度设置将在退出 CONFIG_UPDATE 模式时生效。主控制器也可以通过子命令 SWAP_TO_I2C 即时切换通信接口为 I2C。

I2C 设备地址（包含设备地址及 RR/W 位的 8-bit 值）默认为 0x20（写）和 0x21（读）。

通信接口支持可编程超时功能，该功能仅适用于总线运行在 100 kHz 或 400 kHz 模式下。当设备被设置为 100 kHz 模式并启用此功能时，如果出现以下情况之一，设备将会重置通信接口的内部逻辑：

- 检测到时钟周期保持低于 25 ms 至 35 ms 的时间 $t_{TIMEOUT}$ 超过设定的阈值；
- 设备端时钟低电平累计时间超过约 25 ms；
- 控制器端时钟低电平累计时间超过 10 ms。

如果设备被设置为 400kHz 模式且启用了超时功能，当检测到时钟低于 5ms 至 20ms 的时间超过 $t_{TIMEOUT}$ 阈值时，设备会重置通信接口逻辑。

此外，无论上述超时功能是否启用，如果 SCL 引脚连续保持低电平超过 2 秒，通信总线都会触发一个长期超时，以确保设备的正常运行。

16.2.2 I2C 通信直接命令

I2C 直接指令包含以下字段：

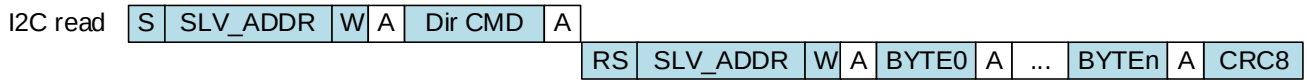
- S 是 I2C 的启动位;
- RS 是重启;
- SLV_ADDR 是设备从地址;
- W 是等待;
- N 是最后一位数据;
- A 是 ACK 响应位;
- DirCMD 是 Direct Command ID;
- BYTEn 是有效数据 Byte ;

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

- P 为 stop 位;

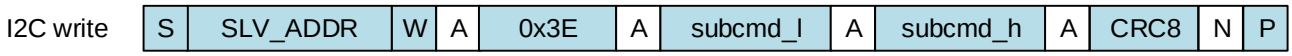
I2C 写指令：

I2C 读指令：



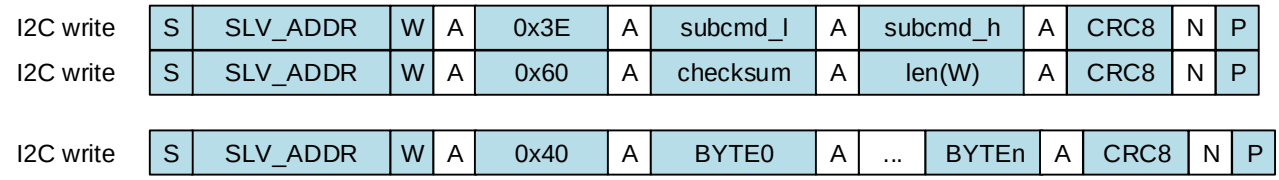
16.2.3 I2C 通信不带数据的子命令

I2C 不带数据写子指令：

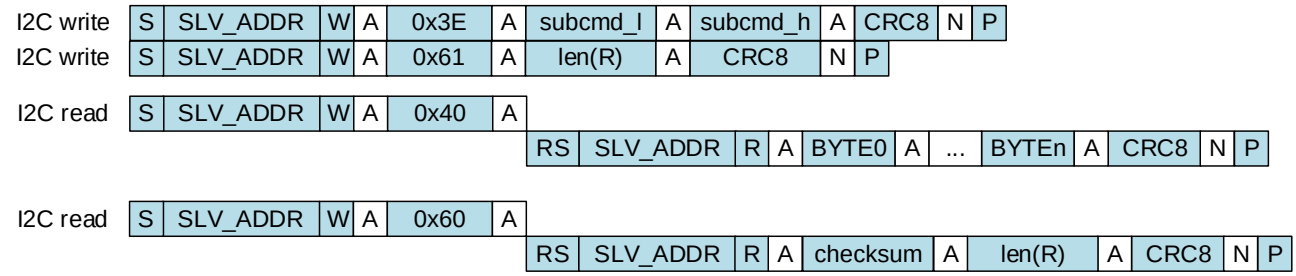


16.2.4 I2C 通信带数据的子命令

I2C 通信带数据写子指令：



I2C 通信带数据读子指令:



