

NB401KBQ6C

数据手册

NB401 电量计采用 32 bit ARM Cortex-M0 内核，最高主频 16.776MHz，集成 8KB RAM 和 128KB 片内 Flash；其支持 2-，3-，4-串锂离子电池或锂聚合物电池的应用，集成两个 16 位 ADC 分别用于采集电压、电流和温度，此外还自带硬件保护和唤醒功能，支持 SMBus 通讯，支持智能充电管理，支持多种加密认证，且具有超低功耗，可以满足绝大多数电池保护或计量的应用。

关键特性

- 内核 CPU：
 - 32 位 ARM Cortex-M0 内核
 - 最高主频 16.766MHz
- 存储器
 - 128KBytes 片内 Flash
 - 8KBytes 通用 SRAM
- 2 个 16 位 ADC 采集电压、温度、电流
- 自带硬件保护和唤醒功能
- 灵活配置 2 节、3 节和 4 节串联锂离子或锂聚合物电池
- 先进的电量算法可准确计算剩余可用电量
- 兼容智能电池规范 SBS V2.0，具有编程可选的高速 400kHz 选项
- 电压、电流和温度的可编程保护特性
- 支持内部均衡和外部均衡
- 高侧 N 通道保护场效应晶体管（FET）驱动
- 充电或者静止状态时集成的电池均衡
- 支持通过 3-/4-/5-/6- LEDs 显示电池充电状态（SOC）
- 低功耗模式
 - 休眠模式，60uA (Typ.)
 - 关机模式，1uA (Typ.)
- 可编程保护特性的完全阵列
 - 电压
 - 电流
 - 温度
 - 充电终止时间
 - CHG/DSG FETs
 - 电池均衡
- 精密充电算法
 - 日本电子与信息技术工业协会（JEITA）
 - 智能充电算法
- 诊断寿命数据监视器
- 黑匣子记录器
- 支持 SHA-1/-224/256 和 EC-KCDSA 身份验证
- 紧凑封装：32 导线四方扁平无引线（QFN32）

应用

- 笔记本/上网本
- 无人机设备
- 医疗与测试设备

NATIONS CONFIDENTIAL

目录

关键特性	1	4.3.5 配置	24
应用	2	4.3.6 电池监测参数	25
1 整体概述	4	4.3.7 电池跳变点 (BTP)	25
2 引脚分配	5	4.3.8 寿命数据记录功能	26
3 电气特性	7	4.3.9 认证	26
3.1 绝对最大额定值	7	4.3.10 LED 显示	26
3.2 静电放电(ESD)和门锁效应(LATCH-UP)	7	4.3.11 电压	26
3.3 推荐工作条件	7	4.3.12 电流	26
3.4 电源供电	8	4.3.13 温度	26
3.5 通用输入输出IO 口	8	4.3.14 通信	27
3.6 电流检测	9	4.4 设备工作模式	29
3.7 电流模数转换器(CADC)	10	5 应用和实施	31
3.8 库仑积分器 (CC)	10	5.1 典型应用	31
3.9 电压模数转换器 (VADC)	11	5.2 设计要求	31
3.10 内部温度传感器	12	5.3 详细开发过程	32
3.11 负温度系数 (NTC) 温度传感器	12	5.3.1 大电流路径	32
3.12 正温度系数 (PTC) 温度传感器	12	5.3.2 保护 FETs	33
3.13 电芯均衡	13	5.3.3 保险丝电路	33
3.14 高速内部 (HIS) 振荡器	13	5.3.4 锂离子电芯联接	33
3.15 低速内部 (LSI) 振荡器	13	5.3.5 电流检测电阻	34
3.16 参考电压 1/2	14	5.3.6 静电放电防护	34
3.17 硬件保护	14	5.3.7 电量计电路	34
3.18 充放电 (CHG, DSG) MOS 管驱动	15	5.3.8 库仑计接口	34
3.19 预充电 (PCHG) MOS 管驱动	16	5.3.9 电源去耦和备用供电 (PBI)	34
3.20 0V 充电	16	5.3.10 系统已/未连接	35
3.21 保险丝 (FUSE) 驱动	17	5.3.11 SMBus 通信	35
3.22 SMBus 1.8~5V 应用	17	5.3.12 电芯和电池输入	36
3.23 SMBus 1.2~3V 应用	18	5.3.13 外部电芯均衡	37
3.24 SMBus 时序	18	5.3.14 电池和 FETs 控制	37
4 详细说明	21	5.3.15 温度输出	38
4.1 概述	21	5.3.16 LED 灯	39
4.2 功能块图	22	5.3.17 安全 PTC 热敏电阻	39
4.3 特性描述	23	6 电源相关建议	41
4.3.1 主要 (一级) 安全功能	23	7 机械封装信息	42
4.3.2 次要 (二级) 安全功能	23	8 版本历史	44
4.3.3 充电控制功能	24	9 声明	45
4.3.4 高级融合电量计	24		

NB401 是一款集SBS 标准电量计IC 和保护 IC 为一的单IC 解决方案，它专为电池组或系统侧安装 而设计的。NB401 利用其集成的高性能模拟外设，测量锂离子或锂聚合物电池的可用容量，并保留准 确的数据记录。

NB401 可以监控电池组的容量、电压等其他关键参数，并通过串行通信总线将信息报告给系统主机控制器。NB401 还可以通过模拟前端 (AFE) 提供短路和过载保护。根据不同的电压、电流、温度、老化寿命等状态，智能充电算法所推荐的充电电压和充电电流也不同。

此外，应用的高级电量算法可以通过分析每个循环阶段的电压、电流、温度和其他相关参数来计算电池剩余容量。

表 1-1 器件信息

器件型号	封装	封装尺寸（标称值）
NB401	QFN32	4.00*4.00mm ²

图 1-1 简化电路原理图

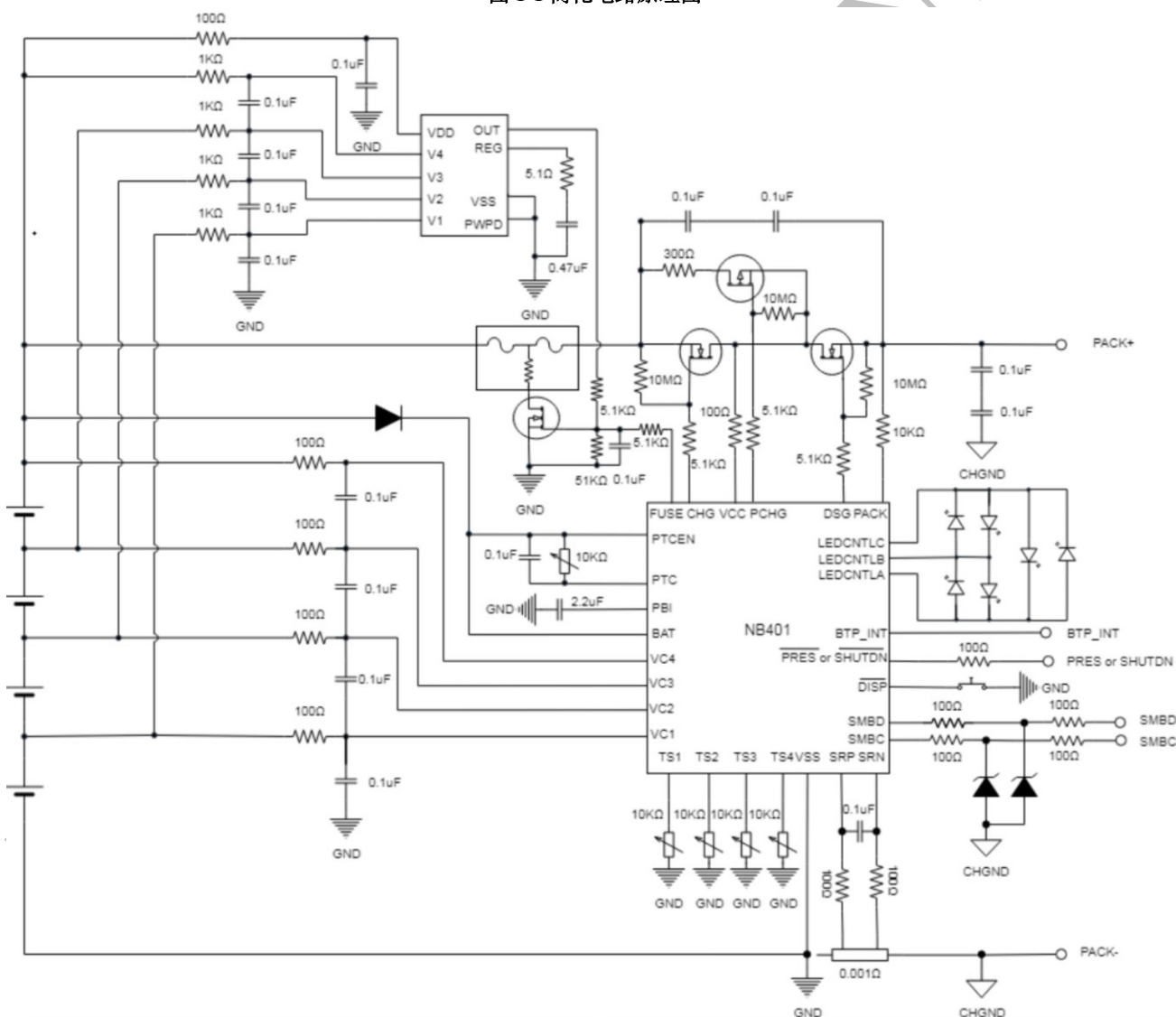


图 2-1 QFN32(4.00mm* 4.00mm) 引脚分配

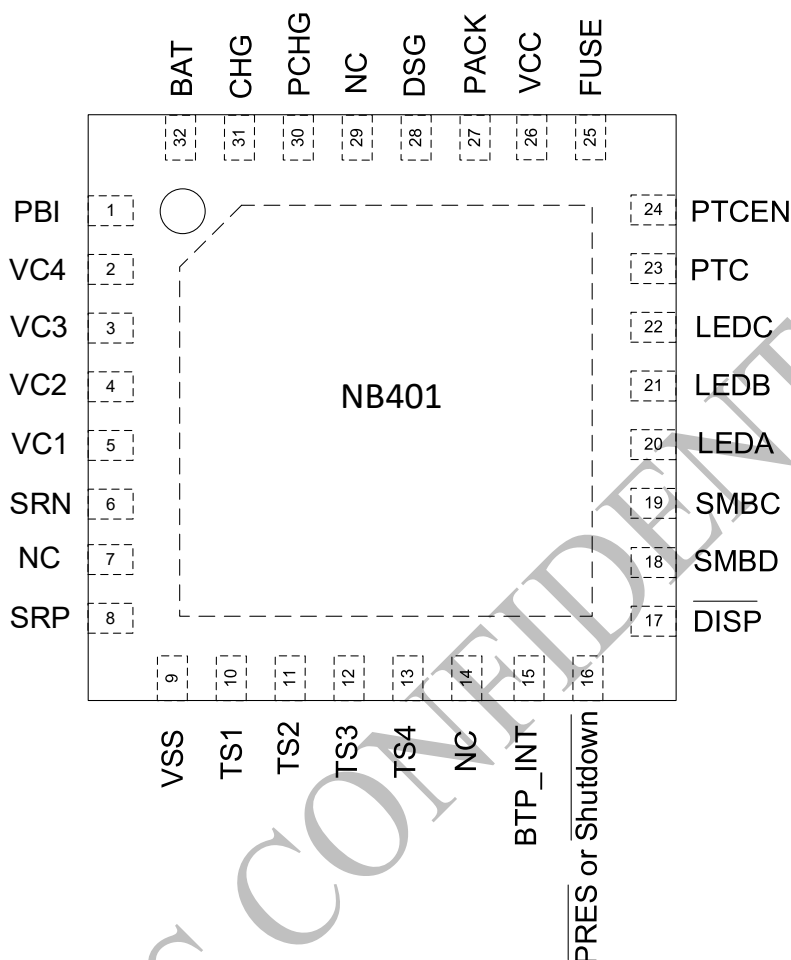


表 2-1 引脚描述

序号	名称	类型 ⁽¹⁾	说明
1	PBI	P	电源供电，需接2.2u 电容到地
2	VC4	IA	第4 节电芯正极输入，如果不使用，将其短接到VC3 引脚
3	VC3	IA	第3 节电芯正极输入，如果不使用，将其短接到VC2 引脚
4	VC2	IA	第2 节电芯正极输入，如果不使用，将其短接到VC1 引脚
5	VC1	IA	第1 节电芯正极输入
6	SRN	IA	电流检测负极输入
7	NC	—	未连接
8	SRP	IA	电流检测正极输入
9	VSS	P	地
10	TS1	IA/IOD	NTC1 输入，或作为GPIO 口使用
11	TS2	IA/IOD	NTC2 输入，或作为GPIO 口使用
12	TS3	IA/IOD	NTC3 输入，或作为GPIO 口使用
13	TS4	IA/IOD	NTC4 输入，或作为GPIO 口使用

