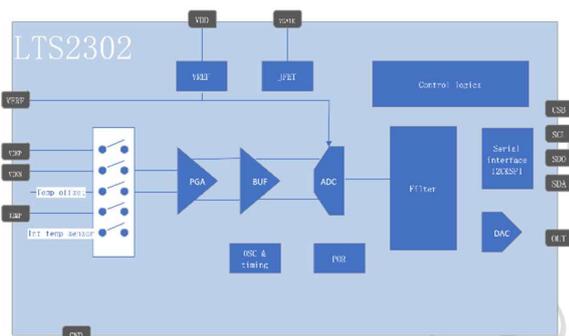


产品概述

LTS2302 是一颗专为桥式传感器提供的高集成、低成本、高精度的接口芯片，对传感器信号进行采集、放大和校准。LTS2302 集成了低噪声仪表放大器 (PGA)，低功耗 24 位 Σ - Δ ADC，HALFBAND 滤波器和 12 位 DAC。通过外部 JFET，LTS2302 还可以支持过压保护功能。LTS2302 同时支持 I2C/SPI 数字输出、模拟输出。



特征

- 模拟功能
 - 高精度 1X~256X 增益可变仪表放大器
 - 24 位 ADC 用于主信号/温度测量
 - 支持内置温度传感器和外部温度传感器
 - 12 位 DAC
- 数字功能
 - 多种 OSR 设置
 - 支持 SPI 和 I2C 接口

- 模拟输出特性
 - 比例或者绝对电压输出
 - 支持钳位功能
- 其他特点
 - 传感器诊断功能
 - 支持基于 JFET 的过压保护
 - 工作温度范围：-40°C~125°C (结温)

应用场合

- 压力传感器
- 磁传感器
- 应变器

目录

1. 极限参值	4
2. 电气特性	4
3. 寄存器描述	7
4. 功能描述	13
4.1 主信号测量通道	13
4.1.1 PGA+ADC	14
4.1.2 PGA 共模电压要求	14
4.1.3 数字滤波器	14
4.2 辅助温度测量通道	15
4.2.1 内部温度传感器	15
4.2.2 外部温度传感器	15
4.3 模拟输出模块	16
4.4 电源及传感器驱动模块	16
4.4.1 传感器驱动	16
4.4.2 外部 <i>JFET</i> 控制器	17
4.5 数字控制逻辑与工作模式	17
4.5.1 单次传感器数据采集模式	17
4.5.2 单次温度数据采集模式	18
4.5.3 组合数据采集模式	18
4.5.4 休眠数据采集模式	18
4.6 错误诊断及报警	18
4.6.1 错误诊断	18
5. 通讯接口协议	19
5.1 SPI 通讯协议	19
5.1.1 SPI 写寄存器	20
5.1.2 SPI 读寄存器	20
5.2 I2C 通讯协议	20
5.2.1 I2C 读写寄存器	22
6. 封装信息	23
7. 典型应用图	25
7.1 0-5V 电压输出	25

7.2 使用 JFET 实现电源过压保护方案.....	25
7.3 I2C 数字输出.....	26
7.4 SPI 数字输出.....	26
8. 文档版本.....	27
9. 声明.....	27
10. 联系我们.....	27

Leto-ic Copyright

1. 极限参值

参数	标识	Min	Typic	Max	单位	备注
AVDD 电压	AVDDmax	-0.3		6.5	V	
模拟引脚电压		-0.3		AVDD+0.3	V	
VGATE 电压	VGATEmax	-0.3		6.5	V	
模拟引脚电流				25	mA	
数字引脚电压		-0.3		AVDD+0.3	V	25°C
ESD 防护	HBM		2		KV	
最大结温	Tjmax			125	°C	
存储温度		-60		150	°C	

a. 芯片参数仅供参考，实际数据以芯片本身为准。

2. 电气特性

参数	标识	Min	Typic	Max	单位	备注
供电						
工作电压范围	AVDD	3	5	5.5	V	AVDD 直接供电模式
JFET 过压保护	AVDD_ov p		5		V	外部过压 JFET 钳位电压
上电复位	Vpor_av dd				V	
典型应用模式工作电 流（不包含传感器消 耗电）	Iavdd1		<1		mA	0~5V 输出普通模式 DAC_ON
	Iavdd2		300		uA	数字输出模式 工作电流 DAC_OFF
	Icmd		6		uA	待机电流
参考电压						
参考电压输出	VEXT		3.6 或 2.4		V	Regular_sel=0 或 1
参考电压输出负载	Rvref	0.5			Kohm	
VREF 短路电流限制	Ivref_l imit			18	mA	短路到地
主信号测量通道						
PGA 增益	GAIN	1		256		
PGA 增益误差	GAINP_E RR			3%		

零点误差	OFF			300	uV	
PADC 分辨率	RESraw		24		Bits	
有效分辨率	ENOB_P	参见表 4.1			Bits	取决于 PGA 增益和 ODR_P
输入共模信号抑制比	CMRR		120		dB	
电源抑制比	PSRR	90	120		dB	
温度测量通道（支持内置核外部温度传感器）						
TADC 分辨率	RES_T		24		Bits	
TADC 增益	GAIN_T	1		256		外部传感器模式
TADC 有效分辨率	ENOB_T	参见表 4.2				
内置温度传感器误差				3	°C	-40 to 125°C
TEMP 输入阻抗（内部参考电阻）			6.7		Kohm	
模拟输入引脚						
输入引脚电压	VIP, VIN	GND+0.4		AVDD-1.2	V	PGA on (Gain>2)
		GND+0.1		AVDD-0.1	V	PGA off, Buffer on
		GND+0.1		AVDD-0.1	V	PGA off, Buffer off
差分输入信号范围 (Voffset+Vspan)	V _{range}			± VREF /GAIN	V	VREF 为 ADC 参考电压
VINP, VINN 输入引脚漏电流	I _{leakage}			±1	nA	DIAG_ON=0
DAC 及电压输出 Buffer						
分辨率			12		Bits	
DAC 输出满幅	VFSDAC	0-VDD 或 0-1.0*VEXT			V	Vout_sel=0 或 1
差分非线性	DNL			0.5	LSB	
积分非线性	INL			1	LSB	
电压输出噪声	V _{rms}		0.4		mV	
输出驱动负载电阻	R _{load}	1			KOhm	电压输出模式
输出驱动负载电容	C _{load}			15	nF	电压输出模式
短路电流限制	I _{short_lmt}			20	mA	输出短路到 VDD 或 GND
上限钳位电压	Vclamph	3/4		1	VFSDAC	Set by DAC_LIMIT_H<5:0>
下限钳位电压	Vclampl	0		1/4	VFSDAC	Set by DAC_LIMIT_L<5:0>

诊断及报错						
诊断上拉电流	I_{diag}		100		nA	
OSC						
ADC 时钟	FOSC_MO D		1000		KHZ	
时钟误差	FOSC_ER R	-15%		15%		-40-125°C
串行通信接口						
时钟脉冲频率	Fsclk			250	Khz	SPI/I2C

a. 芯片参数仅供参考，实际数据以芯片本身为准。

3. 寄存器描述

SECTOR	OFFSET	REGISTER	BIT	POLO RITY	FIELD	Default Value	Descriptor
NORMAL	0x0	IF_CONFIG	[7:1]	ro	reserved	5'h0	
			[0]	rw	soft_reset	1'b0	软件复位; 此 bit 写 1 使得整个芯片复位至初始态, 复位后此位自动清为 0
	0x1	PART_ID	[7:0]	ro	pardid	8'h01	芯片版本编号
	0x2	DATA_READY	[7:2]	rc_w1	error_code	5'h0	错误代码: xx1xxb: DIAG_INPH xxx1xxb: DIAG_INPL xxxx1xb: DIAG_INMH xxxxx1b: DIAG_INML
			[1]	ro	reserved	1'b0	
			[0]	ro	data_ready	1'b0	标志一次数据采集完成, 可以读取采集数据, 数据读出最高位后该位自动清 0, PDATA 和 TDATA 的数据仍然保持上次采集的数据。
	0x3	PDATA	[7:0]	ro	pdata[23:0]	24'h0	有符号数, 2 的原码 存储传感器通道的 ADC 原始数据
	0x4		[15:8]	ro			
	0x5		[23:16]	ro			
	0x6	TDATA	[7:0]	ro	tdata[23:0]	24'h0	有符号数, 2 的原码 存储温度通道的 ADC 原始数据
	0x7		[15:8]	ro			
	0x8		[23:16]	ro			
	0x9	COMMAND	[7:4]	rw	sleep_time	4'h0	0000b:62.5ms 0001b:125ms 0010b:250ms 0011b:500ms 其他值:1s, 仅在休眠工作模式下有效
			[3]	rw	sco	1'b0	1: 开始数据采集, 采集结束时自动回 0
			[2:0]	rw	capture_mode	3'b000	000b: 单次温度采集模式 001b: 单次传感器信号采集模式 010b: 组合采集模式 (一次温度采集后立即进行一次传感