16.3 SPI 通信

16.3.1 SPI 通信介绍

GD30BM2016 芯片的 SPI 接口为从设备接口，可选择启用 CRC 校验功能。如果一次性可编程存储器（OTP）未被编程，则 GD30BM2016 上电后默认运行 400kHz 的 I2C 模式，而其他产品版本上电后则默认运行启用 CRC 的 SPI 模式。客户可以在生产线对 OTP 进行编程，选择 SPI 模式，以确保设备在上电后自动进入 SPI 模式。

主控制器也可以在 CONFIG_UPDATE 模式下更改串行通信设置。然而，为了避免在评估或生产期间丢失通信，设备在退出 CONFIG_UPDATE 模式时不会立即更改通信模式。主机可以通过重置设备或写入 SWAP_TO_SPI() 子命令来立即切换通信接口为 SPI 模式。

16.3.2 SPI 通信直接命令

SPI 指令定义中，cs_high 代表 SPI 的 CS 引脚拉高，cs_low 代表 SPI 的 CS 引脚拉高; dumy 代表空指令（0x00）;

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

DirCMD 是 Direct Command ID; BYTEn 为数据 Byte。

SPI 的写操作：

SPI write	cs_high	cs_low						cs_high
		Dir CMD	W	BYTE0	...	BYTEn	CRC8	dumy

SPI 的读操作：

SPI read	cs_high	cs_low							cs_high
		Dir CMD	R	dumy		dumy	...	dumy	dumy
		dumy		Dir CMD	R	BYTE0	...	BYTEn	CRC8

16.3.3 SPI 通信不带数据的子命令

SPI 通信不带数据的写子命令操作：

SPI write	cs_high	cs_low						cs_high
		0x3E	W	subcmd_l		subcmd_h	CRC8	dumy
		dumy		0x3E	W	subcmd_l	subcmd_h	CRC8

16.3.4 SPI 通信带数据的子命令

SPI 通信带数据的写子命令操作：

SPI write	cs_high	cs_low						cs_high
		0x3E	W	subcmd_l		subcmd_h	CRC8	dumy
		dumy		0x3E	W	subcmd_l	subcmd_h	CRC8

SPI write	cs_high	cs_low						cs_high
		0x60	W	checksum		len(W)	CRC8	dumy
		dumy		0x60	W	checksum	len(W)	CRC8

SPI write	cs_high	cs_low						cs_high
		0x40	W	BYTE0	...	BYTEn	CRC8	dumy
		dumy		0x40	W	BYTE0	...	BYTEn	CRC8

SPI 通信带数据的读子命令操作：

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

SPI write

cs_high	cs_low					cs_high
	0x3E	W	subcmd_l	subcmd_h	CRC8	dumy
	dumy	0x3E	W	subcmd_l	subcmd_h	CRC8

SPI write

cs_high	cs_low					cs_high
	0x61	W	len(R)		CRC8	dumy
	dumy	0x61		W	len(R)	CRC8

SPI read

cs_high	cs_low						cs_high
	0x40	R	dumy	dumy	...	dumy	dumy
	dumy	0x40	R	BYTE0	...	BYTEn	CRC8

SPI read

cs_high	cs_low					cs_high
	0x60	R	dumy	dumy	dumy	dumy
	dumy	0x60	R	checksum	len(R)	CRC8

