

**星联微电子有限公司**

**XL1118**

---

**低功耗、SPI 接口、2kSPS、16 位 ADC**

**产品手册**

版本 V1.3

## 特征

宽电源范围：2.5V 至 5V  
 低电流消耗：270 $\mu$ A（连续转换模式）  
 可编程数据速率：6.25SPS 至 2kSPS  
 内部低漂移电压基准  
 内部振荡器  
 内部可编程增益放大器  
 SPI 接口  
 内部温度传感器  
 4 个单端或 2 个差分输入  
 符合 AEC-Q100 规范

## 应用

手持式仪表  
 电池电压电流监测

TC（热电偶）  
 NTC、PTC（热敏电阻）  
 工厂自动化及过程控制

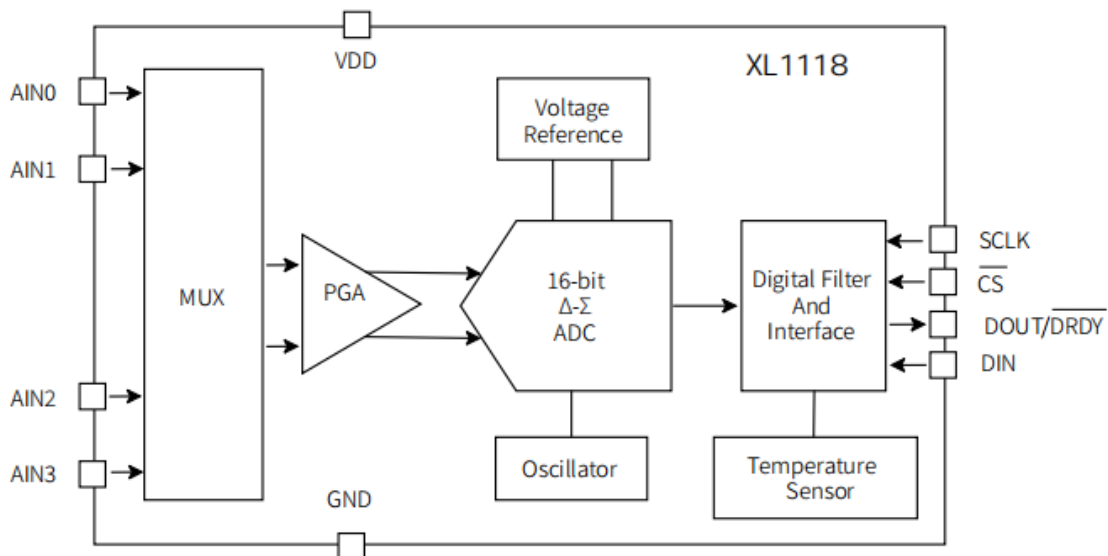
## 概述

XL1118是一款高精度、低功耗、兼容 SPI 接口、16 位  $\Delta\Sigma$  型 ADC，其内部集成了一个低漂移电压基准、一个振荡器、一个可编程增益放大器(PGA)。这些特性使得 XL1118适用于大多数的传感器测量应用。

XL1118能够以 2kSPS 的速率执行转换操作。PGA 提供的可编程输入电压范围为 $\pm 256\text{mV}$  至 $\pm 6.144\text{V}$ ，输入多路选择器(MUX)可以提供 4 个单端输入和 2 个差分输入。

XL1118可工作于单次转换模式或者连续转换模式。单次转换模式在一个转换完成之后将自动进入断电模式，从而极大地降低了空闲状态下的电流消耗。

## 架构框图



## 目录

封页.....	1	复位.....	14
特征.....	1	转换模式.....	14
应用.....	1	单次转换模式.....	14
概述.....	1	连续转换模式.....	14
架构框图.....	1	数字接口.....	15
文档历史.....	3	SPI 时序.....	15
管脚配置和功能.....	4	32 位 SPI 通信时序.....	15
管脚配置.....	4	16 位 SPI 通信时序.....	15
管脚功能.....	4	数据格式.....	15
绝对最大额定值.....	5	寄存器.....	16
电气规格.....	6	CONVERSION.....	16
时序规格.....	8	CONFIG.....	16
典型特征.....	9	应用.....	18
工作原理.....	12	串行接口连接.....	18
多路选择器.....	12	典型应用.....	18
FSR 和 LSB.....	12	封装及订购信息.....	19
基准电压.....	12	封装方式.....	19
振荡器.....	12	产品外形图.....	19
数据速率.....	12	MSOP10.....	19
内部温度传感器.....	12	QFN10.....	21
噪声性能.....	12	订购信息.....	22
功能与模式.....	14		