序号	名称	类型 ⁽¹⁾	说明
14	NC	—	未连接
15	BTP_INT	I/OD	中断输出，或作为GPIO，可选上拉电阻
16	PRES or SHUTDN	I/OD	主机插入或移除，或作为GPIO，可选上拉电阻
17	DISP	I/OD	LED 显示控制，或作为GPIO，可选上拉电阻
18	SMBD	I/OD	SMBUS 数据总线，开漏，弱下拉
19	SMBC	I/OD	SMBUS 时钟总线，开漏，弱下拉
20	LEDCNTLA	I/OD	LED 驱动引脚，推挽GPIO
21	LEDCNTLB	I/OD	LED 驱动引脚，推挽GPIO
22	LEDCNTLC	I/OD	LED 驱动引脚，推挽GPIO
23	PTC	IA	PTC 输入，如果不使用，将 PTC 引脚和PTCEN 引脚共接到地
24	PTCEN	IA/IOD	PTC 功能使能，如果不使用，将 PTC 引脚和PTCEN 引脚共接到地
25	FUSE	O/IOD	Fuse 驱动引脚，或作为输入检测引脚
26	VCC	P	充电器供电输入
27	PACK	IA	Pack 检测输入
28	DSG	O	放电NMOS 驱动输出，不使用时保持浮空或下拉20kOhm
29	NC	-	未连接
30	PCHG	O	放电PMOS 驱动输出，不使用时保持浮空或下拉20kOhm
31	CHG	O	充电 NMOS 驱动输出，不使用时保持浮空或下拉20kOhm
32	BAT	P	电池组供电引脚

(1) P =电源连接，O =数字输出，IA =模拟输入，I =数字输入，I/OD =数字输入/输出

3 电气特性

3.1 绝对最大额定值

标识	最小值	最大值	单位	备注
BAT, VCC, PBI	-0.3	30	V	
PACK, SMBD, SMBC, PRES, BTP_INT, DISP	-0.3	30	V	
TS1, TS2, TS3, TS4	-0.3	3.3	V	
CHG, DSG	-0.3	32	V	
PCHG, FUSE	-0.3	30	V	
PTC, PTCEN, LEDA, LEDB, LEDC	-0.3	V _{BAT} +0.3	V	
SRN, SRP	-0.3	0.3	V	
VC1-VSS	-0.3	8.5	V	VC1-VSS max. is 30V
VC2-VC1	-0.3	8.5	V	VC2-VSS max. is 30V
VC3-VC2	-0.3	8.5	V	VC3-VSS max. is 30V
VC4-VC3	-0.3	8.5	V	VC4-VSS max. is 30V
Max VSS current		50	mA	
Work Temperature	-40	85	°C	
Storage Temperature	-65	150	°C	
Lead temperature		300	°C	Soldering 10s

3.2 静电放电(ESD)和闩锁效应(Latch-up)

		数值	单位
V _{ESD(HBM)}	T _A =25°C, ANSI/ESDA/JEDEC JS-001	±4000	V
V _{ESD(CDM)}	T _A =25°C, JEDEC Specification JESD22-C101	±1000	V
I _{LATCH}	Latch up current @ 85°C, VCC=30V, Class II, JESD78	±100	mA

3.3 推荐工作条件

典型值是在T_A = 25°C和VCC = 14.4 V的条件下给出的，最小/最大值是在T_A = -40°C至85°C和VCC = 2.3 V至26 V的条件下给出的（除非另有说明）。

		最小值	典型值	最大值	单位
Supply voltage range, VCC	BAT, VCC, PBI	2.3		26	V
Powerdown voltage, V _{powerdown-}	V _{PACK} < V _{powerdown-}	2.2	2.3		V
Start-up voltage, V _{powerdown+}	V _{PACK} > V _{powerdown-} + V _{HYS}	2.35		2.52	V
Powerdown voltage hysteresis, V _{HYS}	V _{powerdown+} - V _{powerdown-}		0.15		V
Input voltage range, V _{IN}	PACK, RH0, RH1, RH2			26	V
	SMBC, SMBD			5	V
	TS1, TS2, TS3, TS4			2.5	V
	PTC, PTCEN, LEDCNTLA, LEDCNTLB, LEDCNTLC			V _{BAT}	V
	SRP, SRN	-0.1		0.1	V
	VC1	VSS		VSS+5	V
	VC2	VC1		VC1+5	V

		最小值	典型值	最大值	单位
	VC3	VC2		VC2+5	V
	VC4	VC3		VC3+5	V
Output voltage range, VO	CHG, DSG			26	V
	PCHG, FUSE			26	V
External PBI capacitor, CPBI		2.2			uF
Operating Temperature, TOPR		-40		85	°C

3.4 电源供电

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的, 最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{SWITCHOVER-}}$	BAT to VCC switchover voltage	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{SWITCHOVER-}}$	2.0		2.03	V
$V_{\text{SWITCHOVER+}}$	VCC to BAT switchover voltage	$V_{\text{BAT}} > V_{\text{SWITCHOVER-}} + V_{\text{HYS}}$	3.02		3.06	V
V_{HYS}	Switchover voltage hysteresis	$V_{\text{SWITCHOVER+}} - V_{\text{SWITCHOVER-}}$		1000		mV
I_{LKG}	Input Leakage current	BAT pin, BAT= 0 V, VCC= 25V, PACK= 25 V			1	uA
		PACK pin, BAT= 25 V, VCC= 0V, PACK= 0 V			1	uA
		BAT and PACK pins, BAT= 0 V, VCC= 0 V, PACK=0 V, PBI= 25 V			1	uA

3.5 通用输入输出 IO 口

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的, 最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IH}	High-level input	TSx	$0.7 \cdot V_{\text{DD}}$			V
V_{IL}	Low-level input	TSx			$0.3 \cdot V_{\text{DD}}$	V
V_{HYS}	Schmitt trigger voltage hysteresis			200		mV
V_{OH}	Output voltage high	TSx, $I_{\text{OH}} = 4\text{mA}$	$0.8 \cdot V_{\text{DD}}$		VDD	V
V_{OL}	Output voltage low	TSx, $I_{\text{OL}} = 4\text{mA}$	VSS		$0.2 \cdot V_{\text{DD}}$	V
C_{IN}	Input capacitance	TSx		5		pF
I_{LKG}	Input leakage current	TSx			1	uA
V_{IH}	High-level input	LEDCNTLx	1.45			V
V_{IL}	Low-level input	LEDCNTLx			0.55	V
V_{OH}	Output voltage high	LEDCNTLx, $V_{\text{BAT}} > 3.0\text{ V}$, $I_{\text{OH}} = -22.5\text{ mA}$	$V_{\text{BAT}} - 1.6$			V
Isc	High level output current protection	LEDCNTLx	-30	-45	-60	mA

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{OL}	Low level output current	LEDCNTLx, V _{BAT} > 3.0 V, V _{OL} =0.4 V	15.75	22.5	29.25	mA
I _{LEDCNTLx}	Current matching between LEDCNTLx	LEDCNTLx, V _{BAT} =V _{LEDCNTLx} + 2.5 V		±1%		
C _{IN}	Input capacitance	LEDCNTLx		20		pF
I _{LKG}	Input leakage current	LEDCNTLx			1	uA
f _{LEDCNTLx}	Frequency of LED pattern	LEDCNTLx		124		Hz
T _{limit}	LED block over temperature threshold			135	150	°C
T _{recov}	LED block over temperature recovery threshold		85			°C
V _{IH}	High-level input	RHx	1.3			V
V _{IL}	Low-level input	RHx			0.55	V
V _{OH}	Output voltage high	RHx, V _{BAT} > 5.5 V, I _{OH} = 0μA	3.5			V
V _{OL}	Output voltage low	RHx, I _{OL} = 3mA			0.4	V
C _{IN}	Input capacitance	RHx		5		pF
I _{LKG}	Input leakage current	RHx			1	uA
R _O	Output reverse resistance	Between RHx and PBI	8			kΩ

3.6 电流检测

典型值是在 T_A = 25°C 和 VCC = 14.4 V 的条件下给出的, 最小/最大值是在 T_A = -40°C 至 85°C 和 VCC = 2.3 V 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{WAKE}	Wake voltage threshold	V _{WAKE} = VSRP – VSRN, [WK1,WK0] = 0, 1	±0.3	±0.625	±0.9	mV
		V _{WAKE} = VSRP – VSRN, [WK1,WK0] = 1, 0	±0.6	±1.25	±1.8	
		V _{WAKE} = VSRP – VSRN, [WK1,WK0] = 1, 1	±1.2	±2.5	±3.6	
		V _{WAKE} = VSRP – VSRN, [WK1,WK0] = 0, 0	±0.15	±0.3125	±0.45	
V _{WAKE(DRIFT)}	Temperature drift of V _{WAKE} accuracy			0.5%		°C
T _{WAKE}	Time from application of current to wake interrupt			2	5	ms
T _{WAKE(SU)}	Wake comparator startup time			500	1000	us

3.7 电流模数转换器(CADC)

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	条件	最小值	典型值	最大值	单位
Input voltage range		-0.1		0.1	V
Full scale range		-VREF1/10		VREF1/10	V
Integral nonlinearity INL	16-bit, best fit over input voltage range		± 5.2	± 22.3	LSB
Offset error	16-bit, Post-calibration		± 5	± 10	μV
Offset error drift	15-bit + sign, Post-calibration		0.2	0.3	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Gain error	15-bit + sign, over input voltage range		$\pm 0.2\%$	$\pm 0.8\%$	FSR
Gain error drift				150	PPM/ $^{\circ}\text{C}$
Effective input resistance		2.5			$\text{M}\Omega$
Quantizer			1		Bit
fCADC			262.144		kHz
Power supply	1.8v LDO supply	1.62	1.8	1.98	V
Conversion time	Single conversion CADC_CTRL[SPEED]=0, OSR=8192		31.25		ms
Conversion time	Single conversion CADC_CTRL[SPEED]=1, OSR=512		1.95		ms
Effective resolution ENOB	With sign, CADC_CTRL[SPEED]=0	13.5	15		Bit
Effective resolution ENOB	With sign, CADC_CTRL[SPEED]=1	9.5	10		Bit

备注: $1\text{LSB} = V_{\text{REF1}}/10/2N = 0.1215/215 = 3.71\mu\text{V}$

3.8 库仑积分器 (CC)

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	条件	最小值	典型值	最大值	单位
Conversion time	Single conversion CC_CTRL[SPEED1, SPEED0]=0,0 OSR=65536		250		ms
	Single conversion CC_CTRL[SPEED1, SPEED0]=0,1 OSR=262144		1000		
	Single conversion CC_CTRL[SPEED1, SPEED0]=1,0 OSR=1048576		4000		
	Single conversion		16000		

标识	条件	最小值	典型值	最大值	单位
	CC_CTRL[SPEED1, SPEED0]=1,1 OSR=4194304				
Effective resolution ENOB	Single conversion	15			bit

3.9 电压模数转换器 (VADC)

典型值是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的, 最小/最大值是在 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	条件	最小值	典型值	最大值	单位
Input voltage range	Internal reference(VREF1)	-0.2		1	V
	External reference(VDD)	-0.2		0.8x VDD	
Full scale range	VFS= VREF1 or VDD	- VFS		VFS	V
Integral nonlinearity INL(1)	16-bit, best fit ,-0.1V to 0.8x VREF1			±6.6	LSB
	16-bit, best fit ,-0.2V to -0.1V			±13.1	LSB
Offset error(2)	16-bit, Post-calibration, VFS=VREF1		±67	±157	uV
Offset error drift	16-bit, Post-calibration, VFS=VREF1		0.6	3	uV/°C
Gain error	16-bit, -0.1V to 0.8 × VFS		±0.2%	±0.8%	FSR
Gain error drift				150	PPM/°C
Effective input resistance		8			MΩ
Quantizer			1		Bit
FVADC			262.144		kHz
Power supply	1.8v LDO supply	1.62	1.8	1.98	V
Conversion time	Single conversion, VTS[2:0]=0,0,0		31.25		ms
	Single conversion, VTS[2:0]= 0,0,1		15.63		ms
	Single conversion, VTS[2:0]= 0,1,0		7.81		ms
	Single conversion, VTS[2:0]= 0,1,1		1.95		ms
	Single conversion, VTS[2:0]= 1,0,0		0.975		ms
Effective resolution	With sign, VTS[2:0]=0,0,0	14	15		Bit
	With sign, VTS[2:0]=0,0,1	13	14		Bit
	With sign, VTS[2:0]=0,1,0	11	12		Bit
	With sign, VTS[2:0]=0,1,1	9	10		Bit
	With sign, VTS[2:0]=1,0,0	7	8		Bit

备注:

(1) $\text{LSB} = V_{\text{REF1}} / (2N) = 1.225 / (215) = 37.4\text{ }\mu\text{V}$ (when $\text{OSR} = 8192$, $T_{\text{CONV}} = 31.25\text{ms}$)

(2) For VC1-VSS, VC2-VC1, VC3-VC2, VC4-VC3, VC4-VSS, PACK-VSS, and VREF1/2, the offset error is multiplied by (1/ ADC multiplexer scaling factor (K)).

