

1 描述

Himalaya700是一款多通道锂电池监控器芯片，适用于高串数电池组。Himalaya700单芯片支持测量多达18个串联电池的电压，其测量误差小于 $\pm 3.5\text{mV}$ ，并且具有宽至-2V至5V的电池通道测量范围。

Himalaya700内置低噪声模拟前端、高分辨率ADC和低漂移电压基准，能够准确测量电池电压。同时，Himalaya700内置针对每节电池的被动均衡FET，支持内部或外部均衡。通过SPI串行接口，微控制器单元（MCU）能够读取Himalaya700的状态和测量结果。报警引脚会向MCU发出过压、欠压等异常情况的警报。

2 应用范围

- 备用电池系统
- 电网储能
- 工商业和住宅储能
- 电动和混合动力汽车

3 特性

- 最大支持18个串联电池单元
- 电池测量范围：-2V至5V
- 全温测量精度： $\pm 3.5\text{mV}$ （Himalaya700A）
- 全温测量精度： $\pm 5.0\text{mV}$ （Himalaya700B）
- 16位 Σ - Δ 型高分辨率ADC，集成快速数字滤波器，使多通道测量值并行度增加
- 各测量通道可以独立灵活配置，在测量通道减少时可以提高数据输出率

- 可耐受130V的电源电压
- 多通道温度采集和GPIO输入
 - 7通道NTC输入，包含2通道GPIO
- 内置电池均衡MOSFET，也支持外部均衡操作
- 报警功能、电芯过压/欠压报警、外部温度传感器高温/低温报警
- 提供中断信号，用于工作状态通知以及测量周期指示
- 用于外部电路电源供应的稳压器，可选择输出设置5V/3.3V，驱动能力50mA
- SPI串行通信接口，时钟频率高达3MHz，带CRC码校正和看门狗定时器
- 多种电源模式：活动、间歇、待机和关机
- 工作温度范围： $-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$
- 64引脚eLQFP封装

4 典型应用图

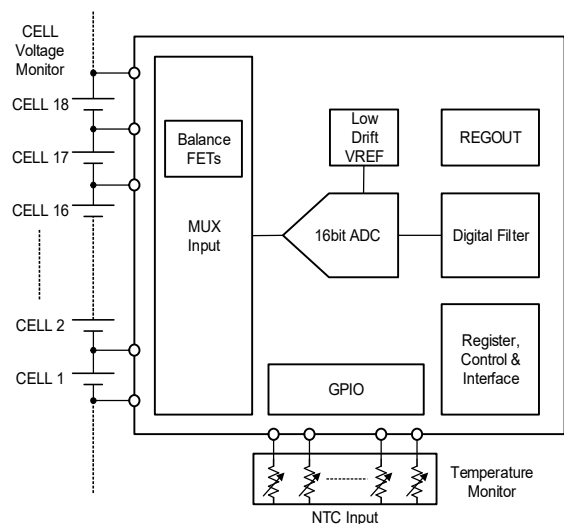
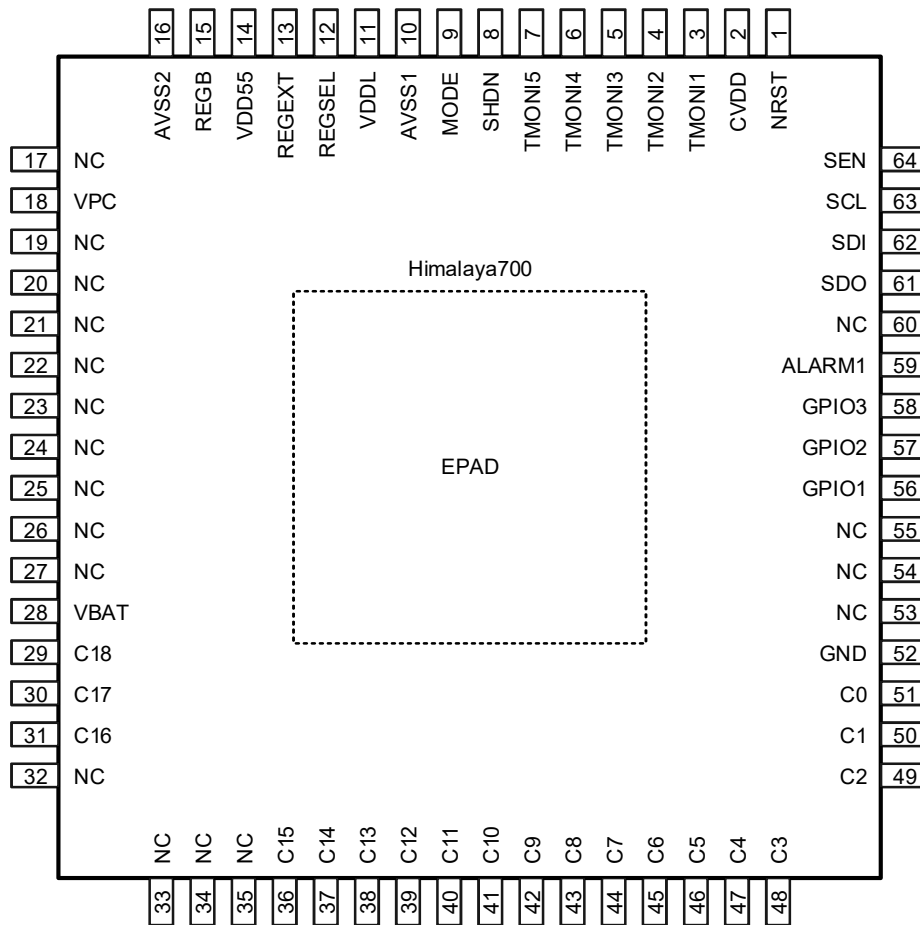


图4.1 Himalaya700典型应用图

Himalaya700-0001

5 引脚说明



Himalaya700-0002

图5.1 Himalaya700引脚图

表5.1 引脚说明

引脚号	引脚名	类型	描述
1	NRST	O	复位指示信号
2	CVDD	P	数字供电电源，可连接到REGEXT脚
3~7	TMONI1至TMONI5	I	模拟输入，用于温传电压输入
8	SHDN	I	关机控制。低电平：保持 / 高电平：关机
9	MODE	I	测试引脚
10	AVSS1	G	模拟地
11	VDDL	O	给内部用的LDO输出端口，用于接退耦电容
12	REGSEL	I	给外部用的5V/3.3V LDO输出电压选择
13	REGEXT	O	给外部用的5V/3.3V LDO输出
14	VDD55	P	5.5V供电电源，可由前置稳压器产生
15	REGB	O	5.5V前置稳压器的基级控制

引脚号	引脚名	类型	描述
16	AVSS2	G	模拟地
17	NC	-	不连接端
18	VPC	I	唤醒信号。低电平：保持 / 高电平：唤醒
19~27	NC	-	不连接端
28	VBAT	P	高压供电电源
29	C18	I	电芯18输入（正端）
30	C17	I	电芯17输入（正端） / 电芯18输入（负端）
31	C16	I	电芯16输入（正端） / 电芯17输入（负端）
32~35	NC	-	不连接端
36~50	C15至C1	I	电芯n输入（正端） / 电芯n+1输入（负端），n=15~1
51	C0	I	电芯1输入（负端）
52	GND	G	模拟地
53~55	NC	-	不连接端
56~58	GPIO1至GPIO3	I/O	通用 I/O
59	ALARM1	O	报警信号，对外通信端
60	NC	-	不连接端
61	SDO	O	SPI通信接口 - 数据输出
62	SDI	I	SPI通信接口 - 数据输入
63	SCL	I	SPI通信接口 - 时钟
64	SEN	I	SPI通信接口 - 使能
	EPAD	G	散热焊盘，接地

注：引脚61~64在未使用开路时可能需要一个外部电容器以提高抗噪能力。

6 电气参数

6.1 电气参数

除非另有说明，这些特性是在工作条件为：V_VDD=65V，V_VDD55=5.5V，环境温度Ta=25°C下的值。

表6.1 电源电流

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电流 ^{注1}	I_ACT	正常模式，<=5ms采样间隔		4.7	5.5	mA
	I_INT	间歇采样模式，20ms间歇采样		0.8	1.4	mA
	I_SD	关机模式		25	30	μA

注1：电流消耗基于以下设置和测量的。

- 总消耗电流是根据来自VBAT引脚和VDD55引脚的总电流测量的。
- 所有引脚无对外负载；如果VDD55和CVDD给外部负载供电，则应额外包含此额外电流。
- 除非另有说明，所有寄存器均采用默认设置。SPI 处于非通信状态。

表6.2 Regulator1 (VDD55)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD55电压范围	V_VDD55	使用REGB控制NPN BJT产生	5.3	5.5	5.8	V
VDD55电压范围	V_VDD55_EXT	使用外部电源对VDD55供电	5.3	5.5	5.8	V
VDD55随温度变化率	Δ_VDD55_TEMP	ΔV_VDD55相对V_VDD55 (25°C下，负载50 mA，V_BAT > 12.5V)，温度变化范围-40°C至105°C		±0.05		%
VDD55外接电容	C_VDD55			1		μF
VDD55基级REGB电流	I_REGB		0.7	1	1.3	mA

表6.3 Regulator2 (REGEXT)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
REGEXT电压	V_REGEXT	REGSEL低电平	4.75	5	5.25	V
		REGSEL高电平	3.05	3.3	3.55	V
REGEXT负载电流	I_REGEXT		0		50	mA
REGEXT随温度变化率	Δ_REGEXT_TEMP	ΔV_REGEXT相对V_REGEXT(25°C下，I_REGEXT=20 mA，V_REGEXT设置为3.3V输出)，温度变化范围-40°C至105°C		±0.25		%
REGEXT线性调整率	Δ_REGEXT_LINE	ΔV_REGEXT相对V_REGEXT(25°C下，I_REGEXT=20 mA，V_VDD55=5.5V，V_REGEXT设置为3.3V输出)，V_VDD55从5.3V变化到5.8V	-1		1	%
REGEXT负载调整率	Δ_REGEXT_LOAD	ΔV_REGEXT相对V_REGEXT(25°C下，V_REGI=5V，V_REGEXT设置为3.3V输出)，I_REGEXT从0mA变化到50mA	-1.5		1.5	%
REGEXT短路限流	I_SC_REGEXT		60		80	mA
REGEXT外接电容	C_REGEXT		1			μF

表6.4 Regulator3 (VDDL)

参数 ^{注1}	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDDL输出电压	V_VDDL	VDDL的电源输入由VBAT提供	2.4	2.6	2.8	V
VDDL负载电流	I_VDDL				1	mA
VDDL随温度变化率	Δ _VDDL_TEMP	Δ V_VDDL相对V_VDDL (25°C下, V_VBAT=65V), 温度变化范围-40°C至105°C		±0.25		%
VDDL线性调整率	Δ _VDDL_LINE	Δ V_VDDL相对V_VDDL (25°C下, I_VDDL=1mA, V_VBAT=65V), VBAT从12.5V变化到85V	-1		1	%
VDDL负载调整率	Δ _VDDL_LOAD	Δ V_VDDL相对V_VDDL (25°C下), I_VDDL从0mA变化到1mA	-1.5		1.5	%

表6.5 基准电压

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
基准温漂 ^{注1}	V_REF_DRIFT	Ta=-40°C to 105°C		±20		PPM/°C

注1: 基准给NTC温感电压测量VADC做参考。无基准电压引脚。

表6.6 电芯电压采集

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	V_CELL	电芯差分输入V_VC=V_Cn-Cn-1	-2		5	V
测量分辨率	V_CELL_RES	16bits有符号位		0.15		mV/LSB
测量精度 ^{注1} (Himalaya700A)	V_CELL_ACC	V_CELL=2V~4.3V, Ta= -20°C~85°C	-2		2	mV
		V_CELL=-2V~5V, Ta= -40°C~105°C	-3.5		3.5	mV
测量精度 ^{注1} (Himalaya700B)	V_CELL_ACC	V_CELL=2V~4.3V, Ta= -20°C~85°C	-3		3	mV
		V_CELL=-2V~5V, Ta= -40°C~105°C	-5		5	mV
通道转换时间	t_CONV_CELL			0.15		ms
测量时输入电流	I_CELL_IN		-5		5	μA
未测量时输入漏电流	I_CELL_LEAK		-1		1	μA

注1: 测量精度值考虑到了输入电流的影响。

表6.7 堆叠电压采集

参数 ^{注1}	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	V_STACK		0		100	V
测量精度	V_STACK_ACC	V_STACK=12.5V~85V	-0.5		0.5	V

注1: 测量的是VPACK口的电压。

表6.8 温度采集

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	V_TM	TMONI输入电压	0		5.5	V
测量分辨率	V_TM_RES	16bits无符号位		0.1		mV/LSB
测量误差	V_TM_ACC	不使用内部上拉电阻时	-10		10	mV
通道转换时间	t_CONV_TM			0.15		ms
内部上拉电阻	R_TM_PU		8	10	12	kΩ
上拉电阻温度系数	TC_TM_PU	Tj=-40°C~105°C(相对于25°C)		0.7		Ω/°C

表6.9 电源和基准监控

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD55电压监控						
输入电压	V_VDD55		0		5.8	V
测量分辨率	V_VDD55_RES	16bits无符号位		0.1		mV/LSB
测量精度	V_VDD55_ACC	V_VDD55=5.5V Tj=-40℃~105℃	-10		10	mV
REGEXT电压监控						
输入电压	V_REGEXT		0		3.8	V
测量分辨率	V_REGEXT_RES	16bits无符号位		0.1		mV/LSB
测量精度	V_REGEXT_ACC	Tj=-40℃~105℃	-10		10	mV
VDDL电压监控						
输入电压	V_VDDL		0		2.8	V
测量分辨率	V_VDDL_RES	16bits无符号位		0.1		mV/LSB
测量精度	V_VDDL_ACC	Tj=-40℃~105℃	-10		10	mV
VREF电压监控						
输入电压	V_VREF		0		1.3	V
测量分辨率	V_VREF_RES	16bits无符号位		0.1		mV/LSB
测量精度	V_VREF_ACC	Tj=-40℃~105℃	-10		10	mV

