

LS76920 5 串 BMS 模拟前端芯片手册

1. 器件特征

➤ 采集功能

- 3-5 串随机电池电压监测和电池总压测量
- 内部 14bit ADC 测量电池电压、芯片温度和外部热敏电阻电压
- 单独的 16bit ADC 测量电池组电流（库仑计）
- 支持一个热敏电阻测量

➤ 保护功能

- 充电过流保护（OCC）
- 两级放电过流保护（OCD1/OCD2）
- 放电短路保护（SCD）
- 过压和欠压保护（OV/UV）
- 高温过温和低温欠温保护（OT/UT）

➤ 支持两种从 Ship 到 Normal 模式唤醒功能

- 支持 MCU 通过 I2C 直接唤醒芯片
- 支持 TS 脚唤醒

➤ MOS 驱动

- 集成低侧充电和放电的 NMOS 驱动器

➤ 其它

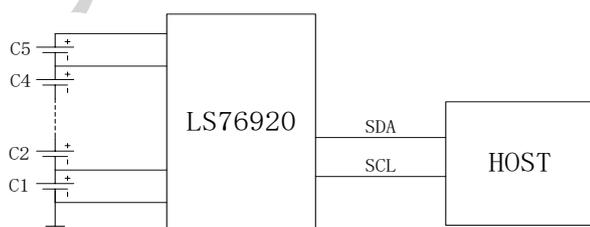
- 支持电芯乱序上电
- 内置电池均衡开关
- 支持均衡看门狗
- 支持自主 MOS 控制（小电流唤醒，AFE 从低功耗模式到 Normal 模式，自主打开充电或放电 MOS，同时触发 ALERT 唤醒主机）
- 支持负载检测
- 到主机 MCU 的警报中断（ALERT 引脚）
- 支持 MCU 通过 I2C 命令进入 SHIP 模式
- 2.5V/3.3V（max 50mA）输出 LDO
- IIC 兼容接口（循环冗余校验（CRC8）选项），集成可配 IIC 看门狗
- TSSOP20 封装

2. 器件概述

LS76920 是一款稳健耐用型模拟前端（AFE）器件通常用作下一代高功率系统（例如户外电源、电动工具和无绳吸尘器）的完整电池组监控和保护解决方案的一部分。LS76920 在设计时充分考虑了低功耗要求，不仅可通过使能/禁用集成电路（IC）中的子模块来控制整个芯片的电流消耗，而且还可以利用 SHIP 模式将电池组轻松切换至超低功耗状态（8uA 电流）。

LS76920 器件支持多达 5 节串联电池组，AFE 可用于管理各种化学成分的电池，例如三元锂、磷酸铁锂等等。通过 IIC，主机控制器可以使用 LS76920 来执行很多电池组管理功能，诸如监视（电池电压、电池组电流、电池组温度），保护（控制充电/放电 FET）以及均衡功能。芯片内集成的模数（A/D）转换器可实现对关键系统参数的纯数字读取。

3. 典型应用



无人机

户外电源

电动工具

无绳吸尘器

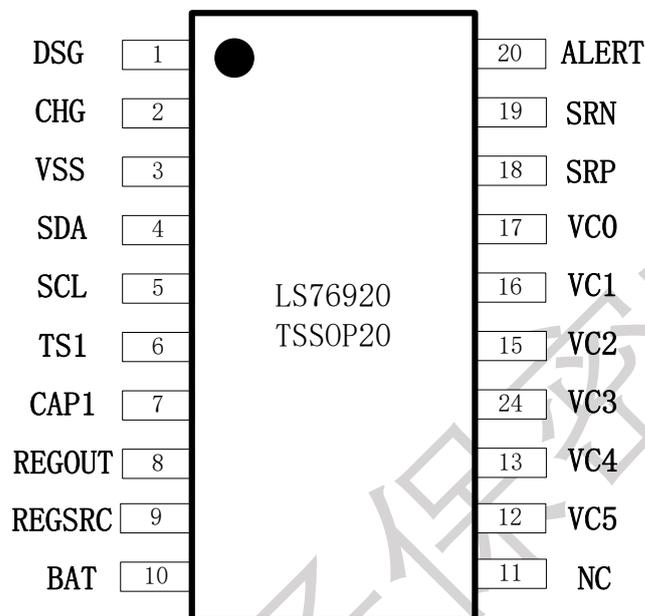
备电或储能系统

目录

1. 器件特征	1
2. 器件概述	1
3. 典型应用	1
4. 引脚分布及定义	3
4.1 引脚分布	3
4.2 引脚定义	3
5. 简化原理图	5
6. 参数指标	6
6.1 极限工作参数	6
6.2 推荐工作参数	6
6.3 电气指标	7
7. 功能描述	13
7.1 系统框图	13
7.2 工作模式及上下电	14
7.3 芯片功能模块	15
8. 寄存器描述	21
8.1 寄存器列表	21
8.2 寄存器详细信	23
9. 封装尺寸	36

4. 引脚分布及定义

4.1 引脚分布



TSSOP20 封装

4.2 引脚定义

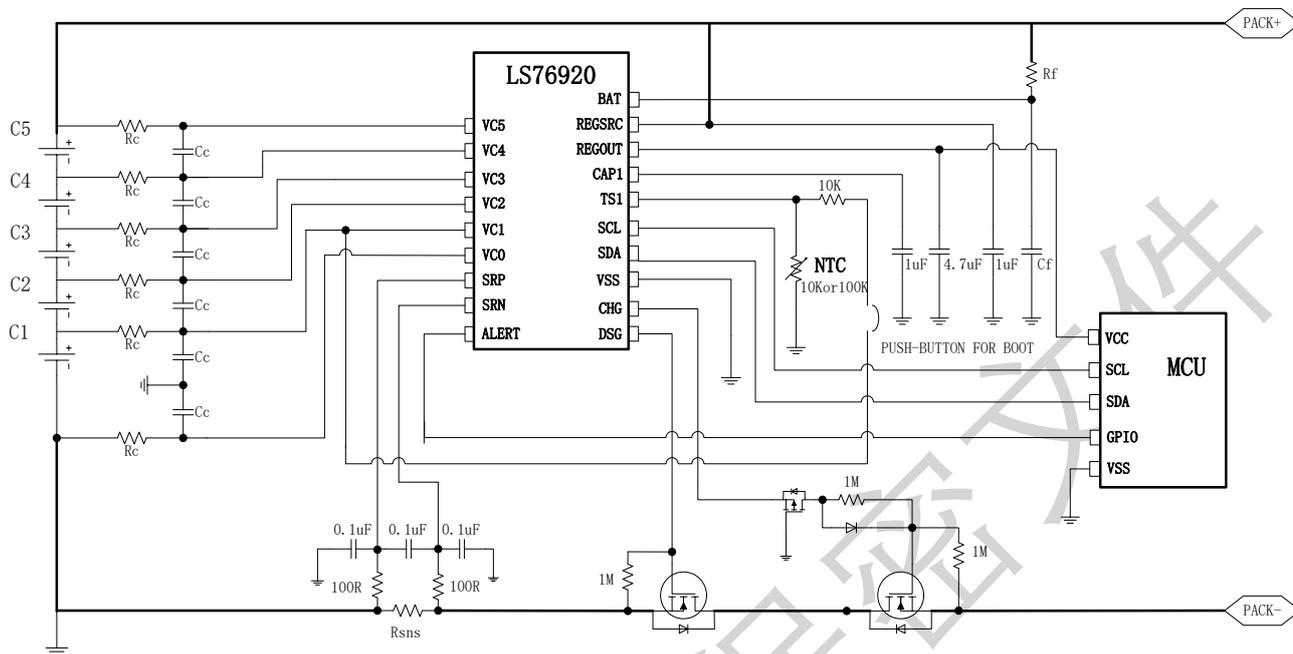
Pin Number	Pin Name	Type	Description
1	DSG	输出	放电 MOS 驱动器的输出
2	CHG	输出	充电 MOS 驱动器的输出
3	VSS		芯片地
4	SDA	输入输出	I2C 数据线
5	SCL	输入	I2C 时钟线
6	TS1	输入	此引脚电压高于一定阈值，将芯片从 ship 模式唤醒为正常模式；正常模式下此引脚也用于连接外部热敏电阻，测量外部温度信息。
7	CAP1	输出	给芯片内部模拟模块使用的 LDO 的输出脚，接 1uF 滤波电容
8	REGOUT	输出 LDO	2.5V 或 3.3V LDO 输出引脚，给芯片内部 I2C 模块和 IO 供电，也可以给 PCB 板上其他芯片

			供电。最大驱动能力 50mA，接 4.7uF 滤波电容。
9	REGSRC	电源	REGOUT LDO 的输入电源
10	BAT	电源	全芯片的输入电源，接最高节电池正端
11	NC		
12	VC5	输入	连第 5 节电池正端
13	VC4	输入	连第 4 节电池正端
14	VC3	输入	连第 3 节电池正端
15	VC2	输入	连第 2 节电池正端
16	VC1	输入	连第 1 节电池正端
17	VC0	输入	连第 1 节电池负端
18	SRP	输入	库伦计的正输入端
19	SRN	输入	库伦计的负输入端
20	ALERT	输入输出	连 MCU 的中断引脚或外部二次保护信号

注意：

- (1) 所有 NC 脚外部不能有电气连接；
- (2) 所有 CAP 引脚除电容之外不能有其它负载。

5. 简化原理图



6. 参数指标

6.1 极限工作参数

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{BAT}	BAT 脚供电电压	BAT-VSS	-0.3		42	V
V _{REGSRC}	REGSRC 脚供电电压	REGSRC-VSS	-0.3		42	V
V _{CELL}	电池电压输入	V(n)-V(n-1) n=1, 2...5	-0.3		18	V
	第一串电池电压地	V0-VSS	-0.3		5.5	V
V _{CAP1}	内部供电 LDO 电压	CAP1-VSS	-0.3		5.5	V
V _{REGOUT}	外部供电 LDO 电压	REGOUT-VSS	-0.3		5.5	V
I _{REGOUT}	REGOUT 输出电流	REGOUT	0		50	mA
V _{DSG}	放电 MOS 驱动电压	DSG-VSS	-0.3		20	V
V _{CHG}	充电 MOS 驱动电压	CHG-VSS	-0.3		20	V
I _{DSG}	放电 MOS 驱动电流	DSG		2		mA
I _{CHG}	充电 MOS 驱动电流	CHG		2		mA
V _{SRP}	电流采样差分输入 P 端	SRP-VSS	-0.3		5.5	V
V _{SRN}	电流采样差分输入 N 端	SRN-VSS	-0.3		5.5	V
V _{TS1}	温度采样接口	TS1-VSS	0		5.5	V
V _{DIGITAL}	IIC 通信数据接口	SDA-VSS	-0.3		5.5	V
	IIC 通信时钟接口	SCL-VSS	-0.3		5.5	V
	ALERT	ALERT-VSS	-0.3		5.5	V
T _A	芯片工作温度		-40		85	°C
T _{STG}	芯片存储温度		-40		150	°C
V _{ESD}	HBM ESD 电压			±1500		V
	CDM ESD 电压			±750		V
θ _{JA}	芯片热阻			102.8		°C/W