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
K	Scaling factor	VC1-VSS, VC2-VC1, VC3-VC2, VC4-VC3	0.198	0.200	0.202	
		VC4-VSS, PACK-VSS	0.049	0.050	0.051	
VIN		VC4-VSS, PACK-VSS	-0.2		20	V

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
	Input voltage range	TS0,TS1,TS2,TS3	-0.2		0.8 x VREF1	V
		TS0,TS1,TS2,TS3	-0.2		0.8 x VDD	V
ILKG	Input leakage current	VC1, VC2, VC3, VC4, cell balancing off, cell detach detection off, ADC multiplexer off			1	uA

3.10 内部温度传感器

典型值是在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC}=14.4\text{V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC}=2.3\text{V}$ 至 26V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VTEMP/VTEMPN	Temperature sensor voltage		0.2	0.7	1.0	V
VTEMP	Internal temperature sensor voltage drift	VTEMP	-1.9	-2.0	-2.1	mV/ $^{\circ}\text{C}$
		VTEMP-VTEMPN, assured by design	0.177	0.178	0.179	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Tstep	Temperature resolution			0.1		$^{\circ}\text{C}$
TE	Internal temperature accuracy	$0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$	± 1.5	± 1.0	± 1.5	$^{\circ}\text{C}$
		$-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$	± 3.0	± 2.0	± 3.0	$^{\circ}\text{C}$

3.11 负温度系数（NTC）温度传感器

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{V}$ 至 26V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VIN	Input voltage range	TS1, TS2, TS3, TS4, VBIAS=VREF1	-0.2		0.8 x VREF1	V
		TS1, TS2, TS3, TS4, VBIAS=VDD	-0.2		0.8 x VDD	V
RNTC(PU)	Internal pullup resistance(1)	TS1, TS2, TS3, TS4	14.4	18	21.6	k Ω
RNTC(DRIFT)	Resistance drift over temperature	TS1, TS2, TS3, TS4	-360	-280	-200	PPM/ $^{\circ}\text{C}$
TE	NTC temperature accuracy	After post calibration $T_A=0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$	-1.5	± 1	1.5	$^{\circ}\text{C}$
		After post calibration $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$	-3	± 2	3	$^{\circ}\text{C}$

备注: (1) NTC 温度精度也取决于 NTC 电阻本身的精度。

3.12 正温度系数（PTC）温度传感器

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{V}$ 至 26V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
RPTC(TRIP)	PTC trip resistance		1.2	2.5	3.95	M Ω

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VPTC(TRIP)	PTC trip Voltage	VPTC(TRIP) = VPTCEN – VPTC	200	500	890	mV
IPTC	Internal PTC current bias	TA = -40°C to 110°C	200	290	350	nA
tPTC(Delay)	PTC delay	TA = -40°C to 110°C	40	80	145	ms

3.13 电芯均衡

典型值是在 TA = 25°C 和 VCC = 14.4 V 的条件下给出的，最小/最大值是在 TA = -40°C 至 85°C 和 VCC = 2.3 V 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
RCB	Internal cell balance resistance	RDS(ON) for internal FET switch at 2V < VDS < 4V		150	350	Ω

3.14 高速内部（HIS）振荡器

典型值是在 TA = 25°C 和 VCC = 14.4 V 的条件下给出的，最小/最大值是在 TA = -40°C 至 85°C 和 VCC = 2.3 V 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
fHSI	Operating frequency			16.776		MHz
fHSI(ERR)	After trimming			±0.25		%
fHSI(step)	Trimming Step	3bit 粗调，7bit 细调，细调要求		0.125		%
fHSI(drift)	Frequency drift	TA = -20°C to 70°C, frequency drift	-2.5		2.5	%
		TA = -40°C to 85°C, frequency drift	-3.5		3.5	%
Iop	Operation current			120		uA
THSI(SU)	Start-up time	TA = -20°C to 85°C, oscillator frequency within ±3.5% of nominal			20	us
THSI(CAL)	Calibration time	TA = -20°C to 85°C, Include calibration controller & IP's time			4	ms

3.15 低速内部（LSI）振荡器

典型值是在 TA = 25°C 和 VCC = 14.4 V 的条件下给出的，最小/最大值是在 TA = -40°C 至 85°C 和 VCC = 2.3 V 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
fLSI	Operation frequency			262.144		kHz
fLSI(ERR)	After trimming			±0.25		%
fLSI(step)	Trimming Step			0.125		%
fLFO(drift)	Frequency drift	TA = 0°C to 50°C, frequency drift	-1.0	0	1.0	%

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		TA = -20°C to 70°C, frequency drift	-1.5	0	1.5	%
		TA = -40°C to 85°C, frequency drift	-2.5	0	2.5	%
fLFO(FAIL)	Failure detection frequency		30	80	100	kHz

3.16 参考电压 1/2

典型值是在 TA = 25°C 和 VCC = 14.4 V 的条件下给出的，最小/最大值是在 TA = -40°C 至 85°C 和 VCC = 2.3 V 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VREF1	Internal reference voltage 1	TA= 25°C, after trim	1.21	1.215	1.22	V
VREF1(DRIFT)	Internal reference voltage drift	TA= 0°C to 60°C, after trim		±50		PPM/°C
		TA= -40°C to 85°C, after trim		±80		PPM/°C
VREF2	Internal reference voltage 2	TA= 25°C, after trim	1.22	1.225	1.23	V
VREF2(DRIFT)	Internal reference voltage drift	TA= 0°C to 60°C, after trim		±50		PPM/°C
		TA= -40°C to 85°C, after trim		±80		PPM/°C

备注：VREF1 is used for VADC, CADC and CC, VREF2 is for LDO、LSI、current detect and OLD/SCC/SCD1/SCD2.

3.17 硬件保护

典型值是在 TA = 25°C 和 VCC = 14.4 V 的条件下给出的，最小/最大值是在 TA = -40°C 至 85°C 和 VCC = 2.3 V 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VOLD	OLD detection threshold voltage range	FL_CTL [SENSE]=1	-16.6		-100	mV
		FL_CTL [SENSE]=0	-8.3		-50	mV
ΔVOLD	OLD detection threshold voltage program step	FL_CTL [SENSE]=1		-5.56		mV
		FL_CTL [SENSE]=0		-2.78		
VSCC	SCC detection threshold voltage range	FL_CTL [SENSE]=1	44.4		200	mV
		FL_CTL [SENSE]=0	22.2		100	mV
ΔVSCC	SCC detection threshold voltage program step	FL_CTL [SENSE]=1		22.2		mV
		FL_CTL [SENSE]=0		11.1		mV
VSCD1	SCD1 detection threshold voltage range	FL_CTL [SENSE]=1	-44.4		-200	mV
		FL_CTL [SENSE]=0	-22.2		-100	mV
ΔVSCD1	SCD1 detection threshold voltage program step	FL_CTL [SENSE]=1		-22.2		mV
		FL_CTL [SENSE]=0		-11.1		mV
VSCD2	SCD2 detection threshold voltage range	FL_CTL [SENSE]=1	-44.4		-200	mV
		FL_CTL [SENSE]=0	-22.2		-100	mV
ΔVSCD2	SCD2 detection threshold voltage program step	FL_CTL [SENSE]=1		-22.2		mV
		FL_CTL [SENSE]=0		-11.1		mV

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VOFFSET	OLD, SCC, and SCDx offset error	Post-trim	-2.5		2.5	mV
VSCALE	OLD, SCC, and SCDx scale error	No trim	-10%		10%	
		Post-trim	-5%		5%	
tOLD	OLD detection delay time		1		31	ms
ΔtOLD	OLD detection delay time program step			2		ms
tSCC	SCC detection delay time		0		915	us
ΔtSCC	SCC detection delay time program step			61		us
tSCD1	SCD1 detection delay time	FL_CTL [SCDDx2]=0	0		915	us
		FL_CTL [SCDDx2]=1	0	-	1850	mV
ΔtSCD1	SCD1 detection delay time program step	FL_CTL [SCDDx2]=0		61		us
		FL_CTL [SCDDx2]=1		121		us
tSCD2	SCD2 detection delay time	FL_CTL [SCDDx2]=0	0		458	us
		FL_CTL [SCDDx2]=1	0		915	us
ΔtSCD2	SCD2 detection delay time program step	FL_CTL [SCDDx2]=0		30.5		us
		FL_CTL [SCDDx2]=1		61		us
tDETECT	Current fault detect time	VSRP – VSRN = VT-3mV for OLD, SCD1, and SCD2; VSRP – VSRN = VT + 3mV for SCC;			160	us
tACC	Current fault delay time accuracy	Max delay setting	-10%		10%	

3.18 充放电（CHG, DSG）MOS 管驱动

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
Ratio	Output voltage ratio	RatioDSG = $(V_{DSG} - V_{BAT})/V_{BAT}$, $2.2\text{ V} < V_{BAT} < 4.92\text{ V}$, $10\text{ M}\Omega$ between PACK and DSG	2.133	2.333	2.433	
		RatioCHG = $(V_{CHG} - V_{BAT})/V_{BAT}$, $2.2\text{ V} < V_{BAT} < 4.92\text{ V}$, $10\text{ M}\Omega$ between BAT and CHG	2.133	2.333	2.433	
V(FETON)	Output voltage, CHG and DSG on	$V_{DSG}(\text{ON}) = V_{DSG} - V_{BAT}$, $V_{BAT} \geq 4.92\text{ V}$, $10\text{ M}\Omega$ between PACK and DSG, $V_{BAT} = 18\text{ V}$	10.5	11.5	12	V
		$V_{CHG}(\text{ON}) = V_{CHG} - V_{BAT}$, $V_{BAT} \geq 4.92\text{ V}$, $10\text{ M}\Omega$ between BAT and CHG, $V_{BAT} = 18\text{ V}$	10.5	11.5	12	V
V(FETOFF)	Output voltage, CHG and DSG off	$V_{DSG}(\text{OFF}) = V_{DSG} - V_{PACK}$, $10\text{ M}\Omega$ between PACK and DSG	-0.4		0.4	V
		$V_{CHG}(\text{OFF}) = V_{CHG} - V_{BAT}$, $10\text{ M}\Omega$ between BAT and CHG	-0.4		0.4	V
tR	Rise time	V_{DSG} from 0% to 35% $V_{DSG}(\text{ON})$ (TYP), $V_{BAT} \geq 2.2\text{ V}$,		200	500	us

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		CL =4.7 nF between DSG and PACK, 5.1 kΩ between DSG and CL, 10 MΩ between PACK and DSG				
		VCHG from 0% to 35% VCHG (ON)(TYP), VBAT ≥ 2.2 V, CL =4.7 nF between CHG and BAT, 5.1 kΩ between CHG and CL, 10 MΩ between BAT and CHG		200	500	us
tF	Falling time	VDSG from VDSG(ON)(TYP) to 1 V, VBAT ≥ 2.2 V, CL = 4.7 nF between DSG and PACK, 5.1 kΩ between DSG and CL, 10 MΩ between PACK and DSG		40	300	us
		VCHG from VCHG(ON)(TYP) to 1 V, VBAT ≥ 2.2 V, CL = 4.7 nF between CHG and BAT, 5.1 kΩ between CHG and CL, 10MΩ between BAT and CHG		40	300	us

3.19 预充电 (PCHG) MOS 管驱动

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的, 最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V(FETON)	Output voltage,PCHG on	VPCHG(ON) = $V_{VCC} - V_{PCHG}$, 10 MΩ between VCC and PCHG	4.5			V
V(FETOFF)	Output voltage,PCHG off	VPCHG(OFF) = $V_{VCC} - V_{PCHG}$, 10 MΩ between VCC and PCHG	-0.4		0.4	V
tR	Rise time	VPCHG from 10% to 90% VPCHG(ON)(TYP), $V_{VCC} \geq 8\text{ V}$, CL =4.7 nF between PCHG and VCC, 5.1 kΩ between PCHG and CL, 10 MΩ between VCC and CHG		40	200	us
tF	Falling time	VPCHG from 90% to 10% VPCHG(ON)(TYP), $V_{VCC} \geq 8\text{ V}$, CL =4.7 nF between PCHG and VCC, 5.1 kΩ between PCHG and CL, 10 MΩ between VCC and CHG		40	200	us

3.20 0V 充电

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的, 最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V(FETON)		VZVCHG(ON) = $V_{VCC} - V_{CHG}$,		0		V