表6.10 过压欠压探测

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
过压检测阈值步长	V_OV_STEP	2.0~4.5V, 6bit控制		50		mV
欠压检测阈值步长	V_UV_STEP	0.5~3.0V, 6bit控制		50		mV

表6.11 均衡

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
开关导通电阻	R_CB	V_CELL=3V~5V, 流经开关的 电流<=100mA时		12.5	20	Ω

表6.12 热关断

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
热关断温度	T_SD	结温温度Tj		150		℃

表6.13 通信看门狗

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
通信看门狗溢出时间	t_WDT		1	60	4096	s

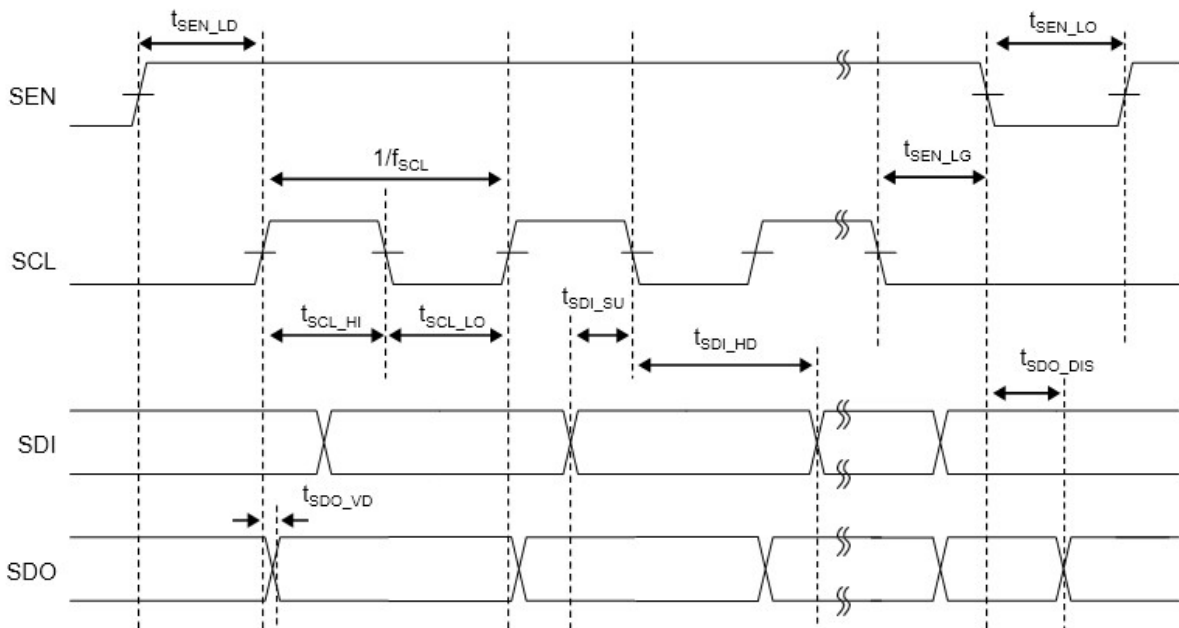
表6.14 输入输出

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入GPIO						
输入高电平	V_IH		V_CVDD×0.8		V_CVDD	V
输入低电平	V_IL		0		V_CVDD×0.2	V
输出高电平	V_OH	I_OH=-1mA	V_CVDD-0.2		V_CVDD+0.2	V
输出低电平	V_OL	I_OL=+1mA	0		0.2	V
数字输出漏电流	I_O_LEAK		-2	0	2	μA
输入VPC						
输入高电平	V_VPC_IH	唤醒用	3.3		V_VBAT	V
输入低电平	V_VPC_IL		0		0.3	V

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入SHDN		关机用				
输入高电平	V_SHDN_IH		3.0		V_VDD55	V
输入低电平	V_SHDN_IL		0		0.1	V
下拉电阻	R_SHDN		200	820	1500	kΩ
输入REGSEL		REGEXT电压选择用				
输入高电平	V_REGSEL_IH		V_VDD55-0.3		V_VDD55	V
输入低电平	V_REGSEL_IL		0		0.3	V
输出NRST		外接MCU复位用				
输出低电平	V_NRST_OL		0		0.5	V
上拉电阻	R_NRST		50	100	200	kΩ

表6.15 SPI时序要求

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SCL频率	f_SCL				3	MHz
SCL周期	t_DUTY		45	50	55	%
SEN上升沿至SCL上升沿	t_SEN_LD		100			ns
SCL下降沿至SEN下降沿	t_SEN_LG		100			ns
SEN低电平宽度	t_SEN_LO		500			ns
SDI建立时间	t_SDI_SU	SDI有效至SCL下降沿	100			ns
SDI保持时间	t_SDI_HD	SCL下降沿至SDI有效	100			ns
SDO有效等待时间	t_SDO_VD	SCL上升沿至SDO有效, CL ≤ 50pF			400	ns
SDO取消等待时间	t_SDO_DIS	SEN下降沿至SDO取消			400	ns


图6.1 SPI时序要求

Himalaya700-0003

6.2 热功耗参数

表6.16 Himalaya700热功耗参数

参数 ^{注1}	符号	数值	单位
Junction-to-ambient thermal resistance	R _{θJA}	37.7	°C/W
Junction-to-case thermal resistance	R _{θJC}	2.7	°C/W

注1: 安装板为玻璃环氧树脂 4 层板, 无焊接散热器, 尺寸为 50mm × 50mm × 0.8mm。布线层所有层厚度为 0.035 mm, 铜箔比例为57%/100%/100%/57%。这些特性是设计的参考值。请参阅封装规格中的 PD-Ta 特性图。建议根据电源电压、负载和环境温度的条件进行有足够余量的热设计。

6.3 绝对最大额定值

表6.17 Himalaya700绝对最大额定值^{注1}

参数 ^{注2}	符号	条件	范围	单位
电源电压范围	V_VBAT	VBAT 至 GND	-0.3至130	V
	V_CVDD	CVDD至GND	-0.3至6.4	V
	V_VDD55	VDD55至GND	-0.3至6.4	V
	V_VDDL	VDDL至GND	-0.3至2.7	V
	V_REGEXT	REGEXT至GND	-0.3至6.4	V
输入电压范围 ^{注4}	V_Cn	Cn至GND, n=1~18	-0.3至V_VBAT	V
	V_C0	C0 至GND	-0.3至5.5	V
	V_CELL	Cn至Cn-1, n=1~18	-18 至 18	V
	V_DI	SEN, SCL, SDI 至 GND	-0.3至V_CVDD+0.3	V
	V_GPIO	GPIO _n 至 GND, n=1~3	-0.3至V_CVDD+0.3	V
	V_TMON	TMON _{in} 至 GND, n=1~5	-0.3至V_VDD55+0.3	V
	V_REGSEL	REGSEL 至 GND	-0.3至V_VDD55+0.3	V
	V_VPC	VPC	-0.3至100	V
	V_SHDN	SHDN	-0.3至6.4	V
输出电压范围 ^{注4}	V_DO	ALARM1, SDO, NRST	-0.3至V_CVDD+0.3	V
	V_REGB	REGB	-0.3至12	V
输出电流范围 ^{注5、注6}	I_DO	ALARM, SDO, NRST	-6.0至6.0	mA
	I_GPIO	GPIO _n , n=1~3	-12.0至2.0	mA
	I_REGB	REGB	-3.5至3.5	mA
	I_REGEXT	REGEXT	-50至0	mA
节温 ^{注3}	T _j		-40至150	°C
存储温度	T _{stg}		-55至150	°C

注1: 等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值, 不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下, 器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

注2: GND是芯片内部已连接的引脚。请在板上连接这些引脚并施加相同的电压。

注3: 最大额定值是允许的, 除非功耗超过了热功耗额定值。

注4: V_VBAT 是VBAT的电压; V_CVDD是CVDD的电压; V_VDD55是VDD55的电压

注5: “+”极性是电流流入 IC 引脚的方向, “-”极性是电流从 IC 引脚流出的方向。

注6: 输出电路由外部元件和内部电路组成。请参考应用电路图。

6.4 静电参数

表6.18 Himalaya700静电参数

参数	符号	数值	单位
ESD电压, Human body model (HBM)	V_ESD_HBM	±2000	V
ESD电压, Charge device model (CDM)	V_ESD_CDM	±500	V

6.5 推荐工作条件

表6.19 Himalaya700推荐工作条件

参数 ^{注1、注2}	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	V_VBAT	VBAT至GND	12.5 ^{注3}	65	85	V
	V_CVDD	CVDD至 GND	3.0	5.0	5.5	V
输入电压	V_CELL	Cn 至 Cn-1, n=1~18	-2		5	V
	V_TM	TMONI(n), n=1~5	0		V_VDD55	V
	V_GPIO	GPIO(n), n=1~3	0		V_CVDD	V
	V_REGSEL	REGSEL	0		V_VDD55	V
	V_VPC	VPC	0		V_VBAT	V
	V_SHDN	SHDN	0		V_VDD55	V
工作环境温度	Ta		-40		105	°C

注1: GND是芯片引脚。请在板上连接这些引脚并施加相同的电压。

注2: 推荐的工作电源范围因连接到VDD55的外部 N沟道BJT的特性而异。

注3: V_VBAT=12.5V时仅确保电芯电压测量功能正常, 如需确保ADC1测量全部正常, 则V_VBAT>17V。

7 功能框图和介绍

7.1 功能框图

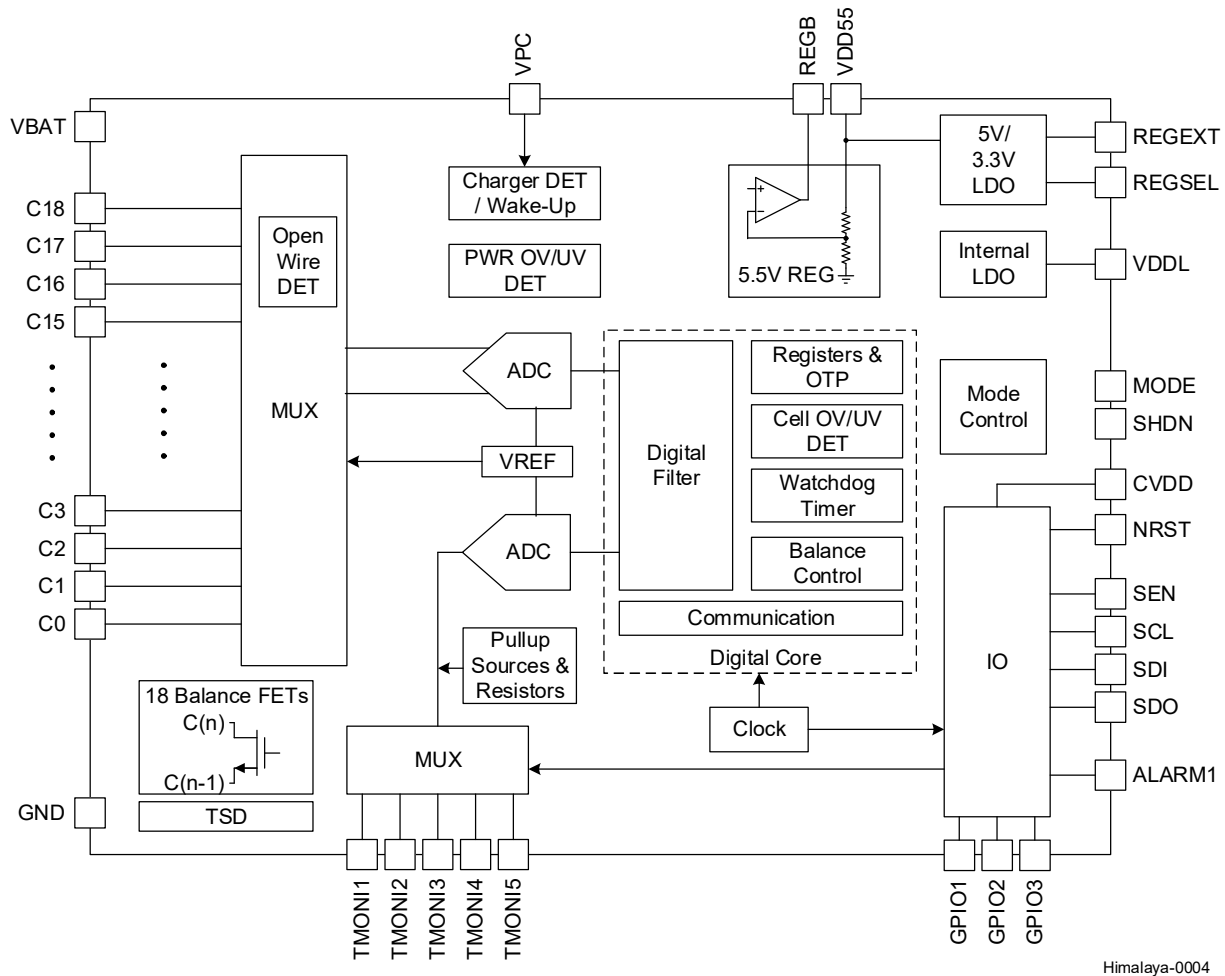


图7.1 Himalaya700功能框图

7.2 功能介绍

Himalaya700是一款集成式的、支持5至18个串联电池单元管理的电池监视器(BMS AFE)，可完成电池电压和温度的高精度测量，内置电池均衡开关，每个通道支持-2V~5V测量范围，其具备的负压测量特性使其满足母线测量要求，以及高达130V电源耐压能力，极大地提高了它在使用时的灵活性和可靠性。