							器信号采集) ; 011b: 休眠工作模式 定期 的 执行一次组合采集模式, 间隔 时间由' sleep_time'决定
0xa	CHIP_ADD RSS	[7:0]	ro	slave_address	8'h14		I2C slave 的地址
0xb	SYS_CONF IG1	[7:5]	rw	reserved	3'h0		
		[4]	rw	adc_out_en	1'b0		通过 io CSB 和 SDO 可以分别 输出 ADC 的时钟和数据: 1: 进 CSB 和 SDO 被用作观 测输出的时钟和数据 0: 关闭该模式, CSB 和 SDO 能用作其他功能。
		[3]	rw	int_en	1'b0		1: 中断功能打开, SDO 引脚 输出中断信号,此时 spi 的 MISO 不可用。
		[2]	rw	freq_out_en	1'b0		1: 使能频率输出模式 (VOUT 输出 OSC 的 1mhz 时钟)
		[1:0]	rw	freq_fs	2'b00		00: Freq_FS = Fclk/4 (约为 250KHz) 01: Freq_FS = Fclk/8 (约为 125KHz) 10: Freq_FS = Fclk/16 (约为 62.5KHz) 11: Freq_FS = Fclk/32 (约为 31.25KHz)
0xc	SYS_CONF IG2	[7]	rw	halfband_byp ass	1'b0		filter halfband bypass 开关: 1: 采样数据 bypass halfband 0: 采样数据经过 halfband 处 理
		[6]	rw	thermopile_m ode	1'b0		1: 使能 thermopile 模式, 该 模式下, 传感器的负端 VINN 被强制连接到 9*VEXT/16 上
		[5]	rw	reserved	1'b0		
		[4]	rw	vout_sel	1'b0		控制 DAC_REF_SEL: (不支持 1.5 VREF) 0: 设置模拟输出为固定电压 输出, 输出范围为 0-1*VREF 1: 设置模拟输出为按电源电 压比例输出, 输出范围为 0- VDD
		[3]	rw	reserved	1'b0		

		[2]	rw	input_swap	1'b0	1: 在芯片内部交换 VINP 与 VINN
		[1]	rw	reserved	1'b0	
		[0]	rw	diag_on	1'b0	1: 开启诊断功能
0xd	PCH_CONFIG	[7]	rw	reserved	1'b0	
		[6:3]	rw	gain_p	4'h0	PGA 传感器通道增益配置 0000:1X, 0001:2X, 0010:4X, 0011:8X, 0100:16X, 0101:32X, 0110:64X, 0111:128X, 1000:256X, 其他:1X 并且禁用 Buffer.
		[2:0]	rw	osr_p	3'h0	采集传感器信号时的过采样 000:256X, 001:512X, 010:1024X, 011:2048X, 100:4096X, 101:8192X, 110:16384X, 111:32768X
0xe	TCH_CONFIG	[7]	rw	temp_sel	1'b0	1 使能 内部温度传感器 0: 使能外部温度传感器模式 芯片内部 TEMP 和 GND 之间有 6KΩ 下拉电阻
		[6:3]	rw	gain_t	4'h0	PGA 温度通道增益配置 0000:1X, 0001:2X, 0010:4X, 0011:8X, 0100:16X, 0101:32X, 0110:64X, 0111:128X, 1000:256X, 其他:1X 并且禁用 Buffer.
		[2:0]	rw	osr_t	3'h0	采集温度信号时的过采样 000:256X, 001:512X, 010:1024X, 011:2048X, 100:4096X, 101:8192X, 110:16384X, 111:32768X
0xf	CLAMP0	[7:6]	rw	dac_limit_h<1:0>	2'h0	设置模拟输出的上限钳位电压, 其值大小可以从 3/4 满量程到满量程
		[5:4]	rw	dac_limit_l<1:0>	2'h0	设置模拟输出的下限电压, 其值大小可以从 0 到 1/4 满量程
		[3:0]	rw	reserved	4'h0	
0x10	CLAMP1	[7:4]	rw	dac_limit_h<5:2>	4'h0	设置模拟输出的上限钳位电压, 其值大小可以从 3/4 满量程到满量程
		[3:0]	rw	dac_limit_l<5:2>	4'h0	设置模拟输出的下限电压, 其值大小可以从 0 到 1/4 满量程
0x11		[7]	rw	reserved	1'b1	

ANALOG_IF		BG_CONT ROLO	[6]	rw	reserved	1'b0	
			[5:0]	rw	BG_TRIM<5:0>	6 'b01111 1	1.2V bandgap 信号修调。
	0x12	BG_CONT ROL1	[7:6]	rw	reserved	2'b00	
			[5:4]		BIAS_PGA_SE L<1:0>	2'b00	PGA 偏置电流控制。
			[3:2]		BIAS_BUF_SEL <1:0>	2'b00	BUF 偏置电流控制。
			[1:0]		BIAS_SDM_SE L<1:0>	2'b00	SDM 偏置电流控制。
	0x13	OSC_CON TROL	[7]	rw	reserved	1'b1	
			[6]	rw	reserved	1'b0	
			[5:0]	rw	OSC_TRIM<5: 0>	6 'b01111 1	振荡器修调信号。
	0x14	TEMP_CO NTROL	[7]	rw	TEMPSW	1'b0	TEMP 脚下拉开关控制。 1: 打开下拉开关; 0: 关闭下拉开关
			[6]	rw	TEMPSW6K	1'b0	TEMP 脚 6Kohm 下拉电阻开关 控制。 1: 开; 0: 关
			[5]	rw	reserved	1'b0	
			[4]	rw	TSDAC_EN	1'b1	温度检测 DAC 开关。 1: 开; 0: 关 与 Temp_offset 相关, 只在外部 温度检测模式下, P 端接内部 的 TSDAC 输出, N 端接外部 的 TEMP 管脚。
			[3:0]	rw	TSDAC_VSEL <3:0>	4'h0	在外部温度传感器模式下, 设 外部温度传感器信号的参考 电压 0000: 0/16*VEXT, 0001: 1/16*VEXT, 0010: 2/16*VEXT, 0011: 3/16*VEXT, 0100: 4/16*VEXT, 0101: 5/16*VEXT, 0110: 6/16*VEXT, 0111: 7/16*VEXT, 1000: 8/16*VEXT, 1001: 9/16*VEXT, 1010: 10/16*VEXT, 1011: 11/16*VEXT,

							1100: 12/16*VEXT, 1101: 13/16*VEXT, 1110: 14/16*VEXT, 1111: 15/16*VEXT
0x15	VREF_CONTROL	[7:2]	rw	reserved	6'h0		
		[1]	rw	reserved	1'b1		预留的寄存器控制位
		[0]	rw	VREF_LEV_SEL	1'b0		VREF 输出电压选择信号。 0: 2.4V; 1: 3.6V , VEXT 和 VREF 是同一个
0x16	ADC_CONTROL	[7]	rw	ADC_REF_SEL	1'b0		ADC 参考信号选择。 0: VREF pad; 1: VDD
		[6:5]	rw	ADC_CKIN_DIV<1:0>	2'b0		ADC 输入时钟分频控制。 00: 1 01: /2 10: /4 11: /8
		[4:2]	rw	ADC_CKIN_DELAY<2:0>	3'h0		ADC 输入时钟延时控制。 000: 6ns ... 111:20ns
		[1]	rw	ADC_CKIN_PHASESEL	1'h0		ADC 输入时钟相位选择。 0: 不反向; 1: 反向
		[0]	rw	SIGBUF_CHOPP_EN	1'h0		BUF 斩波使能。
0x17	POWER_CONTROL	[7]	rw	wakup_level	3'h0		SDO 的输入电平来退出休眠模式, 唤醒系统: 0 :高电平唤醒; 1: 低电平唤醒;
		[6:3]	ro	LP_STATE	4'h0		低功耗工作状态: 4'h0: 正常工作模式 4'h1: 正在进入休眠模式 4'h2: 已经进入休眠状态 4'h3: 正在退出休眠模式
		[2]	rw	LP_MODE	3'h0		低功耗模式: 0:正常工作模式; 1:休眠模式: 硬件强制 OSC 关闭, VREF 关闭, bg 关闭 (低电压电源供电时), dspLDO 关闭 写 1 触发进入休眠模式, 唤醒后自动清 0; 在低电压情况下先关掉 JFET_EN ,可以更省功耗。