6.2 推荐工作参数

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{BAT}	BAT 脚供电电压	BAT-VSS	6		25	V
V _{REGSRC}	REGSRC 脚供电电压	REGSRC-VSS	6		25	V
V _{CELL}	电池电压输入	V(n)-V(n-1) n=1, 2...5	2		5	V
	第一串电池电压地	V0-VSS	-10		10	mV
V _{SR}	电流采样差分输入	SRP-SRN	-0.2		0.2	V
T _{S1}	温度采样接口	TS1-VSS	0		V _{CAP1}	V
V _{DIGITAL}	IIC 通信数据接口	SDA-VSS	0		V _{REGOUT}	V
	IIC 通信时钟接口	SCL-VSS	0		V _{REGOUT}	V
	ALERT	ALERT-VSS	0		V _{REGOUT}	V

R _C	电压采样滤波电阻		1k	Ω	
C _C	电压采样滤波电容		1	μF	
R _F	电源输入滤波电阻		100	Ω	
C _F	电源输入滤波电容		4.7	μF	
C _{CAP1}	CAP1 电源滤波电容		1	μF	
C _{REGOUT}	REGOUT 引脚滤波电容		4.7	μF	
I _{CB}	内部均衡电流		5	mA	
T _A	芯片工作温度		-40	85	°C
T _{STG}	芯片存储温度		25	°C	

6.3 电气指标

上电及功耗

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{CC_BAT}	BAT 脚供电电流	SHIP 模式		8		μA
		工作模式 (电压 ADC ON)		270		μA
		工作模式 (电压 ADC OFF)		206		μA
I _{CC_REGSRC}	REGSRC 脚供电电流	SHIP 模式		0		μA
		工作模式 (电流 ADC ON)		77		μA
		工作模式 (电流 ADC OFF)		27		μA
I _{CELL_SHIP}	采集端口输入电流	SHIP 模式		0		μA
I _{CELL_NOM}	采集端口输入电流	采集模式		±100		nA
V _{POR}	上电阈值电压			4		V
V _{SHUT}	芯片下电阈值电压			3.6		V
T _{SHUTDOWN}	芯片热关断温度			120		°C

电压 ADC 指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
ADC _{RANGE}	电池输入电压范围	推荐输入范围	2		5	V	
	温度输入范围		0		V _{CAP1}	V	
ADC _{LSB}	ADC 分辨率			415.78		μV	
ADC _{OFFSET}	ADC 失调电压			1		mV	
CELL _{TSAMPLE}	电池测量时间	未均衡状态单个通道		16.4		ms	
		均衡状态单个通道		4.1		ms	
		所有通道		250		ms	
T _{TEMP}	温度测量周期			2		s	
CELL _{ERR}	电池电压总测量误差	25°C	2V-5V	-5	+/-3	5	mV
		-20°C~60°C	2V-5V		+/-8		mV
		-40°C~85°C	2V-5V		+/-10		mV

T _{TEMP_EXT_ERR}	外部温度测量误差		+/-1	°C
T _{TEMP_INT_ERR}	内部温度测量误差		+/-1	°C

电流 ADC 指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ADC _{RANGE}	电池输入电压范围	推荐输入范围	-0.2		0.2	V
ADC _{LSB}	ADC 分辨率			8.24		uV
ADC _{OFFSET}	ADC 失调电压			+/-2		LSB
ADC _{OFFSET_DRIFT}	ADC 失调电压温漂	@-40°C~85°C		8		uV
ADC _{RES}	ADC 输入阻抗			2		MΩ
CC _{SAMPLE}	电流测量时间			250		ms
CC _{ERR}	电流测量误差	@25°C ±100mV		0.3%		
		@-40°C~85°C ±100mV		0.5%		

自主 MOS 控制（小电流唤醒）指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{SR_WKUP}	小电流唤醒阈值电压			用户可配		V
T _{SR_WKUP}	电流测量间隔时间			用户可配		ms

热敏电阻偏置电阻

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
R _{BIAS}	内部 10K 上拉电阻	@25°C	9.85	10	10.15	K
	内部 100K 上拉电阻	@25°C	98.5	100	101.5	K
R _{BIASDRIFT}	内部 10K 上拉电阻温漂	@-40~85°C		9.7	10.3	K
	内部 100K 上拉电阻温漂	@-40~85°C		97	103	K

片上温度电路指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{D1ETEMP}	内部温度测量电压	@25°C		-0.055		V
V _{D1ETEMP_DRIFT}	内部温度测量电压温漂	@-40°C~85°C		-3.95		mV/°C

均衡指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
R _{CH}	内部均衡 MOS 导通电阻			100		Ω
D _{ON}	均衡开启时占空比			70%		
I _{BAL}	内部均衡 MOS 最大电流			20		mA
T _{WDG}	均衡看门狗超时时间		1		3840	s

MOS 驱动指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{FETON}	MOS 驱动电压	V _{REGSRC} ≥ 12V	11	12	13	V
		V _{REGSRC} < 12V	V _{REGSRC} - 1	V _{REGSRC} - 0.2	V _{REGSRC}	V
V _{CHGCLAMP}	CHG 钳位电压			18.5		V
T _{DSG_ON}	DSG 驱动上升时间	负载为 10nF 电容并 100K 电阻		14		us
T _{DSG_OFF}	DSG 驱动下降时间	负载为 10nF 电容并 100K 电阻		11		us
T _{CHG_ON}	CHG 驱动上升时间	负载为 10nF 电容并 100K 电阻		14		us
T _{CHG_OFF}	CHG 驱动下降时间	负载为 10nF 电容并 100K 电阻		50		us
I _{DSG}	DSG 驱动电流			2		mA
I _{CHG}	CHG 驱动电流			2		mA

硬件保护功能指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _(OVP)	过压保护阈值电压		0		5	V
V _(OVP_ACC)	过压保护阈值电压精度		取决于电池测量精度			mV
V _(OVP_DLY)	过压保护延时		0 ~ 15 (1s/step)			s
V _(UVP)	欠压保护阈值电压		0		5	V
V _(UVP_ACC)	欠压保护阈值电压精度		取决于电池测量精度			mV
V _(UVP_DLY)	欠压保护延时		0 ~ 15 (1s/step)			s
T _{OT_TH}	高温保护阈值		20		85	° C
T _{OT_TH_ACC}	高温保护阈值精度		+/-2			° C
T _{OT_DLY}	高温保护延时		2s*N (N= 0-255)			s
T _{UT_TH}	低温保护阈值		-40		15	° C
T _{UT_TH_ACC}	低温保护阈值精度		+/-2			° C
T _{UT_DLY}	低温保护延时		2s*N (N= 0-255)			s
			-10			
			-20			
			-40			
			-60			
			-80			
			-100			
			-125			

$V_{(SCD)}$	放电短路保护阈值电压	$V_{SRP}-V_{SRN}$	-150 -175 -200 -250 -300 -350 -400 -450 -500	mV
$V_{(SCD_ACC)}$	放电短路保护阈值电压精度	@-40°C~85°C, $V_{SCD} \geq -20mV$	± 5	mV
		@-40°C~85°C, $V_{SCD} \leq -20mV$	$\pm 20\%$	
$V_{(SCD_DLY)}$	放电短路保护延时	比较器最快建立时间 ($V_{SRN} - V_{SRP}=3mV$ 过驱动)	5 8 11	us
		比较器最快建立时间 ($V_{SRN} - V_{SRP}=25mV$ 过驱动)	400 800	ns
		数字电路延时	4*(N+1) N=0-255(default ; N=5)	us
$V_{(OCC)}$	充电过流保护阈值电压		4mV to 124mV in 2mV steps	mV
$V_{(OCD)}$	放电过流保护阈值电压		-4mV to -200mV in 4mV steps	mV
$V_{(OC_ACC)}$	过流 (OCC、OCD1、OCD2) 保护阈值电压精度	Setting < 20mV	± 2	mV
		Setting = 20mV~56 mV	± 3	mV
		Setting = 56mV~100mV	± 4	mV
		Setting > 100mV	$\pm 10\%$	
$V_{(OC_DLY)}$	过流 (OCC、OCD1、OCD2) 保护延时，每个保护阈值可以独立设置		4*N N=0-255(default ; N=2)	ms

REGOUT 指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{REGOUT}	外部供电 LDO 输出电压	2.5V 版本	2.4	2.5	2.6	V
		3.3V 版本	3.2	3.3	3.4	V
V_{REGOUT_LN}	线性调整率	Regsrc 电压在 6-35V 范围内，负载电流 10mA		10		mV
V_{REGOUT_LD}	负载调整率	负载电流在 0-50mA 之间		2%		
I_{REGOUT}	外部供电 LDO 输出电流				50	mA
I_{REGOUT_LMT}	$V_{REGOUT}=0$ 时最大限制电流				80	mA

CAP1 指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{CAP1}	内部供电 LDO 输出电压	外部 1uF 电容	4.4	4.5	4.6	V
V_{CAP1_LN}	线性调整率	BAT 电压在 6-35V 范围内			10	mV
V_{CAP1_LD}	负载调整率	负载电流在 0-2mA 之间		$\pm 1\%$		
I_{REGOUT}	内部供电 LDO 输出电流				2	mA

注意:CAP1 为带片外电容的内部 LDO 引脚，外部禁止接任何负载电路。

负载检测指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{CHG_LOAD}	负载检测阈值电压			1		V
T_{CHG_LOAD}	负载检测持续时间		取决于用户读取 LOAD_PRESENT 寄存器时间			s

TS 激活指标

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{TS1_WKUP}	TS1 激活阈值电压			0.6		V
T_{TS1_WKUP}	TS1 激活脉冲持续时间		10			ms

数字接口功能指标 (SCL/SDA/ALERT)

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IH}	输入高电平		$0.75 \cdot V_{REGOUT}$			V
V_{IL}	输入低电平			$0.25 \cdot V_{REGOUT}$		V
V_{OH}	输出高电平		$0.75 \cdot V_{REGOUT}$			V
V_{OL}	输出低电平			$0.25 \cdot V_{REGOUT}$		V

IIC 接口指标及时序图

I ² C COMPATIBLE INTERFACE		MIN	TYP	MAX	UNIT
V _{IL}	Input Low Logic Threshold			REGOUT x 0.25	V
V _{IH}	Input High Logic Threshold	REGOUT x 0.75			V
V _{OL}	Output Low Logic Drive			0.20	V
t _f	SCL, SDA Fall Time			0.40	
V _{OH}	Output High Logic Drive (Not applicable due to open-drain outputs)	N/A		N/A	V
t _{HIGH}	SCL Pulse Width High	4.0			μs
t _{LOW}	SCL Pulse Width Low	4.7			μs
t _{SU,STA}	Setup time for START condition	4.7			μs
t _{HD,STA}	START condition hold time after which first clock pulse is generated	4.0			μs
t _{SU,DAT}	Data setup time	250			ns
t _{HD,DAT}	Data hold time	0			μs
t _{SU,STO}	Setup time for STOP condition	4.0			μs
t _{BUF}	Time the bus must be free before new transmission can start	4.7			μs
t _{VD,DAT}	Clock Low to Data Out Valid			900	ns
t _{HD,DAT}	Data Out Hold Time After Clock Low	0			ns
f _{SCL}	Clock Frequency	0		100	kHz