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
	Output voltage, ZVCHG on	10 M Ω between BAT and CHG, V _{VCC} = 2.2 V, ZVCCTL [2:0] = 0,0,1				
		VZVCHG(ON) = V _{VCC} - V _{CHG} , 10 M Ω between BAT and CHG, V _{VCC} = 2.2 V, ZVCCTL [2:0] = 0,1,0	0.36	0.615	0.79	V
		VZVCHG(ON) = V _{VCC} - V _{CHG} , 10 M Ω between BAT and CHG, V _{VCC} = 2.2 V, ZVCCTL [2:0] = 0,1,1	0.72	1.23	1.58	V
		VZVCHG(ON) = V _{VCC} - V _{CHG} , 10 M Ω between BAT and CHG, V _{VCC} = 2.2 V, ZVCCTL [2:0] = 1,0,0	1.08	1.85	2.37	V

3.21 保险丝 (FUSE) 驱动

典型值是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的, 最小/最大值是在 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VOH	Output voltage high	$V_{BAT} \geq 8\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$, $I_{AFEFUSE} = 0\mu\text{A}$	4.5			V
		$V_{BAT} < 8\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$, $I_{AFEFUSE} = 0\mu\text{A}$	$V_{BAT} - 0.1$		V_{BAT}	V
VIH	High-level input		1.5	2.0	2.5	V
IAFEFUSE(PU)	Internal pullup current	$V_{BAT} \geq 8\text{ V}$, $V_{AFEFUSE} = V_{SS}$		150	330	nA
RAFEFUSE	Output impedance		2	2.6	3.2	k Ω
CIN	Input impedance			5		pF
tDELAY	Fuse trip detection delay		128		256	us
tRISE	Fuse output rise time	$V_{BAT} \geq 8\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$, $V_{OH} = 0\text{ V}$ to 5 V		5	20	us

3.22 SMBus 1.8~5V 应用

典型值是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的, 最小/最大值是在 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的 (除非另有说明)。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VIH	Input voltage high	SMBC, SMBD, IO supply = 2.0 V	1.3			V
VIL	Input voltage low	SMBC, SMBD, IO supply = 2.0 V			0.8	V
VOL	Output low voltage	SMBC, SMBD			0.4	V

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		IOL = 4 mA				
CIN	Input capacitance			5		pF
ILKG	Input leakage current				1	uA
RPD	pulldown resistance		0.7	1.0	1.3	MΩ

3.23 SMBus 1.2~3V 应用

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

标识	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VIH	Input voltage high	SMBC, SMBD, IO supply = 2.0 V	0.85			V
VIL	Input voltage low	SMBC, SMBD, IO supply = 2.0 V			0.35	V
VOL	Output low voltage	SMBC, SMBD IOL = 4 mA			0.4	V
CIN	Input capacitance			5		pF
ILKG	Input leakage current				1	uA
RPD	pulldown resistance		0.7	1.0	1.3	MΩ

3.24 SMBus 时序

典型值是在 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{CC} = 14.4\text{ V}$ 的条件下给出的，最小/最大值是在 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C 和 $V_{CC} = 2.3\text{ V}$ 至 26 V 的条件下给出的（除非另有说明）。

作为从机时:						
参数	标识	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I2C clock frequency	fSCL	Standard-mode	10		100	kHz
		Fast-mode	10		400	kHz
I2C bus free time between stop and start	tBUF	Standard-mode	4.7			us
		Fast-mode	1.3			us
I2C start or repeated start condition hold	tHD;STA	Standard-mode	4.0			us
		Fast-mode	0.6			us
I2C start or repeated start condition setup	tSU;STA	Standard-mode	4.7			us
		Fast-mode	0.6			us
I2C stop condition setup	tSU;STO	Standard-mode	4.0			us
		Fast-mode	0.6			us
Valid data time of ACK condition (ACK signal from SCL low to SDA (out) low)	tVD;ACK	Standard-mode			3.45	us
		Fast-mode			0.9	us
I2C serial-data hold time	tHD;DAT	Standard-mode	0/0.06(1)			us
		Fast-mode	0/0.06(1)			us
I2C Valid data time (SCL low to SDA output valid)	tVD;DAT	Standard-mode			3.45	us
		Fast-mode			0.9	us
I2C serial-data setup time	tSU;DAT	Standard-mode	250/310(1)			ns

作为从机时:						
参数	标识	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
		Fast-mode	100/160(1)			ns
I2C clock low time	tLOW	Standard-mode	4.7			us
		Fast-mode	1.3			us
I2C clock high time	tHIGH	Standard-mode	4.0			us
		Fast-mode	0.6			us
I2C input fall time	tF	Standard-mode			300	ns
		Fast-mode			300	ns
I2C output fall time (SDA out, 4.7kΩ Rpull, 10-pF to 400-pF bus)	tOF	Standard-mode			300	ns
		Fast-mode			300	ns
I2C input rise time	tR	Standard-mode			1000	ns
		Fast-mode			300	ns
I2C spike time	tSP	Standard-mode			50	ns
		Fast-mode			50	ns
I2C timeout time	ttimeout	Standard-mode, SCL, SDA pin	25		35	ms
		Fast-mode, SCL, SDA pin	25		35	ms
I2C output fall time (SDA out, 4.7kΩ Rpull, 10-pF to 400-pF bus)	tOF	Standard-mode			300	ns
		Fast-mode(1)			300	ns
		Fast-mode Plus(2)			120	ns
I2C input rise time	tR	Standard-mode			1000	ns
		Fast-mode(1)			300	ns
		Fast-mode Plus(2)			120	ns
I2C spike time	tSP	Standard-mode			50	ns
		Fast-mode(1)			50	ns
		Fast-mode Plus(2)			50	ns

备注:

(1) 在 1.2~3V 应用下, tHD:DAT 和 tSU:DAT 比 1.8~5V 电压下大 60ns。

(2) 在 Fast 模式下, SDA 和 SCL 的外部上拉电阻通常为 4.7 kOhm, 而在 FAST+ 模式下, SDA 和 SCL 的外部上拉电阻通常为 1.0 kOhm。

图 3-1 I2C 总线时序定义 (A)

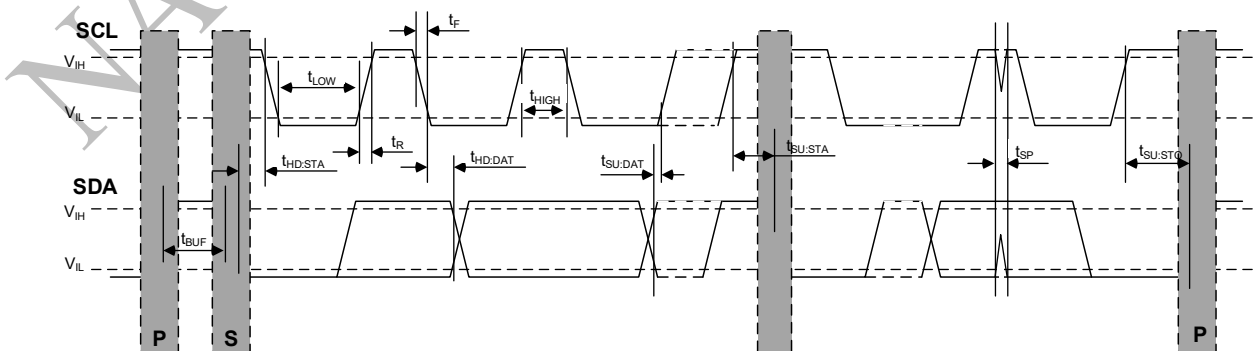
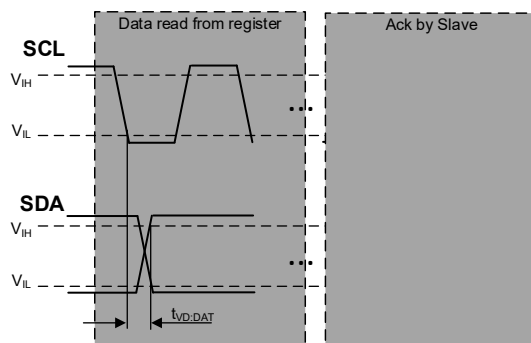


图 3-2 I2C 总线时序定义 (B)



4 详细说明

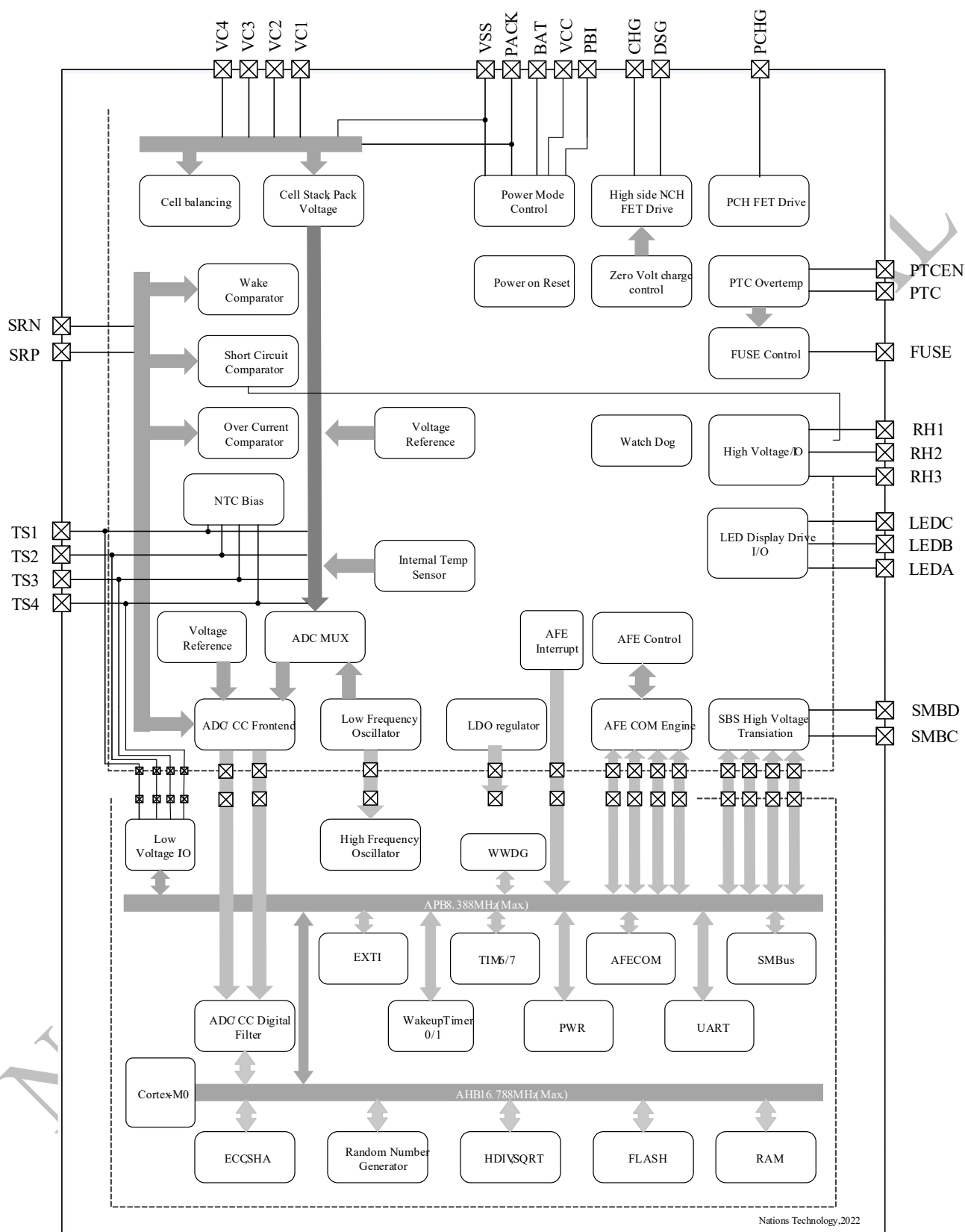
4.1 概述

NB401 是一款集 SBS 标准电量计 IC 和保护 IC 为一的单 IC 解决方案，它专为电池组或系统侧安装而设计的。NB401 利用其集成的高性能模拟外设，测量锂离子或锂聚合物电池的可用容量，并保留准确的数据记录。NB401 可以监控电池组的容量、电压等其他关键参数，并通过串行通信总线将信息报告给系统主机控制器。

NB401 还可以通过模拟前端 (AFE) 提供短路和过载保护。根据不同的电压、电流、温度、老化寿命等状态，智能充电算法所推荐的充电电压和充电电流也不同。此外，应用的高级电量计算法可以通过分析每个循环阶段的电压、电流、温度和其他相关参数来计算电池剩余容量。

NATIONS CONFIDENTIAL

4.2 功能块图



4.3 特性描述

4.3.1 主要（一级）安全功能

NB401 拥有众多的相关电池和系统保护功能，它们通过简单的配置即可使用。有关每个保护功能的详细描述，请参阅 [NB401 技术参考手册](#)。

主要的安全功能包括

- 电芯过压保护
- 电芯欠压保护
- 电芯欠压补偿保护
- 充电过流保护
- 放电过流保护
- 放电过载保护
- 充电短路保护
- 放电短路保护
- 充电过温保护
- 放电过温保护
- 充电欠温保护
- 放电欠温保护
- FET 过温保护
- 预充电超时保护
- 主机看门狗保护
- 快充超时保护
- 过充保护
- 过充电电压保护
- 过充电电流保护
- 过预充电电流保护