							在高电压情况下需要保持 JFET_EN 常开, 同时 bg 也会硬件常开。
			[1]	rw	JFET_EN	1'b1	JFET 控制器使能。 1: 开; 0: 关 板级高电压情况下才需要打开, 使用低电压的情况下建议关闭节省功耗
			[0]	ro	reserved	1'b0	
	0x18	DAC_CON TROL	[7:3]	rw	reserved	5'h0	
			[2]	rw	DAC_EN	1'b0	DAC 使能。
			[1]	rw	DACBUF_EN	1'b0	DAC 输出 buffer 使能。
			[0]	rw	reserved	1'b0	
	0x19	PGA_CON TROL	[7:6]	rw	PGA_CHOPCK _SEL<1:0>	2'b0	PGA 斩波频率选择。 00: 不斩波 01: /32 10: /64 11: /128
			[5:4]	rw	SDM_CHOPC K_SEL<1:0>	2'b0	SDM 斩波频率选择。 00: 不斩波 01: /64 10: /128 11: /256
			[3:1]	rw	GTC_SEL<2:0 >	3'h0	增益漂移补偿深度控制。
			[0]	rw	GTC_PN	1'h0	增益漂移补偿方向控制。
	0x1a	MASK_CF G	[7:5]	rw	reserved	3'h0	
			[4:2]	rw	filter_mask	3'h5	忽略 filter 产生的前面 filter_mask 数目的数据。
			[1:0]	rw	adc_mask	2'h2	2'h0: 不忽略 adc 前面产生的数据。 2'h1: 忽略 adc 前面产生的 16bit 数据。 2'h2: 忽略 adc 前面产生的 32bit 数据。 2'h3: 不忽略 adc 前面产生的数据。
TEST	0x3c	TESTMOD E	[7:2]	rw	KEY	6'h0	只有当 KEY==6'b010101, DAC_EN==1'b0 时, 芯片 VOUT 才会被用作测试管脚, 具体测量功能分布由 TESTMUX 定义。

			[1:0]	rw	TESTMUX_SEL <1:0>	2'b00	测试信号选择控制。输出复用 VOUT PAD。 00: 不输出 01: 输出 DV15LP 10: 输出 DV15DSP 11: 无信号
--	--	--	-------	----	----------------------	-------	--

4. 功能描述

LTS2302 是一颗高度集成的用于电压型传感器例如惠斯通电桥压力传感器、热电堆、应变片等传感器信号调理输出的专用芯片。LTS2302 由五部分构成，分别为模拟前端模块，内置 Filter 及数字控制逻辑，模拟输出模块，电源及驱动模块以及串行接口电路，其框架图见图 4-1。

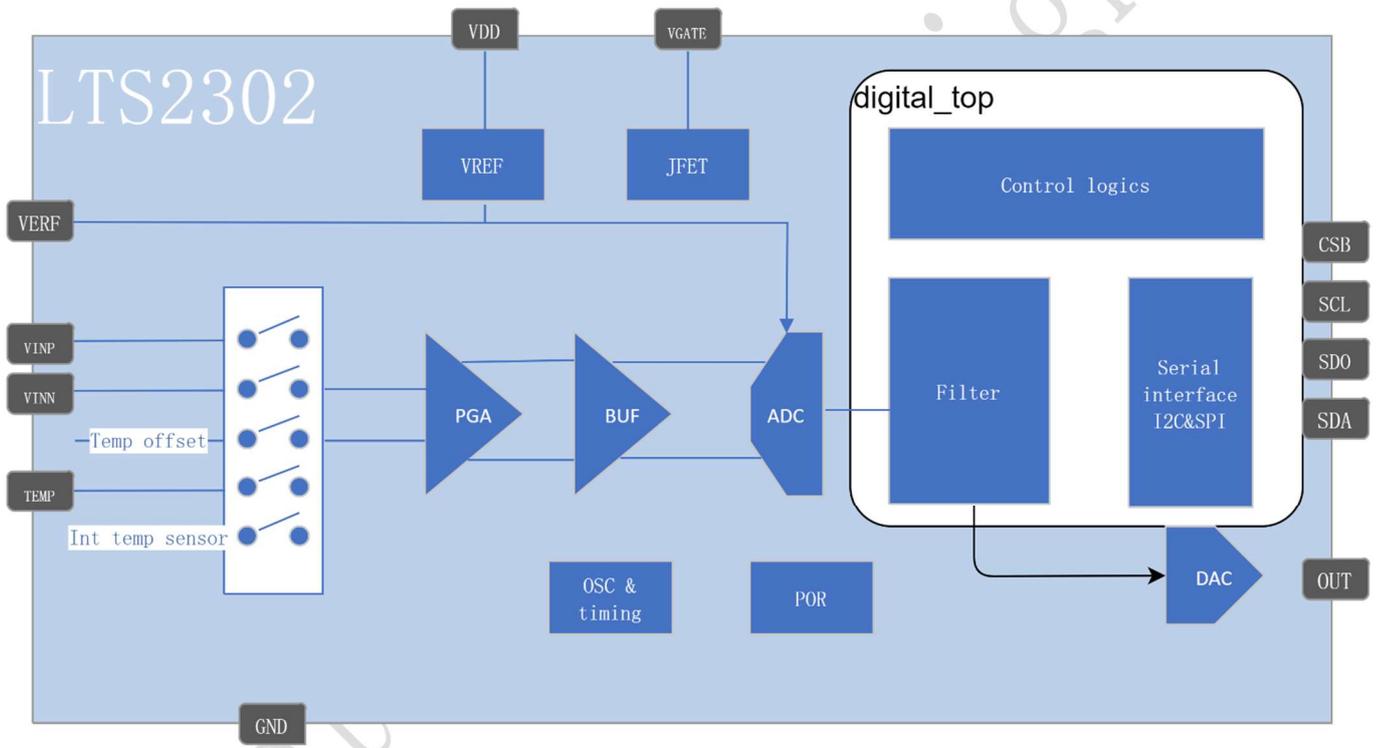


图 4-1

模拟前端模块包含一个由仪表 PGA 和 24 位 ADC 构成的信号采集通道，一个内置温度传感器，对传感器信号和温度进行高精度采集。

模拟输出模块由一个 12 位的 DAC 和一个具有电压输出模式，频率输出模式的输出驱动电路组成。LTS2302 的电源及驱动模块由一个高精度参考电压源和 JFET 控制器组成。

LTS2302 同时支持两种数字串行接口模式：SPI，I2C，用于配置参数，以及测量数据的读写。

4.1 主信号测量通道

传感器信号测量通道由输入选通电路，仪表级 PGA 和 24 位高精度 Sigma-Delta ADC 以及数字滤波器构成。

4.1.1 PGA+ADC

PGA 由高精度仪表放大器构成，对输入电压信号进行放大，其增益 $GAIN_P$ 通过寄存器 PCH_Config 设置，相应的增益档位分别为 1X, 2X, 4X, 8X, 16X, 32X, 64X, 128X, 256X。PADC 对 PGA 的输出进行模数转换，经过数字滤波器滤波后给出 24 位数字输出。PADC 的参考电压为 VEXT，允许的差分输入信号范围为 $\pm VEXT/GAIN_P$ 。ADC 输出的表达式为：

$$PDATA_{raw} = (VINP - VINN)/VEXT * GAIN_P * 2^{23}$$

4.1.2 PGA 共模电压要求

PGA 为差分输入，差分输出结构。其输出电压可以用如下表达式表达：

$$VP_PGA = V_{CMin} + GAIN_P * VDin / 2$$

$$VN_PGA = V_{CMin} - GAIN_P * VDin / 2$$

其中 V_{CMin} 和 $VDin$ 分别为 PGA 输入（传感器输出）的共模电平和差模电平。而为了避免 PGA 的运放输出端饱和而引入大的误差， VP_PGA 与 VN_PGA 都需要满足如下表达式：