Himalaya700的电池测量通道包括高压多路选择器、电平转换、高分辨率ADC，以及降低系统噪声的后置ADC数字低通滤波器，这些独特的设计结构为高精度信号测量提供了良好的基础。芯片有5个NTC通道，可配置用于NTC热敏电阻连接，支持内部供电或外部供电方式，另外还有3个GPIO通道，可以配置为NTC通道或做其他作用。该芯片支持被动均衡，在每节电池的通道内部集成MOSFET，用户可以编程开启或关闭单独通道的均衡。同时Himalaya700还支持精确的PWM控制模式，更精细地控制均衡时间，在系统设计时，用户可在均衡效率和芯片温升之间做出最佳平衡，其他均衡特性还包括定时编程功能(Discharger Timer)和防止奇偶通道同时打开的功能。芯片还内置了电池过压或欠压警报，以及外部NTC温度传感器高温或低温报警，用户通过SPI通信接口对芯片进行数据读取或配置，SPI通信支持CRC校验以及通信看门狗功能(Watch Dog Timer)。

Himalaya700上包含了很多芯片保护功能。通过片上的温度传感器可以知道目前芯片的工作温度，当温度过高时，会自动触发芯片过热保护。另外芯片可以对内部电源的电压进行监控，并且支持电源电压欠压锁定特性(UVLO)。这些保护增强了芯片的鲁棒性。

Himalaya700除了正常工作模式外，还具有间歇、待机和关机模式，间歇模式下采样转换电路间歇式开启和关闭，待机模式下采样转换电路关闭通信处于开启待机状态，通过灵活地配置工作模式，使系统在工作性能和功耗之间取得绝佳的平衡。

另外在使用时需要注意在每次上电或复位后需要按照OTP使用表，将读出的数据写入对应的寄存器中或参与某些电压值的计算过程中，实际需根据OTP使用表进行操作。

8 功能描述

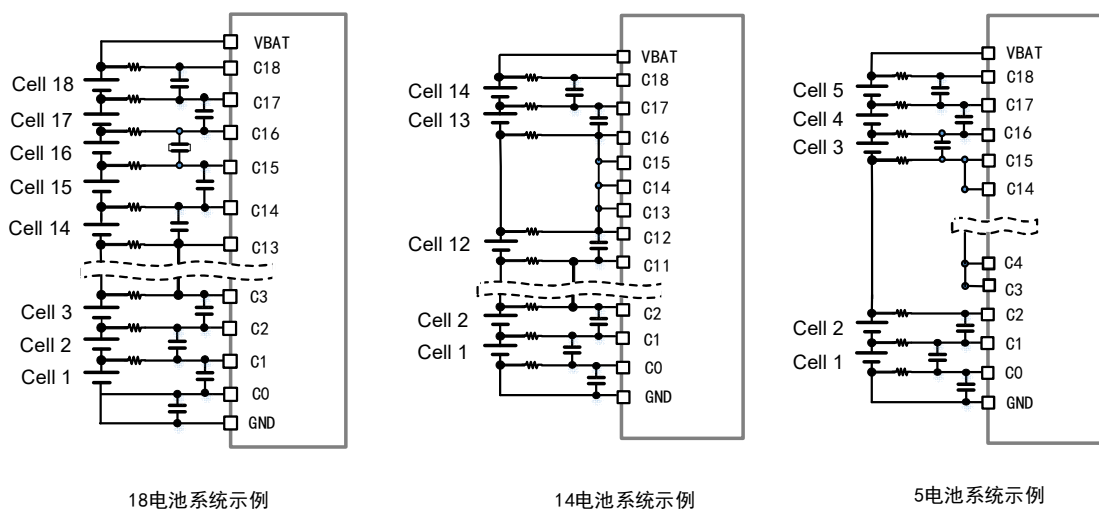
8.1 电池连接

为保证正常工作，所需的VBAT引脚电压最低为12.5V，且在任何时候要确保VBAT引脚电压CELL 18引脚电压差值不能超过 $\pm 18V$ 。

本芯片最多可连接18个电池其对应19个引脚，两个引脚对应一个电池的连接，按照编号较大的引脚作为本次连接的电池编号，如同时连接C1和C2引脚，那么连接的电池为CELL2。如果需要连接18个电池，将19个引脚都连接好即可，对于使用少于18个电池的应用，需注意以下事项：

- 5个电池系统的最小VBAT必须高于12.5V。
- 用户应首先使用连接至C0引脚，然后连接电池编号对应的引脚，其他电芯的连接可任选几组电芯测量输入引脚。
- 不使用的测量引脚应全部短接在一起

下图是一些系统示例。



Himalaya700-0005

图8.1 电池系统示例

8.2 工作模式

本芯片支持以下操作模式：正常模式、间歇工作模式、待机模式和关机模式。

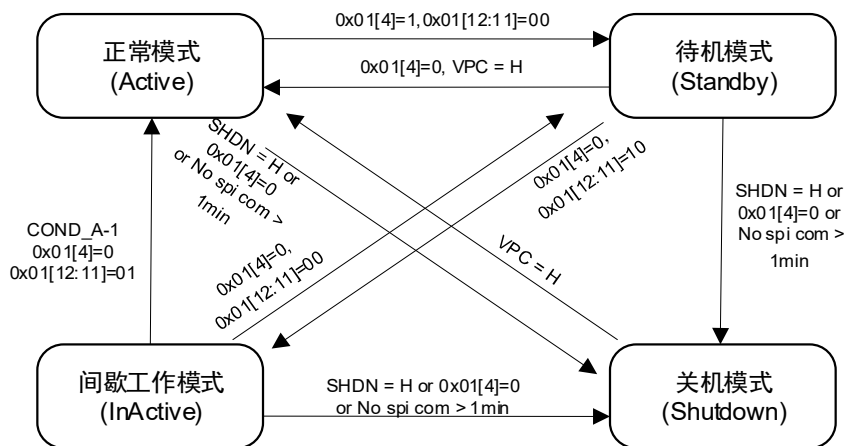
在芯片上电后 VPC 未拉高情况下，芯片工作模式为待机模式（Standby）。

可通过读取地址 0x1C[4:0]处的寄存器 ST_ACT、ST_STBY、ST_INTM、ST_SDWN 来确定操作模式，状态示意图如下图所示。

表8.1 工作模式配置

运行模式	设定/条件	
Standby	0x01[4] = 1	0x01[12:11] = 0
InActive	0x01[4] = 1	0x01[12:11] = 2
Active	0x01[4] = 0	0x01[12:11] = 1
Shutdown	VPC = L	0x11[12] = 1 / Shdn=1

运行模式转换	转换时间 (μs)
Active To Standby	5
Standby To Active	10
InActive To Active	10
Standby To InActive	10
InActive To Standby	10
Active To Shutdown	5
Standby To Shutdown	10
InActive To Shutdown	10



Himalaya700-0006

图8.2 状态示例

8.2.1 正常模式

在正常模式下，可以执行单次测量和连续测量。在这种操作模式下，还可提供完整的测量和保护功能。

在待机模式下，将寄存器 0x01[4]MSET_STB 置为“0”且 VPC 引脚处于“H”状态，芯片将进入正常模式。

在间歇工作模式下，将寄存器 0x01[4]MSET_STB 置于“0”且 0x01[12:11]INTMSEL 不为“00”，芯片将进入正常模式。

在关机模式下，将 VPC 引脚处于“H”状态，芯片将进入正常模式。唤醒后，NRST 引脚将从“L”变为“H”，表明 SPI 通信已就绪。唤醒后，建议将 VPC 引脚固定为“L”。

8.2.2 间歇工作模式

在间歇工作模式下，可以执行间歇性测量低功耗模式，同时也提供保护功能。测量间隔时间由 0x01[14:13]INTM_TIM 寄存器控制。同时间歇模式在分频功能作用下时钟周期会变为正常模式的三倍。

表8.2 间歇工作模式

INTM_TIM	测量间隔时间
00	20ms
01	40ms
10	80ms
11	120ms

注：在待机模式下，将 0x01[12]INTMSEL 置为“1”，芯片将进入间歇工作模式。

8.2.3 待机模式

在正常模式下，寄存器 0x01[4]MSET_STB 置为“1”，芯片将进入待机模式。

在间歇工作模式下，寄存器 0x01[12:11]INTMSEL 不为“10”，芯片将进入待机模式。

注意在待机模式下，寄存器 0x01[12:11]INTMSEL 为“01”，如果没有 SPI 通信超过 1 秒，将自动进行一次测量。

8.2.4 关机模式

在任一种模式下当 VPC=0 时，满足以下任何一种芯片将进入关机模式：

(1) Shdn=1。

(2) 寄存器 0x11[12]MSET_SHDN 置为“1”。

(3) 当看门狗定时器设置为启用时，当 MCU 和 IC 之间在设置的持续时间（初始值：1 分钟）内没有通信且 VPC 引脚为“L”时，本芯片将关闭。

8.3 电源操作

本芯片有 3 个内置调节器。

(1) VDDL 调节器仅用于内部 IC 器件供电。

(2) REGEXT 设计为系统外部电路的电源。（例如：MCU 电源）

(3) VDD55 稳压器使用外部 NPN BJT 晶体管作为功率器件，可用于内部 IC 或外部电路负载驱动。

表8.3 电源操作

电源	使能信号	阈值相关寄存器	结果描述
VDD55	OVP_F_SET 寄存器 0x11[14] (“0”有效)	VDD55_OV_TH 寄存器 0x7a	VDD55 电压超过此阈值，芯片关机
VDD55	UVP_F_SET 寄存器 0x11[15] (“0”有效)	VDD55_OV_TH 寄存器 0x77	VDD55 电压低于此阈值，芯片关机

电源	使能信号	阈值相关寄存器	结果描述
VDDL	OVP_F_SET寄存器0X11[14] (“0”有效)	VDDL_OV_TH_SDN寄存器0x7b[15:8]	VDDL电压超过此阈值, 芯片关机
VDDL	UVP_F_SET寄存器0X11[15] (“0”有效)	VDDL_UV_TH_SDN寄存器0x78[15:8]	VDDL电压低于此阈值, 芯片关机
VDDL	OVUV_RESET_EN寄存器0X11[11] (“1”有效)	VDDL_OV_TH寄存器0x7b[7:0]	VDDL电压超过此阈值, 芯片复位
VDDL	OVUV_RESET_EN寄存器0X11[11] (“1”有效)	VDDL_UV_TH寄存器0x78[7:0]	VDDL电压低于此阈值, 芯片复位
REGEXT	OVP_REGEXT寄存器0X20[2] (“0”有效)	REGEXT_OV寄存器0x7c[15:0]	REGEXT电压超过此阈值, 芯片关机
REGEXT	UVP_REGEXT寄存器0X20[1] (“0”有效)	REGEXT_UV寄存器0x79[15:0]	REGEXT电压低于此阈值, 芯片关机

8.4 唤醒

芯片上电后, 通过VPC信号置为“H”唤醒, 唤醒后, NRST引脚将从“L”变为“H”, 表明SPI通信已就绪。唤醒后, 建议将VPC引脚固定为“L”。

8.5 电压测量

本芯片电压测量由内置的16位ADC0和ADC1分别进行测量, 具体测量数据的计算方法请查阅8.13。

电压测量存在两种测量模式, 分别为连续测量(寄存器0x01[15]:ADC_CONT置“1”)和单次测量(寄存器0x01[15]:ADC_CONT置“0”)。在连续测量过程中, 电压测量周期是重复的。当寄存器0X0C[4]:ADC_TRG置“1”时, 会进行单次电压测量, 测量完成后寄存器0X0C[4]:ADC_TRG会复位为“0”。

在进行电压测量之前, 每个通道都对应存在一个电压测量使能位(寄存器0x05~0x07和0x55, 如表8.4), 在进行测量之前需要将对应通道的测量功能打开, 才可以得到电压测量数据。

每个测量周期完成后, 测量完成标志位寄存器0x1C[5]:VAD_DONE会置“1”, 若将GPIO1引脚设置为ADIRQ1 OUTPUT(寄存器0x0D[11:8]:GPIO1SEL置为“0011”且寄存器0x0D[1]:GPIO1_NOE置“0”)的输出使能模式, 则在测量完成后GPIO1会置为“H”, GPIO2~3也可对应寄存器做相同操作(GPIO2:0x0E, GPIO3:0x0F)。

在单次测量模式下每次测量完成后需要将测量完成标志位(寄存器0x1C[5]:VAD_DONE)写“1”进行复位, 而连续测量模式则不需要进行该操作。测量完成标志位出了一个总标志位(寄存器0x1C[5]:VAD_DONE)之外, 每个测量通道均存在一个单独的测量完成标志位(寄存器0x1D~0x1F, 如表8.4)。

测量完成后, 通过测量数据锁存操作(寄存器0x0C[0]:ADV_LATCH置“1”)将测量结果锁存至0x28~0x4B(如表8.4)寄存器。测量完成标志位寄存器0x1C[5]:VAD_DONE可通过写“1”将其复位。

需要注意的是GPIO用作电压测量时, 需要将GPIO设置为输入使能(对应寄存器GPIO1:0x0D、GPIO2:0x0E、GPIO3:0x0F[0]:GPIO_IE置“1”)

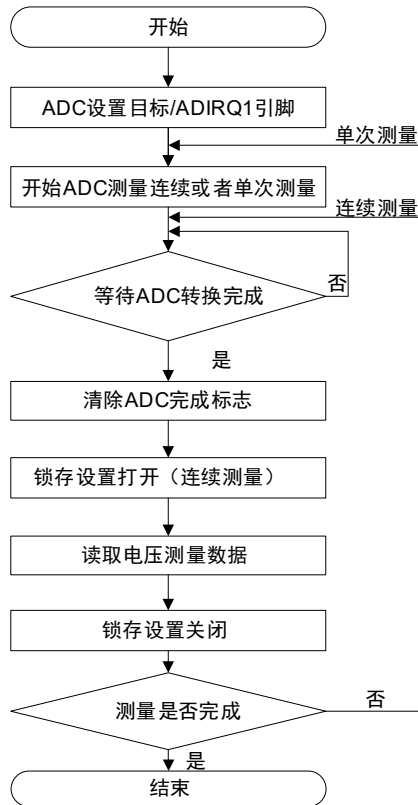
表8.4 电压测量配置寄存器

地址	bit	定义	功能描述
0x01	[15]	ADC_CONT	连续测量使能位
0x0C	[4]	ADC_TRG	单次测量使能位
	[0]	ADV_LATCH	ADC测量数据锁存使能位
0x0D	[11:8]	GPIO1SEL ^{注1}	GPIO1输出模式配置