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

17 系统与应用介绍

17.1 应用信息

GD30BM2016 适用于 3 至 16 节串联电池组，支持的最高堆叠电压范围为 5V 至 80V。一个完整的电池管理系统（BMS）不仅需要 BMS AFE 芯片，还需要主控制器实现系统控制、数据采集、SoC 电量计算以及对外通信。外部系统通常配备一组 N 型 MOSFET，用于管理充放电。高精度串联采样电阻负责将电池组电流转换为电压供 AFE 进行采集，同时配备 RC 滤波电路以稳定电池单元的采样数据，以及均衡放电电阻用于维持电池平衡。为了给内部 LDO 提供稳定输入，需外接电阻与三极管以输出稳定的低压电源。

17.2 典型应用

图 6 展示了一个 16 节电池组的简化应用示意图，其中包括 GD30BM2016 及其与外部元器件的连接。外部元器件包括 N 型 MOSFET（用于串联充放电）、三端保险丝（次级保护器）、主控制器以及通信收发器。此外，该配置还采用了高侧 P 型 MOSFET，用于实现预充电和预放电功能。以下是实施此电池组管理系统时需要注意的几个重要信息：

- 用于 REGIN 预调节器的外部 NPN BJT：集电极连接到电池堆栈或充放电 MOSFET 的中间位置取电，并通过功率电阻承受系统高压到三极管的压降。NPN BJT 的基极与 AFE 的 BREG 连接，为发射极提供稳定的固定电压。
- BAT 引脚的保护设计：BAT 引脚需连接一个串联二极管，同时从该引脚到 VSS 连接一个电容器。这些元件在电池组短路时，可保证设备短时间持续运行。短路会导致 PACK+和电池组顶部电压下降至接近 0V，二极管可防止 BAT 引脚电压随着电池组一起降低，从而确保芯片正常运行。通常，这种保护只需维持短时间，设备检测到短路事件并禁用 DSG MOSFET 后，电池电压将逐步恢复。
- PACK 引脚和 LD 引脚的浪涌保护：PACK 引脚和 LD 引脚需通过一个 10-kΩ的串联电阻连接到电池组顶部，以降低瞬态电压对芯片的冲击，保护设备免受浪涌影响。
- SRP 和 SRN 引脚连接设计：建议在采样电阻与 SRP 和 SRN 引脚之间串联 100Ω电阻，同时在引脚之间添加 100nF（可选 100pF）滤波电容。这些器件以及采样电阻至引脚的布线应尽量短且完全对称，采用开尔文连接法进行 PCB 布线，建议所有元件均放置在 PCB 与芯片的同一侧。每个检测输入引脚到 VSS 之间可选添加 0.1μF 滤波电容，进一步降低噪声。
- PACK+与 PACK-保护：推荐在 PACK+和 PACK-之间安装一个防反二极管，以防负载反接或大感性负载驱动时出现瞬态电压下降。防反二极管可为感性负载瞬间提供续流保护。
- 充放电 MOSFET 保护设计：在 CHG、DSG 及 N 型 MOSFET 之间添加电阻，以调整关断波形和速度。过大的电阻可能导致 MOSFET 关闭过慢，引发过热；过小的电阻可能造成电池端产生较大浪涌冲击，从而使 MOSFET 的 DS 电压过高。此外，应在 N 型 MOSFET 的栅极与源极间添加一个二极管，以避免栅极潜在的高压损坏。在短路瞬间或过充情况下，漏源电压可能超过 MOSFET 耐压值，增加高压 TVS 可以防止 MOSFET 的漏源电压击穿。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