$$AGND+0.1V < VP(N)_PGA < AVDD-0.1V$$

由上述表达式可以得到，输入共模电压需要满足如下关系：

$$AGND+0.1V+GAIN_P*V_{din(max)}/2 < V_{CMin} < AVDD-0.1V-GAIN_P*V_{din(max)}/2$$

对于电桥类传感器，其输出共模电平一般接近于 $VREF/2$ ，再考虑到传感器输出的不一致性，温度漂移等，建议选择合适的 $GAIN_P$ ，使得传感器差分输出 $V_{din(max)} < 0.8*VEXT/GAIN_P$ ，上述关系都是可以满足的。另外，PGA 的运放输入为 PMOS 输入，也需要满足如下表达式：

$$VIP(N) < AVDD - 1V$$

4.1.3 数字滤波器

ADC 后是一个数字滤波器。通过 ‘OSR_P’ 和 ‘OSR_T’ 可以分别设置传感器信号采集和温度信号采集过程中信号链的过采样率，范围从 256X 到 32768X。其中表 4.1 展示了不同的 OSR_P 和增益设置时 ADC 的有效位数。有效位数与输出噪声的关系为：

$$ENOB_{RMS} = 24 - \log_2(RMS_{ADC})$$

其中 RMS_{ADC} 为 ADC 输出噪声 (LSB)。有效位数 $ENOB_{RMS}$ 与无噪声位数 $ENOB_{NF}$ 的关系为

$$ENOB_{NF} = ENOB_{RMS} - 2.7$$

无噪声位数代表的是输出码无跳动的位数。

表 4.1 不同过采样率和增益下的 PADC 有效位数 $ENOB_{RMS}$ ($VREF = 3.6V$)

OSR\GAIN	1	2	4	8	16	32	64	128	256
256x	19.0638	18.4212	18.1458	17.7684	19.1046	18.4824	18.2376	17.8704	17.7786
512x	19.6554	18.9006	18.666	18.2172	19.7268	19.0434	18.7986	18.3192	18.411
1024x	20.2062	19.4004	19.1148	18.7374	20.1756	19.5228	19.227	18.7782	18.9006
2048x	20.7264	19.7166	19.7064	19.2474	20.7672	19.8288	19.7064	19.2984	19.2882
4096x	21.0732	20.2674	20.1756	19.686	21.1752	20.4714	20.2266	19.839	19.7676
8192x	21.5424	20.7468	20.4918	20.1348	21.573	20.8488	20.5734	20.2266	20.1858
16384x	22.0014	21.1038	21.0018	20.6142	21.981	21.1548	20.9304	20.655	20.6346
32768x	22.3584	21.4914	21.3078	20.961	22.389	21.4812	21.2976	21.063	21.0936

表 4-1

4.2 辅助温度测量通道

辅助温度测量通道用于测量传感器工作温度,用于对传感器信号测量结果进行温度补偿。LTS2302 可以支持内部

温度传感器和外部温度传感器两种模式,由寄存器位 temp_sel 确定。内部和外部温度传感器的输出通过 ADC 量化后输出。当 LTS2302 的温度与待测传感器的工作温度相同或者误差在接受范围内时,可以选择低成本的内外部温度传感器,否则用户可以选择外部温度测量方式。

从寄存器 reg0x06、reg0x07、reg0x08 中读数;

4.2.1 内部温度传感器

表 4.2 不同 OSR_T 下内部温度传感器的输出 RMS 噪声

OSR(Hz)	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768
RMS Noise in°C	0.075616	0.052918	0.054041	0.052516	0.057509	0.052560	0.046128	0.042153

表 4-2

4.2.2 外部温度传感器

当选择外部温度传感器模式时,温度信号通过引脚 TEMP 输入经缓冲器驱动后被 ADC 量化,ADC 的参考电压可以通过‘TSDAC_VSEL<3:0>’寄存器在 0 到 VEXT 之间设置。外部温度传感器有 16 档增益可以设置,ADC 裸数据 TDATAraw 与输入电压的关系可以表示为:

$$TDATA_{raw} = VTEMP * GAIN_T / VEXT * 2^{23}$$

在外部温度传感器测量过程中,TEMP 引脚会与一个低温漂的 6Kohm 下拉电阻连接,如下图 4.2;

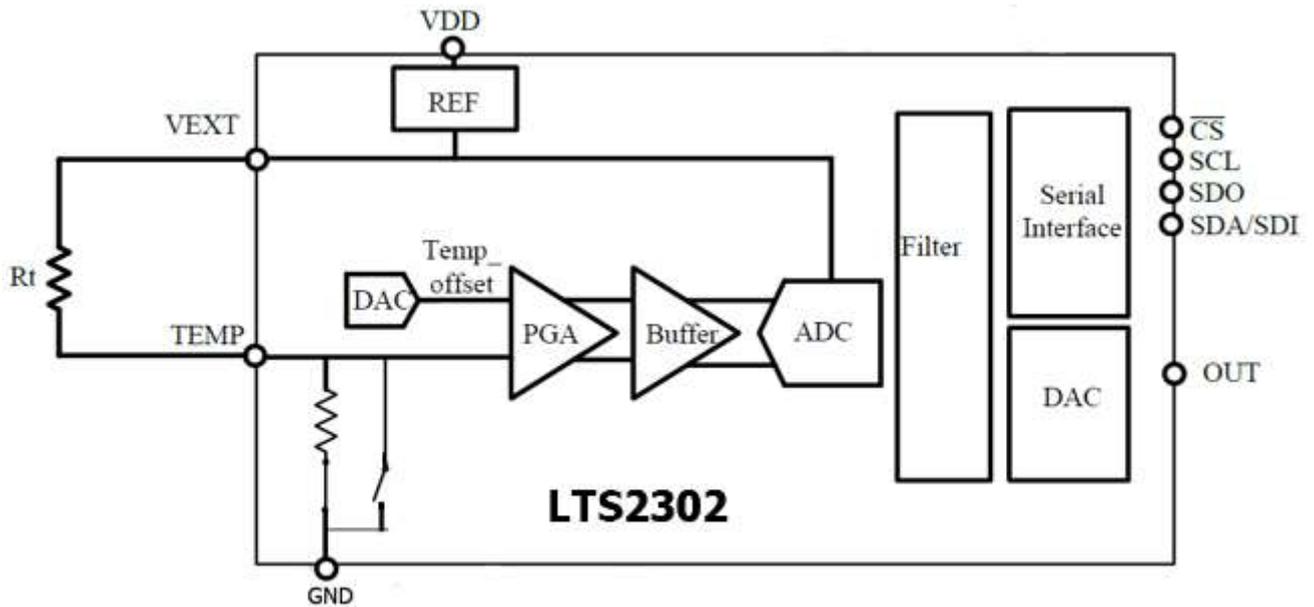


图 4-2

4.3 模拟输出模块

设置‘DAC_ON’ =1 进入模拟输出模式(无论‘CMD’寄存器为何值)。在模拟输出模式下 LTS2302 先进行一次温度数据采集,之后连续进行 64 次压力传感器数据采集。数据高 12 位(除去符号位)数据被映射到 OUT 引脚(所有负值被映射到下限电压),其计算方式如下:

当 Vout_sel=0 时:

$$OUT = \text{data_out}[22:11] / 4096 * VDD$$

当 Vout_sel=1 时:

$$OUT = \text{data_out}[22:11] / 4096 * 1 * VEXT$$

DAC 允许设置上限和下限钳位。内部 12 位计算出的数值与 12 位上限值 {11, DAC_limit_h[5:0], 1111} 和下限值 {00, DAC_limit_l[5:0], 0000} 进行比较。如果计算出的数值大于上限,或小于下限,那么输出即被钳位到上限值或下限值,否则即输出实际数值。

4.4 电源及传感器驱动模块

LTS2302 集成了一个低漂移的内部基准电压产生电路,并将此基准电压作为参考提供给传感器恒压驱动电路, JFET 控制器, 时钟电路等, 同时产生 ADC 及 DAC 的参考电压。

4.4.1 传感器驱动

LTS2302 一个恒压源输出在 VEXT 引脚上, 用于给电桥类传感器供电, 并同时作为 ADC 的参考电压。该恒压源可以通过 ANALOG_IF 寄存器 VREF_LEV_SEL 配置为 3.6V 或者 2.4V。

4.4.2 外部 JFET 控制器

LTS2302 集成了一个外部 JFET 控制器，通过 GATE 引脚控制 JFET (如 BSS169) 的栅极电压，从而将 AVDD 钳位在 5.4V 以下，从高压电源得到 5V 的低压电源来驱动 LTS2302 的 AVDD 或者其他外围器件，如图 4.3 所示。用户也可以使用一个 NPN 三极管 (如 BCX5610) 和一个 50K ohm 左右的电阻替代