图 6-1 IIC 时序图 1

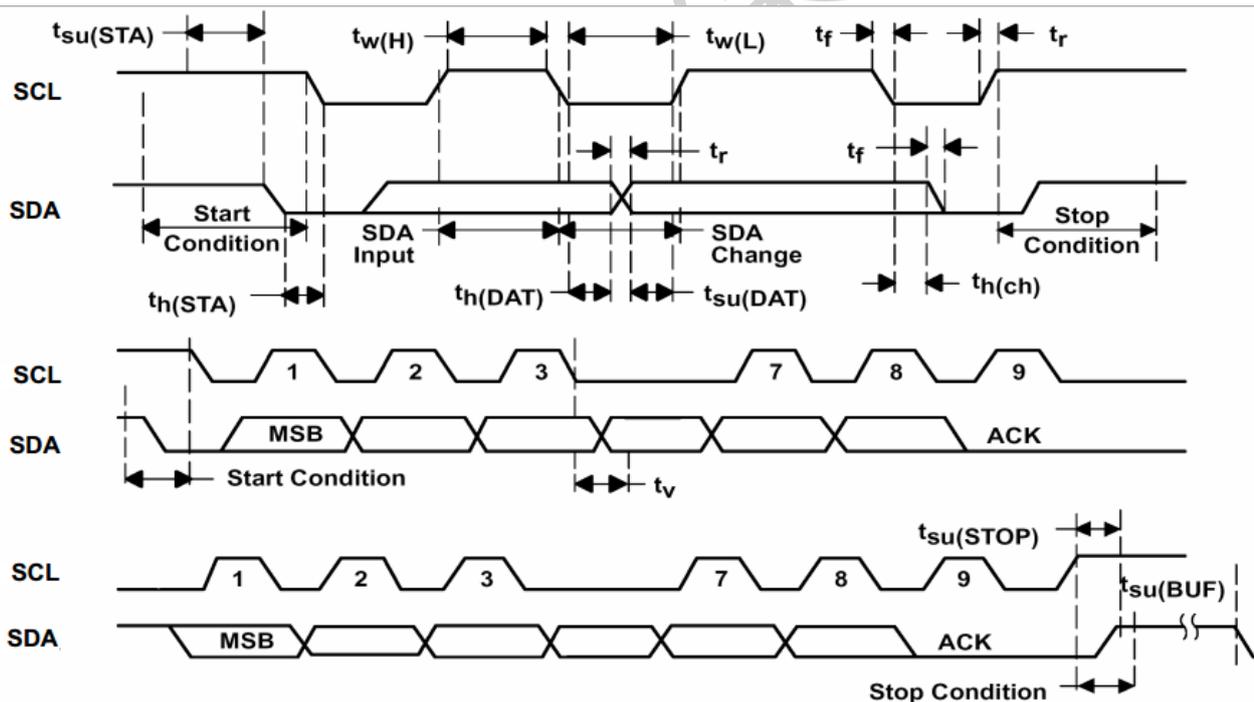


图 6-2 IIC 时序图 2

7. 功能描述

LS76920 是一款性能可靠的模拟前端 (AFE) 芯片, 可应用于 3-5 串锂离子电池系统, 其内部集成一个 14bit 电压采样 ADC 和 1 个 16bit 电流采样 ADC, 通过两个 ADC 的快速采样转换实现对电池信息的采集。主机 (控制器) 可通过 IIC 通信接口实现对电池系统的管理, 包括对电池基本信息的获取 (电压、电流、温度)、MOS 驱动控制 (充电、放电、预放或预充)、系统保护状态获取 (过欠压、高低温、短路、过流)、均衡控制。纯硬件的放电短路保护 (SCD)、一级放电过流保护 (OCD1)、二级放电过流保护 (OCD2)、充电过流保护 (OCC)、过压保护 (OV)、欠压保护 (UV)、高温过温保护 (OT)、低温欠温保护 (UT) 极大增强了系统的可靠性。

7.1 系统框图

以下为 LS76920 的原理框图:

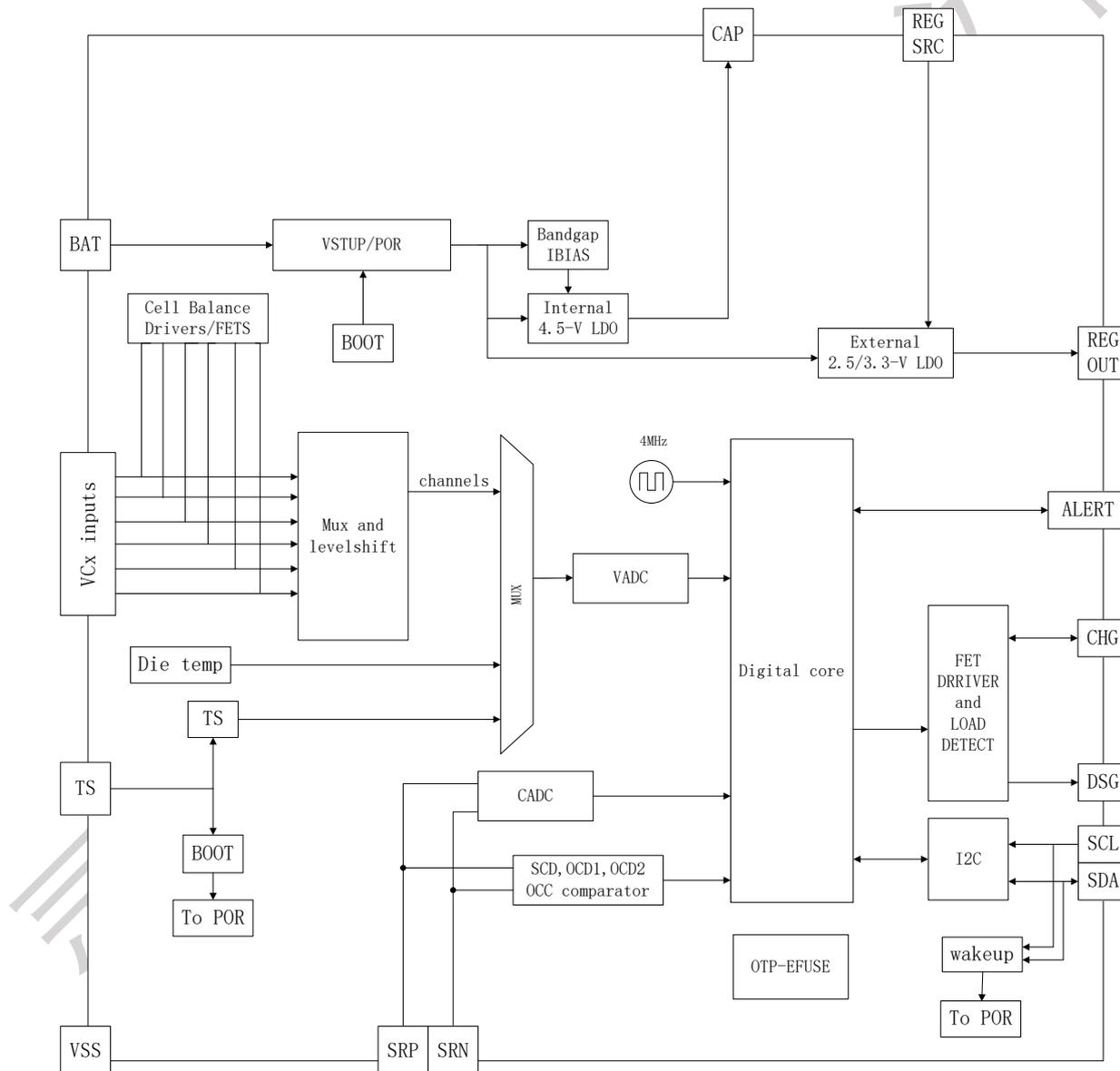


图 7-1 原理图框图

7.2 工作模式及上下电

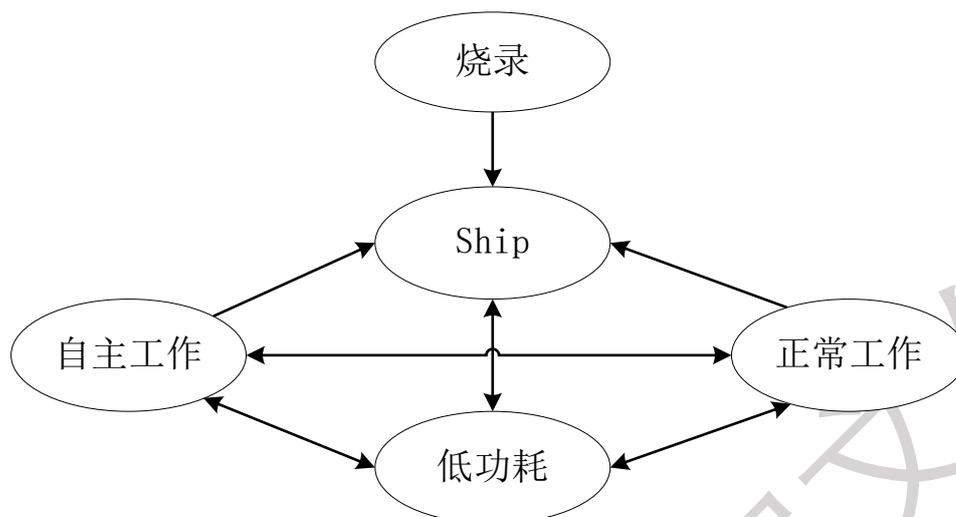


图 7-2 芯片工作模式状态转移图

SHIP 模式

在该模式下，芯片仅唤醒电路工作，芯片处于最低功耗状态，可被 TS 信号、IIC 信号序列两种方式激活。

正常工作模式

该模式下，芯片电压 ADC 及电流 ADC 全开工作。

低功耗模式

电压 ADC 关闭或工作频率很慢，电流采样 ADC 的 OSR 可调，以降低工作功耗。电压 ADC 工作频率可以调节 ADC_MODE (0x54) 寄存器，电流 ADC 可调节 CC_MODE (0x80) 寄存器。

自主工作模式

在电流 ADC 开启的条件下，LS76920 一旦检测到电池充放电电流大于设定的唤醒电流阈值就将自主控制对应的 MOS 打开而不必等待 MCU 的指令，以避免长时间过流对 MOS 造成损伤，MOS 自主开启后可触发 ALERT 信号唤醒 MCU。

烧录模式

该模式仅对芯片原厂开放。

工作模式及状态转移

芯片可由 SHIP 状态经 TS/IIC 信号唤醒进入低功耗工作模式，在不配置寄存器的情况下默认为电压 ADC 开启，电流 ADC 关闭状态。低功耗模式、正常工作模式和自主工作模式之间可通过寄存器配置实现状态的切换；三种工作模式均可通过 MCU 控制 SHUT 寄存器进入 SHIP 模式，此外芯片高温过温保护和 BAT 电压小于 Vshut 电压也可使其进入 SHIP 模式。

在低功耗模式下，用户根据需要可以配置为自主工作模式，如下：

1. 把电流 ADC 配为低功耗模式：低 OSR 状态（寄存器 CC_MODE (0x80)）和低偏置电流状态 CC_ADC_LP[4:3] (0xA1)=11；
2. 启动电流唤醒功能并设置电流唤醒阈值（SENSE_CTRL (0x85)）；

3. 启动自主开启 MOSFET 功能；

用 SHUT 寄存器进入 SHIP 模式需要对 SYS_CTRL1 寄存器有如下配置：

Write #0: SYS_CTRL1 =0x00

Write #1: SYS_CTRL1 =0x01 %[SHUT_A] = 0, [SHUT_B] = 1

Write #2: SYS_CTRL1 =0x02 %[SHUT_A] = 1, [SHUT_B] = 0

芯片上下电

当电源接入，芯片 BAT 引脚电压逐渐上升直至 $V_{BAT} > V_{POR}$ 且持续 100ms 以上时，芯片即进入 SHIP 模式，可被后续操作激活成功上电；下电时需确保芯片处于 SHIP 状态，避免热插拔引起芯片损伤，特别地当电源电压 $V_{BAT} < V_{SHUT}$ 时，芯片将自动进入 SHIP 模式。