## 文档历史

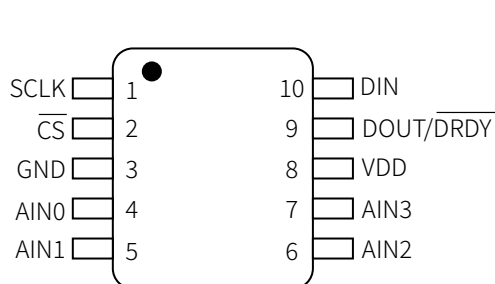
下表列举了本文档自产品发布后的所有更新。

文档版本	修订日期	内容描述
V1.0	2023-12-04	初版发布。
V1.1	2024-08-26	新增 AEC-Q100 认证信息。
V1.2	2024-12-06	修改了产品外形图。
V1.3	2025-01-17	基于量产数据更新了电气规格。

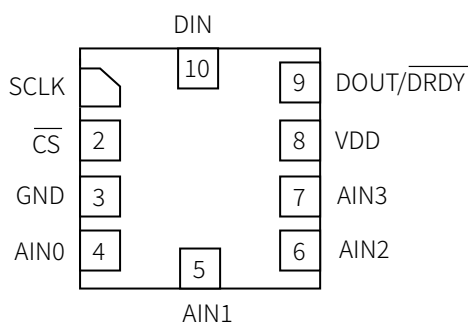
## 管脚配置和功能

### 管脚配置

以下为 XL1118封装管脚示意图：



MSOP10示意图



QFN10示意图

### 管脚功能

表 1 XL1118管脚功能描述

编号	名称	类型	说明
1	SCLK	DI	串行时钟输入。
2	$\overline{CS}$	DI	片选，低有效。
3	GND	GND	地。
4	AIN0	AI	模拟输入 0。
5	AIN1	AI	模拟输入 1。
6	AIN2	AI	模拟输入 2。
7	AIN3	AI	模拟输入 3。
8	VDD	PWR	电源。
9	DOUT/ $\overline{DRDY}$	DO	串行数据输出或数据就绪指示位，低有效。
10	DIN	DI	串行数据输入。

## 绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
<b>温度</b>			
工作温度	-40	125	°C
存储温度	-60	150	°C
结温	-40	150	°C
<b>耐压</b>			
VDD	-0.3	7	V
模拟输入	GND - 0.3	VDD + 0.3	V
数字输入	GND - 0.3	5.5	V
<b>限流</b>			
输入电流 <sup>1</sup>	-10	10	mA
<b>ESD</b>			
HBM <sup>2</sup>	4000		V
CDM <sup>3</sup>	1000		V

注1：只针对除电源管脚外任意管脚。另外，瞬态电流达到100mA不会引起芯片闩锁。

注2：AEC-Q100-002表示HBM应力测试是按照ANSI/ESDA/JEDEC JS-001规范进行的。

注3：AEC-Q100-011表示CDM应力测试是按照ANSI/ESDA/JEDEC JS-002规范进行的。

## 电气规格

默认测试条件：VDD = 3.3V，数据速率 = 6.25SPS，FSR = ±2.048V，TA = -40°C~125°C。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>模拟输入</b>					
共模输入阻抗	全量程范围		13		MΩ
差分输入阻抗	FSR = ±6.144V		7		MΩ
	FSR = ±4.096V		5.8		MΩ
	FSR = ±2.048V		4.3		MΩ
	FSR = ±1.024V		2.7		MΩ
	FSR = ±0.512V		1.6		MΩ
	FSR = ±0.256V		0.9		MΩ
输入偏置电流	单端		63		nA
	差分		102		nA
<b>系统性能</b>					
分辨率（无失码）		16			Bits
数据速率		6.25, 12.5, 25, 50, 100, 400, 1k, 2k			SPS
数据速率误差	所有数据速率	-10		10	%
输出噪声		参见噪声性能部分			
INL				1	LSB
增益误差	差分输入，FSR = ±2.048V，TA = 25°C		0.01	0.15	%
增益温漂			7	15.2	ppm/°C
增益长时温漂	FSR = ±2.048V，TA = 25°C，1000hrs		0.084		%
增益电源抑制	FSR = ±2.048V，TA = 25°C		0.034		%/V
增益匹配	任意两个增益之间的匹配 <sup>1</sup>		0.02	0.2	%
增益通道匹配	任意两个通道之间的匹配，FSR = ±2.048V		0.01	0.08	%
输入失调误差	FSR = ±2.048V，差分输入	-3	±0.4	3	LSB
	FSR = ±2.048V，单端输入		-1.5		LSB
输入失调电源抑制	直流电源变化		0.5	1.15	LSB/V
输入失调通道匹配	任意两个差分输入之间的匹配		0.2		LSB
共模抑制比	直流电压变化		100		dB
<b>数据输入/输出</b>					
V <sub>IH</sub>		0.7VDD		VDD + 0.3	V
V <sub>IL</sub>		GND		0.3VDD	V
V <sub>OL</sub>		GND	0.15	0.3	V
输入漏电流	GND < V <sub>DIG</sub> < VDD	-10		10	μA
<b>电源</b>					