JFET 实现该稳压电路，如图 4.4 所示。使用 JFET 时，也可以作为过压保护电路来使用。

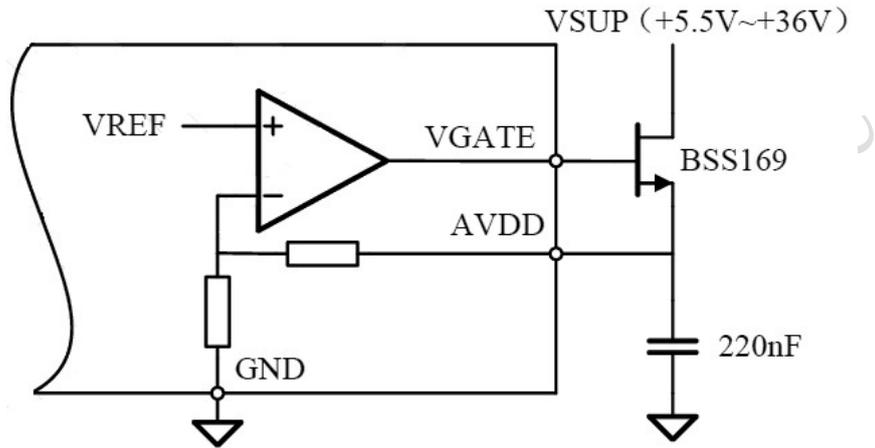


图 4-3

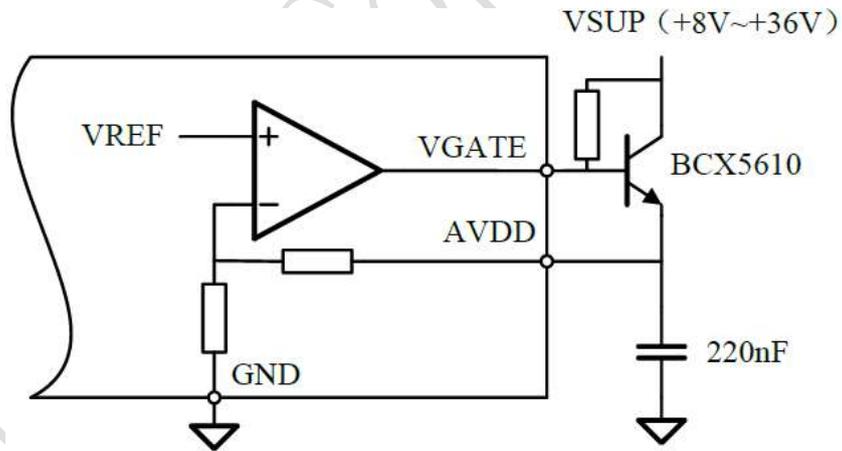


图 4-4

4.5 数字控制逻辑与工作模式

4.5.1 单次传感器数据采集模式

设置 ‘capture_mode=01’，‘SCO=1’ 进入的单次传感器数据采集模式。芯片上电后进行一次传感器数据采集，完成后回到待机模式，并自动将 SCO 清 0。当数据采集完成后 INT 拉高，当数据从 ‘PDATA’ 寄存器 (0x03~0x05) 被读出后，INT 被自动拉低。INT 处于低电平时，可对 ‘PDATA’ 寄存器进行多次读取，但请注意不要在数据刷新时读取数据。

4.5.2 单次温度数据采集模式

与单次传感器数据采集模式类似，设置 ‘capture_mode=00 SCO=1’ 进入的单次温度数据采集模式。

温度 ADC 输出的原始数据储存在 TDATA (0x06~0x08) 寄存器中。

4.5.3 组合数据采集模式

设置 ‘capture_mode’ = 10 和 ‘sco’ = 1 进入组合数据采集模式。芯片上电后先后进行一次温度数据采集和一次传感器数据采集，完成后回到待机模式，并自动将 ‘sco’ 置 0。

当数据采集结束后 INT 被拉高，读取 “TDATA” 或 “PDATA” 寄存器后，INT 自动拉低。

4.5.4 休眠数据采集模式

设置 ‘capture_mode’ = 11 和 ‘sco’ = 1 进入休眠数据采集模式。芯片上电后，以一定的时间间隔进行一次温度数据采集和一次传感器数据采集，间隔时间由 ‘sleep_time’ 设置，范围为 0ms 到 1s。除非手动将 ‘sco’ 置 0 不然不会停止采集。

当数据采集结束后 INT 被拉高，读取 “TDATA” 或 “PDATA” 寄存器后，INT 自动拉低。

4.6 错误诊断及报警

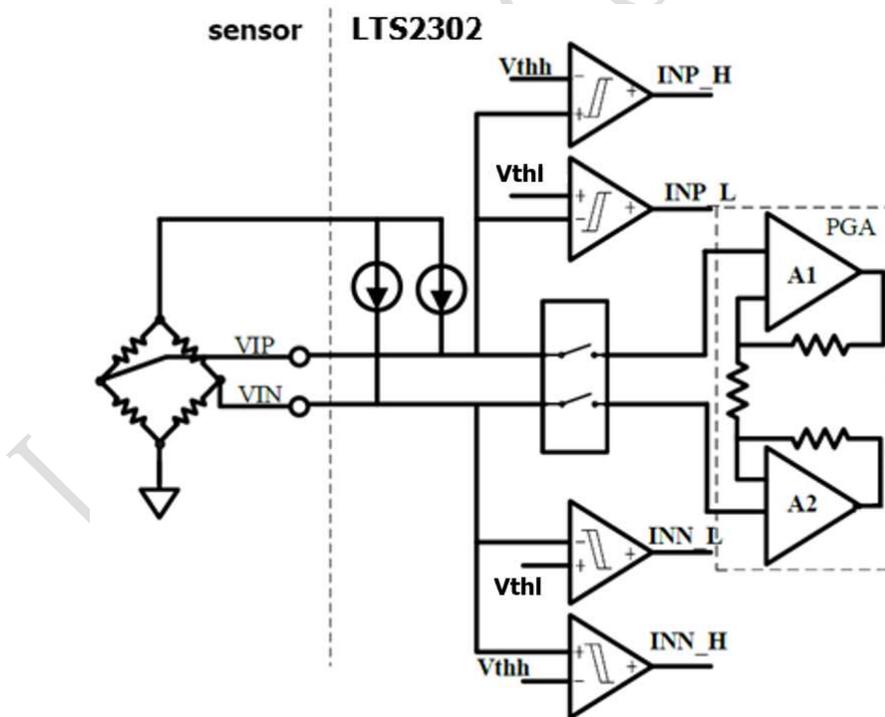


图 4-5 诊断功能

a. 其中 $V_{thh}=14/16V_{REF}$, $V_{thl}=1/16V_{REF}$;

4.6.1 错误诊断

将寄存器位 ‘diag_on’ 置 1 可打开诊断功能，诊断开启时，芯片的输入端会加两组 100nA 的

电流源信号。这会使输入信号产生一定的漂移，可以在校准时被校准掉。四组电压比较器会监测输入电压是否在合理的范围内。其中两组比较器比较输入电压是否大于 100mV，如小于 100mV 则认为输入异常，例如上半部分桥臂破损导致的输出异常。另外两组比较器则判断输入是否在上限电平 v_{thh} 之上，如超出上限电平 v_{thh} ，则认为输入异常偏高，如传感器破损导致的传感器输出开路。

在每次数据转换结束时，比较器的输出被锁存在 ‘Error_code<3:0>’ 寄存器位。当任意比较器输出被置位时，LTS2302 模拟输出被限制为 $AVDD \times 2.5\%$ ；通过与上下钳位功能结合，可以诊断出传感器当前检测信号是否超出范围。

5. 通讯接口协议

5.1 SPI 通讯协议

SPI 接口时序参数如下图：

标识	参数	条件	Min	Max	单位
Fsclk	时钟频率	最大负载 SDA or SDO=25pF		250	KHz
Tsclk_l	时钟低脉冲维持时间		2		us
Tsclk_h	时钟高脉冲维持时间		2		us
Tsdi_setup	SDA 建立时间		2		us
Tsdi_hold	SDA 保持时间		2		us
Tsd_o_d	SDO 输出延时	负载=25pF		30	ns
		负载=250pF		40	ns
Tcsb_setup	CSB 建立时间		2		us
Tcsb_hold	CSB 保持时间		2		us