注意：上下电时，请注意先接地线。建议再接电源，最后按从低至高的顺序接入采集线，下电时顺序相反

7.3 芯片功能模块

LDO 电路模块

LS76920 支持 2.5V/3.3V 两种 LDO 电压输出版本便于客户进行选择，其输出电流可达 50mA 以上，并支持短路保护功能。LDO 输出对应 REGOUT 引脚，外接电容在 2.2uF~10uF 之间。

电压采集 ADC

LS76920 集成 14 位电压采样 ADC 负责 3~5 串电池电压+1 路热敏电阻+1 路芯片内部温度的采样。正常情况下，5 串电池电压每 250ms 完成一次测量，温度信号每 2s 完成一次测量，通过配置寄存器，可增大电压 ADC 采样间隔周期，以实现低功耗。在芯片执行均衡功能的状态下，ADC 也可以顺利地电压采集且精度不受均衡影响。根据 ADC 采样结果，电池电压及温度计算公式如下：

$$V_{(cell)} = 5/3 * (ADC \text{ in Decimal}) * 415.78 \text{ (}\mu\text{V/LSB)}。$$

电池总压为各节电池电压之和，用 16 位数值表示，电池总压计算公式为：

$$V_{_BAT} = 4 * 5/3 * (ADC \text{ in Decimal}) * 415.78 \text{ (uV/LSB)}。$$

外部温度计算：

$$V_{TS} = (ADC \text{ in Decimal}) * 415.78 \text{ (}\mu\text{V/LSB)}。$$

$$V_{REF} = 2^{13} * 415.78 \text{ (}\mu\text{V/LSB)}。$$

$$R_{TS} = R_{BIAS} * (V_{TS} + V_{REF}/2) / (V_{REF}/2 - V_{TS})。$$

内部温度计算：

$$V_{25} = -0.055 \text{ V (nominal)}。$$

$$V_{TS} = (ADC \text{ in Decimal}) * 415.78 \text{ (}\mu\text{V/LSB)}。$$

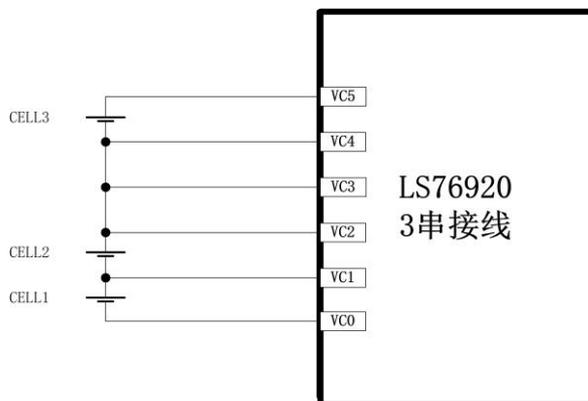
$$TEMP_{DIE} = 25^{\circ} - ((V_{TS} - V_{25}) \div 0.00395)。$$

注意：若切换片上、片外温度测量，这时需要知道读到的数据到底是片上还是片外温度读数，可以配置寄存器 SYS_CTRL1 (0x04) 中的 TEMP_SRC_EN 为 1，然后根据温度读数寄存器中的最高位 TS_TEMP_SRC 是 0 还是 1 来判断是片上还是片外温度读数，为 0 表示片上温度读数，为 1 表示片外温度读数。

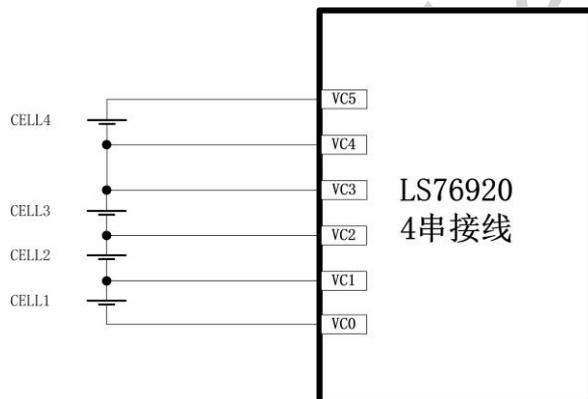
LS76920 接线说明

CELL INPUT	3 CELLS	4 CELLS	5 CELLS
VC5---VC4	CELL3	CELL4	CELL5
VC4---VC3	SHORT	SHORT	CELL4

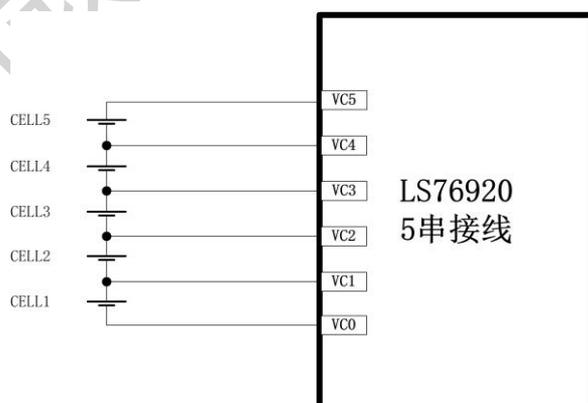
VC3---VC2	SHORT	CELL3	CELL3
VC2---VC1	CELL2	CELL2	CELL2
VC1---VC0	CELL1	CELL1	CELL1



LS76920 采集 3 串时推荐接法



LS76920 采集 4 串时推荐接法



LS76920 采集 5 串时推荐接法

电流采集 ADC

LS76920 集成 16 位电流采集 ADC 负责 BMS 系统的电流检测，电流数据每 250ms 完成一次更新，电流 ADC

可工作在单次采集和连续采集两种模式下：

连续工作模式下，CC_EN=1，ADC 全速运行，电流数据每 250ms 更新一次，每次转换完成 CC_READY 将被置位为 1，CC_READY 在置位后将触发 ALERT 引脚翻转为高电平以通知主机及时读取数据。

单次采集模式下，ADC 在设置 CC_ONESHOT= 1 后将完成单次电流转换，同样地 CC_READY 将被置位为 1 并触发 ALERT 引脚翻转为高电平以通知主机及时读取数据。

电流 ADC 满量程输入电压范围 SRP-SRN 为±270 mV，推荐最大输入电压范围为±200 mV，根据 ADC 采样结果，电流计算公式为：

$$\text{CC Reading (in } \mu\text{V)} = [16\text{-bit 2' s Complement Value}] \times (8.24 \mu\text{V/LSB})$$

均衡

LS76920 支持内部均衡和外部均衡两种均衡方式，芯片内部均衡 MOS 开关电阻为 100 Ω，最大可支持 20mA 均衡电流；使用外部均衡方式可获得更大的均衡电流，具体电流根据应用需要进行设计。

均衡开关配置看门狗，通过配置寄存器可使能均衡看门狗并设置看门狗超时时间，范围在 1s-3840s，均衡占空比为固定的 70%，相当于每 250ms 中有 175ms 处于均衡状态。

注意：

- (1) 无论内部均衡外部均衡，相邻串电池不可同时开启均衡。
- (2) 自动关闭 BALANCE 的条件：
 - 1) 上电复位或进入 SHIP MODE，数字掉电，自动关闭 BALANCE。
 - 2) 触发均衡看门狗定时器超时（若开启此功能，每次配置 BALANCE_WTD 寄存器，均将 TIMER 清零；TIMER 达到 BALANCE_WTD 的设定值则触发 TIMEOUT）。
 - 3) XREADY 拉高时，CELL_BAL 寄存器清零，均衡将自动关闭。

MOS 驱动

芯片提供 2 个低边 NMOS 驱动器，两个驱动器用于放电（DSG）MOS 和充电（CHG）MOS 驱动。

相比于放电（DSG）MOS 驱动，充电（CHG）MOSFET 关闭时间由外部栅极与源级之间的电阻值大小决定，因此充电 MOS 在关断时需要选择合适的栅极放电电阻，避免 MOS 长时间处于半导通状态而受损。

MOS 驱动器在不同事件下的响应如下：

Table 7-1

EVENT	[CHG_ON]	[DSG_ON]
OV Fault	Set to 0	—
UV Fault	—	Set to 0
OCD Fault	—	Set to 0
SCD Fault	—	Set to 0
OCD2 Fault	—	Set to 0
OCC Fault	Set to 0	—
OT Fault	Set to 0	Set to 0
UT Fault	Set to 0	Set to 0
I ² C Timeout	Set to 0	Set to 0
ALERT Override	Set to 0	Set to 0
DEVICE_XREADY is set	Set to 0	Set to 0

Enter SHIP mode from NORMAL	Set to 0	Set to 0
-----------------------------	----------	----------

注意:

- 1) 重新开启 CHG/DSG FET，需要 MCU 介入。
- 2) 默认情况下 ST_FETC_MASK 为 8' b0，ST2_FETC_MASK 为 8' hFF。自动关闭 CHG/DSG FET 和 PC DG FET 的条件需要确保 ST_FETC_MASK 和 ST2_FETC_MASK 对应 bit 为 0 才能开启；

硬件保护

LS76920 集成放电短路 (SCD)、放电过流 (OCD)、一级充电过流 (OCC1)、二级充电过流 (OCC2)、过压保护 (OV)、欠压保护 (UV)、高温过温 (OT) 和低温过温 (UT) 纯硬件保护。用户可根据需要配置各保护项的触发阈值和延时，芯片将根据配置的参数监控电压、电流和温度，当故障发生（即满足芯片设置的阈值及延时参数条件）时，保护功能将被触发，相应的状态寄存器对应的状态位将被置 1 并触发 ALERT 输出一个高电平中断信号给主机。

为增加系统设计的灵活性和可靠性，各保护项的触发阈值和时间设置了足够多的档位，既保证了各参数的精细度又保证了范围，此外，还有专门的寄存器来控制保护功能是否被开启以及触发之后是否会引起 ALERT 输出高电平。

唤醒

LS76920 支持 TS 唤醒、IIC 唤醒两种唤醒方式，其中 TS 唤醒为最基本的唤醒方式，TS 接口输入一个持续 10ms 以上的脉冲信号即可唤醒芯片，TS 接口同时是温度采样接口，为避免对温度采样造成影响必须加入一个二极管对唤醒电路和温度采样电路进行隔离；IIC 唤醒要求主机向芯片输出一个特定的起始和终止序列，方便简单，相比于 TS 唤醒节省了主机 IO 资源，同时保证了温度采样不会收到其它因素影响。