	[1]	GPIO1_NOE	GPIO1输出使能位
	[0]	GPIO1_IE	GPIO1输入使能位
0x0E	[11:8]	GPIO2SEL ^{注1}	GPIO2输出模式配置
	[1]	GPIO2_NOE	GPIO2输出使能位
	[0]	GPIO2_IE	GPIO2输入使能位
0x0F	[11:8]	GPIO3SEL ^{注1}	GPIO3输出模式配置
	[1]	GPIO3_NOE	GPIO3输出使能位
	[0]	GPIO3_IE	GPIO3输入使能位
0x1C	[5]	VAD_DONE	ADC测量完成标志位
0x05	[15:0]	CVSEL	Cell15 ~ Cell0 电压测量使能位
0x06	[2:0]		Cell18 ~ Cell16 电压测量使能位
0x07	[15]	TGSEL	TGA (芯片温度) 电压测量使能位
	[14]	VPACKSEL	PACK电压测量使能位
	[13]	VDD55SEL	VDD55电压测量使能位
	[12]	REGEXTSEL	REGEXT电压测量使能位
	[11]	VDDLSEL	VDDL电压测量使能位
	[10]	VREFSEL	VREF电压测量使能位
	[2:0]	TMONISEL	Tmoni3~5电压测量使能位
[9:8]	Tmoni1~2电压测量使能位		
0x55	[3:2]	GPADSEL	GPIO1~2电压测量使能位
0x1D	[15:0]	ST_CVSEL	Cell15 ~ Cell0 电压测量完成标志位
0x1E	[1:0]		Cell17 ~ Cell18电压测量完成标志位
	[9]	ST_CHIP_TG	TGA (芯片温度) 电压测量完成标志位
	[8]	ST_VPACK	PACK电压测量完成标志位
	[7]	ST_VDD55	VDD55电压测量完成标志位
	[6]	ST_REGEXT	REGEXT电压测量完成标志位
	[5]	ST_VDDL	VDDL电压测量完成标志位
	[4]	ST_VREF	VREF电压测量完成标志位
0x1F	[10:6]	ST_TMONI	Tmoni1~5电压测量完成标志位
	[1:0]	ST_GPIO	GPIO1~2电压测量完成标志位
0x28 ~ 0x39	[15:0]	CV_AD	Cell15 ~ Cell1电压测量结果
0x3A ~ 0x3B	[15:0]	GPIO_AD	GPIO1 ~ 2电压测量结果
0x40 ~ 0x44	[15:0]	TMONI_AD	Tmoni1 ~ 5电压测量结果
0x4C	[15:0]	VREF_AD	VREF电压测量结果
0x4D	[15:0]	VDDL_AD	VDDL电压测量结果

0x4E	[15:0]	REGEXT_AD	REGEXT电压测量结果
0x4F	[15:0]	VDD55_AD	VDD55电压测量结果
0x50	[15:0]	VPACK_AD	PACK电压测量结果
0x51	[15:0]	TG_AD	TGA（芯片温度）电压测量结果
0x74	[7]	EXTERIOR_PULL UP_TMONI	TMONI测量配置（内部上拉或外部上拉）

注1： GPIOSEL具体内容请查看8.8中的“表8.6 GPIO引脚输出配置寄存器”

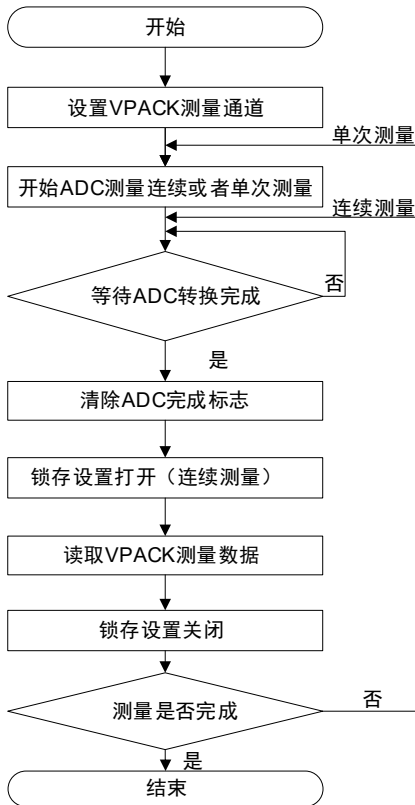
8.5.1 CELL1~CELL18电压测量


- 准备工作
将CV[n]SEL标志地址0x05[15:0]和地址0x06[2:0]分别设为0xFFFF和0x0007) 设置为测量目标。
将GPIO1SEL标志设置为“0011”以输出ADIRQ1。
将GPIO1_NOE标志(地址0x0D[1]) 设置为“0”以将GPIO1设置为输出。
- 选择单次测量或者连续测量
设置寄存器 Adc_cont0x01[15] 开启连续测量。
设置寄存器adc_trg0x0c[4]开启单次测量
- 等待测量完成, 即通过GPIO_OUT1观察 ADIRQ1信号拉起或观察测量完成标志位 寄存器vad_done 0x1C[5]是否置1
- 清除完成标志位寄存器vad_done 0x1C[5] (连续读取模式忽略此步骤)
- 锁存数据开关打开 (连续读取模式)
将数据锁存开关寄存器adc_latch 0x0c[0]打开
- 读取电压测量值
读取寄存器0x28到0x39, 以此为CELL1~CELL18的电压测量值
- 锁存数据开关关闭 (连续读取模式)
将数据锁存开关寄存器0x0c[0]关闭
- 测量结束

Himalaya700-0007

图8.3 CELL1~CELL18 电压测量

8.5.2 VPACK 电压测量

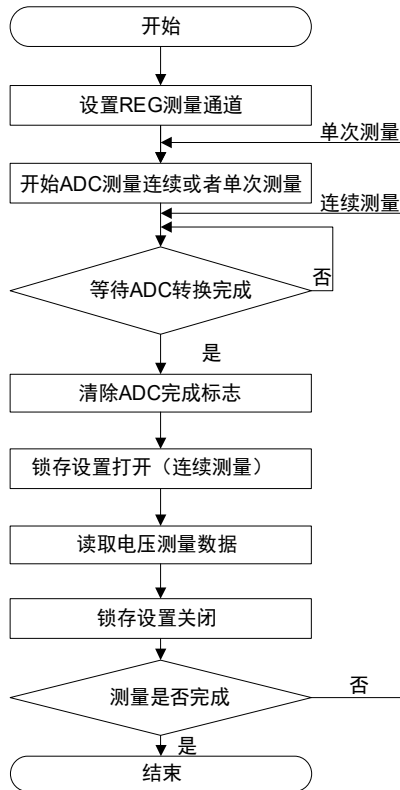


- 准备工作
将VPACK:0x07[14]设置为测量目标。
将GPIO1SEL标志设置为“0011”以输出ADIRQ1。
将GPIO1_NOE标志(地址0x0D[1])设置为“0”以将GPIO1设置为输出。
- 选择单次测量或者连续测量
设置寄存器 Adc_cont0x01[15] 开启连续测量。
设置寄存器adc_trg0x0c[4]开启单次测量
- 等待测量完成, 即通过GPIO_OUT1观察ADIRQ1信号拉起或观察测量完成标志位寄存器vad_done 0x1C[5]是否置1
- 清除完成标志位寄存器vad_done 0x1C[5] (连续读取模式忽略此步骤)
- 锁存数据开关打开 (连续读取模式)
将数据锁存开关寄存器adc_latch 0x0c[0]打开
- 读取电压测量值
读取寄存器0x50, 以此为VPACK的电压测量值
- 锁存数据开关关闭 (连续读取模式)
将数据锁存开关寄存器0x0c[0]关闭
- 测量结束

Himalaya700-0008

图8.4 VPACK 电压测量

8.5.3 REG 电压测量



- 准备工作
将VDD55:0x07[13] VDD18:0x07[11] REGEXT:0x07[12] VREF:0x07[10]设置为测量目标。
将GPIO1SEL标志设置为“0011”以输出ADIRQ1。
将GPIO1_NOE标志(地址0x0D[1])设置为“0”以将GPIO1设置为输出。
- 选择单次测量或者连续测量
设置寄存器 Adc_cont0x01[15] 开启连续测量。
设置寄存器adc_trg0x0c[4]开启单次测量
- 等待测量完成,即通过GPIO_OUT1观察ADIRQ1信号拉起或观察测量完成标志位寄存器vad_done 0x1C[5]是否置1
- 清除完成标志位寄存器vad_done 0x1C[5] (连续读取模式忽略此步骤)
- 锁存数据开关打开 (连续读取模式)
将数据锁存开关寄存器adc_latch 0x0c[0]打开
- 读取电压测量值
读取寄存器VDD55:0x4F、VDDL:0x4D、REGEXT:0x4E、VREF:0x4C, 以此为对应的电压测量值
- 锁存数据开关关闭 (连续读取模式)
将数据锁存开关寄存器0x0c[0]关闭
- 测量结束

Himalaya700-0009

图8.5 REG 电压测量

8.6 温度测量

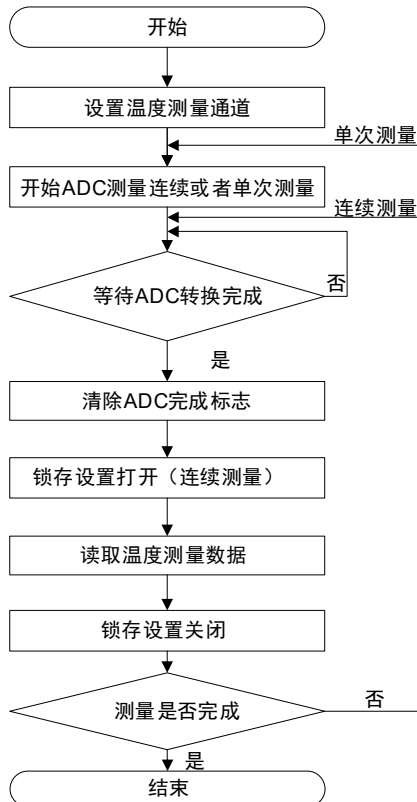
温度测量即为TMONI电压测量功能，相应操作与电压测量相同，可查看8.5电压测量内容，寄存器可查看表8.4。

GPIO1~2可复用TMONI功能（GPIO设置为输入使能，对应寄存器GPIO1:0x0D、GPIO2:0x0E[0]:GPIO_IE置“1”）。

TMONI测量原理为对应功能PIN脚与VREF存在内置的上拉（上拉电阻R标称10kΩ），将PIN脚对地接入热敏电阻，根据ADC采集到的TMONI电压值以及热敏电阻本身的特性和换算公式（计算公式详细请查看8.13），最终推算出相应的温度。

TMONI测量功能也可通过寄存器0x74[7]:EXTERIOR_PULL UP_TMONI配置选择使用内部上拉还是外部上拉。

温度测量流程图如图8.6所示。



- 准备工作
将CV[n]SEL标志地址0x07[2:0]和地址0x55[9: 8]分别设为1设置为测量目标。
将GPIO1SEL标志设置为“0011”以输出ADIRQ1。
将GPIO1_NOE标志(地址0x0D[1])设置为“0”以将GPIO1设置为输出。
- 选择单次测量或者连续测量
设置寄存器 Adc_cont0x01[15] 开启连续测量
设置寄存器adc_trg0x0c[4]开启单次测量
- 等待测量完成，即通过GPIO_OUT1观察ADIRQ1信号拉起或观察测量完成标志位寄存器vad_done 0x1C[5]是否置1
- 清除完成标志位寄存器vad_done 0x1C[5]（连续读取模式忽略此步骤）
- 锁存数据开关打开（连续读取模式）
将数据锁存开关寄存器adc_latch 0x0c[0]打开
- 读取电压测量值
读取寄存器0x40到0x44，以此为Tmoni1~Tmoni5的温度测量值
- 锁存数据开关关闭（连续读取模式）
将数据锁存开关寄存器0x0c[0]关闭
- 温度测量结束

Himalaya700-0010

图8.6 温度测量

8.7 电池均衡

本芯片具有电池均衡功能。该功能可以在ACTIVE和STANDBY模式下开启，并且可以使用内部或外部MOSFET进行被动电池均衡。

电池均衡的开启需要使能相应通道均衡功能（寄存器0x15[15:0]和0x16[1:0]:CBSEL CELL1~18均衡功能使能），在电池均衡功能开启之前需要将电池均衡功率（寄存器0x64~0x67[15:0]、0x68[15:8]:PWM CELL1~18均衡功率配置）及均衡时间（寄存器0x69[15:0]:PWM_TIMER 电池均衡时间）配置完成，同时需注意均衡时OV/UV检测功能不能正常工作，故需提前将OV/UV检测功能关闭（寄存器0x0C[7:6]:UVMSK/OVMSK置为“11”）。

开启均衡的通道可通过寄存器0x56[15:0]、0x57[1:0]:CBSTAT来确定。

在电池均衡功能实现和使用上需留意以下几点：

- 电池均衡通过打开内置MOSFET(SW)来实现该功能，如图8.7。
- 内置MOSFET(SW)的到导通电阻（ R_{ON} ）标称为12.5Ω，最大为20Ω，可用于估算均衡电流。
- 对于单电池或多电池均衡，用户应设置外部电阻（R）值，保证流过内置MOSFET的电流（ $I_{CB(n)}$ ）不超过100mA。
- 若需要超过50mA的均衡电流，建议使用外部FET进行电池均衡，如图8.8所示。
- 使用电池均衡时，用户需要将5.5V稳压器设置为正常工作状态。
- 相邻电池不能同时进行均衡。
- 电池均衡启用时，OV/UV检测将不能正常工作，故在启用电池均衡前，需关闭OV/UV检测功能。
- 在使用电池均衡功能时，IC功耗会增加。用户需要根据实际使用环境等因素进行设计，预留足够余量保证IC不会热关断，影响使用。请参考Himalaya700热功耗参数，根据实际电源电压、负载和环境因素调整均衡功能的配置。