表 5-1 SPI 接口时序参数

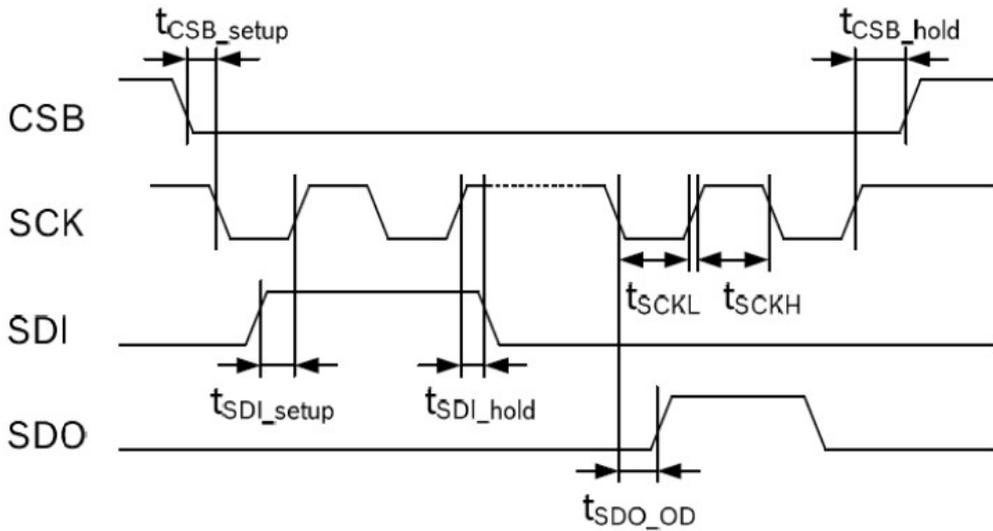
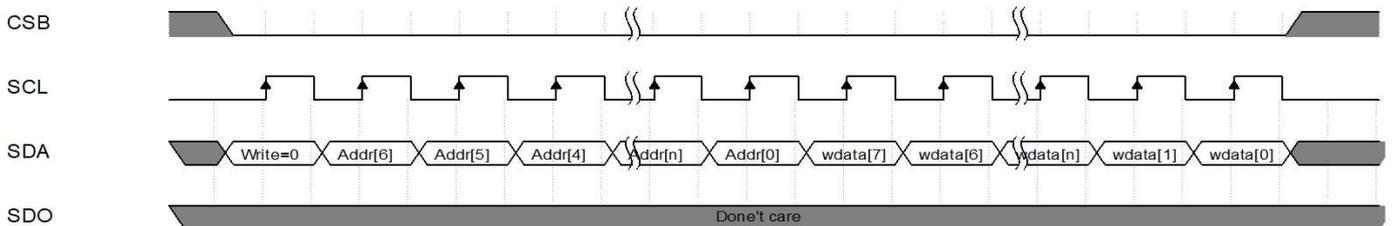


图 5-1 spi 时序示意图

SPI slave 仅支持 PHA/POL 为 0/0 的模式，建议使用一般 gpio 模拟 CSB 的行为，在 spi 访问期间一直保持有效。

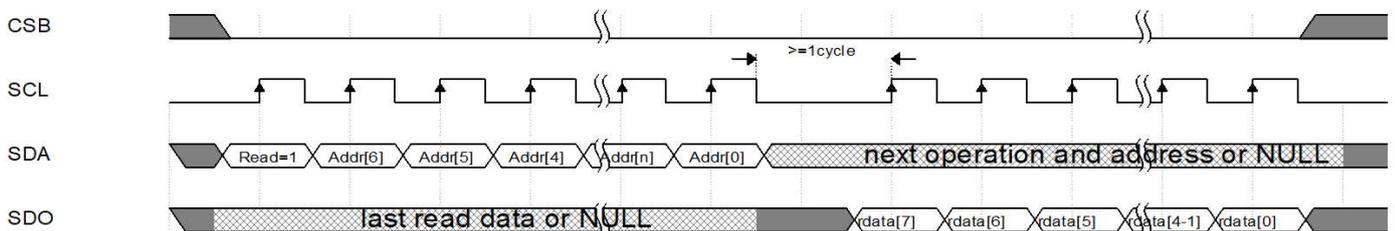
5.1.1 SPI 写寄存器

SPI 写寄存器 (only support 7bits address, 8bits wdata)



5.1.2 SPI 读寄存器

SPI 读寄存器 (only support 7bits address, 8bits rdata)



5.2 I2C 通讯协议

I2C 总线使用 SCL 和 SDA 作为信号线。这两根线都通过上拉电阻连接到 AVDD，不通信时都保持为高电平。I2C slave 地址由 slave_address 确定。

I2C 接口时序参数

标识	参数	条件	Min	Max	单位
Fsclk	时钟频率			250	KHz
T _{low}	时钟低脉冲维持时间		2		us
T _{high}	时钟高脉冲维持时间		2		us
T _{SUDAT}	SDA 建立时间		2		us
T _{HDDAT}	SDA 保持时间		2		us
T _{SUSTA}	Start 建立时间	负载=25pF	2		us
T _{HDSTA}	start 保持时间		2		us
T _{BUF}	两次通讯之间的间隔时间		4		us
T _{SUSTO}	stop 建立时间		2		us

表 5-2 I2C 接口时序参数

I2C 接口时序示意图

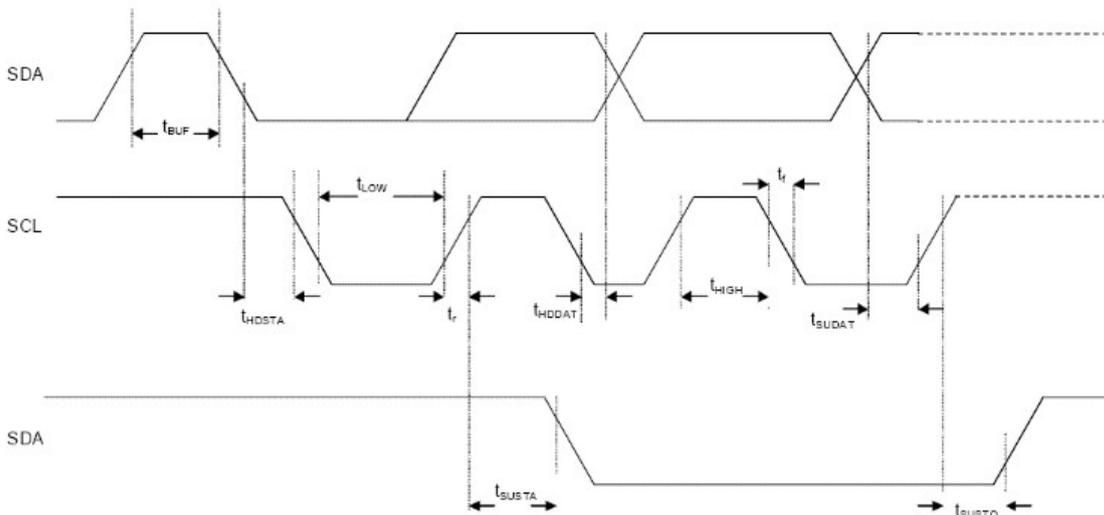
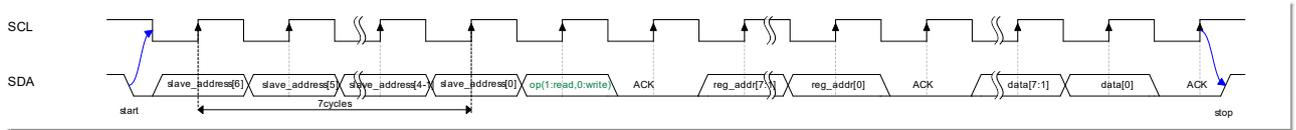


图 5-2 I2C 接口时序示意图

5.2.1 I2C 读写寄存器

I2C WRITE/READ REGISTER (7bits slave address, 8bits reg address, 8bits data)