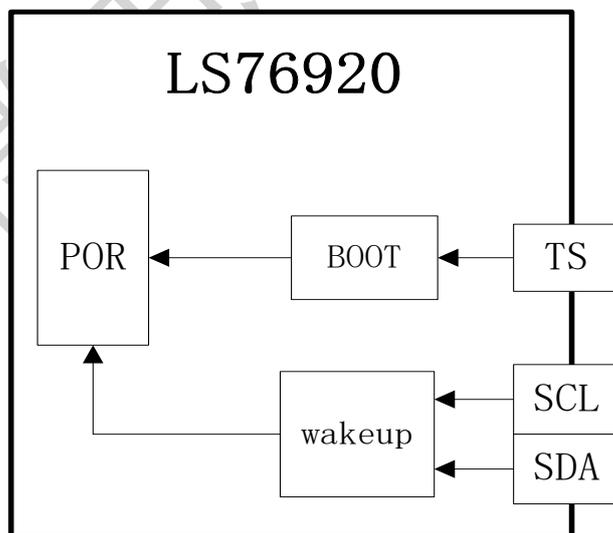


图 7-3 唤醒电路框图

负载检测

CHG 引脚内集成负载检测电路，且在充电 MOS 关断（即[CHG_ON] = 0）之后有效，CHG 引脚内置的 600K 下拉电阻会在负载未接入时将 CHG 下拉到地，负载接入时因为 PCAK-作用会将 CHG 引脚上拉至高电平。在发生短路或者放电过流保护时，充放电 MOS 均关断，主机通过轮询[LOAD_PRESENT]位状态判断负载是否移除。

若要进行负载检测，需要有以下配置：

1. DSG/CHG 均拉低；
2. FETDRV_CTRL1[7:6]=11; %配置下拉 600K 电阻
3. FETDRV_CTRL2[6:4]; %配置负载检测阈值电压，默认 1V
4. FETDRV_CTRL2[3]=1; %使能负载检测电路
5. 经过 20ms 后读取寄存器 SYS_CTRL1 (0x04) 中的 LOAD_PRESENT 状态位是否为高。

ALERT 引脚

ALERT 可以作为一个高有效的数字中断信号连接至主机的 IO，该信号是所有保护及故障状态的逻辑或输出。用户可以通过清除指令来消除 ALERT 中断输出。

在具备二次保护功能的 BMS 系统中，ALERT 引脚可以被外部信号源驱动，当 ALERT 引脚被外部信号源驱高而没有被内部驱动时，芯片将识别到外部故障并触发保护功能自动关断充放电 MOS。而当 ALERT 引脚被内部状态或故障驱高时，芯片将无法识别到外部故障信号。内部 ALERT 被清零后，需要等待大约 500us 之后，芯片重新开始检测外部 ALERT 的输入状态。OVRD_ALERT 是否使能可由寄存器控制(0x58)，默认值为关闭。

ALERT 引脚输入检测有滤波，滤波时间窗口为约 3 CYCLES (12us)。需要注意保护 ALERT 引脚免受噪声和瞬态的干扰。具体地：

- (1) 该引脚内部没有到地的电阻，因此外部对地放置一个 510k-1M 下拉电阻，且位置尽可能靠近芯片引脚
- (2) 尽可能缩短 ALERT 引脚和其它 IC 或元器件之间的走线距离
- (3) 在围绕 ALERT 引脚及与之连线的 IC 或元器件周围增加保护环

IIC 通信及看门狗

LS76920 集成了一个标准的 100kHz IIC 通信从机接口，7bit 器件地址为 0x08 或 0x18，CRC8 可根据需要在寄存器中进行配置。IIC 接口配置看门狗功能模块，如果主机超过超时时间仍未访问 AFE 芯片将会触发超时故障，ALERT 拉高，芯片将进入 SHIP 模式。IIC 看门狗默认关闭，需要用户配置寄存器开启。

IIC 通信帧格式：

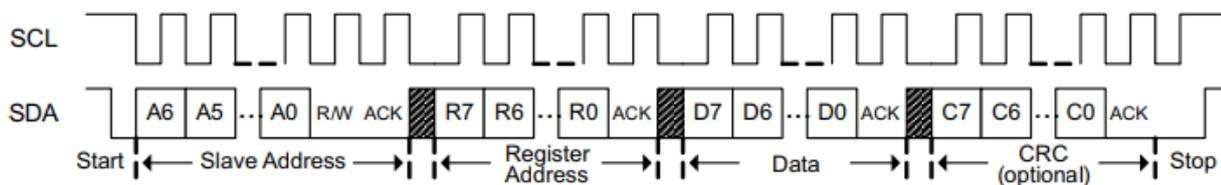


图 7-4 IIC Single Byte Write

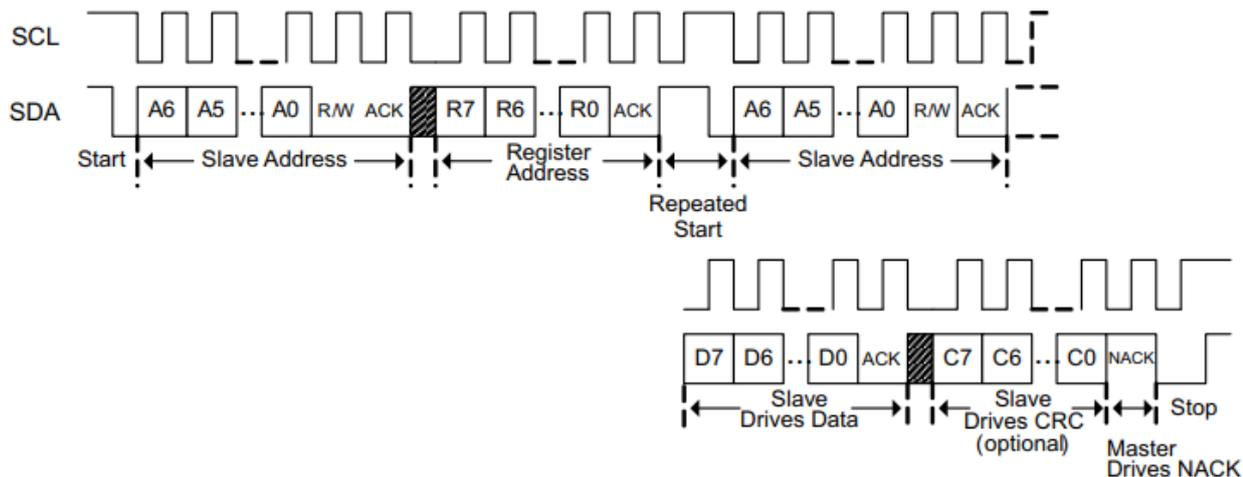


图 7-5 IIC Read With Repeated Start

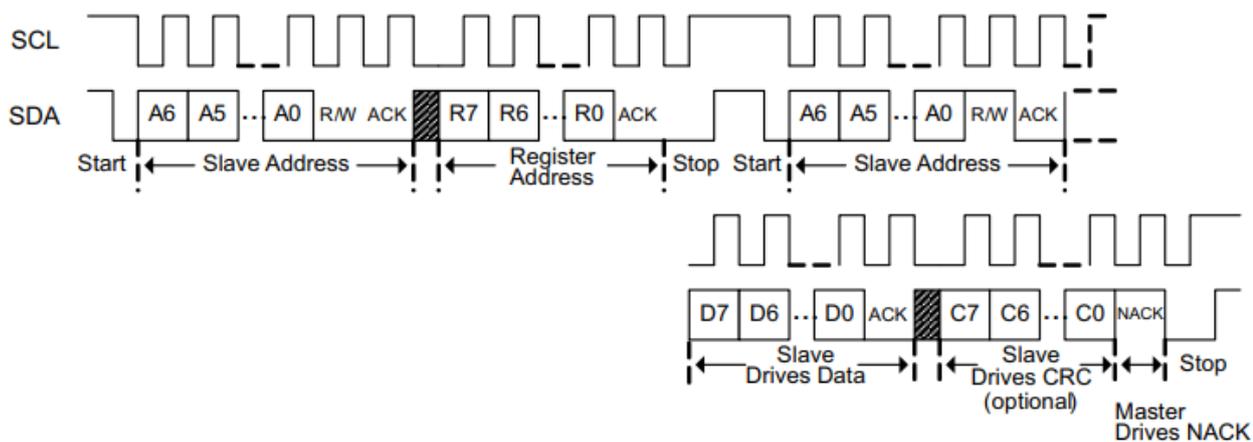


图 7-6 IIC Read Without Repeated Start

8. 寄存器描述

8.1 寄存器列表

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default		
SYS_STAT	0x00	CC_READY	SNS_WAKEUP	DEVICE_XREADY	OVRD_ALERT	UV	OV	SCD	OCD1	RW	0x00		
CELLBAL	0x01	RSVD			CB0<4:0>						RW	0x00	
SYS_CTRL1	0x04	LOAD_PRESENT	RSVD	RSVD	ADC_EN	TEMP_SEL	TEMP_SRC_EN	SHUT_A	SHUT_B	RW	0x00		
SYS_CTRL2	0x05	RSVD	CC_EN	CC_ONESHOT	RSVD	RSVD	RSVD	DSG_ON	CHG_ON	RW	0x00		
PROTECT1	0x06	UV_DELAY<3:0>			OV_DELAY<3:0>						RW	0x00	
PROTECT2	0x07	RSVD	RSVD	OV_TH_2MSB<1:0>		OV_TH_4LSB<3:0>						RW	0x28
PROTECT3	0x08	RSVD	RSVD	UV_TH_2MSB<1:0>		UV_TH_4LSB<3:0>						RW	0x10
OV_TRIP	0x09	OV_THRESHOLD									RW	0xAC	
UV_TRIP	0x0A	UV_THRESHOLD									RW	0x97	
VC1_HI	0x0C	RSVD	RSVD	<13:8>								RO	0x00
VC1_LO	0x0D	<7:0>									RO	0x00	
VC2_HI	0x0E	RSVD	RSVD	<13:8>								RO	0x00
VC2_LO	0x0F	<7:0>									RO	0x00	
VC3_HI	0x10	RSVD	RSVD	<13:8>								RO	0x00
VC3_LO	0x11	<7:0>									RO	0x00	
VC4_HI	0x12	RSVD	RSVD	<13:8>								RO	0x00
VC4_LO	0x13	<7:0>									RO	0x00	
VC5_HI	0x14	RSVD	RSVD	<13:8>								RO	0x00
VC5_LO	0x15	<7:0>									RO	0x00	
BAT_HI	0x2A	<15:8>									RO	0x00	
BAT_LO	0x2B	<7:0>									RO	0x00	
TS1_HI	0x2C	TS1_TEMP_SRC	RSVD	<13:8>								RO	0x00
TS1_LO	0x2D	<7:0>									RO	0x00	
CC_HI	0x32	<15:8>									RO	0x00	
CC_LO	0x33	<7:0>									RO	0x00	
SYS_STAT2	0x40	VADC_READY	I2C_TIMEOUT	BAL_TIMEOUT	RSVD	OCD2	OCC	UT	OT	RW	0x00		
ST2_ALERT_MASK	0x41	VADC_READY_M	I2C_TIMEOUT_M	BAL_TIMEOUT_M	RSVD	OCD2_M	OCC_M	UT_M	OT_M	RW	0xef		
ST_FETC_MASK	0x42	RSVD	RSVD	XREADY_FETC_M	ALERT_FETC_M	UV_FETC_M	OV_FETC_M	SCD_FETC_M	OCD1_FETC_M	RW	0x00		
ST2_FETC_MASK	0x43	RSVD	I2C_TIMEOUT_FETC_M	BAL_OUT_FETC_M	RSVD	OCD2_FETC_M	OCC_FETC_M	UT_FETC_M	OT_FETC_M	RW	0xff		
TS1_EXT_OT_TH	0x45	<7:0>									RW	0x00	
TS1_EXT_UT_TH	0x48	<7:0>									RW	0x00	
TS_INT_OT_TH	0x4B	<7:0>									RW	0xf2	
TS_INT_UT_TH	0x4C	<7:0>									RW	0x08	
OT_DELAY	0x4D	<7:0>									RW	0x00	