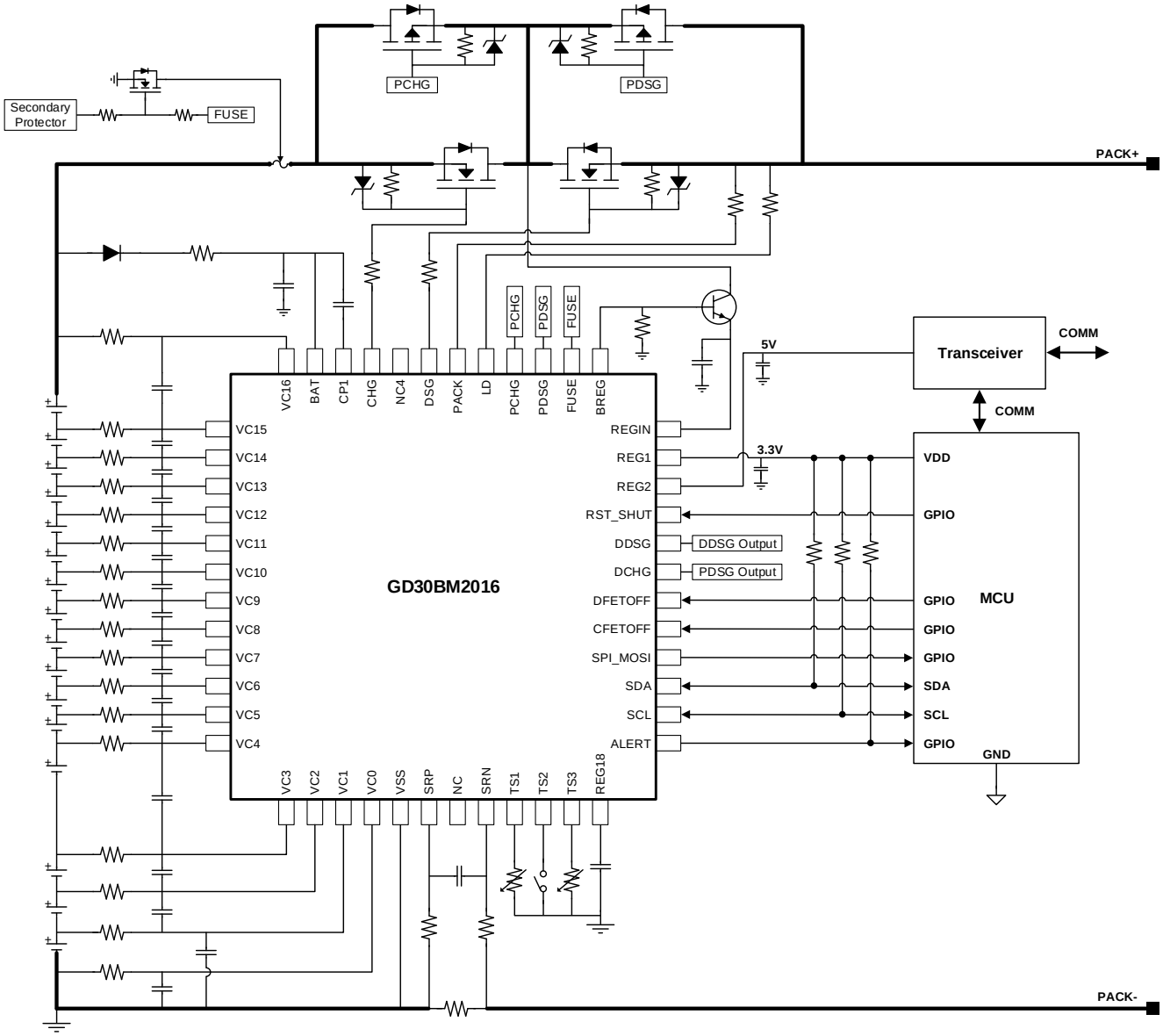


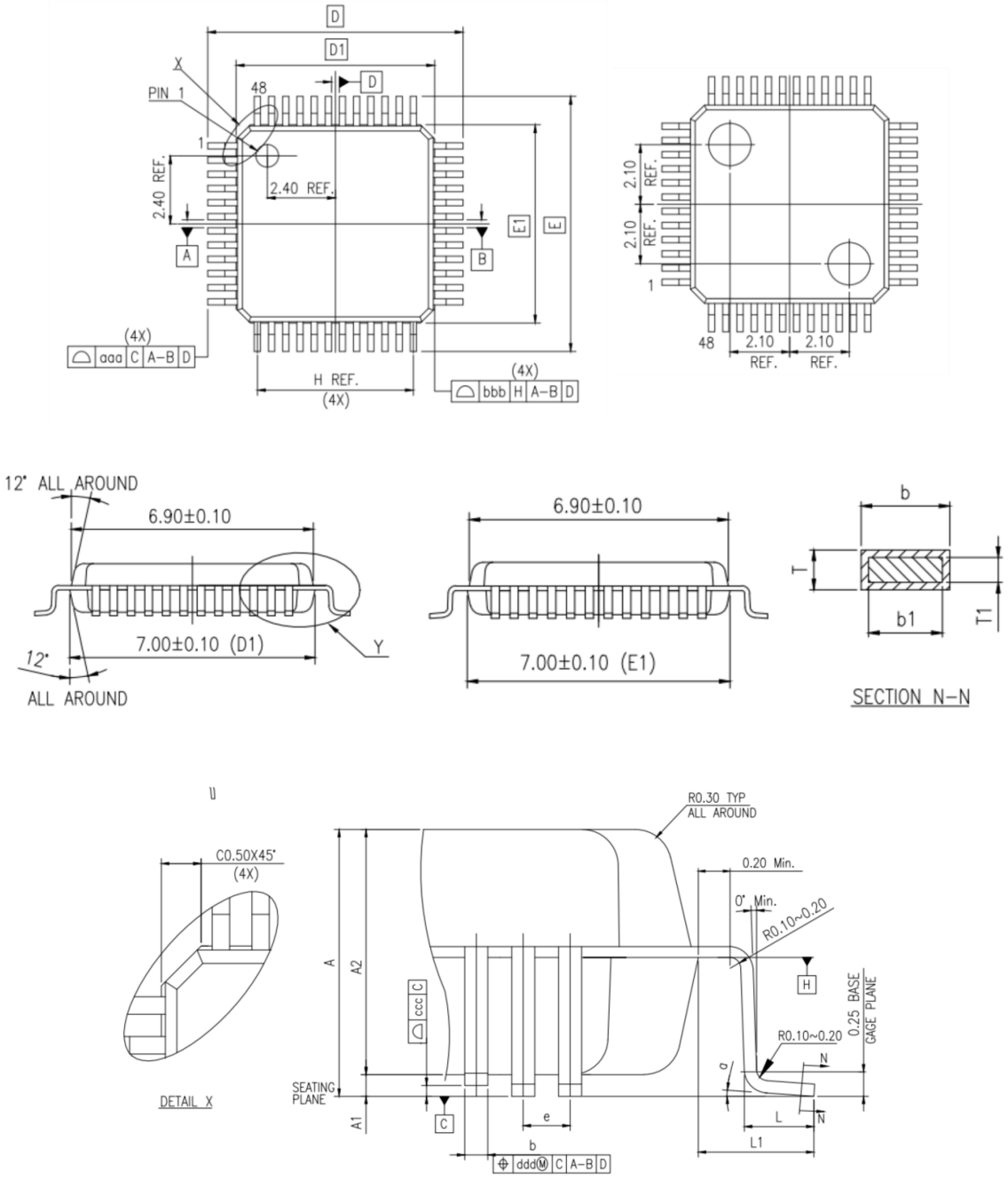
图 6. 典型电池包系统应用图

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

18 封装信息

18.1 外形尺寸

TQFP-48 封装示意图



注:

1. 所有尺寸单位为毫米。
2. 参考表 *8. TQFP-48 尺寸(mm)*。

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

表 8. TQFP-48 尺寸(mm)

符号	最小值	典型值	最大值
A			1.60
A1	0.05	0.10	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
D	8.80	9.00	9.20
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.80	9.00	9.20
E1	6.90	7.00	7.10
L	0.45	0.60	0.75
L1	1.00REF		
T	0.09	0.15	0.20
T1	0.124	0.127	0.130
a	0°		7°
b	0.17	0.22	0.27
b1	0.97	0.20	0.23
e	0.50BSC		
H(REF)		5.50	
aaa		0.20	
bbb		0.20	
ccc		0.08	
ddd		0.08	