4.3.2 次要（二级）安全功能

NB401 的次级安全功能可以通过 FUSE 引脚来表征其严重的故障。此引脚可用于熔断保险丝，以永久禁止电池充电或放电。有关每个保护功能的详细描述，请参阅 [NB401 技术参考手册](#)。

二级安全功能提供以下保护：

- 安全过压永久故障
- 安全欠压永久故障
- 安全过热永久故障
- 安全 FET 过热永久故障
- Q_{max} 不平衡永久故障
- 阻抗不平衡永久故障
- 容量衰减永久故障
- 电芯均衡永久故障
- 失效电阻丝永久故障
- PTC 热敏电阻故障
- 静置时电压失衡永久失效

- 激活时电压失衡永久失效
- 充电FET 永久失效
- 放电FET 永久失效
- AFE 寄存器永久失效
- AFE 通信永久失效
- 二级保护电路永久失效
- IF 校验永久失效
- 开路电芯连接永久失效
- 数据闪存永久失效
- 开路热敏电阻永久失效

4.3.3 充电控制功能

NB401 充电控制功能包括:

- 支持JEITA 温度区间, 可根据温度区间动态调整报告的充电电压和充电电流
- 可处理更复杂的充电配置文件, 将标准温度区间划分为两个子区间, 并依据不同的充电电压来选定充电电流
- 可报告恒流充电下所需的合理的充电电压和充电电流
- 使用SMBus 通信对智能充电器广播恒压充电所需的电压
- 在充电过程中, 采用基于电压的电池平衡算法, 逐步减少电池组满充状态下单体电芯之间的压差; 电压阈值可配置为在电池均衡时是有效的。这可以避免由于对完全充电的电池过度充电而导致其过度退化, 并且也可以避免过早充电终止的发生, 来增加可用电池组电量。
- 支持预充/0V 充电
- 如果电池温度超出温度区间范围, 则支持充电抑制和充电暂缓
- 报告充电故障并通过充电和放电警报指示充电状态

4.3.4 高级融合电量计

NB401 实现了高级融合计量算法, 结合库仑计数法、开路电压法等其他电池基本特性, 根据当前的电芯电压、电池组电压、温度和电流来获取智能电池计量电量。

在充电或放电模式下, NB401 每秒都通过库仑计数来更新剩余容量。而在充电、放电或静置模式下, 只有当满足某些条件时, NB401 根据测量的电压、电流、电池温度等相关数据来调整电池组中的容量。NB401 会自动补偿老化、温度和放电倍率等, 以得到准确的充电状态 (SOC)。

NB401 可以估算电池的自放电, 并可以根据温度调整自放电估算。

4.3.5 配置

4.3.5.1 振荡器功能

NB401 完全集成了系统振荡器, 不需要任何外部组件即可支持此功能。

4.3.5.2 系统运行时的操作

NB401 会定期（1 秒）检查PRES 引脚。如果PRES 引脚输入被外部系统拉至地，那么NB401 会判段系统接入或已存在。

4.3.5.3 紧急关机

在电池维护时，紧急关机功能可通过连接SHUTDN 引脚的按钮来操作关闭嵌入式电池组系统，然后再取出电池来。SHUTDN 引脚的从高电平到低电平的转换会向NB401 发出信号，来关闭 CHG 和DSGFET，从而断开系统电源以安全移除电池组。CHG 和DSG FET 可以通过在SHUTDN 引脚检测到的另一个从高到低的转换或触发数据闪存配置超时时再次打开。

4.3.5.4 1S, 2S, 3S, 4S 电芯配置

在配置单串电芯时，需要短接VC4、VC3、VC2 和VC1。而在配置2 串电芯时，需要短接VC4、VC3 和VC2。在配置3 串电芯时，则需要短接VC4 和VC3 即可。

4.3.5.5 电芯均衡

NB401 支持在充电或静置时通过赋予每个电芯旁路电流来进行电池均衡。如果使用的是内部均衡，旁路电流最多容许 10mA，并且可以支持同时并联多个电芯。大电芯均衡电流可以通过外部电芯均衡电路来实现。而在外部电池均衡模式下，一次只能均衡一个电芯。电池均衡算法可以确定需要并联均衡掉的电荷量，来平衡所有电芯的容量。

4.3.6 电池监测参数

4.3.6.1 充放电计数

NB401 通过集成的一个 $\delta - \Delta$ 模数转换器(ADC)进行电流的测量，集成的第二个 $\delta - \Delta$ ADC 是用于单个电芯和电池电压和温度的测量。集成 $\delta - \Delta$ ADC 是通过测量SRP 和SRN 端子之间的小阻值检测电阻两端电压降来测量电池的充放电量。集成ADC 可以测量-0.1V 到0.1V 的双极信号。NB401 检测 $VSR = V(SRP) - V(SRN)$ 为正时的充电活动，以及 $VSR = V(SRP) - V(SRN)$ 为负时的放电活动。NB401 会使用内部计数器连续积分信号，计数器的基本速率是0.26 nVh（纳伏小时）。

4.3.7 电池跳变点（BTP）

当WIN8 操作系统需要电池跳变点(BTP)功能时，该功能可以指示电池组RSOC 何时耗尽至DF 寄存器中设置的特定值。此功能允许主机对两个基于容量的阈值进行编程，这些阈值控制 BTP_INT 引脚上 BTP 中断的触发以及基于*RemainingCapacity()*的*OperationStatus[BTP_INT]*的设置或清除。

当BTP 功能被激活时，会应用内部弱上拉。依据系统设计，可能需要在BTP_INT 引脚上设置外部上拉电阻。

详细信息请参阅 [电气特性: PRES、BTP_INT、DISP](#)。

4.3.8 寿命数据记录功能

NB401 提供了很多关键电池参数的寿命数据记录。如果检测到RAM 和DataFlash 中的值存在差异，则会每10 小时更新一次以下参数：

- 最大和最小电芯电压
- 最大电芯压差
- 最大充电电流
- 最大放电电流
- 最大平均放电电流
- 最大平均放电功率
- 最大和最小电芯温度
- 最大电芯温度差
- 最大和最小内部热敏电阻温度值
- 最大FET 温度值
- 安全事件发生的次数以及最后发生的循环周期
- 有效充电终止次数以及有效充电终止的最后一个循环周期
- Qmax 和Ra 更新次数以及Qmax 和Ra 更新的最后一个循环周期
- 关机事件的次数
- 每个电芯的电池均衡时间（如果检测到差异，该数据会每2 个小时更新一次）
- 固件总运行时间以及每个温度区间所花费的时间（如果检测到差异，该数据会每2 个小时更新一次）

4.3.9 认证

NB401 支持主机使用SHA-1, SHA-224, SHA-256 和EC-KCDSA 进行身份验证。

4.3.10 LED 显示

NB401 可以驱动3-, 4-, 5-或6-段LED 显示，来指示电池的剩余电量和/或永久故障（PF）错误代码指示。

4.3.11 电压

NB401 每隔1s 就会更新各串联电芯的电压值。NB401 的内部ADC 在测量电压的同时，会对其进行合理的缩放和校准；该数据也可用于计算测量电池的阻抗值。

4.3.12 电流

NB401 通过利用SRP 和SRN 端子测量在 $0.5\text{m}\Omega$ 至 $5\text{m}\Omega$ （典型值）采样电阻两端的输入值来计算电池充放电电流。

4.3.13 温度

NB401 具有一个内部温度传感器和四个外部温度传感器。所有的五个温传感器都可以选定为对电芯或对FET 来启动和配置。NB401 提供两套可配置的热敏电阻模型，不仅可以监测FET 的温度，还可以监测电池的温度。用户可以选择单个温度的最大、最小或者平均温度作为使用目标温度。

4.3.14 通信

NB401 使用 SMBusv2.0 通讯，具有MASTER 模式和符合SBS 规范的数据包错误检查(PEC)选项。

4.3.14.1 SMBus 开启/关闭状态

当检测到SMBC 和SMBD 维持低电平持续2s 或更长时间时，NB401 会判定SMBus 为关闭状态。只需要将SMBC 和SMBD 转换为高电平时即可清除此状态，并且通信总线将会在 1ms 内恢复活动。

4.3.14.2 SBS 指令

表 4-1 SBData 列表

SBS 指令	模式	名称	数据类型	字节数	最小值	最大值	默认	单位
0x00	R/W	ManufacturerAccess	Hex	2	0x0000	0xffff	-	
0x01	R/W	RemainingCapacityAlarm	Unsigned int	2	0	65535	-	mAh or 10mWh
0x02	R/W	RemainingTimeAlarm	Unsigned int	2	0	65535	-	min
0x03	R/W	BatteryMode	Hex	2	0x0000	0xffff	-	
0x04	R/W	AtRate	Signed int	2	-32768	32767	-	mA or 10mW
0x05	R	AtRateTimeToFull	Unsigned int	2	0	65535	-	min
0x06	R	AtRateTimeToEmpty	Unsigned int	2	0	65535	-	min
0x07	R	AtRateOK	Unsigned int	2	0	65535	-	
0x08	R	Temperature	Unsigned int	2	0	65535	-	0.1°K
0x09	R	Voltage	Unsigned int	2	0	20000	-	mV
0x0A	R	Current	Unsigned int	2	-32768	32767	-	mA
0x0B	R	AverageCurrent	Unsigned int	2	-32768	32767	-	mA
0x0C	R	MaxError	Unsigned int	2	0	100	-	%
0x0D	R	RelativeStateOfCharge	Unsigned int	1	0	100	-	%
0x0E	R	AbsoluteStateOfCharge	Unsigned int	1	0	100	-	%
0x0F	R/W	RemainingCapacity	Unsigned int	2	0	65535	-	mAh or 10mWh
0x10	R	FullChargeCapacity	Unsigned int	2	0	65535	-	min
0x11	R	RunTimeToEmpty	Unsigned int	2	0	65535	-	min
0x12	R	AverageTimeToEmpty	Unsigned int	2	0	65535	-	min
0x13	R	AverageTimeToFull	Unsigned int	2	0	65535	-	min
0x14	R	ChargingCurrent	Unsigned int	2	0	65535	-	mA
0x15	R	ChargingVoltage	Unsigned int	2	0	65535	-	mV
0x16	R	BatteryStatus	Unsigned int	2	0x0000	0xffff	-	
0x17	R/W	CycleCount	Unsigned int	2	0	65535	-	Cycles
0x18	R/W	DesignCapacity	Unsigned int	2	0	65535	4400 or 6336	mAh or 10mWh
0x19	R/W	DesignVoltage	Unsigned int	2	0	65535	16900	mV

SBS 指令	模式	名称	数据类型	字节数	最小值	最大值	默认	单位
0x1A	R/W	SpecificationInfo	Unsigned int	2	0x0000	0xffff	-	
0x1B	R/W	ManufactureDate	Unsigned int	2	0	65535	0	
0x1C	R/W	SerialNumber	Hex	2	0x0000	0xffff	0x0001	
0x20	R/W	ManufacturerName	Srting	20+1	-	-	Nations	ASCII
0x21	R/W	DeviceName	String	20+1	-	-	NB401	ASCII
0x22	R/W	DeviceChemistry	String	4+1	-	-	LION	ASCII
0x23	R/W	ManufacturerData	String	11+1	-	-	-	ASCII
0x2F	R/W	Authenticate	String	20+1	-	-	-	ASCII
0x3C	R	CellVoltage4	Unsigned int	2	0	65535	0	mV
0x3D	R	CellVoltage3	Unsigned int	2	0	65535	0	mV
0x3E	R	CellVoltage2	Unsigned int	2	0	65535	0	mV
0x3F	R	CellVoltage1	Unsigned int	2	0	65535	0	mV
0x4A	R/W	BTPDischargeSet	Signed int	2	-	65535	150	mAh
0x4B	R/W	BTPChargeSet	Signed int	2	-	65535	175	mAh
0x4F	R	StateOfHealth	Unsigned int	1	0	100	-	
0x50	R	SafetyAlert	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff		
0x51	R	SafetyStatus	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff	-	
0x52	R	PFAAlert	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff		
0x53	R	PFStatus	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff	-	
0x54	R	OperationStatus	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff	-	
0x55	R	ChargingStatus	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff	-	
0x56	R	GaugingStatus	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff		

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址: 深圳市南山区高新北区宝深路 109 号 国民技术大厦
电话: +86-755-86099000 传真: +86-755-86169100
邮箱: info@nationtech.com 邮编: 518057