UT_DELAY	0x4E	<7:0>								RW	0x00	
TS_INT_OT_TH_6LSB	0x50	RSVD	RSVD	<5:0>						RW	0x00	
TS_INT_UT_TH_6LSB	0x51	RSVD	RSVD	<5:0>						RW	0x00	
BALANCE_WTD	0x52	CB_EN	CB_MUL<2:0>			CB_TIMER<3:0>				RW	0x00	
I2C_WTD	0x53	I2C_WATCH_DOG<7:0>									RW	0x00
ADC_MODE	0x54	TEMP_SAMP_MODE<3:0>				ADC_SAMP_MODE<3:0>				RW	0x00	
VERSION	0x56	RSVD	RSVD	RSVD	CHIP_TYPE[1:0]	I2C_ADD_TYPE	LDO_TYPE	CRC_EN	RO	0x01		
INTF_CTRL	0x58	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	OVRD_ALERT_EN	CC_READY_ALERT_EN	I2C_WTD_TO_SHIP	WAKEUP_ALERT_EN	RW	0x05	
OCD1_THRESH	0x5B	RSVD		OCD_THRESH<5:0>						RW	0x02	
SCD_THRESH	0x5C	RSVD				SCD_THRESH<3:0>				RW	0x01	
OCD1_DELAY	0x5D	<7:0>									RW	0x02
SCD_DELAY	0x5E	<7:0>									RW	0x05
OCC_THRESH	0x5F	RSVD		OCC_THRESH<5:0>						RW	0x02	
OCD2_THRESH	0x60	RSVD		OCD2_THRESH<5:0>						RW	0x0a	
OCC_DELAY	0x61	<7:0>									RW	0x02
OCD2_DELAY	0x62	<7:0>									RW	0x0a
TS1_EXT_OT_TH_6LSB	0x63	RSVD	RSVD	<5:0>						RW	0x00	
TS1_EXT_UT_TH_6LSB	0x66	RSVD	RSVD	<5:0>						RW	0x00	
CC_MODE	0x80	RSVD				CC_OSR<3:0>				RW	0x00	
SENSE_CTRL	0x85	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	AUTO_DSGFET_ON	AUTO_CHGFET_ON	CADC_SENSE_EN	RW	0x00	
CHG_CADC_TH_HI	0x86	<7:0>									RW	0x00
CHG_CADC_TH_LO	0x87	<7:0>									RW	0x00
DSG_CADC_TH_HI	0x88	<7:0>									RW	0x00
DSG_CADC_TH_LO	0x89	<7:0>									RW	0x00
LOAD_DET_DELAY	0x8A	<7:0>									RW	0x00
RES_TEMP_BIAS	0x95	<7:0>									RW	0x00
CC_ADC_LP	0xA1	<7:0>									RW	0x00
FETDRV_CTRL1	0xA5	<7:0>									RW	0x00
FETDRV_CTRL2	0xA6	<7:0>									RW	0x00

8.2 寄存器详细信

表 8.2-1 SYS_STAT (0x00)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
SYS_STAT	0x00	CC_READY	SNS_WAKEUP	DEVICE_XREADY	OVRD_ALERT	UV	OV	SCD	OCD1	RW	0x00

OCD1 (D0) :放电过流 1 故障指示位

- 0: 没有检测到 OCD1 故障，或被主机已经清除了状态。
- 1: 检测到 OCD1 故障，一直保持高锁状态直到被主机清除。

SCD (D1) :放电短路故障指示位

- 0: 没有检测到 SCD 故障，或被主机已经清除了状态。
- 1: 检测到 SCD 故障，一直保持高锁状态直到被主机清除。

OV (D2): 电池过压故障指示位

- 0: 没有检测到 OV 故障，或被主机已经清除了状态。
- 1: 检测到 OV 故障，一直保持高锁状态直到被主机清除。

UV (D3) : 电池欠压故障指示位

- 0: 没有检测到 UV 故障，或被主机已经清除了状态。
- 1: 检测到 UV 故障，一直保持高锁状态直到被主机清除。

OVRD_ALERT (D4): ALERT PIN 被外部拉高指示位，当 AFE 没有驱动 ALERT 为高时才有效

- 0: ALERT 引脚没有被外部拉高。
- 1: ALERT 引脚被外部拉高，AFE 会将其识别为 OVRD_ALERT 故障并将 [OVRD_ALERT] 位置 1。

DEVICE_XREADY (D5): 芯片故障指示位

- 0: 芯片内部没有故障。
- 1: 芯片内部检测到故障，DEVICE_XREADY 位将置高直到被主机清除。建议主机在等待几秒钟后清除此位。

SNS_WAKEUP (D6): 电流唤醒信号指示位

- 0: 电流唤醒未被触发或已被主机清除。
- 1: 电流唤醒触发，保持锁存状态直到被主机清除。

CC_READY (D7): CC 数据更新指示位

- 0: CC 读数尚未更新或主机已清除该状态位。
- 1: 新的 CC 读数是可用的，保持锁存状态直到被主机清除。

表 8.2-2 CELLBAL (0x01)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
CELLBAL	0x01	RSVD				CB0<4:0>				RW	0x00

CB0[4:0]:第 1-5 节电电池的均衡使能控制。

- 0: 表示该节电池未均衡。
- 1: 表示该节电池均衡使能。

表 8.2-3 SYS_CTRL1 (0x04)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default

SYS_CTRL1	0x04	LOAD_PRESENT	RSVD	RSVD	ADC_EN	TEMP_SEL	TEMP_SRC_EN	SHUT_A	SHUT_B	RW	0x00
-----------	------	--------------	------	------	--------	----------	-------------	--------	--------	----	------

SHUT_B/SHUT_A (D0/D1) :主机微控制器的关机命令，必须按照特定的顺序写，如下所示：

Write #0: SYS_CTRL1=0X00

Write #1: [SHUT_A] = 0, [SHUT_B] = 1

Write #2: [SHUT_A] = 1, [SHUT_B] = 0

TEMP_SRC_EN (D2): 对用户展示测温源的一个使能位。

0: 与 BQ769x0 兼容。

1: 对用户展示测温源的一个使能位，用于展示 TS_x_HI [7]对应的测温源(功能与 TEMP_SEL 一致)。

TEMP_SEL (D3) :片内片外温度测量选择位。

0: 将内部温度电压读数存储在 TS1_HI 和 TS1_LO 中。

1: 将外部热敏电阻电压读数存储在 TS1_HI 和 TS1_LO 中。

ADC_EN (D4) :VADC 通路测量使能位。

0: 禁用电压和温度 ADC 读数(也禁用 0V 保护)。

1: 使能电压和温度 ADC 读数(也使能 0V 保护)。

LOAD_PRESENT (D7): 负载检测指示位。该状态位是只读的，当负载移除时将自动清零。

0: CHG_ON = 1 或者 FETDRV_CTRL2[3]=0 或者 $V_{CHG} < V_{LOAD_DETECT}$

1: 当 CHG_ON = 0 时 $V_{CHG} > V_{LOAD_DETECT}$ ，同时 FETDRV_CTRL2[3]=1，存在外部负载。

表 8.2-4 SYS_CTRL2 (0x05)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
SYS_CTRL2	0x05	RSVD	CC_EN	CC_ONESHOT	RSVD	RSVD	RSVD	DSG_ON	CHG_ON	RW	0x00

CHG_ON (D0) :充电 MOS FET 控制信号

0: CHG 是关闭的，输出低电平。

1: CHG 是打开的，输出高电平。

DSG_ON (D1) : 放电 MOS FET 控制信号

0: DSG 是关闭的，输出低电平。

1: DSG 是打开的，输出高电平。

CC_ONESHOT (D5) :库仑计 ONE-SHOT 工作模式使能位。

0: 无操作。

1: 启用库仑计单次读取模式(仅当 [CC_EN] = 0 和 [CC_ONESHOT] = 1 时有效)。

注意: 启用库仑计单次读取模式将激活一个单一的 250ms 读数，然后关闭。[CC_ONESHOT]也将在此读数结束时被清除，而 [CC_READY] 位将被设置为 1。

CC_EN (D6) :库仑计连续测量模式使能位。

0: 禁用库仑计连续读数。

1: 启用库仑计连续读数并忽略 [CC_ONESHOT] 状态。

表 8.2-5 PROTECT1 (0x06)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	---------

PROTECT1	0x06	UV_DELAY<3:0>	OV_DELAY<3:0>	RW	0x00
----------	------	---------------	---------------	----	------

OV_DELAY[3:0]: 代表经过多长时间之后，触发 OV 状态。

过压保护触发延时范围为 0~15s，延时设置精度为 1s/ step，以下为过压保护触发延时设置示例：

0000: 0s

0001: 1s

1111: 15s

UV_DELAY[3:0]: 代表经过多长时间之后，触发 UV 状态。

欠压保护触发延时范围为 0~15s，延时设置精度为 1s/ step，以下为欠压保护触发延时设置示例：

0000: 0s

0001: 1s

1111: 15s

表 8.2-6 OV/UV (0x07-0x0A) 阈值设置

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
PROTECT2	0x07	RSVD	RSVD	OV_TH_2MSB<1:0>		OV_TH_4LSB<3:0>				RW	0x28
PROTECT3	0x08	RSVD	RSVD	UV_TH_2MSB<1:0>		UV_TH_4LSB<3:0>				RW	0x10
OV_TRIP	0x09	OV_THRESH<7:0>								RW	0xAC
UV_TRIP	0x0A	UV_THRESH<7:0>								RW	0x97

电压 OV/UV 阈值分别为：

OV 保护阈值：{OV_TH_2MSB<1:0>, OV_THRESH<7:0>, OV_TH_4LSB<3:0>}

UV 保护阈值：{UV_TH_2MSB<1:0>, UV_THRESH<7:0>, UV_TH_4LSB<3:0>}

OV/UV 保护阈值由于 14 位都可以配置，因此可以配置任意值。

表 8.2-7 电池电压和电池总压读数寄存器。

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default	
VC1_HI	0x0C	RSVD	RSVD	<13:8>							RO	0x00
VC1_LO	0x0D	<7:0>								RO	0x00	
VC2_HI	0x0E	RSVD	RSVD	<13:8>							RO	0x00
VC2_LO	0x0F	<7:0>								RO	0x00	
VC3_HI	0x10	RSVD	RSVD	<13:8>							RO	0x00
VC3_LO	0x11	<7:0>								RO	0x00	
VC4_HI	0x12	RSVD	RSVD	<13:8>							RO	0x00
VC4_LO	0x13	<7:0>								RO	0x00	
VC5_HI	0x14	RSVD	RSVD	<13:8>							RO	0x00
VC5_LO	0x15	<7:0>								RO	0x00	
BAT_HI	0x2A	<15:8>							RO	0x00		
BAT_LO	0x2B	<7:0>								RO	0x00	

VCx(1-5)_HI[13:8]: 第“x”节电池高 6 位 ADC 电压读数。

VCx(1-5)_LO[7:0]: 第“x”节电池低 8 位 ADC 电压读数。

BAT_HI[15:8]：电池总压高 8 位读数。

BAT_LO[7:0]：电池总压低 8 位读数。

表 8.2-8 温度读数寄存器

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
TS1_HI	0x2C	TS1_TEMP_SRC	RSVD	<13:8>						RO	0x00
TS1_LO	0x2D	<7:0>						RO	0x00		