Leto-ic Copyright

6. 封装信息

LTS2302 提供裸片和 QFN16 两种形式的芯片；

QFN16 (4mmX4mm) 的引脚定义如下图 6-1：

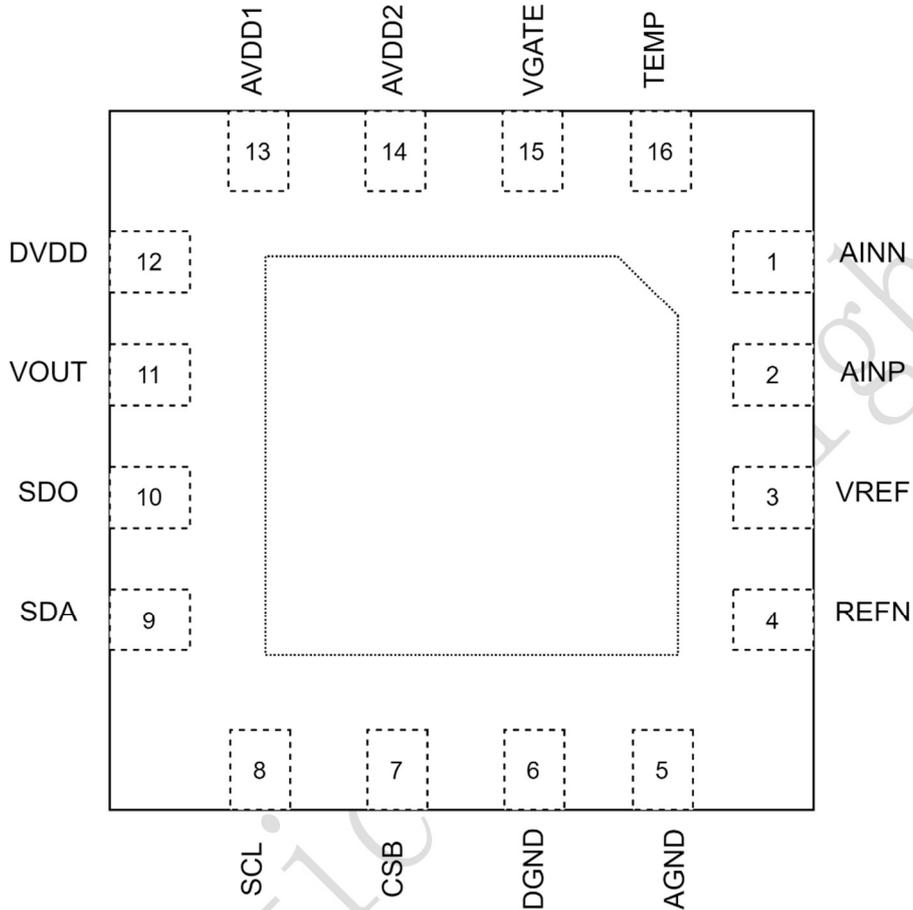


图 6-1 QFN16 引脚定义示意图

各引脚定义如下表

Pin Number	Pin Name	Type	Description
1	AINN	Analog input	模拟输入负端
2	AINP	Analog input	模拟输入正端
3	VREF	Analog output	参考电压
4	REFN	Analog input	参考电压负端
5	AGND	Analog groud	模拟地
6	DGND	Digital groud	数字地
7	CSB	Digital input	Spi 片选信号，低有效

8	SCL	Digital input	串行时钟 (i2c 的 scl, spi 的 spi_clk)
9	SDA	Digital input	I2C 的数据线, SPI 的 MOSI
10	SDO	Digital inout	SPI 的 MISO/中断输出/低功耗唤醒
11	VOUT	Aanlog output/Digital output	DAC 输出/内部时钟输出
12	DVDD	Digital power	数字电源
13	AVDD1	Analog power	模拟电源
14	AVDD2	Analog power	模拟电源
15	VGATE	Analog input	JFET regulator control signal
16	TEMP	Analog input	外部温度输入