SBS 指令	模式	名称	数据类型	字节数	最小值	最大值	默认	单位
0x57	R	ManufacturingStatus	Hex	4	0x00000 000	0xfffff fff	-	
0x58	R	AFE Register	Block	32	-	-	-	
0x59	R/W	MaxTurboPwr	Unsigned int	2	-	-	-	cW
0x5A	R/W	SubTurboPwr	Unsigned int	2	-	-	-	cW
0x5B	R/W	TURBO_PACK_R	Unsigned int	2	-	-	-	mΩ
0x5C	R/W	TURBO_SYS_R	Unsigned int	2	-	-	-	mΩ
0x5D	R/W	TURBO_EDV	Unsigned int	2	-	-	-	mV
0x5E	R/W	MaxTurboCurr	Unsigned int	2	-	-	-	mA
0x5F	R/W	SubTurboCurr	Unsigned int	2	-	-	-	mA
0x60	R	LifetimeDataBlock1	Hex	32	-	-	-	
0x61	R	LifetimeDataBlock2	Hex	32	-	-	-	
0x62	R	LifetimeDataBlock3	Hex	32	-	-	-	
0x63	R	LifetimeDataBlock4	Hex	32	-	-	-	
0x64	R	LifetimeDataBlock5	Hex	32	-	-	-	
0x70	R/W	ManufacturerInfo	Hex	32	-	-	-	
0x71	R	DAStatus1	Hex	32	-	-	-	
0x72	R	DAStatus2	Hex	32	-	-	-	
0x73	R	GaugeStatus1	Hex	32	-	-	-	
0x74	R	GaugeStatus2	Hex	32	-	-	-	
0x75	R	GaugeStatus3	Hex	32	-	-	-	
0x76	R	CBStatus	Hex	18	-	-	-	
0x77	R	StateOfHealth	Hex	4	-	-	-	
0x78	R	FilteredCapacity	Hex	8	-	-	-	

要查看更多详细信息，请参阅[NB401 技术参考手册](#)。

4.4 设备工作模式

NB401 支持三种工作模式以降低其功耗：

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationtech.com 邮编：518057

- 在NORMAL 模式下，NB401 每 1s 会执行测量、计算、保护决策和数据更新。在这些时刻之间，NB401 均处于低功率阶段。
- 在SLEEP 模式下，NB401 将以一个可调的时间间隔执行测量、计算、保护决策和数据更新。在这些时刻之间，NB401 处于低功率阶段。此时NB401 具有唤醒功能，可以在检测到电流或故障时退出SLEEP 模式。
- 在SHUTDOWN 模式下，NB401 处于完全禁用，其最大功耗只有 1uA。

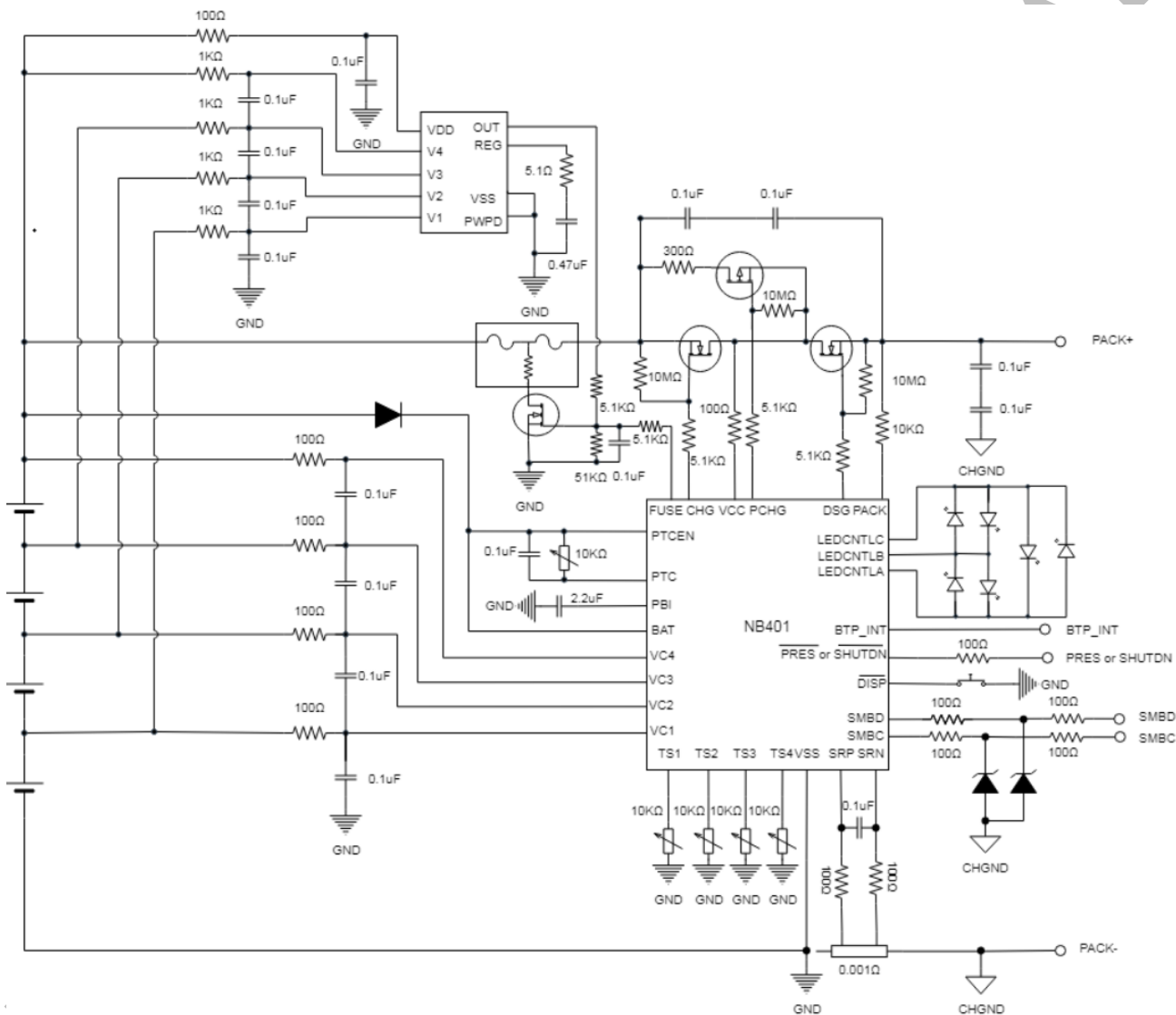
NATIONS CONFIDENTIAL

5 应用和实施

NB401 是一款具有初级保护支持的融合电量计，可与2、3 和4 串锂离子/锂聚合物电池组一起使用。为了实现和设计特定电池组的全套参数，用户在开发时需要在PC 端安装Nations Battery Management Tool (NBTool) 图形用户界面工具。相关的配置参数，如安全保护控制参数，充放电控制，电池运行模式均可通过NBTool 上位机来进行修改。此外，NBTool 也可支持校准等操作。

要查看更多详细信息，请参阅[NB401 技术参考手册](#)。

5.1 典型应用



5.2 设计要求

表 5-1 展示了主要设计参数的默认设置；可使用NBTool 上位机工具来更新配置，以满足特定应用或电池组需求。

在进行计量测试之前，首先应该对设备进行校准工作。如按照NBTool 的 Calibration 页面中进行设备校准，并且使用Chemistry 页面更新设备的匹配化学配置文件。

国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

表 5-1 设计参数

设计参数	范例
Cell Configuration	3s1p (3-series with 1 Parallel) ⁽¹⁾
Design Capacity	4400 mAh
Device Chemistry	1210 (LiCoO ₂ /graphitized carbon)
Cell Overvoltage at Standard Temperature	4300 mV
Cell Undervoltage	2500 mV
Shutdown Voltage	2300 mV
Overcurrent in CHARGE Mode	6000 mA
Overcurrent in DISCHARGE Mode	-6000 mA
Short Circuit in CHARGE Mode	0.1 V/Rsense across SRP, SRN
Short Circuit in DISCHARGE Mode	0.1 V/Rsense across SRP, SRN
Safety Overvoltage	4500 mV
Cell Balancing	Disabled
Internal and External Temperature Sensor	External Temperature Sensor is used.
Undertemperature Charging	0°C
Undertemperature Discharging	0°C
BROADCAST Mode	Disabled
Battery Trip Point (BTP) with active high interrupt	Disabled

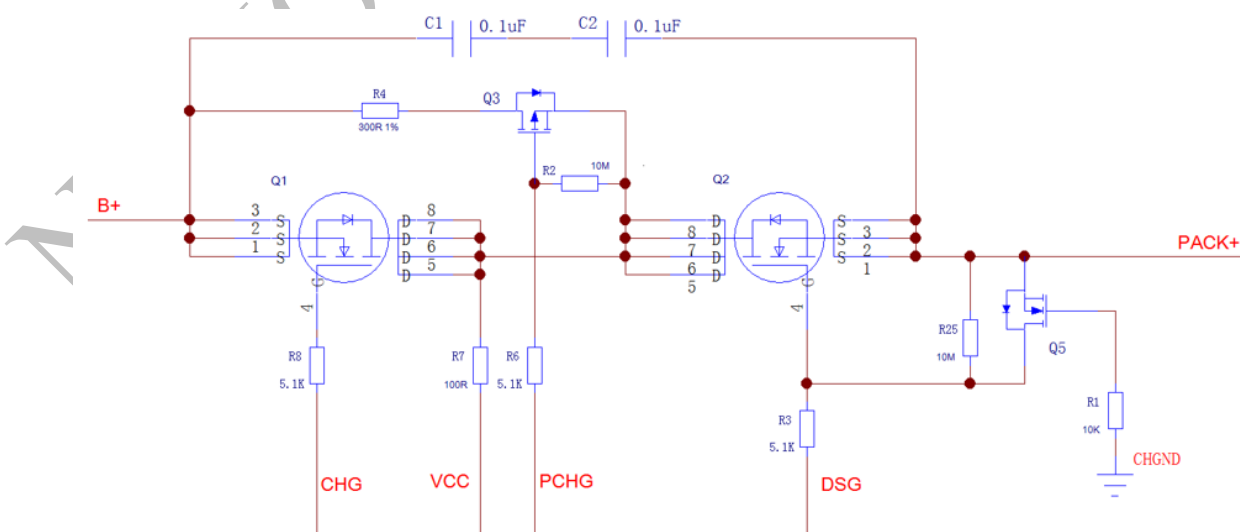
(1) 首次使用NB401 时，如果配置的是单串或者2 串的电芯组，则应将充电器或者电源连接到PACK+端子上，以防止设备关机。须在断开充电器连接之前更新电池配置（要查看更多详细信息，请参阅NB401 技术参考手册）。

5.3 详细开发过程

5.3.1 大电流路径

大电流路径是从电池组的 PACK+端开始的。当充电电流流过电池组时，它先流经保护 FET、化学保险丝 FUSE、各锂离子电芯以及采样电阻，最后回到PACK-端。此外，在PACK+以及PACK-之间防止一些组件以减少静电放电的影响。

图 5-1 NB401 保护 FETs 电路



技术大厦
电话: +86-755-86309900 传真: +86-755-86169100
邮箱: info@nationtech.com 邮编: 518057

5.3.2 保护 FETs

选用特定的 N 沟道场效应晶体管作为充放电 FETs 控制应用。大多数便携式电池应用都非常适配 MOSFET(Q1,Q2)；并且当 $V_{GS} > V_{th}$ 时的 $R_{ds(on)}$ 小于 $10\text{ m}\Omega$ 和具有承受 40A 以上电流的能力。

如果要使用预充电 FET(Q3)，则需计算 $R4$ 以将预充电电流限制在所需的速率。请务必考虑串联电阻的功耗；预充电电流限制为 $(V_{Charger} - V_{Bat})/R1$ ，并且最大功耗为 $(V_{Charger} - V_{Bat})^2/R1$ 。

所有保护FETs 的栅极均会被栅极(Gate)和源极(Source)之间的高阻值电阻拉至源极，以确保在栅极驱动器打开时能够将其关闭。

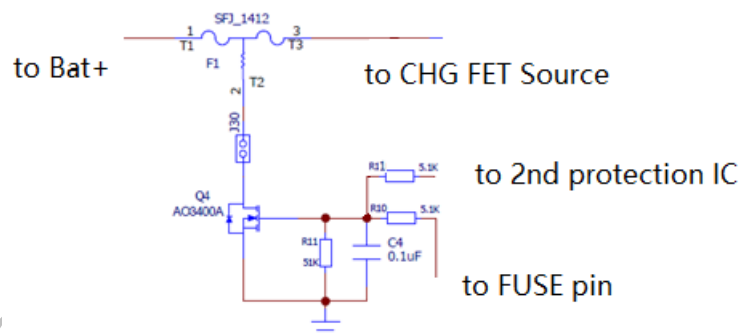
电容 $C1$ 和 $C2$ 有助于在ESD 事件期间保护FETs。使用两台电容是为了其中一个发生短路时，仍可以确保正常工作。为了获得良好的ESD 防护，电容器引线的铜走线电感必须设计得尽可能短和宽。确保 $C1$ 和 $C2$ 的额定电压足以在其中一个电容器短路时保持施加的电压。

5.3.3 保险丝电路

化学保险丝将会在电量计的FUSE 引脚指令下被熔断。该引脚也会被次级电压保护IC 控制。任一上述事件都会对 $Q4$ 的栅极施加正电压，然后电流流入到三端保险丝，造成其熔断并且永久断开。