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
IVDD	断电模式, TA = 25°C		0.5	2	μA
	断电模式			5	μA
	转换模式, TA = 25°C		270	300	μA
	转换模式			500	μA
<b>温度传感器</b>					
温度范围		-40		125	°C
温度分辨率			0.174		°C/V
精确度	TA = 0°C~70°C		±1		°C
			±4		°C

注1: 在差分输入通道上的测试结果。

## 时序规格

默认测试条件: VDD = 2.5V 至 5.5V, TA = 25°C。

参数	描述	最小值	最大值	单位
$t_{CS\overline{S}C}$	$\overline{CS}$ 下降沿到第一个 SCLK 上升沿的延迟时间。	100		ns
$t_{SC\overline{C}S}$	最后的 SCLK 下降沿到 $\overline{CS}$ 上升沿的延迟时间。	100		ns
$t_{CSH}$	脉冲持续时间, $\overline{CS}$ 高。	200		ns
$t_{SCLK}$	SCLK 周期。	250		ns
$t_{SPWH}$	SCLK 高电平持续时间。	100		ns
$t_{SPWL}$	SCLK 低电平持续时间。	100		ns
			28	ns
$t_{DIST}$	DIN 的建立时间。	50		ns
$t_{DIHD}$	DIN 的保持时间。	50		ns
$t_{DOHD}$	DOUT 的保持时间。	0		ns
$t_{CS\overline{D}OD}$	$\overline{CS}$ 下降沿到 DOUT 驱动的传播延迟时间。		100	ns
$t_{DOPD}$	SCLK 上升沿到有效的新的 DOUT 的传播延迟时间。		50	ns
$t_{CS\overline{D}OZ}$	$\overline{CS}$ 上升沿到 DOUT 高阻态的传播延迟时间。		100	ns