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

19 产品对比信息

产品型号	通信接口	CRC	REG1 LDO 默认输出电压
GD30BM2016CTTR-I	I2C	N	Disable
GD30BM2016CTTR-I01	SPI	Y	Disable
GD30BM2016CTTR-I02	I2C	Y	Enable set to 3.3V
GD30BM2016CTTR-I03	SPI	Y	Enable set to 5V
GD30BM2016CTTR-I04	SPI	Y	Enable set to 3.3V

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

20 订购信息

订购型号	封装类型	ECO Plan	包装类型	最小起订量	温度范围
GD30BM2016CTTR-I	TQFP-48	Green	Tape & Reel	3000	–40°C to +125°C
GD30BM2016CTTR-I01	TQFP-48	Green	Tape & Reel	3000	–40°C to +125°C
GD30BM2016CTTR-I02	TQFP-48	Green	Tape & Reel	3000	–40°C to +125°C
GD30BM2016CTTR-I03	TQFP-48	Green	Tape & Reel	3000	–40°C to +125°C
GD30BM2016CTTR-I04	TQFP-48	Green	Tape & Reel	3000	–40°C to +125°C

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

21 版本历史

版本号	描述	日期
1.0	初版	2024
1.1	更新部分图片及描述	2025
1.2	更新接口速率，内部时钟以及相关寄存器信息	2025

Copyright © 2025, GigaDevice Semiconductor Inc.
All Rights Reserved.

Important Notice

This document is the property of GigaDevice Semiconductor Inc. and its subsidiaries (the "Company"). This document, including any product of the Company described in this document (the “Product”), is owned by the Company according to the laws of the People’s Republic of China and other applicable laws. The Company reserves all rights under such laws and no Intellectual Property Rights are transferred (either wholly or partially) or licensed by the Company (either expressly or impliedly) herein. The names and brands of third party referred thereto (if any) are the property of their respective owner and referred to for identification purposes only.

The Company makes no representations or warranties of any kind, express or implied, with regard to the merchantability and the fitness for a particular purpose of the Product, nor does the Company assume any liability arising out of the application or use of any Product described in this document. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the sole responsibility of the user of this document to determine whether the Product is suitable and fit for its applications and products planned, and properly design, program, and test the functionality and safety of its applications and products planned using the Product. Unless otherwise expressly specified in the datasheet of the Product , the Product is designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only, and the Product is not designed or intended for use in (i) safety critical applications such as weapons systems, nuclear facilities, atomic energy controller, combustion controller, aeronautic or aerospace applications, traffic signal instruments, pollution control or hazardous substance management; (ii) life-support systems, other medical equipment or systems (including life support equipment and surgical implants); (iii) automotive applications or environments, including but not limited to applications for active and passive safety of automobiles (regardless of front market or aftermarket), for example, EPS, braking, ADAS (camera/fusion), EMS, TCU, BMS, BSG, TPMS, Airbag, Suspension, DMS, ICMS, Domain, ESC, DCDC, e-clutch, advanced-lighting, etc.. Automobile herein means a vehicle propelled by a self-contained motor, engine or the like, such as, without limitation, cars, trucks, motorcycles, electric cars, and other transportation devices; and/or (iv) other uses where the failure of the device or the Product can reasonably be expected to result in personal injury, death, or severe property or environmental damage (collectively "Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure the Product meets the applicable laws and regulations. The Company is not liable for, in whole or in part, and customers shall hereby release the Company as well as its suppliers and/or distributors from, any claim, damage, or other liability arising from or related to all Unintended Uses of the Product. Customers shall indemnify and hold the Company, and its officers, employees, subsidiaries, affiliates as well as its suppliers and/or distributors harmless from and against all claims, costs, damages, and other liabilities, including claims for personal injury or death, arising from or related to any Unintended Uses of the Product.

Information in this document is provided solely in connection with the Product. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and the Product described herein at any time without notice. The Company shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. Information in this document supersedes and replaces information previously supplied in any prior versions of this document.

© 2025 GigaDevice – All rights reserved