须仔细检查保险丝的规划，并将其所需要的熔断电流与N 沟道FET 的熔断电流相匹配。请确保使用合适的电压、电流和 $R_{ds(on)}$ 额定值。FUSE 控制电路在FUSE 电路进行了详细的讨论。如果不使用AFE FUSE 输出，则应将其连接到VSS。

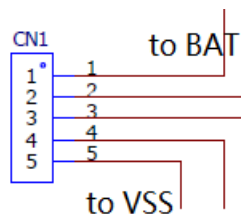
图 5-2 NB401 保险丝电路



5.3.4 锂离子电芯联接

关于电芯之间的连接，需要记住的重要部分的是沿着大电流自顶向下的连接；因此，这些点的电压检测原因必须先采用开尔文连接，以避免由于大电流铜走线的下降而产生的任何误差。图 5 中标记为 $4P$ 的位置表示电池最正极节点的开尔文连接。标记 $1N$ 的连接同样重要。因此，需要在 $1N$ 处与低电流进行单点连接，以避免电量计测量底部电池电压时由于长走线导致产生不期望的压降。

图 5-3 电芯联接电路

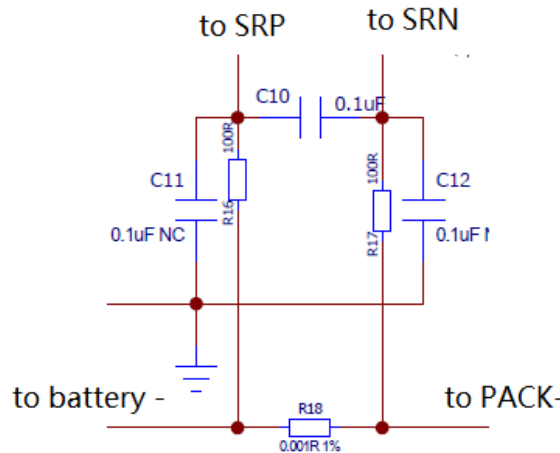


国民技术股份有限公司 Nations Technologies Inc.
地址：深圳市南山区高新北区宝深路 109 号国民技术大厦
电话：+86-755-86309900 传真：+86-755-86169100
邮箱：info@nationstech.com 邮编：518057

5.3.5 电流检测电阻

与电芯连接一样，在采样电阻处的开尔文连接的好坏也同样至关重要。采样电阻的温度系数不应超过50ppm，以尽量减少电流随温度变化时的测试温漂。选择采样电阻的阻值时，来对应NB401 的可用过流和短路范围。尽可能选择小的值，以使NB401 VSS 节点在短路时产生的负电压最小。该引脚的绝对最小电压为-0.3V。只要保证良好的开尔文效应，就可以使用并联电阻。该器件设计用于支持 1-m Ω 到 3-m Ω 的采用电阻。

图 5-4 电流采样电阻电路



5.3.6 静电放电防护

一对0.1- μ F 陶瓷电容被放置在PACK+和 PACK-的端子上，以帮助减少外部静电放电。如果其中有一个电容短路，至少可以确保电池组还可以继续工作。

可选地，一对双向瞬态电压抑制二极管可以放置在两端，以进一步提高ESD 抗扰性。

5.3.7 电量计电路

电量计电路包括NB401 以及其他外围元器件。这些组件分为以下几组：差分低通滤波器、PBI、当前系统状态、SMBus 通信、FUSE 电路和LED。

5.3.8 库仑计接口

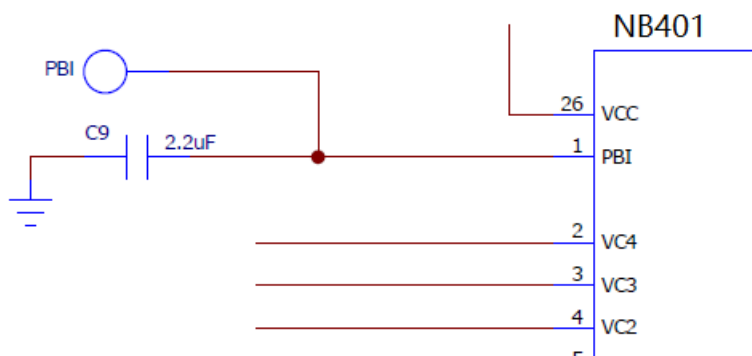
NB401 采用积分 δ - Δ ADC 进行电流测量；在采样电阻两侧到芯片的SRP 和SRN 输入端各添加一个100- Ω 电阻。在SRP 和SRN 输入端放置一个0.1 μ F (C10)滤波电容。如果有需要，可选0.1- μ F 滤波电容器（C10 和C12）来增加额外的噪音滤波。

5.3.9 电源去耦和备用供电（PBI）

NB401 具有内部补偿的内部LDO,不需要外部去耦电容。

PBI 引脚用作电源备用输入引脚，在短暂的瞬态断电期间提供电源。如图 5-5 所示，一个标准的2.2- μ F 陶瓷 电容从PBI 引脚连接到地。

图 5-5 电源供电电路

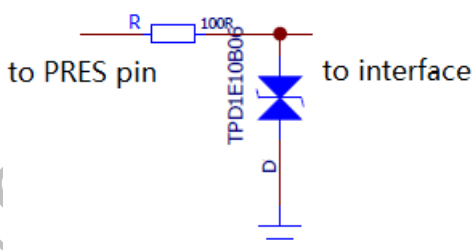


5.3.10 系统已/未连接

在系统信号用于告知电量计是否电池被接入系统中或从系统中拆除。在主机系统中，该引脚是接地的。NB401 的 PRES 引脚间断性采测以判断电池是否接入系统中。为了节约能耗，在短暂的 4- μ s 采样脉冲期间，电量计内部提供上拉的。你可以使用一个电阻将这个信号拉低，那么电阻必须得是 20 k Ω 或者是更低以确保测试脉冲低于 V_{IL} 限制。上拉电流一般通常为 10 μ A 到 20 μ A。

由于在系统信号是电池组连接与外界接口的一部分，因此必须保护它免受外部静电放电事件的影响。器件引脚 PRES 的集成 ESD 保护将外部保护要求降低到 1k Ω ，到 8-kV 的接触额定值。最好地，如果在系统信号可能会短路到 PACK+ 的话，那么必须对下面的电阻和二极管进行高压防护。

图 5-6 在系统检测电路

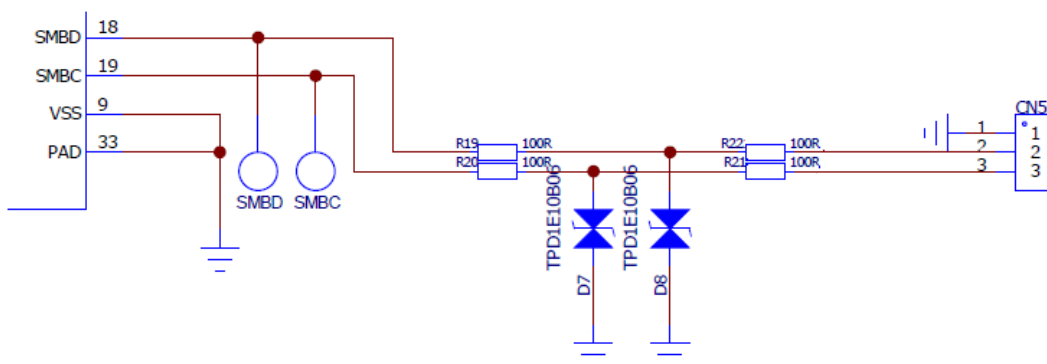


5.3.11 SMBus 通信

SMBus 时钟和数据引脚集成了高压 ESD 保护电路，也即添加 Zener 二极管 (D7 和 D8) 和串联电阻 (R19, R20, R21 和 R22) 提供了更强大的 ESD 性能。

SMBus 时钟和数据线均有内部下拉的。当电量计检测到两条线都是低电平时（例如在移动电池组时），该器件会执行自动偏移校准，然后进入 SLEEP 模式以节省能耗。

图 5-7 SMBus 接口电路



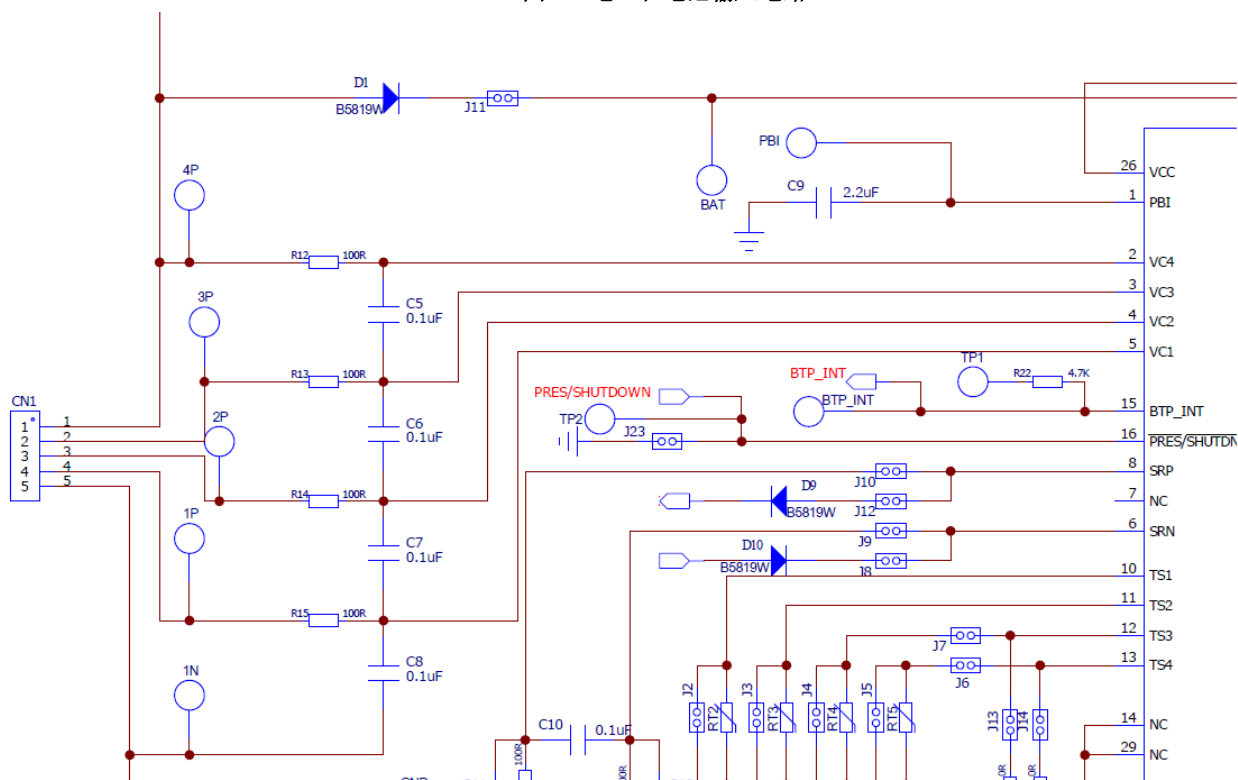
5.3.12 电芯和电池输入

每个电芯单元都有一个简单的RC 滤波器，该滤波器在电芯连接期间内提供ESD 防护，并且还可以滤除不需要的瞬变电压。电阻阻值可以在电池均衡和安全保护之间进行取舍。

集成的电芯均衡FET 允许AFE 去分流电芯和电池组的电路电流，以有效平衡整个电池组。通过在电芯连接和VCx I/O 引脚之间的外部串联电阻来设置均衡电流大小。内部FET 提供200-Ω 的电阻（ $2\text{ V} < \text{VDS} < 4\text{ V}$ ）。建议使用100Ω 到1 kΩ 之间的串联输入电阻来实现有效的电芯均衡。

在短路事件引起的电压瞬态下降时，BAT 输入引脚端使用二极管（D1）将其与电池隔离并去耦。此外，如大电流路径所述，电池的顶端与底端节点必须在电池连接处用开尔文连接进行检测，以防止由大电流 PCB 铜走线下降引起的电压检测误差。