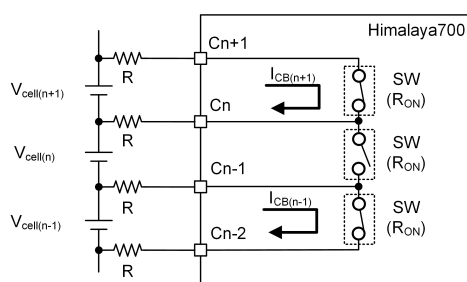


图8.7 内置MOSFET电路示例

SW：内置MOSFET

R_{ON} ：MOSFET导通电阻（Max.20Ω）

$$I_{CB(n+1)} = V_{Cell(n+1)} / (2R + R_{ON})$$

$$I_{CB(n-1)} = V_{Cell(n-1)} / (2R + R_{ON})$$

外置MOSFET实现电池均衡功能内容如下

- 外部电池均衡功能可通过外置NMOS FET实现。在电池均衡启用后，根据电池电压（ $V_{Cell(n)}$ ）及内置MOSFET导通电阻 R_{ON} 和外部电阻R得到电流（ $I_{B(n)}$ ），外置NMOS FET的 V_{GS} 电压即为外部电阻R上的电压。
- 内置MOSFET(SW)的导通电阻 R_{ON} 标称为12.5Ω，最大为20Ω。
- 通过电池电压($V_{Cell(n)}$)和电阻值($R_{CB} + R_{ON_EXT}$)可计算得到外部MOSFET的电池均衡电流($I_{CB(n)}$)。

- 用户应设置外部电阻(R)值, 保证内置MOSFET电流($I_{CB(n)}$)不超过50mA。

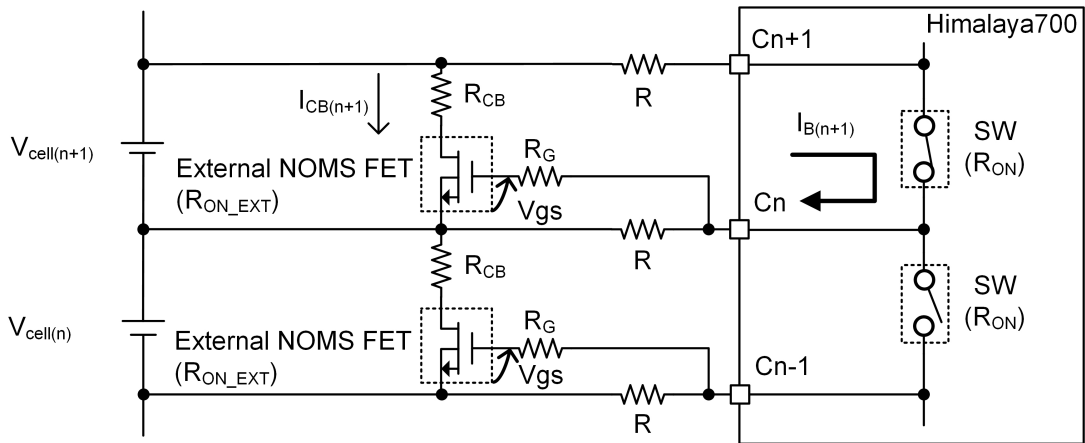


图8.8 外置MOSFET电路示例

V_{gs} : 外置NMOS FET的栅源电压

SW : 内置MOSFET

R_{ON_EXT} : 外置NMOS FET导通电阻

RON: MOSFET导通电阻 (Max.20Ω)

R_g : 外置NMOS FET栅极电阻

$$I_{B(n+1)} = V_{Cell(n+1)} / (2R + R_{ON})$$

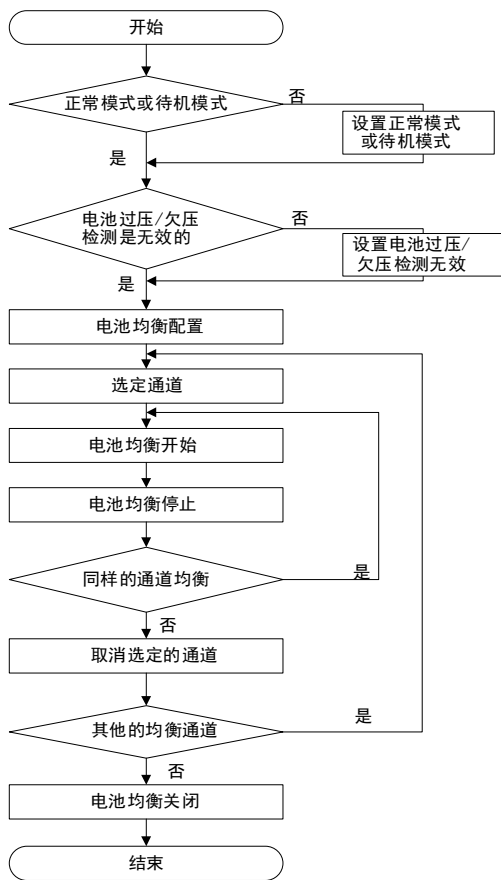
$$V_{GS} = R \times I_{B(n+1)}$$

$$I_{CB(n+1)} = V_{Cell(n+1)} / (R_{CB} + R_{ON_EXT})$$

表8.5 电池均衡寄存器

地址	bit	定义	功能描述
0x0C	[7:6]	OV/UVMSK	OV/UV电压保护功能使能位
0x15	[15:0]	CBSEL	Cell3 ~ Cell18 电池均衡使能位
0x16	[1:0]		Cell1 ~ Cell2 电池均衡使能位
0x56	[15:0]	CBSTST	Cell3 ~ Cell18 电池均衡状态位
0x57	[1:0]		Cell1 ~ Cell2 电池均衡状态位
0x64 ~ 0x67	[15:0]	PWM	Cell1 ~ Cell16 电池均衡功率设置
0x68	[15:8]		Cell17 ~ Cell18 电池均衡功率设置

电池均衡流程图如图8.9所示。



- 准备工作
设置为活动模式或备用模式、5.5V设置为正常模式、禁用过压/欠压检测
- 电池均衡配置
配置均衡工作时间设置寄存器0x69[11: 0] =>FFF(默认)，配置均衡工作时间为最长配置均衡功率设置寄存器0x64-68[15: 0] & 0x68[15: 8] => FF配置均衡功率为最大
- 选择均衡通道
设置寄存器 0x15[15:0] & 0x16[1:0] => 1，开启均衡通道
- 电池均衡开始
设置寄存器0x0C[8] => 1，开始电池均衡操作
- 电池均衡停止
设置寄存器0x0C[8] => 0，开始电池均衡操作
- 检查均衡工作标志
读取寄存器0x56[15: 0] & 0x57[1:0]，如标识位为“1”，说明该通道均衡功能正在工作
- 取消选择均衡通道
设置寄存器0x15[15:0] & 0x16[1:0] => 0关闭均衡通道
- 其他的均衡通道
当需要选择其他均衡通道，则重复“选择通道”到“取消选定的通道”步骤。
- 电池均衡关闭
设置寄存器0x0C[8] => 0，关闭电池均衡操作

Himalaya700-0011

图8.9 电池均衡

8.8 通用输入/输出 (GPIO1,GPIO2,GPIO3)

本芯片内置三个低压GPIO引脚(GPIO1~3)。GPIO引脚需要的能量取于CVDD。

GPIO的工作模式通过寄存器0x0D(GPIO1)、0x0E(GPIO2)、0x0F(GPIO3)[11:8]:GPIOSEL进行设置。

GPIO引脚的输出配置功能如下表8.6所示。

表8.6 GPIO引脚输出配置寄存器

地址	bit	配置	定义	功能描述
0x0D(GPIO1) 0x0E(GPIO2) 0x0F(GPIO3)	[11:8]	0000	GPIO(GENERAL)	无操作
		0011	ADIRQ1 OUTPUT	测量完成标志位
		0100	ALARM1 OUTPUT	保护触发标志位 1
		0101	CLK OUTPUT	时钟信号输出
		0111	ACTIVE MODE STATE OUTPUT	进入ACTIVE模式标志位
		1000	STANDBY MODE STATE OUTPUT	进入STANDBY模式标志位
		1011	ALARM2 OUTPUT	保护触发标志位 2
		1110	PROHIBITED	禁止

GPIO引脚可配置各种配置如表8.7。

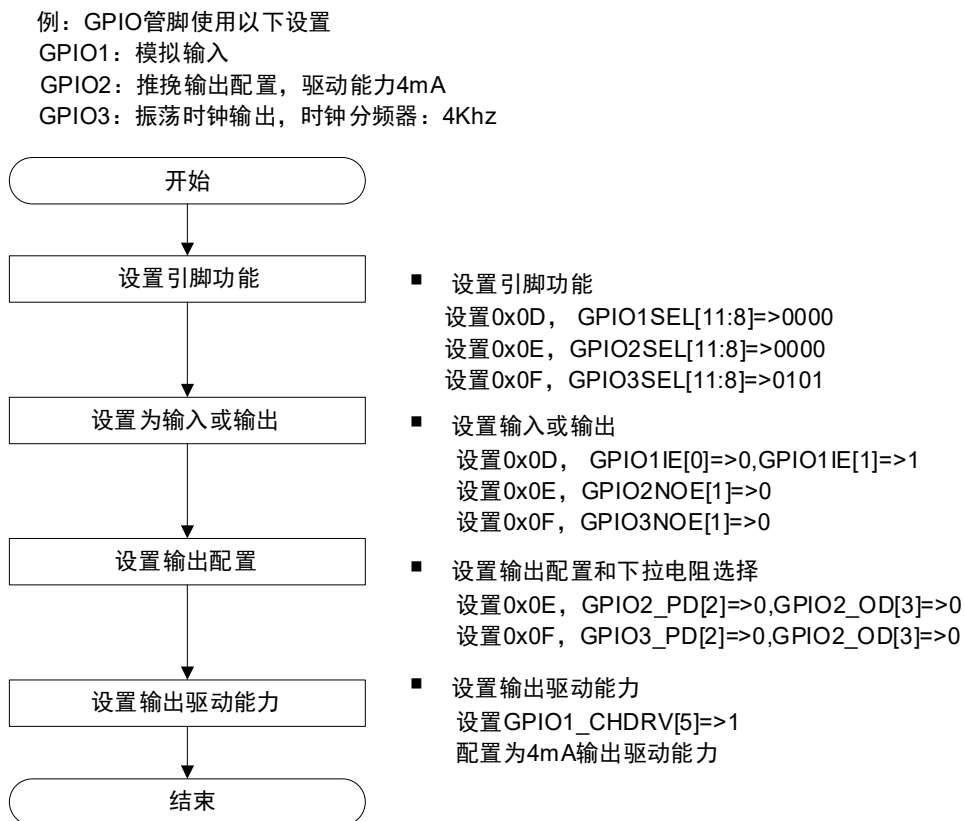
表8.7 GPIO引脚功能配置寄存器

地址	bit	定义	功能描述
0x0D(GPIO1) 0x0E(GPIO2) 0x0F(GPIO3)	[5]	GPIO_CHDRV	GPIO引脚输出驱动性能
	[4]	GPIO_OUT	GPIO引脚数字输出数据
	[3]	GPIO_OD	GPIO引脚输出配置
	[2]	GPIO_PD	GPIO引脚下拉电阻器配置
	[1]	GPIO_NOE	GPIO输出使能位
	[0]	GPIO_IE	GPIO输入使能位

在配置GPIO工作模式时注意点如下：

- 当GPIO引脚配置为输出时，不能设置下拉电阻。
- 当GPIO配置为输入（GPIO_IE置“1”且GPIO_NOE置“1”）时,GPIO1~2可用作TMONI功能。
- 当GPIO配置为输入（GPIO_IE置“1”且GPIO_NOE置“1”）时,可以连接外部电压源，用于电压测量。此功能需单个GPIO进行配置和操作，不可将三个GPIO同时配置且用于该功能。
- 当GPIO用于外部电压源测量时，外部电压源需小于CVDD电压值。

GPIO操作流程图如图8.10所示。



Himalaya700-0012

图8.10 GPIO操作

8.9 监控和报警

本芯片基于比较器电路监测测量电压，检测异常电池电压（过压或欠压）、TMONI电压、VDD55电压（过压或欠压）、TGA电压（过压）、REGEXT电压（过压或欠压）、VREF电压（过压或欠压）、VDDL电压（过压或欠压）和VPAC电压（过压或欠压）。

只有工作在ACTIVE模式下才能检测到过压或欠压。在INACTIVE模式下，ADC以一定的间隔工作，所以OV/UV检测的执行方式不同，只有在INACTIVE返回ACTIVE模式时，才会进行一次电压测量，并进行OV/UV检测。STANDBY和SHUTDOWN模式下默认ADC是不工作的，所以此时不进行OV/UV检测。

运行测量电压监控和保护功能的配置和操作如下

- 开启OV/UV保护检测（寄存器0x0C[7:6]:OV/UVMSK）功能。
- 在未触发任何保护情况下确认ALARM1是否为高（ALARM可以通过寄存器0x12[15]:ALARMSEL配置ALARM1或ALARM2输出）。
 - 配置相应通道的阈值寄存器。
 - 配置是否启用异常数据锁存功能（寄存器0x06[7]:OVUV_DATA_FREEZE）。
 - 启用相应通道的电压测量功能。
 - 启用相应通道异常警报信号（ALARM1拉低）生效的功能（电池电压OV/UV无该配置）。
 - 启用单次或连续测量功能（详细请查看7.5.1），读取相应通道电压。
 - 读取相应通道的保护状态位。
 - 若触发过压或欠压保护，则触发异常数据锁存且ALARM1引脚会被拉低。
 - 异常消失，清除所有OV/UV的flag后，结束异常数据的锁存且ALARM1引脚重新被拉高。