表 6-1 各引脚定

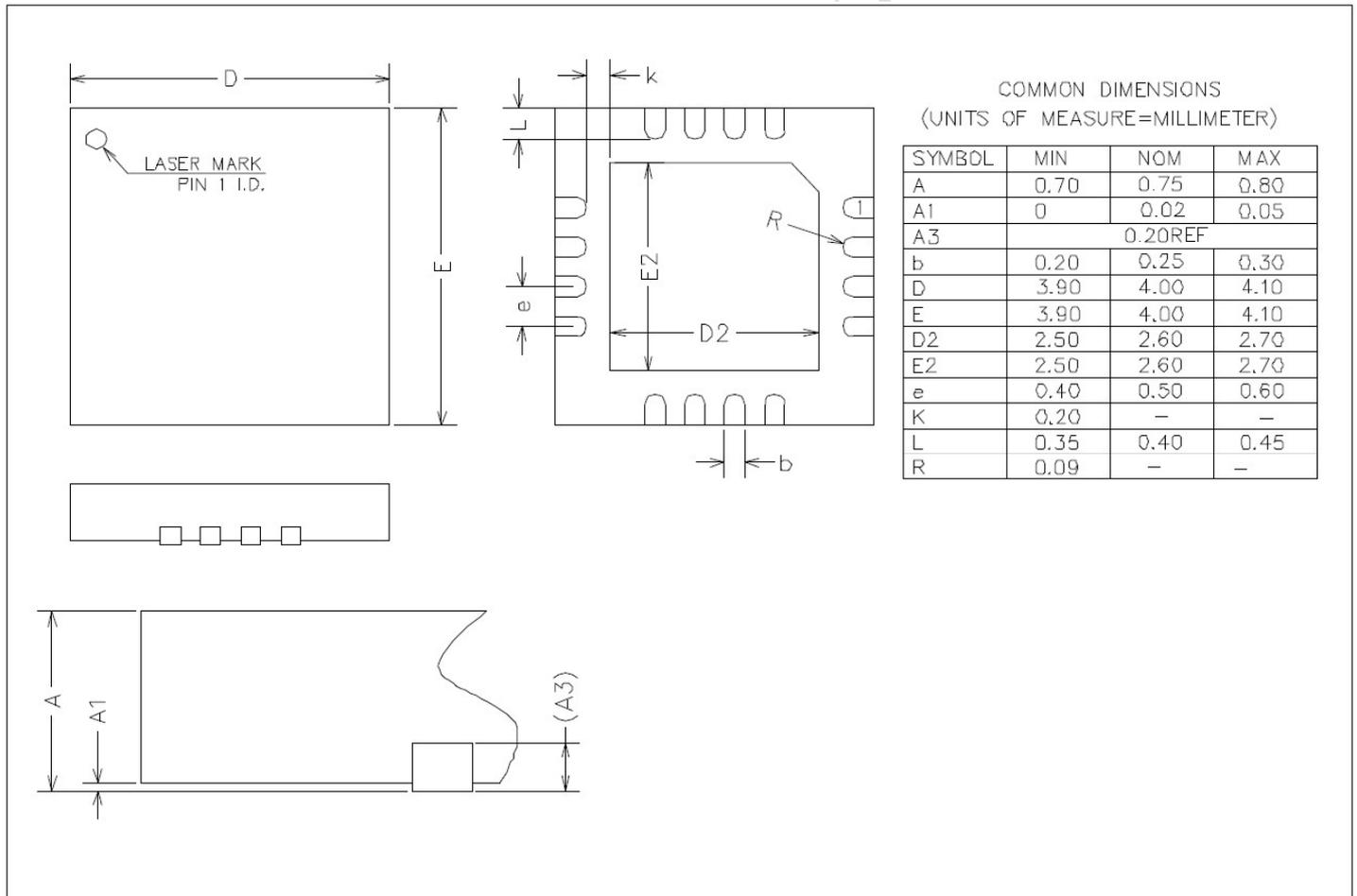


图 6-2 QFN16 封装尺寸

7. 典型应用图

7.1 0-5V 电压输出

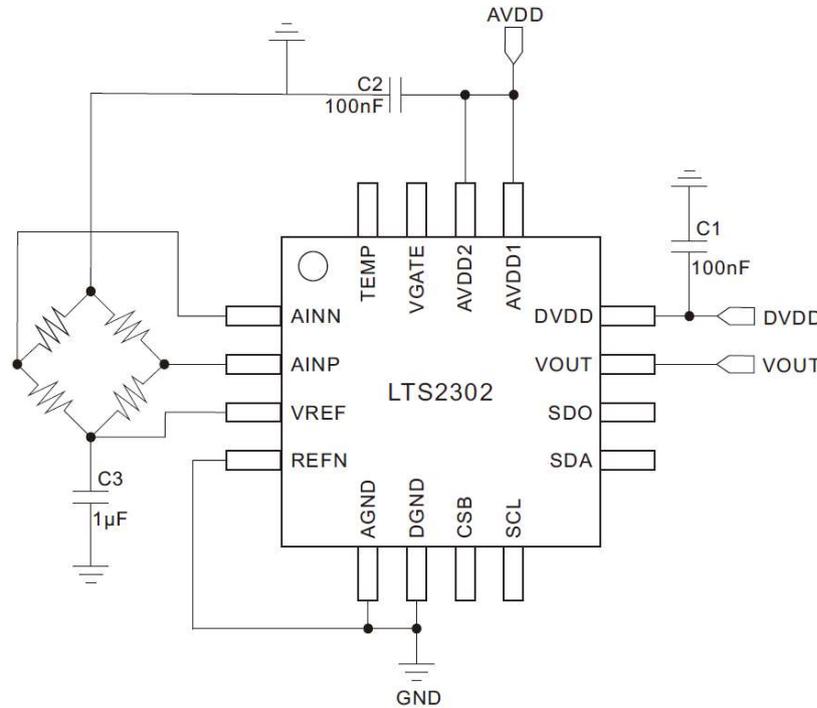


图 7-1 0-5V 电压输出

7.2 使用 JFET 实现电源过压保护方案

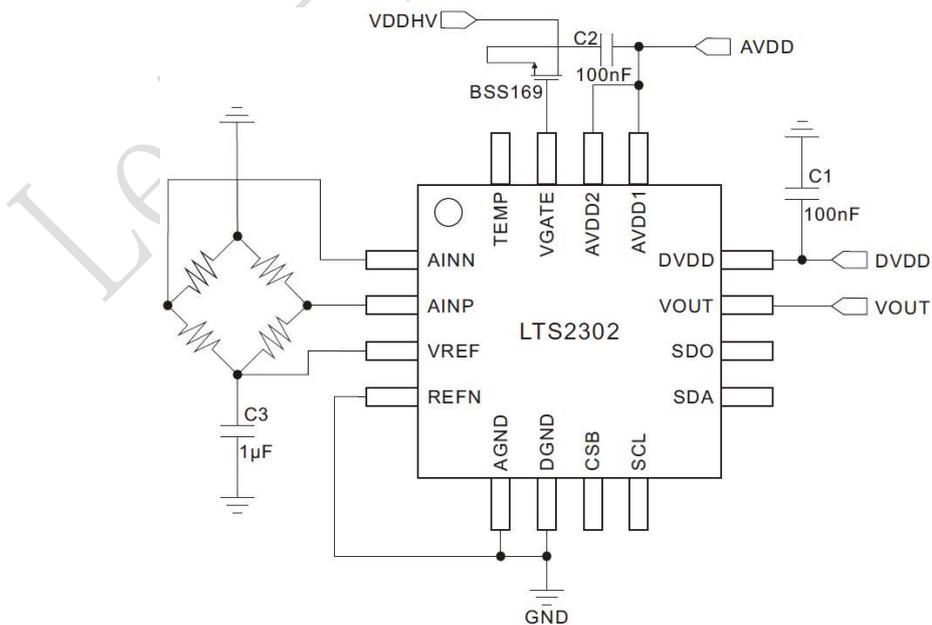


图 7-2 使用 JFET 实现电源过压保护方案

7.3 I2C 数字输出

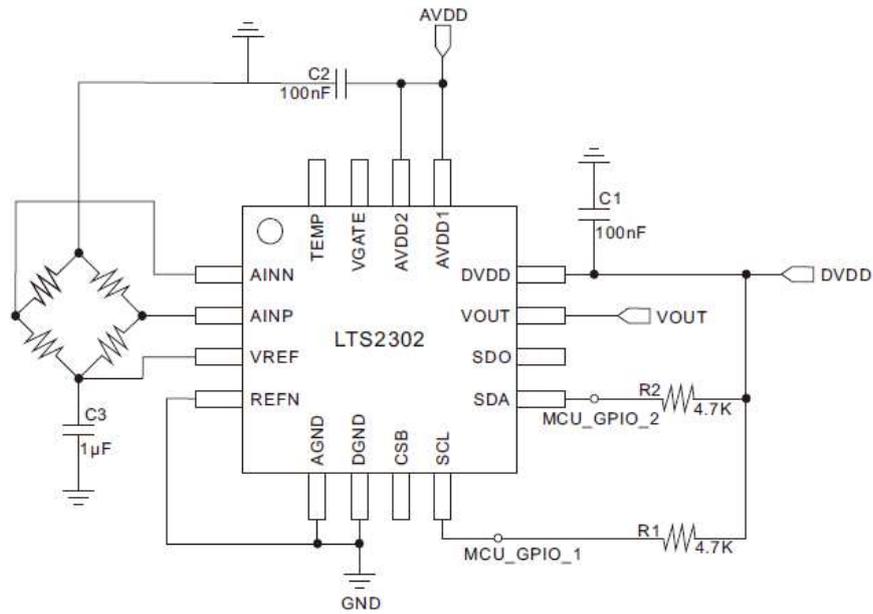


图 7-3 I2C 数字输出

7.4 SPI 数字输出

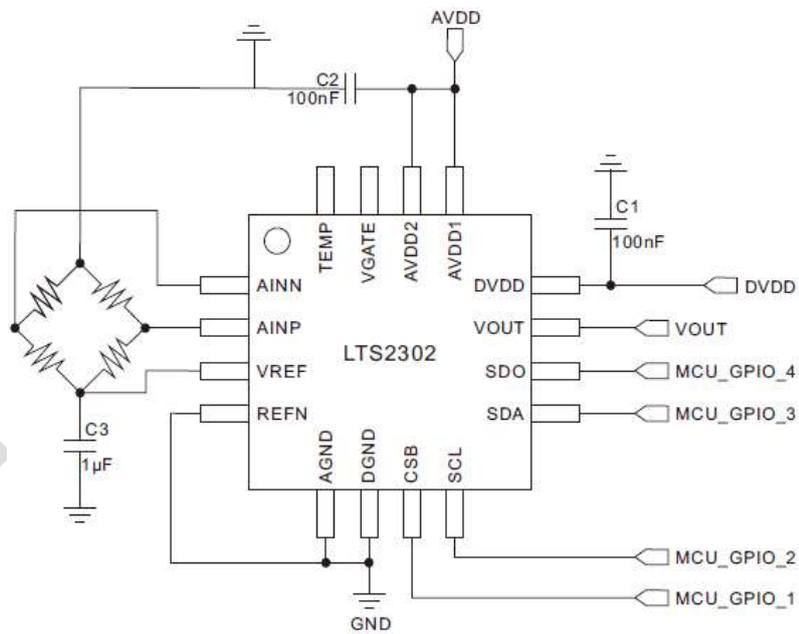


图 7-4 SPI 数字输出

8. 文档版本

版本	说明	日期
V1.0	内部初步版本	2022/5/23
V1.1	添加封装信息和典型应用图	2022/8/13
V1.2	修改功能描述部分问题	2022/9/14
V1.3	添加芯片参数说明, 寄存器描述更新	2022/12/17
V1.4	更新 pin 脚描述	2023/1/13
V1.5	添加代理商信息	2023/2/9

9. 声明

在未经列拓科技同意下不得以任何形式或途径修改本公司产品规格和数据表中的任何部分以及子部份。列拓科技在以下方面保留权利（包括但不限于如下的方面）：

修改数据单和/或产品、停产任一产品或者终止服务不做通知；建议顾客获取最新版本的相关信息，在下定订单前进行核实以确保信息的及时性和完整性。所有的产品都依据订单确认时所提供的销售合同条款出售，条款内容包括保修范围、知识产权和责任范围。

列拓科技保证在销售期间，销售的产品符合国家标准和行业要求，产品的性能按照本公司的标准进行保修和维护。公司认为有必要维持此项保修，会使用测试和其他质量控制技术。除了政府强制规定外，其他仪器的测量表没有必要进行特殊测试。

顾客认可本公司的产品的设计、生产的目的是不涉及与生命保障相关或者用于其他危险的活动或者环境的其他系统或产品中。出现故障的产品会导致人身伤亡、财产或环境的损伤（统称高危活动）。人为在高危活动中使用本公司产品，本公司据此不作保修，并且不对顾客或者第三方负有责任。

列拓科技将会提供与现在一样的技术支持、帮助、建议和信 息，（全部包括关于购买的电路板或其他应用程序的设计，开发或调试）。特此声明，对于所有的技术支持、可销性或针对特定用途，及在支持技术无误下，电路板和其 他应用程序可以操作或运行的，本公司将不作任何有关此类支持技术的担保，并对您在使用这项支持服务不负任何法律责任。

10. 联系我们

官方网站：www.letto-ic.com

邮箱：sales@letto-ic.com

电话：+86 021-5176-9039

地址：深圳市光明区凤凰街道东坑社区科能路中集低轨卫星物联网产业园 A 座 901-1

代理商：深圳市微聚芯科技有限公司
管先生 173 0261 1026

Leto-ic Copyright