图 5-8 电芯和电池输入电路



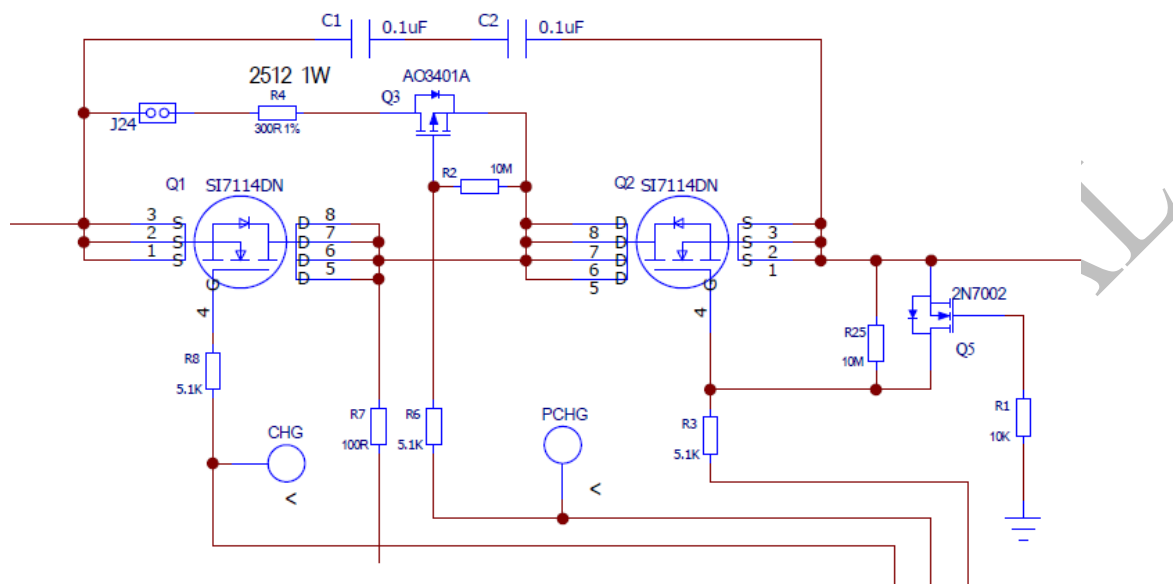
5.3.13 外部电芯均衡

内部电芯均衡只能支持高达20mA 电流。外部电芯均衡提供另一种更快的均衡选择。有关详细的信息，请参阅应用说明，使用外部MOSFET 快速电芯均衡。

5.3.14 电池和 FETs 控制

由充电器的输入引脚PACK 和VCC 为NB401 器件供电。PACK 输入引脚还提供一个检测充电器是否存在的方法。PACK 输入引脚使用了一个100-Ω 电阻；而VCC 输入引脚使用了一个二极管来预防输入瞬变，并预防在短路时数据驱动器的误操作。

图 5-9 FET 控制



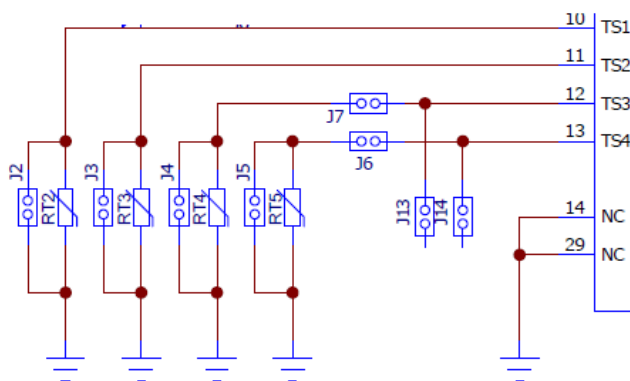
N 沟道充放电场效应管由 5.1-k Ω 串联栅极电阻控制，其切换事件常熟为几微秒。在 FET 驱动器连接断开时，额可以用 10-M Ω 的电阻确保 FET 能够被关闭。Q5 用于在反向连接充电器保护放电场效应管(Q4)。如果没有 Q5，Q4 就会被拉到它的线性区域中，这时只要 PACK+ 输入变成非正时，Q4 就会受到严重的损害。

Q5 会在这种情况下打开，防止造成 Q4 在其栅极到源极的短路。为了使用简单的地栅极电路，FET 必须有低栅极导通的阈值。如果希望使用更标准的器件，例如 2N7002 作为参考原理图，则应使用高值电阻将栅极偏置至 3.3 V。NB401 器件具有提供限流充电路径的能力，通常用于低电压电池或低温充电。NB401 器件使用的外部 P 沟道，是由 PCHG 控制的预充电场效应管。

5.3.15 温度输出

对于NB401 器件，TS1、TS2、TS3 和TS4 作为热敏电阻驱动程序来进行温度依据。每个引脚均可以通过连接一个18-k Ω 线性上拉电阻来启用，以支持在25°C 时 NTC 外部热敏电阻 10-k Ω 的使用。参考设计包括四个 10-k Ω 热敏电阻:RT1,RT2,RT3 和RT4。NB401 设备最多支持四个外部热敏电阻。并将未使用的热敏电阻 引脚连接到VSS 引脚上。

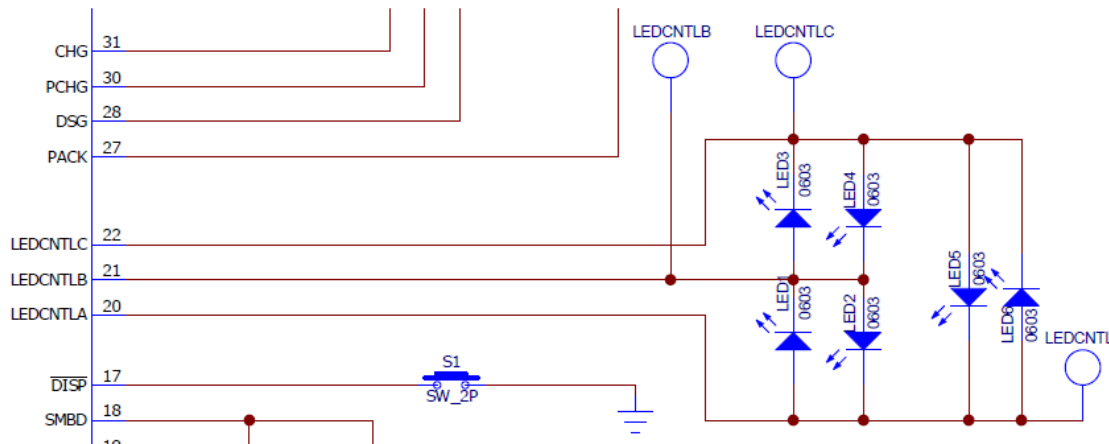
图 5-10 NTC 联接



5.3.16 LED 灯

三个LED 控制输出引脚为驱动外部LED 提供恒定的电流。这些控制输出引脚最多可以为6 各个LED 提供 电压和控制；并且不需要外部偏置电压。未使用的DISP 引脚可以保持打开状态，也可以连接到VSS。如果 不使用 LED 功能，则应将DISP 引脚连接到 VSS。

图 5-11 LED 联接

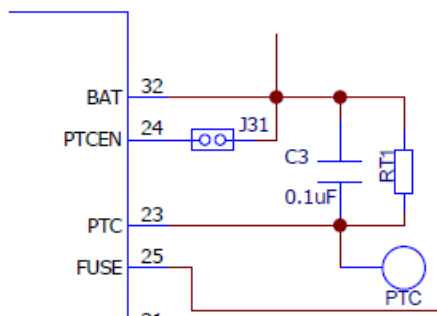


5.3.17 安全 PTC 热敏电阻

NB401 器件配有一个安全PTC 热敏电阻。该PTC 热敏电阻是连接在PTC 引脚和VSS 引脚之间。它可以被 放置在 CHG/DSGFET 附近以监测温度。PTC 引脚输出是非常小的电流，典型为~370 nA；如在~0.7 V 时就会触发 PTC 故障。PTC 故障是永久故障的其中一种功能，并且它只能通过POR 清除。

要禁用此功能，请在 PTC 和 VSS 引脚之间连接 10- k Ω 电阻。

图 5-12 PTC 温度传感器



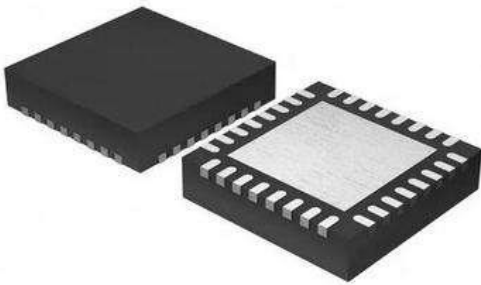
6 电源相关建议

该器件可以根据运行情况动态管理供电电压。正常情况下，BAT 引脚输入的是设备的主要电源。BAT 引脚连接到电池组的正极端。BAT 引脚输入电压范围为2.3 V ~ 26v。

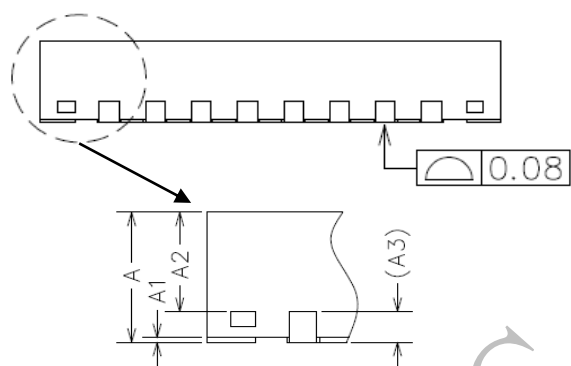
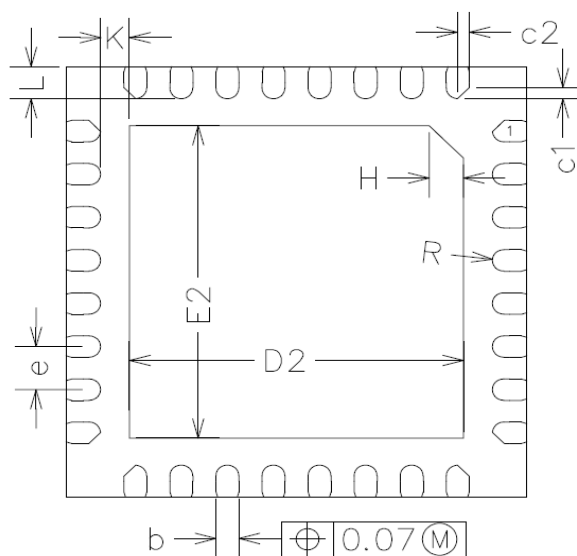
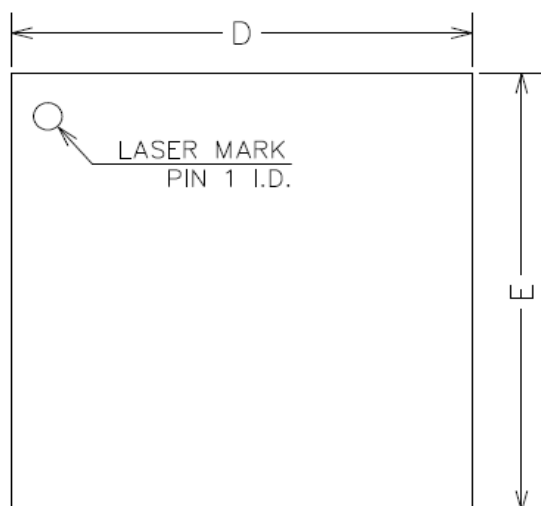
VCC 引脚输入的是次级电源；当 BAT 端电压低于最小 VCC 时会被激活。这允许器件从连接到充电器的 PACK 引脚上(如果存在)获取电源。VCC 引脚应连接到CHG 和DSG 场效应管的共漏极。充电器输入端应连接到PACK 引脚上。

7 机械封装信息

可订购产品	状态	封装	管脚	生态功能	引脚表面处理	MSL峰值温度	工作温度℃	设备标记
NB401KBQ6C	Active	QFN32	32	RoHS & Green	RoHS & Green	Level-2-260C-1 YEAR	-40~85	NB401



上图是封装系列的代表，实际封装图可能会有所不同。
具体相关封装细节，请参阅产品说明书。



COMMON DIMENSIONS
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A2	0.50	0.55	0.60
A3	0.20REF		
b	0.15	0.20	0.25
D	3.90	4.00	4.10
E	3.90	4.00	4.10
D2	2.80	2.90	3.00
E2	2.80	2.90	3.00
e	0.30	0.40	0.50
H	0.30REF		
K	0.25REF		
L	0.20	0.30	0.40
R	0.09	—	—
c1	—	0.10	—
c2	—	0.10	—

NOTES:

ALL DIMENSIONS DO
NOT INCLUDE MOLD
FLASH OR PROTRUSIONS.

8 版本历史

日期	版本	记录	作者
2023/07/20	V0.1	新建	XL
2023/09/12	V0.2	修改应用细节	XL
2024/05/10	V0.3	修改封装信息	NX
2025/04/28	V0.4	更新格式	XM

9 声明

国民技术股份有限公司（以下简称国民技术）保有在不事先通知而修改这份文档的权利。国民技术认为提供的信息是准确可信的。尽管这样，国民技术对文档中可能出现的错误不承担任何责任。在购买前请联系国民技术获取该器件说明的最新版本。对于使用该器件引起的专利纠纷及第三方侵权国民技术不承担任何责任。另外，国民技术的产品不建议应用于生命相关的设备和系统，在使用该器件中因为设备或系统运转失灵而导致的损失国民技术不承担任何责任。国民技术对本手册拥有版权等知识产权，受法律保护。未经国民技术许可，任何单位及个人不得以任何方式或理由对本手册进行使用、复制、修改、抄录、传播等。

NATIONS CONFIDENTIAL