如上描述为监控和保护功能基本的操作步骤和表现，具体操作寄存器请查看对应保护功能的配置寄存器表，注意电压读取部分操作未在表中标注说明，详细请查看8.5。

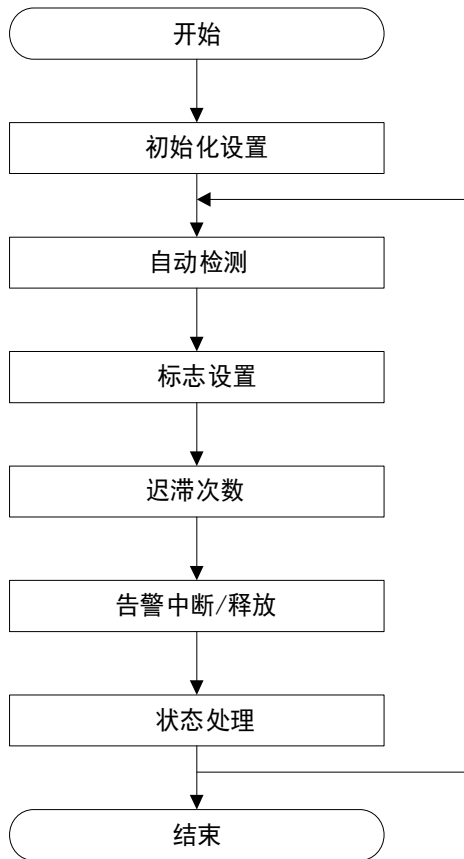
表8.8 电池电压OV/UV功能配置寄存器^{注1}

地址	bit	定义	功能描述
0x0C	[7]	UVMSK	欠压保护功能使能位
	[6]	OVMSK	过压保护功能使能位
0x04	[15:0]	CV_OVTH	电池过压阈值设置
0x0A	[15:0]	CV_UVTH	电池欠压阈值设置
0x12	[15]	ALARMSEL ^{注2}	ALARM1或ALARM2输出
0x5A	[9:0]	CFG_OV_CNT	电池过压告警迟滞次数
0x5B	[9:0]	CFG_UV_CNT	电池欠压告警迟滞次数
0x05	[15:0]	CVSEL	Cell15 ~ Cell0 电压测量使能位
	[2:0]		Cell18 ~ Cell16 电压测量使能位
0x06	[8]	ADC_OUV_CLR	清除ADC0所有电池OV/UV的flag
	[7]	OVUV_DATA_FREEZE	ADC0、ADC1过压或欠压异常数据锁存使能位
0x22 ~ 0x23	/	OV_STAT	Cell18 ~ Cell1 当前过压状态标志位
0x24 ~ 0x25	/	UV_STAT	Cell18 ~ Cell1 当前欠压状态标志位
0x27	[1]	ST_OV	存在电池存在过压状态标志位
	[0]	ST_UV	存在电池存在欠压状态标志位
0x28 ~ 0x39	[15:0]	CV_AD	Cell18 ~ Cell1 电池电压测量数据
0x52 ~ 0x53	/	OVL_STAT	Cell18 ~ Cell1 当前或历史过压状态标志位
0x54 ~ 0x55	/	UVL_STAT	Cell18 ~ Cell1 当前或历史欠压状态标志位

注1：该表为电池电压OV/UV保护可操作的寄存器表，并不代表必须配置，可根据实际应用配置。

注2：ALARM2输出可使用GPIO引脚进行输出，详细请查看8.8。

电池电压过压或欠压操作流程如图8.11所示。



- 初始设置
过压/欠压检测功能开启: 0x0C O/UVMSK[7:6] => 1
阈值 OVTH 0x04[15:0] UVTH 0x0A[15:0]
产生告警的迟滞次数 0x5A CFG_OV_CNT[9:0]
0x5B CFG_UV_CNT[9:0]
- 自动检测
通过ADC测量电压检测电压是否异常
- 标志设置
电压标志: OV_F (0x22[15:0];0x23[1:0])
UV_F (0x24[15:0];0x25[1:0])
OV_LF (0x52[15:0];0x53[1:0])
UV_LF (0x54[15:0];0x55[1:0])
ST_OV (0x27[0])
ST_UV (0x27[1])
- 迟滞次数
如果有异常或恢复正常
- 告警中断/释放
输出 告警1/告警2 (L:告警产生, H:告警释放)
- 状态处理
决定是否根据告警进行相应动作

Himalaya700-0013

图8.11 电池电压过压或欠压

如下为不同保护功能的操作寄存器，请根据实际测试查看相应的操作寄存器描述。

表8.9 TMONI(GPIO1-2)温度异常配置寄存器^{注1}

地址	bit	定义	功能描述
0x0C	[7]	UVMSK	欠压保护功能使能位
	[6]	OVMSK	过压保护功能使能位
0x06	[11]	RESET_F	清除ADC1测量位OV/UV的flag
0x07	[2:0]	TMONISEL	TMONI3 ~ TMONI5 电压测量功能使能位
0x55	[9:8]		TMONI1 ~ TMONI2 电压测量功能使能位
		[3:2]	GPADSEL
0x5C	[15:0]	OV_TMONI_TH	TMONI过温阈值设置
0x12	[15]	ALARMSEL ^{注2}	ALARM1或ALARM2输出
	[11]	EN_TO_ALARM_OV_TMONI	TMONI温度异常使能ALARM1拉低
0x40 ~ 0x44	[15:0]	TMONI_AD	TMONI1 ~ TMONI5 电压测量数据
0x18	[12:8]	OV_TMONI_FLG	TMONI1 ~ TMONI5 过温状态标志位
	[3:2]	OV_GPIO_FLG	GPIO1 ~ GPIO2 过压状态标志位

注1：寄存器表中包含GPIO1-2复用TMONI功能的情况，请根据实际情况进行配置。

注2：ALARM2输出可使用GPIO引脚进行输出，详细请查看7.7。

表8.10 VDD55/REGEXT/VDDL/VREF/VPACK 过压或欠压配置寄存器^{注1}

VDD55 OV/UV过压或欠压配置寄存器			
地址	bit	定义	功能描述
0x0C	[7]	UVMSK	欠压保护功能使能位
	[6]	OVMSK	过压保护功能使能位
0x06	[11]	RESET_F	清除ADC1测量位OV/UV的flag
0x07	[13]	VDD55SEL	VDD55 电压测量功能使能位
0x77	[7:0]	VDD55_UV_TH	VDD55 欠压阈值设置
0x7A	[7:0]	VDD55_OV_TH	VDD55过压阈值设置
0x12	[15]	ALARMSEL ^{注2}	ALARM1或ALARM2输出
	[10]	EN_TO_ALARM_UV_VDD55	VDD55欠压使能ALARM1拉低
	[9]	EN_TO_ALARM_OV_VDD55	VDD55过压使能ALARM1拉低
0x4F	[15:0]	VDD55_AD	VDD55 电压测量数据
0x26	[1]	OV_VDD55_FLG	VDD55 过压状态标志位
	[0]	UV_VDD55_FLG	VDD55 欠压状态标志位
REGEXT OV/UV过压或欠压配置寄存器			
地址	bit	定义	功能描述
0x07	[13]	VDD55SEL	VDD55 电压测量功能使能位
0x77	[7:0]	VDD55_UV_TH	VDD55 欠压阈值设置
0x7A	[7:0]	VDD55_OV_TH	VDD55过压阈值设置
0x12	[10]	EN_TO_ALARM_UV_VDD55	VDD55欠压使能ALARM1拉低
	[9]	EN_TO_ALARM_OV_VDD55	VDD55过压使能ALARM1拉低
0x4F	[15:0]	VDD55_AD	VDD55 电压测量数据
0x26	[1]	OV_VDD55_FLG	VDD55 过压状态标志位
	[0]	UV_VDD55_FLG	VDD55 欠压状态标志位
VDDL OV/UV过压或欠压配置寄存器			
地址	bit	定义	功能描述
0x07	[11]	VDDLSEL	VDDL 电压测量功能使能位
0x78	[7:0]	VDDL_UV_TH	VDDL 欠压阈值设置
0x7B	[7:0]	VDDL_OV_TH	VDDL过压阈值设置
0x11	[11]	OVUV_RESET_EN ^{注3}	VDDL OV/UV或TGA OV时的复位操作
0x12	[3]	EN_TO_ALARM_UV_VDDL	VDDL欠压使能ALARM1拉低
	[2]	EN_TO_ALARM_OV_VDDL	VDDL过压使能ALARM1拉低
0x4D	[15:0]	VDDL_AD	VDDL 电压测量数据
0x26	[7]	OV_VDDL_FLG	VDDL 过压状态标志位
	[6]	UV_VDDL_FLG	VDDL 欠压状态标志位
VREF OV/UV过压或欠压配置寄存器			
地址	bit	定义	功能描述
0x07	[10]	VREFSEL	VREF 电压测量功能使能位
0x58	[15:0]	UV_VREF_TH	VREF 欠压阈值设置
0x59	[15:0]	OV_VREF_TH	VREF过压阈值设置

0x12	[5]	EN_TO_ALARM_UV_VREF	VREF欠压使能ALARM1拉低
	[4]	EN_TO_ALARM_OV_VREF	VREF过压使能ALARM1拉低
0x4C	[15:0]	VREF_AD	VREF 电压测量数据
0x26	[10]	HVREF_FLG	VREF 过压状态标志位
	[9]	LVREF_FLG	VREF 欠压状态标志位

VPACK OV/UV过压或欠压配置寄存器

地址	bit	定义	功能描述
0x07	[14]	VPACKSEL	VPACK 电压测量功能使能位
0x5D	[15:0]	OV_VPACK_TH	VPACK过压阈值设置
0x5E	[15:0]	UV_VPACK_TH	VPACK欠压阈值设置
0x12	[1]	EN_TO_ALARM_UV_VPACK	VPACK欠压使能ALARM1拉低
	[0]	EN_TO_ALARM_OV_VPACK	VPACK过压使能ALARM1拉低
0x50	[15:0]	VPACK_AD	VPACK 电压测量数据
0x18	[1]	OV_VPACK_FLG	VPACK 过压状态标志位
	[0]	UV_VPACK_FLG	VPACK 欠压状态标志位

注1：红色标识部分为以上保护功能均需要配置的寄存器。

注2：ALARM2输出可使用GPIO引脚进行输出，详细请查看7.7。

注3：该功能仅存在于VDDL OV/UV或TGA OV。

TGA（芯片温度）过温保护存在过温shutdown阈值（寄存器0x5F[15:8]:OV_TG_TH_SHD）设置，增加该阈值设置后在TGA（芯片温度）检测到符合阈值情况下触发工作模式转换为shutdown的操作。

表8.11 TGA（芯片温度）过温配置寄存器

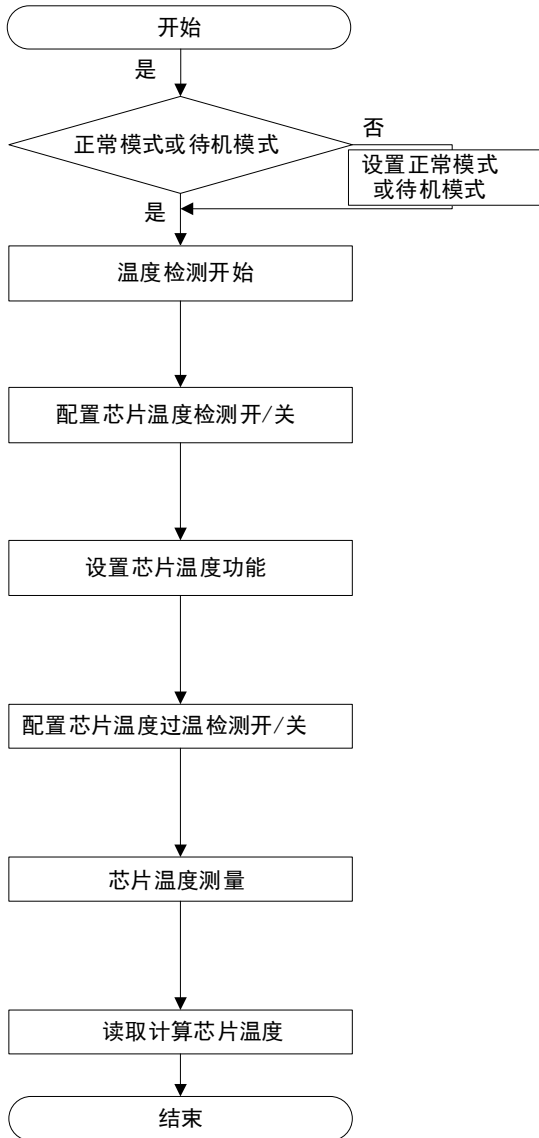
TGA 过温配置寄存器			
地址	bit	定义	功能描述
0x0C	[6]	OVMSK	过压保护功能使能位
0x06	[11]	RESET_F	清除ADC1测量位OV/UV的flag
0x07	[15]	TGSEL	TGA（芯片温度）电压测量功能使能位
0x5F	[15:8]	OV_TG_TH_SHD	TGA(芯片温度) 过温shutdown阈值设置
	[7:0]	OV_TG_TH	TGA（芯片温度）过温阈值设置
0x7B	[7:0]	VDDL_OV_TH	VDDL过压阈值设置
0x11	[13]	TSD_F_SET ^{注1}	TGA（芯片温度）异常转换为shutdown模式
	[11]	OVUV_RESET_EN ^{注2}	VDDL OV/UV或TGA OV时的复位操作
0x12	[15]	ALARMSEL ^{注3}	ALARM1或ALARM2输出
	[8]	EN_TO_ALARM_TGA	TGA（芯片温度）异常使能ALARM1拉低
0x51	[15:0]	TG_AD	TGA 电压测量数据
0x26	[11]	OV_TGA_FLG	TGA（芯片温度）过温状态标志位