TS1_HI[13:8]：表示温度 ADC 高 6 位的读数。

TS1_LO[7:0]：表示温度 ADC 低 8 位的读数。

TS1_HI [D7]：当 TEMP_SRC_EN=1（SYS_CTRL1[D2]）时，这个 bit 位用于向用户展示该温度对应的测温源。

1：表示片外温度源。

0：表示片上温度源。

表 8.2-9 电流读数寄存器（0x32~0x33）

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
CC_HI	0x32	<15:8>						RO	0x00		
CC_LO	0x33	<7:0>						RO	0x00		

CC_HI[15:8]：库仑计数器高 8 位的读数。

CC_LO[7:0]：库仑计数器低 8 位的读数。

表 8.2-10 SYS_STAT2（0x40）

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
SYS_STAT2	0x40	VADC_READY	I2C_TIMEOUT	BAL_TIMEOUT	RSVD	OCD2	OCC	UT	OT	RW	0x00

OT(SYS_STAT2[0])：过温故障指示位

0：没有检测到 OT 故障。

1：检测到 OT 故障。

UT(SYS_STAT2[1])：欠温故障指示位

0：没有检测到 UT 故障。

1：检测到 UT 故障。

OCC(SYS_STAT2[2])：充电过流故障指示位

0：没有检测到 OCC 故障。

1：检测到 OCC 故障。

OCD2(SYS_STAT2[3])：放电过流 2 故障指示位

0：没有检测到 OCD2 故障。

1：检测到 OCD2 故障。

BAL_TIMEOUT(SYS_STAT2[5])：均衡看门狗超时指示位

0：未检测到均衡超时。

1：检测到均衡超时。

I2C_TIMEOUT(SYS_STAT2[6])：IIC 未访问看门狗超时指示位

0: 未检测到 I2C 未访问超时。

1: 检测到 I2C 未访问超时。

VADC_READY(SYS_STAT2[7]): VADC 250ms 周期数据 Ready 指示位。

0: 电压 ADC 该 250ms 数据未准备好。

1: 电压 ADC 该 250ms 数据已经准备好。

表 8.2-11 ST2_ALERT_MASK (0x41)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
ST2_ALERT_MASK	0x41	VADC_READY_M	I2C_TIMEOUT_M	BAL_TIMEOUT_M	RSVD	OCD2_M	OCC_M	UT_M	OT_M	RW	0xef

OT_M(ST2_ALERT_MASK [0]): SYS_STAT2 中 OT=1 时是否触发 ALERT 信号

0: 表示发生 OT 触发 ALERT 信号。

1: 表示发生 OT 不触发 ALERT 信号。

UT_M(ST2_ALERT_MASK [1]): SYS_STAT2 中 UT=1 时是否触发 ALERT 信号

0: 表示发生 UT 触发 ALERT 信号。

1: 表示发生 UT 不触发 ALERT 信号。

OCC_M(ST2_ALERT_MASK [2]): SYS_STAT2 中 OCC=1 时是否触发 ALERT 信号

0: 表示发生 OCC 触发 ALERT 信号。

1: 表示发生 OCC 不触发 ALERT 信号。

OCD2_M(ST2_ALERT_MASK [3]): SYS_STAT2 中 OCD2=1 时是否触发 ALERT 信号

0: 表示发生 OCD2 触发 ALERT 信号。

1: 表示发生 OCD2 不触发 ALERT 信号。

BAL_TIMEOUT_M(ST2_ALERT_MASK [5]): SYS_STAT2 中 BAL_TIMEOUT =1 时是否触发 ALERT 信号

0: 表示发生 BAL_TIMEOUT 触发 ALERT 信号。

1: 表示发生 BAL_TIMEOUT 不触发 ALERT 信号。

I2C_TIMEOUT_M(ST2_ALERT_MASK [6]): SYS_STAT2 中 I2C_TIMEOUT =1 时是否触发 ALERT 信号

0: 表示发生 I2C_TIMEOUT 触发 ALERT 信号。

1: 表示发生 I2C_TIMEOUT 不触发 ALERT 信号。

VADC_READY_M(ST2_ALERT_MASK [7]): SYS_STAT2 中 VADC_READY =1 时是否触发 ALERT 信号

0: 表示发生 VADC_READY 触发 ALERT 信号。

1: 表示发生 VADC_READY 不触发 ALERT 信号。

表 8.2-12 FETC_MASK (0x42~0x43)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
ST_FETC_MASK	0x42	RSVD	RSVD	XREADY_FETC_M	ALERT_FETC_M	UV_FETC_M	OV_FETC_M	SCD_FETC_M	OCD1_FETC_M	RW	0x00
ST2_FETC_MASK	0x43	RSVD	I2C_TIMEOUT_FETC_M	BAL_TIMEOUT_FETC_M	RSVD	OCD2_FETC_M	OCC_FETC_M	UT_FETC_M	OT_FETC_M	RW	0xff

XREADY_FETC_M : 控制 DEVICE_XREADY=1 时是否关闭 CHG/DSG;

0: 表示关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

ALERT_FETC_M : 控制 OVRD_ALERT=1 时是否关闭 CHG/DSG;

0: 表示关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

UV_FETC_M : 控制 UV=1 时是否关闭 DSG;

0: 表示关闭相应的 DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 DSG MOSFET。

OV_FETC_M : 控制 OV=1 时是否关闭 CHG;

0: 表示关闭相应的 CHG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 CHG MOSFET。

SCD_FETC_M : 控制 SCD=1 时是否关闭 DSG;

0: 表示关闭相应的 DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 DSG MOSFET。

OCD1_FETC_M : 控制 OCD1=1 时是否关闭 DSG;

0: 表示关闭相应的 DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 DSG MOSFET。

I2C_TIMEOUT_FETC_M : 控制 I2C_TIMEOUT=1 时是否关闭 CHG/DSG;

0: 表示关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

BAL_TIMEOUT_FETC_M : 控制 BAL_TIMEOUT=1 时是否关闭 CHG/DSG;

0: 表示关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

OCD2_FETC_M : 控制 OCD2=1 时是否关闭 DSG;

0: 表示关闭相应的 DSG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 DSG MOSFET。

OCC_FETC_M : 控制 OCC=1 时是否关闭 CHG;

0: 表示关闭相应的 CHG MOSFET。

1: 表示不能关闭相应的 CHG MOSFET。

UT_FETC_M : 控制 UT=1 时是否关闭 CHG/DSG;

0: 表示 UT 关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

1: 表示 UT 不能关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

OT_FETC_M : 控制 OT=1 时是否关闭 CHG/DSG;

0: 表示 OT 关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

1: 表示 OT 不能关闭相应的 CHG, DSG MOSFET。

表 8.2-13 片外、片内温度保护阈值和延时设置寄存器

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
TS1_EXT_OT_TH	0x45	<7:0>								RW	0x00
TS1_EXT_UT_TH	0x48	<7:0>								RW	0x00
TS_INT_OT_TH	0x4B	<7:0>								RW	0xf2
TS_INT_UT_TH	0x4C	<7:0>								RW	0x08

TS_INT_OT_TH_6LSB	0x50	RSVD	RSVD	<5:0>	RW	0x00
TS_INT_UT_TH_6LSB	0x51	RSVD	RSVD	<5:0>	RW	0x00
TS1_EXT_OT_TH_6LSB	0x63	RSVD	RSVD	<5:0>	RW	0x00
TS1_EXT_UT_TH_6LSB	0x66	RSVD	RSVD	<5:0>	RW	0x00
OT_DELAY	0x4D	<7:0>			RW	0x00
UT_DELAY	0x4E	<7:0>			RW	0x00

外部温度 OT 阈值：{ TS1_EXT_OT_TH [7:0], TS1_EXT_OT_TH_6LSB [5:0]}。

外部温度 UT 阈值：{ TS1_EXT_UT_TH [7:0], TS1_EXT_UT_TH_6LSB [5:0]}。

内部温度 OT 阈值：{ TS_INT_OT_TH [7:0], TS_INT_OT_TH_6LSB [5:0]}。

内部温度 UT 阈值：{ TS_INT_UT_TH [7:0], TS_INT_UT_TH_6LSB [5:0]}。

注意：温度 TS1 以 14bit 的补码形式输出。UT 阈值 bit13 必须配置为 0，OT 阈值 bit13 必须配置为 1。

OT_DELAY: 过温保护延时

OT_DELAY[7:0]：代表经过多长时间之后，触发 OT 状态。DELAY 延时为 2s*N (N= 0-255)。

UT_DELAY: 欠温保护延时

UT_DELAY[7:0]：代表经过多长时间之后，触发 UT 状态。DELAY 延时为 2s*N (N= 0-255)。

表 8.2-14 BALANCE_WTD (0x52)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
BALANCE_WTD	0x52	CB_EN	CB_MUL<2:0>			CB_TIMER<3:0>				RW	0x00

CB_EN (BALANCE_WTD[7])：均衡看门狗使能开关

0: 不启动均衡看门狗定时器。

1: 启动均衡看门狗定时器。

CB_MUL * CB_TIMER 表示超时时间，其范围为 1~3840s，其中 CB_TIMER 单位为秒。当【6:0】=7' b0 表示立即触发均衡超时（需要配置 CELLBAL1-3 寄存器，打开均衡），主要用于测试。

CB_EN	CB_MUL		CB_TIMER
<7>	<6:4>		<3:0>
1=Enabled 0=Disabled	001b	1x	1~15s
	010b	4x	
	011b	16x	
	100b	64x	
	101b	128x	
	110b	256x	

表 8.2-15 I2C_WTD (0x53)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
I2C_WTD	0x53	I2C_WATCH_DOG<7:0>								RW	0x00

I2C_WATCH_DOG[7:0]：配置 I2C_WTD 寄存器可开启 I2C WatchDog，默认为关闭状态(0x0)。

配置 I2C_WTD 寄存器为非零值，则开启 WatchDog。I2C_WTD 寄存器的值代表超时时间，单位为秒，可配置范围为 1-255 秒。8' h0 表示不开启(默认值)；N (N>0)表示超时时间为 N*1s。

表 8.2-16 ADC_MODE (0x54)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
ADC_MODE	0x54	TEMP_SAMP_MODE<3:0>				ADC_SAMP_MODE<3:0>				RW	0x00

ADC_SAMP_MODE[3:0]: 控制 ADC 的采样间隔（每 250ms*(N+1) 采样一次，默认为 250ms 一次）

ADC_SAMP_MODE<3:0>	N
0	0
1	1
2	3
3	7
4	15
5	31

当 ADC_SAMP_MODE[3:0] 小于 4 时，温度测量按照 TEMP_SAMP_MODE 配置的间隔进行测量；当 ADC_SAMP_MODE[3:0]=4 或 5 时，温度测量分别设置为 4s、8s 测量一次。缩短温度测量间隔，主要用于 ATE 测试。

TEMP_SAMP_MODE[1:0]	N
0	7
1	3
2	1
3	0

例如：默认值下，电压 ADC 采样周期为 250ms (N=0)，温度采样周期为 2s (N=7)。当电压 ADC 采样周期为 <2s (N<7)，温度采样周期可以配置为 250ms, 500ms 和 1s。当电压 ADC 采样周期配置为 4s, 8s 时，那么温度测量周期也对应为 4s, 8s。

表 8.2-17 VERSION (0x56)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
VERSION	0x56	RSVD	RSVD	RSVD	CHIP_TYPE[1:0]		I2C_ADD_TYPE	LDO_TYPE	CRC_EN	RO	0x01

CRC_EN: I2C 是否 CRC 检验功能

0: CRC 校验关闭。

1: CRC 校验开启。

LDO_TYPE:

0: REGOUT 电压 为 3.3V。

1: REGOUT 电压 为 2.5V。

I2C_ADD_TYPE: I2C SLAVER 地址信息

0: DEVICE ADDRESS 为 0x08。

1: DEVICE ADDRESS 为 0x18。

CHIP_TYPE[1:0]: 芯片类型说明

2' b00=920 ONE DIE。

2' b01=930 TWO DIE。

2' b11=940 THREE DIE。

表 8.2-18 INTF_CTRL (0x58)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
INTF_CTRL	0x58	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	OVRD_ALERT_EN	CC_READY_ALERT_EN	I2C_WTD_TO_SHIP	WAKEUP_ALERT_EN	RW	0x05

WAKEUP_ALERT_EN(INTF_CTRL[0]): 小电流唤醒时是否会触发 ALERT 信号

0: 表示 SYS_STAT[SNS_WAKEUP]为 1 无操作。

1: 表示 SYS_STAT[SNS_WAKEUP]为 1 时会拉高 ALERT。

I2C_WTD_TO_SHIP(INTF_CTRL[1]): I2C 看门狗触发是否使芯片进入 SHIP 模式

0: I2C 看门狗触发时芯片不会进入 SHIP 模式。

1: I2C 看门狗触发时芯片进入 SHIP 模式。

CC_READY_ALERT_EN(INTF_CTRL[2]): CC_READY 拉高是否会触发 ALERT 信号

0: CC_READY 拉高无触发动作。

1: CC_READY 拉高会触发 ALERT 中断。

OVRD_ALERT_EN(INTF_CTRL[3]): OVER_ALERT 拉高是否会触发 ALERT 信号

0: OVRD_ALERT 拉高无触发动作。

1: OVRD_ALERT 拉高会触发 ALERT 中断。

表 8.2-19 电流保护比较阈值和延时设置

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default		
OCD1_THRESH	0x5B	RSVD			OCD_THRESH<5:0>					RW	0x02		
SCD_THRESH	0x5C	RSVD				SCD_THRESH<3:0>					RW	0x01	
OCD1_DELAY	0x5D	<7:0>										RW	0x02
SCD_DELAY	0x5E	<7:0>										RW	0x05
OCC_THRESH	0x5F	RSVD	OCC_THRESH<5:0>									RW	0x02
OCD2_THRESH	0x60	RSVD	OCD2_THRESH<5:0>									RW	0x0a
OCC_DELAY	0x61	<7:0>										RW	0x02
OCD2_DELAY	0x62	<7:0>										RW	0x0a

比较器阈值及延时设置 (M、N 为寄存器的值):

Comparator-Based Protection	Threshold		Delay (N=0~255)
	Range (M)	Step	

SCD	SCD_THRESH[3:0]: 0 = -10 mV 1 = -20 mV 2 = -40 mV 3 = -60 mV 4 = -80 mV 5 = -100 mV 6 = -125 mV 7 = -150 mV 8 = -175 mV 9 = -200 mV 10 = -250 mV 11 = -300 mV 12 = -350 mV 13 = -400 mV 14 = -450 mV 15 = -500 mV (Default: M=1)		4us*N (Default: N=5)
OCC	OCC_THRESH[5:0]: 4 ~ 124mV (= 4mV + 2mV*M) (Default: M=2) M取值范围: 0-60 (大于 60 则取 60)	2mV	4ms*N (Default: N=2)
OCD1	OCD1_THRESH[5:0]: -4 ~ -200mV (= -4mV - 4mV*M) (Default: M=2) M取值范围: 0-49 (大于 49 则取 49)	4mV	4ms*N (Default: N=2)
OCD2	OCD2_THRESH[5:0]: -4 ~ -200mV (= -4mV - 4mV*M) (Default: M=10) M取值范围: 0-49 (大于 49 则取 49)	4mV	4ms*N (Default: N=10)

比较器 Delay 寄存器的 N=0 时，表示立即触发(同步需要 0~4us)。当 M 取值超出范围时，截取到最大值。

表 8.2-20 CC_MODE (0x80)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
CC_MODE	0x80	RSVD				CC_OSR<3:0>				RW	0x00

CC_OSR[3:0]: 控制电流 ADC 的 OSR。电流 ADC 过采样几次输出，例如 OSR=8 表示电流 ADC 采样 8 次就输出。

CC_OSR<3:0>	OSR
0	2048

1	1024
2	512
3	256
4	128
5	64
6	32
7	16
8	8
Others	2048

表 8.2-21 SENSE_CTRL (0x85)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
SENSE_CTRL	0x85	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	AUTO_DSGFET_ON	AUTO_CHGFET_ON	CADC_SENSE_EN	RW	0x00

CADC_SENSE_EN(SENSE_CTRL[0]): 电流唤醒使能

0: 不启用电流唤醒。

1: 启用 ADC 检测。

AUTO_CHGFET_ON(SENSE_CTRL[1]): 是否自主打开 CHG MODFET

0: 不会自动打开 CHG MOSFET。

1: 自动打开 CHG MOSFET。

AUTO_DSGFET_ON(SENSE_CTRL[2]): 是否自主打开 DSG MODFET

0: 不会自动打开 DSG MODFET。

1: 自动打开 DSG MODFET。

表 9.2-22 电流唤醒阈值设置(需要配置为补码):

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
CHG_CADC_TH_HI	0x86	<7:0>								RW	0x00
CHG_CADC_TH_LO	0x87	<7:0>								RW	0x00
DSG_CADC_TH_HI	0x88	<7:0>								RW	0x00
DSG_CADC_TH_LO	0x89	<7:0>								RW	0x00

CHG_CADC_TH_HI[7:0]: 表示充电时电流 ADC 的高 8 位阈值。

CHG_CADC_TH_IO[7:0]: 表示充电时电流 ADC 的低 8 位阈值。

DSG_CADC_TH_HI[7:0]: 表示放电时电流 ADC 的高 8 位阈值。

DSG_CADC_TH_IO[7:0]: 表示放电时电流 ADC 的低 8 位阈值。

表 8.2-23 LOAD_DET_DELAY (0x8A)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
LOAD_DET_DELAY	0x8A	<7:0>								RW	0x00

LOAD_DET_DELAY[7:0]: 表示负载检测延时滤波。滤波延时为 4*N, 单位位 us, N=0~255。

注意: 虽然 LOAD_DET_DELAY 可设置负载检测延时, 但由于时间过短滤波效果可能不是很容易造成误判, 实际使用时需要再

做滤波处理。

表 8.2-24 RES_TEMP_BIAS (0x95)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
RES_TEMP_BIAS	0x95	<7:0>								RW	0x00

RES_TEMP_BIAS[6:0]: 芯片 TS1/TS2 温度检测接口内部上拉电阻配置寄存器

8' h00: 内部上拉电阻为 10K;

8' h80: 内部上拉电阻为 100K。

表 8.2-25 CC_ADC_LP (0xA1)

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
CC_ADC_LP	0xA1	<7:0>								RW	0x00

CC_ADC_LP[4:3]: 调节低功耗模式下电流 ADC 的偏置电流，偏置电流小功耗低。

Code	偏置电流值
00	1uA
01	1.5uA
10	禁用
11	0.5uA

表 8.2-26 FETDRIVER 和负载使能设置

NAME	ADD	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	R/W	Default
FETDRV_CTRL1	0xA5	<7:0>								RW	0x00
FETDRV_CTRL2	0xA6	<7:0>								RW	0x00

FETDRV_CTRL1[7:6]: 负载检测内部阻抗配置。

FETDRV_CTRL1[7:6]	值
00	0R
01	160K
10	250K
11	600K

FETDRV_CTRL2[3]: 负载检测使能信号

1: 表示负载检测电路使能;

0: 表示关断负载检测电路，默认值为 0。

FETDRV_CTRL2[6:4]: 负载检测比较阈值选择信号。

Code	Value	UNIT
000	1	V
001	1.1	V
010	1.2	V
011	1.3	V

100	0.9	V
101	0.8	V
110	0.7	V
111	0.6	V

以上 2 个 FETDRV_CTRL 寄存器没有说明的寄存器默认值都为 0。

灵矽微电子保密文件

9. 封装尺寸

LS76920 采用 TSSOP20 封装，湿敏等级为 MSL-3，芯片具体尺寸如下图所示：

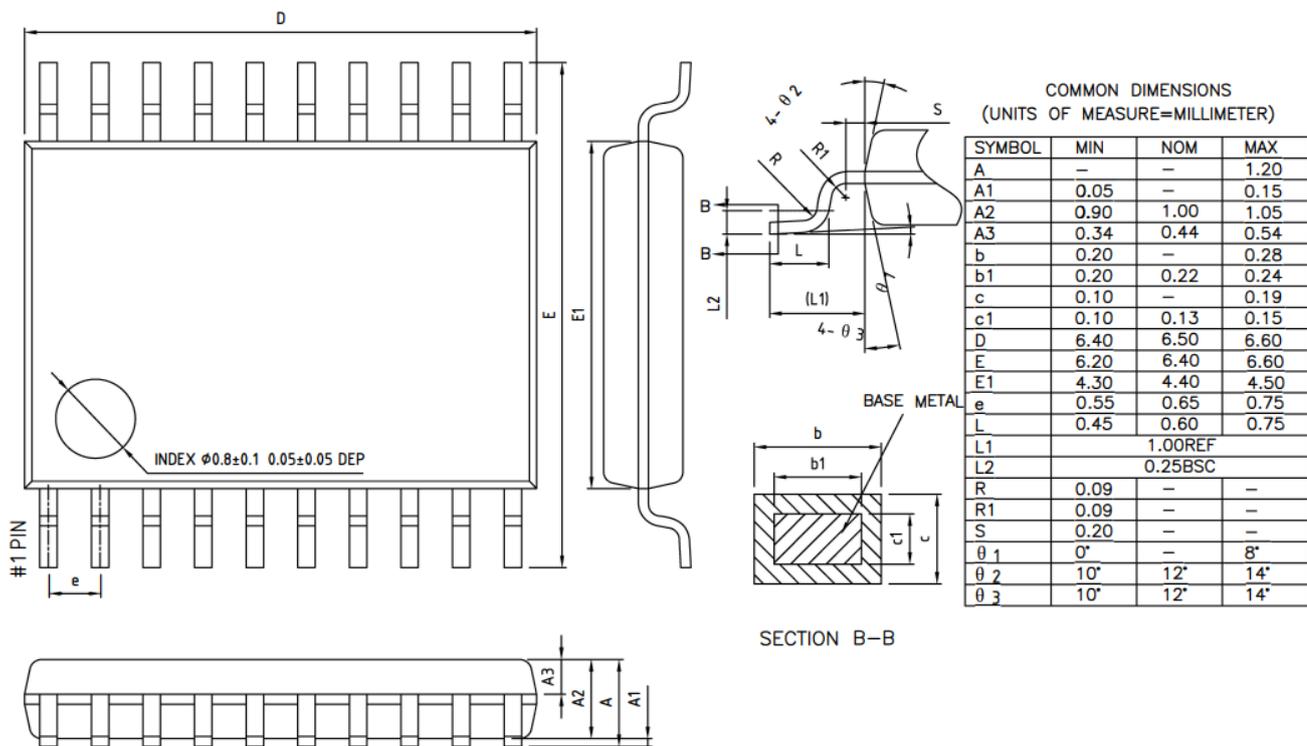


图 9-1 TSSOP20 封装尺寸图