注1：该功能仅属于TGA过温。

注2：该功能仅存在于VDDL OV/UV或TGA OV。

注3：ALARM2输出可使用GPIO引脚进行输出，详细请查看8.8。

TGA（芯片温度）过温shutdown操作流程如图8.12所示。



- 准备工作
设置为活动模式或备用模式、5.5V设置为正常模式
- 配置测量通道
设置 TGsel 0x07[15] => 1, 开启芯片温度测量通道
- 配置芯片温度功能
设置 OV_TG_TH_SHD 0x5F[15:8] 过温Shutdown阈值
设置 OV_TG_TH_RST 0x5F[7:0] 过温Reset阈值
设置 OVUV_RESET_EN 0x11[11] 启用过温Reset功能
设置 TSD_F_SET 0x11[13] 启用过温Shutdown功能
设置 EN_TO_ALARM_UV_REGEXTD 0x12[8] 启用过温警告功能
- 配置芯片温度过温检测功能
设置 OVMSK 0x0C[6]=>0 开启过温OV功能
- 芯片温度测量开始
设置 ADC_TRG 0x0C[4] => 1 单次测量开关
读取 VAD_DONE 0x1C[5] ADC测量完成标志
设置 VAD_DONE 0x1C[5] => 1 清除ADC测量完成标志
设置 ADC_LATCH 0x0C[0] => 1 ADC测量数据锁存
- 读取计算芯片温度
读取 0x51[15:0] 芯片温度寄存器

Himalaya700-0014

图8.12 TGA（芯片温度）过温shutdown

8.10 电池开路检测

本芯片内置开路检测功能。

当开路检测功能打开时，会自动进行两次电压检测。

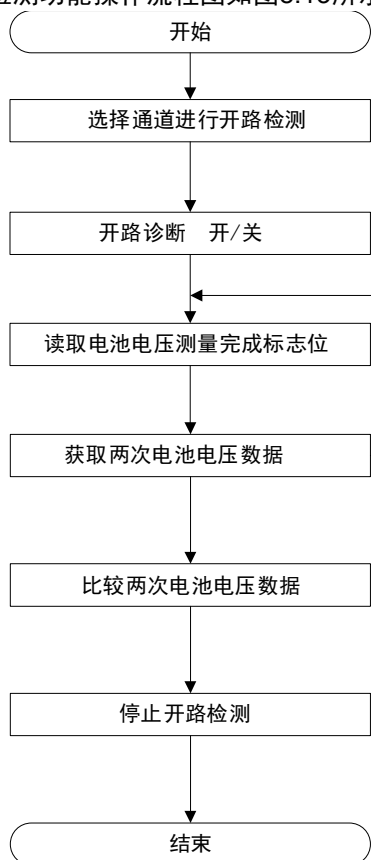
当通道存在开路的情况时，因开路对应的通道引脚相当于是浮空的，所以此时通道获取电压值会出现非常态的上升或下降（变化幅度变大），最终导致前两次通道电压检测的值出现剧烈变化。此时需要MCU根据电池电压测量完成标志位（寄存器0x1C[5]:VAD_DONE）和ACTIVE模式标志位（寄存器0x1C[0]:ST_ACT）进行判断和读取两次电芯电压值。当开路检测功能打开时电压测量完成标志位（寄存器0x1C[5]:VAD_DONE）和ACTIVE模式标志位（寄存器0x1C[0]:ST_ACT）会全部置'0'，在电压测量完成标志位（寄存器0x1C[5]:VAD_DONE）置'1'时可读取到第一次电池电压值，在电压测量完成标志位（寄存器0x1C[5]:VAD_DONE）和ACTIVE模式标志位（寄存器0x1C[0]:ST_ACT）会全部置'1'时可读取到第二次电池电压值，通过比较第一次电池电压测量结果和第二次电池电压测量结果，判断是否为通道开路。

用户可以通过寄存器设置选择检测通道，也可同时检测多个通道。

表8.12 电池开路检测配置寄存器

地址	bit	定义	功能描述
0x19	[15:0]	INRCV	Cell0 ~ Cell15 电池开路检测通道使能位
0x1A	[2:1]		Cell16 ~ Cell18 电池开路检测通道使能位
0x1B	[0]	NPD_INR	开路检测功能使能位

电池开路检测功能操作流程如图8.13所示。



- 选择通道进行开路检测
要进行开路检测的引脚设置为“1”
C0~C18引脚:设置INR_CV_n标志(地址0x19[15:0])和(地址0x1A[2:0])为“1”，INR_CV对应Cn引脚。
(例如在INR_CV_0的情况下，在C0引脚进行开路检测。)
- 开路诊断 开/关
设置NPD_INR(地址:0x1B[0])为“1”，用于开启检测
- 读取电池电压测量完成标志位
读取电池电压测量完成标志位寄存器0x1C[5]:VAD_DONE为“1”时
- 获取两次电池电压数据
根据不同电流源(Isink/Isource)进行两次电压检测
- 比较数据
比较得到的两次电池电压数据来判断是否为通道开路。
- 停止开路检测
设置INR_CV(地址0x19[15:0])和(地址0x1A[2:0])为“0”
设置NPD_INR(address:0x1B[0])为“0”

Himalaya700-0015

图8.13 电池开路检测

8.11 芯片异常处理

8.11.1 VDD55 UVLO

除非另有说明，这些特性是在推荐的操作条件下规定的：VBAT = 62.9 V, CVDD = 5.0V, 环境温度：Ta = 25°C±2°C并测试电路参考。

表8.13 VDD55 UVLO

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
UVLO detection voltage	VIL_UV2		—	4.5	—	V
UVLO release voltage	VIH_UV2		—	4.75	—	V

8.11.2 REGEXT UVLO

除非另有说明，这些特性是在推荐的操作条件下规定的：VBAT = 62.9 V, CVDD = 5.0V, 环境温度：Ta = 25°C±2°C并测试电路参考。

表8.14 REGEXT UVLO

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
UVLO detection voltage	VIL_UV1	REGSEL pin=L	—	4	—	V
UVLO release voltage	VIH_UV1	REGSEL pin=L	—	4.2	—	V

8.12 SPI通信

Himalaya700与MCU通信采用四线SPI通信接口，带有SDI、SDO、SCL和SEN引脚。

表8.15 SPI功能

功能脚	SDO（数据输出：Pin61） SDI（数据输入：Pin62） SCL（时钟输入：Pin63） SEN（使能输入：Pin64）					
通信方式	数据写（2字节）向设置地址写入数据 数据读（2字节）到设置地址的数据读出 连续读取（2字节×M）连续n个地址从设置地址中读取数据					
通讯时间	数据写	$(1/fSCK \times 40) + tSEN_LD + tSEN_LG + tSEN_LO$				
	数据读	$(1/fSCK \times 48) + tSEN_LD + tSEN_LG + tSEN_LO$				
	连续读取	$(1/fSCK \times (40 + (16 \times M^{注1}))) + tSEN_LD^{注2} + tSEN_LG + tSEN_LO$				
CRC多项式	X8+X7+X6+X4+X2+1，初始值：0xD5					
通信错误检测	SDO引脚（当错误时“低电平”输出），输出状态标志（SPI_F(SPI_STAT:bp14)）					
SPI看门狗定时器	可配置的时间：1 ~ 4096s（默认：60s）					

注1：M为连续读数据数。

注2：tSEN_xx为通信延时时间（参考电气特性）。

表8.16 操作所需通讯时间

通讯	MCU –Himalaya700通信时间
数据写	$(1/fSCK \times 40) + tSEN_LD + tSEN_LG + tSEN_LO$
数据读	$(1/fSCK \times 48) + tSEN_LD + tSEN_LG + tSEN_LO$
连续读取	$(1/fSCK \times (40 + (16 \times M))) + tSEN_LD + tSEN_LG + tSEN_LO$

注1：M为连续读数据数。

注2：tSEN_xx为通信延时时间（参考电气特性）。

8.12.1 通讯方式

Himalaya700内置通讯方式包括数据写 (2bytes)、数据读(2bytes), 连续读取(2bytes×M)。

当从关机模式唤醒到活动模式时, SDO电平将从低电平变为高电平。标志着 Himalaya700可以在500ns后开始正式通讯。SDO引脚用于指示通信的正确性, 当通信出现错误时, SDO引脚将变为低电平。要找出错误的原因, 请读取SPI_F标志(地址0x21[12])。

另外SPI_Shutdown检测引脚为CS。

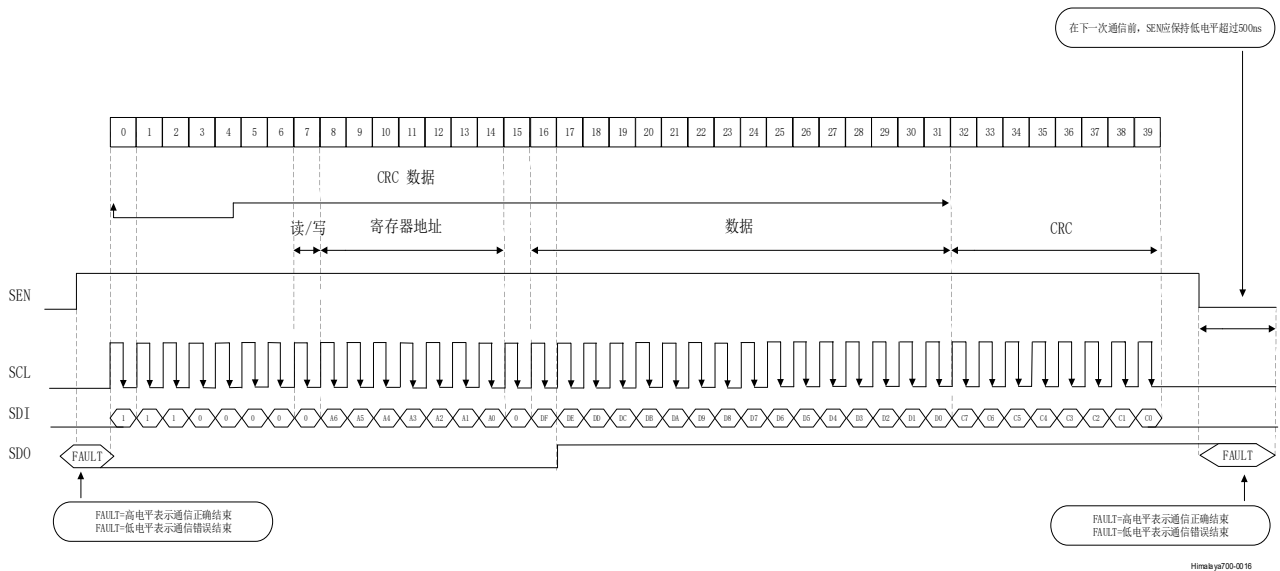


图8.14 数据写入时序图(2bytes)

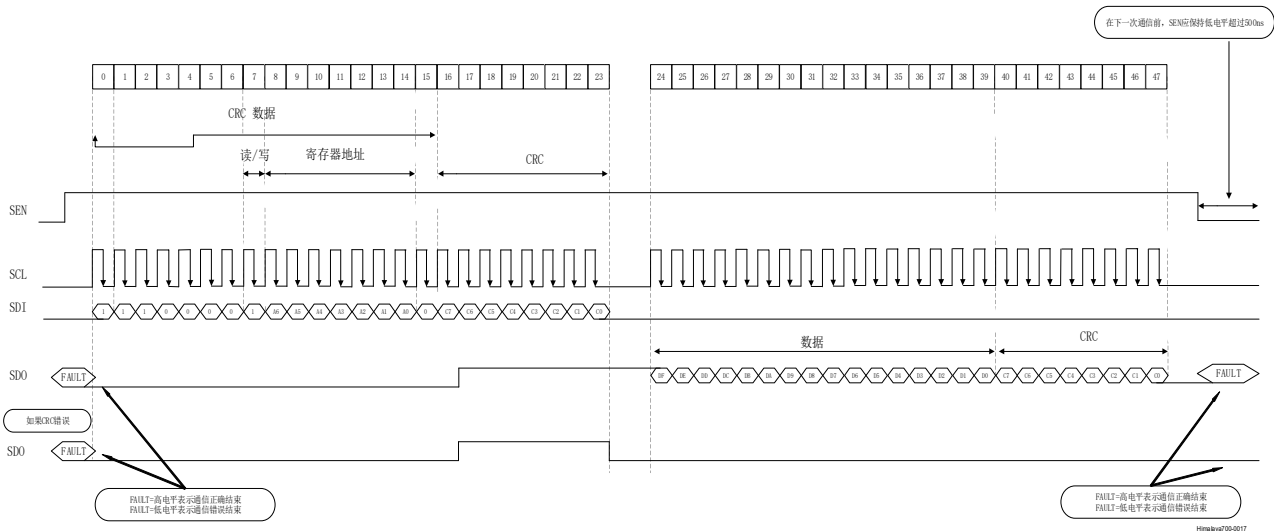


图8.15 数据读取时序图(2bytes)

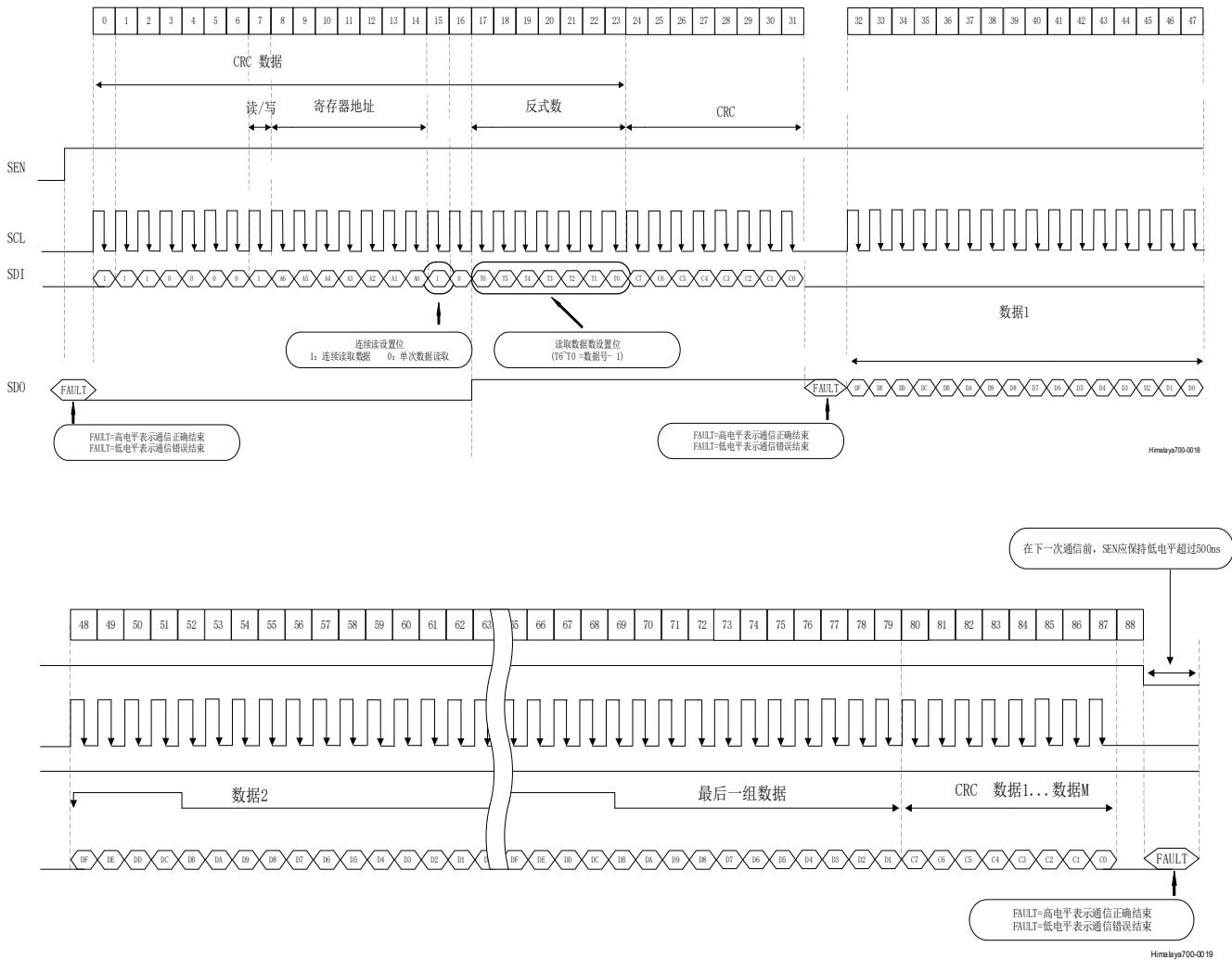


图8.16 连续阅读时序图(2bytes×M)

8.13 电压计算

Cell1~Cell18电压计算:

电压计算方法: $VOLT = [(a \times 3 / 32768) + 1] \times 1.5$, a=有符号数('H)

VPACK电压计算:

电压计算方法: $VOLT = [(a \times 1.2 / 32768) - 0.3] \times 3 \times 30 \times (b / 128 + 1)$, a=无符号数('H), b=(OTP_CH9)

VREF、REGEXT、VDDL、VDD55、GPIO1~GPIO3电压计算:

电压计算方法: $VOLT = [(a \times 1.2 / 32768) - 0.3] \times 3 \times (b / 128 + 1)$, a=无符号数('H), b=(OTP_CH9)

Tmoni1 ~ 5 (外部上拉) 电压计算:

电压计算方法: $VOLT = [(a / 32768) - 1] \times 3 + 2.25 \times (6 / 5)$

TGA温度计算:

温度计算方法: $TEMP = k / 65536 \times 0.1 \times a + b / 32768 \times 1000$, a=无符号数('H), k=(OTP_CH4), b=(OTP_CH6)

8.14 读取OTP方法

Himalaya700需要将OTP记录的值、读取并写入到对应寄存器中。

表8.17 OTP读取方法

0x7E	OTP ADDR			例：第一步：W ('B)	第一步：R ('B)	
R	[15:8]	OTP rdat	8'b0	读取值	00000000	00000010
W	[5]	OTP r	1'b0	1, 去读	1	
R		OTP rd over				1
RW	[4]	OTP no	1'b0	OTP片选	0	0
RW	[3:0]	OTP blank	4'd0	OTP通道号	1010	1010

表8.18 OTP映射表

OTP_CH('H)	映射寄存器('H)	描述
0	0x6A[15:0]=CH0,CH1	CH0=高8bit、CH1=低8bit
1		
2	0x6B[15:0]=CH2,CH3	CH2=高8bit、CH3=低8bit
3		
4	0x6C[15:0]=CH4,CH5	CH4=高8bit、CH5=低8bit
5		
6	0x6D[15:0]=CH6,CH7	CH6=高8bit、CH7=低8bit
7		
8	CH8	Tmoni内部上拉计算参数
9	CH9	VPACK计算参数
A	CHA	VREF绝对值校准参数
B	0x72[15:0]=CHB,CHC	CHB=高8bit、CHC=低8bit
C		

OTPinit 示例:

```
Otpinit{
    for(int i=0; i<8; i+=2 ){
        spi_send (0x7E,0x0020+i);
        spi_read(0x7e, &valH);
        spi_send (0x7E,0x0021+i+1);
        spi_read(0x7e, &valL);
        val = (valH & 0XFF00) + (valL >> 8);
        spi_send(0x6A+(i/2),val);
    }

    spi_send (0x7E,0x002B);
    spi_read(0x7e, &valH);
    spi_send (0x7E,0x002C);
    spi_read(0x7e, &valL);
    val = (valH & 0XFF00) + (valL >> 8);
    spi_send(0x72,val);
}
```

9 寄存器说明

详情请联系英彼森。

10 应用指南

10.1 应用图

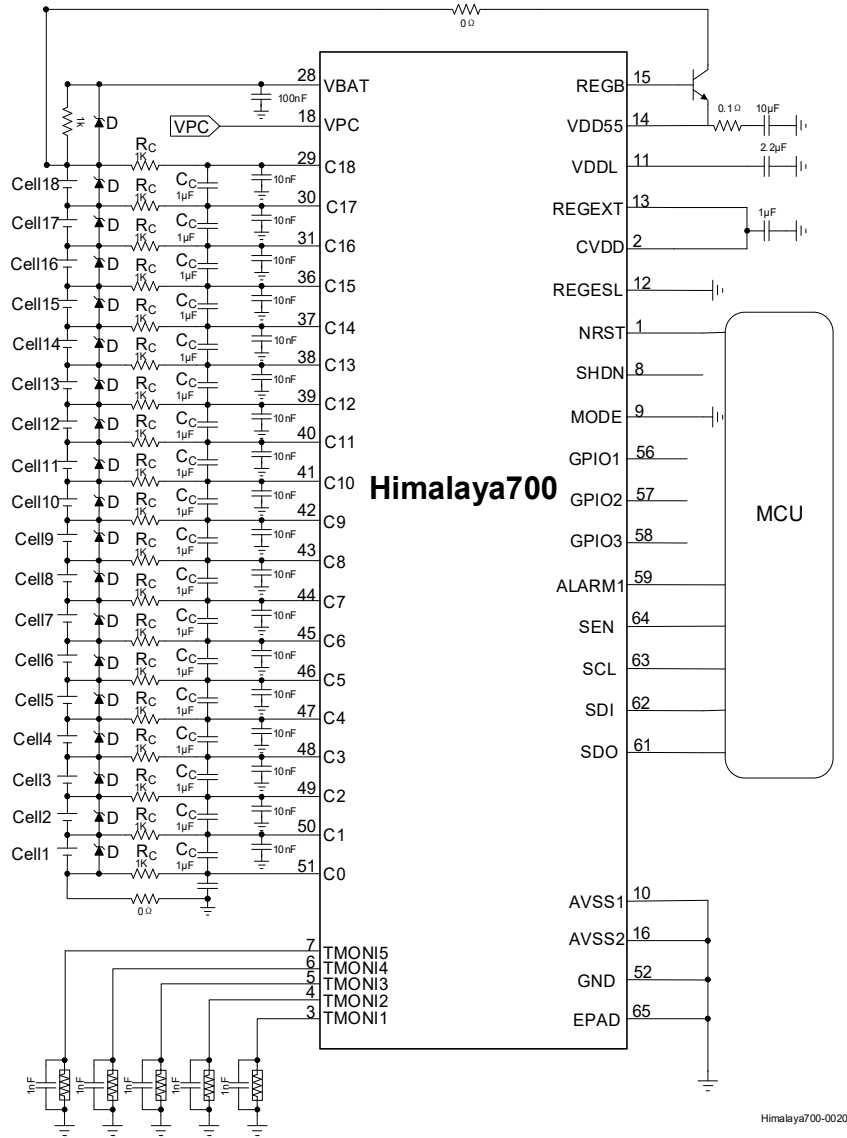
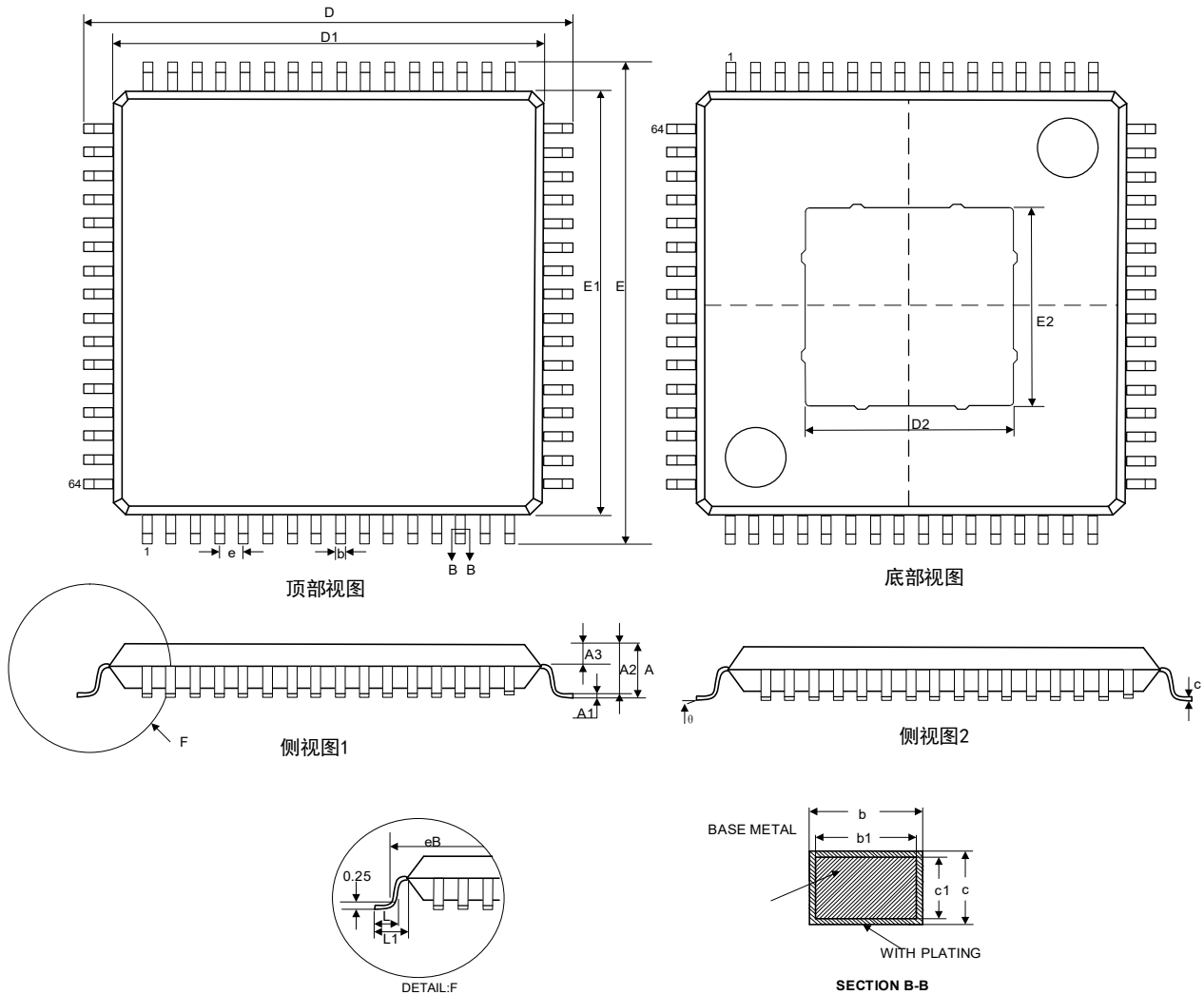


图10.1 应用图

10.2 制板要求

- 1、电容 Cc 应靠近 Himalaya 700 放置，且布线长度应保持一致。

11 封装



Himalaya700-0021

图11.1 Himalaya700 eLQFP-64封装尺寸
表11.1 Himalaya700 eLQFP-64封装尺寸参数 (单位: mm)

尺寸 标注	最小	标准	最大	尺寸 标注	最小	标准	最大
A	-	-	1.60	D2	4.69 REF		
A1	0.05	0	0.15	E	11.80	12.00	12.20
A2	1.35	1.40	1.45	E1	9.90	10.00	10.10
A3	0.59	0.64	0.69	E2	4.69 REF		
b	0.18	-	0.26	e	0.50 BSC		
b1	0.17	0.20	0.23	eB	11.05	-	11.25
c	0.13	-	0.17	L	0.45	-	0.75
c1	0.12	0.13	0.14	L1	1.00 REF		
D	11.80	12.00	12.20	θ	0	-	7°
D1	9.90	10.00	10.10				

12 订货信息

表 12.1 产品订货信息

产品型号	订货号	封装	包装	MSL	工作环温
Himalaya700A	IBSQ6632AQP64T00	eLQFP-64	Tray	Level-3	-40℃~105℃
Himalaya700B	IBSQ6632BQP64T00	eLQFP-64	Tray	Level-3	-40℃~105℃