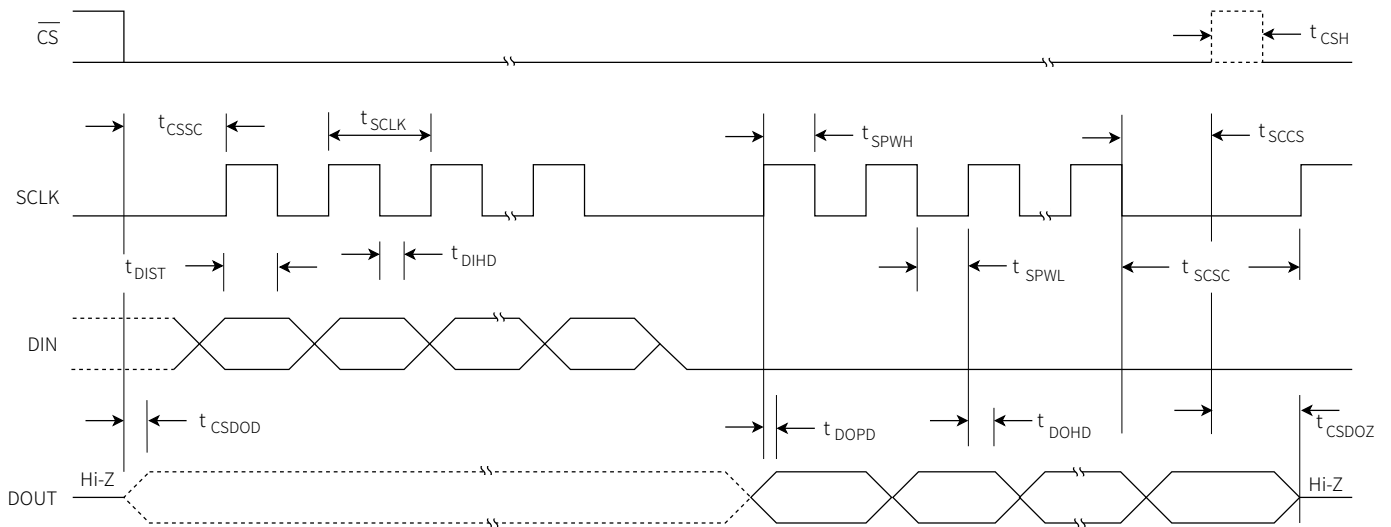


图 1 SPI 接口时序

## 典型特征

默认测试条件: TA = 25°C, VDD = 3.3V, FSR = ±2.048V, DR = 6.25SPS。

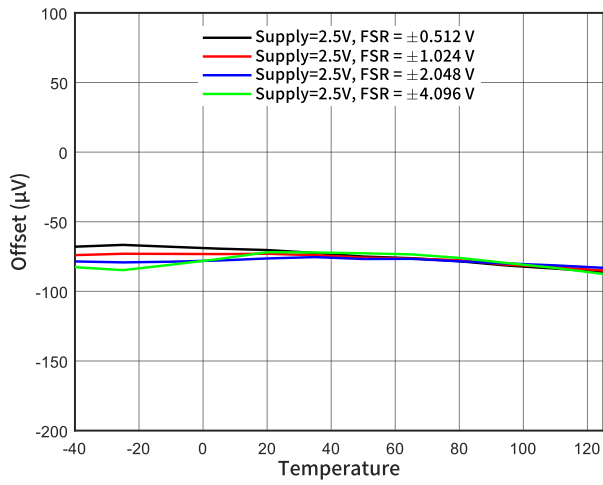


图 2 单端失调电压 vs 温度

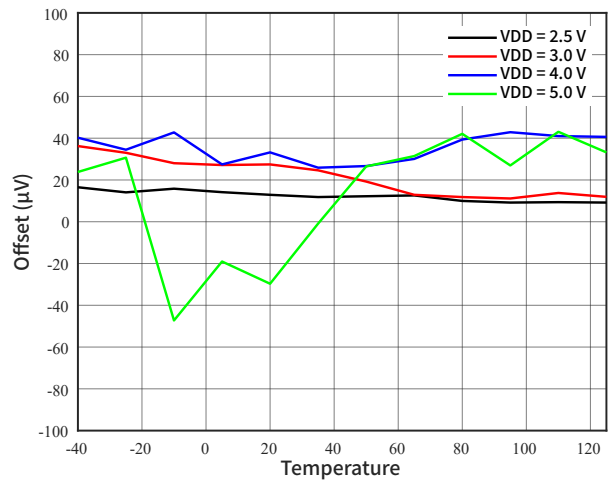


图 3 差分失调电压 vs 温度

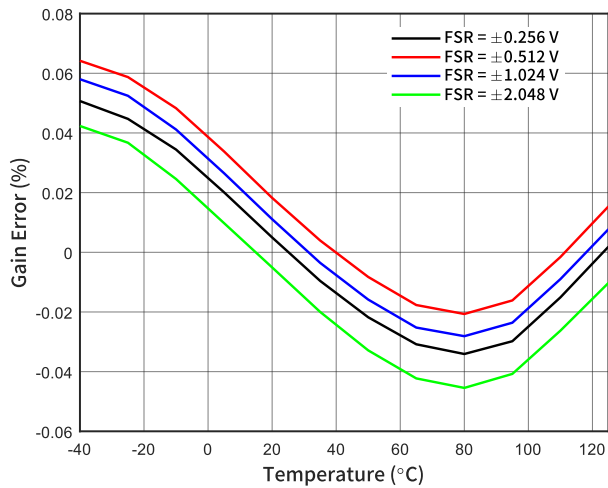


图 4 增益误差 vs 温度

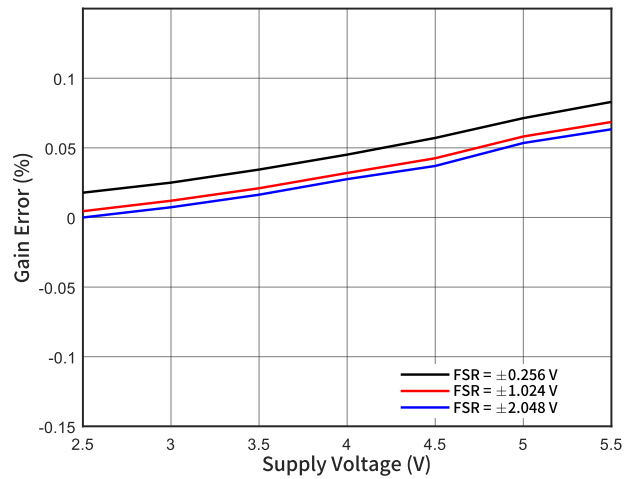


图 5 增益误差 vs 电源电压

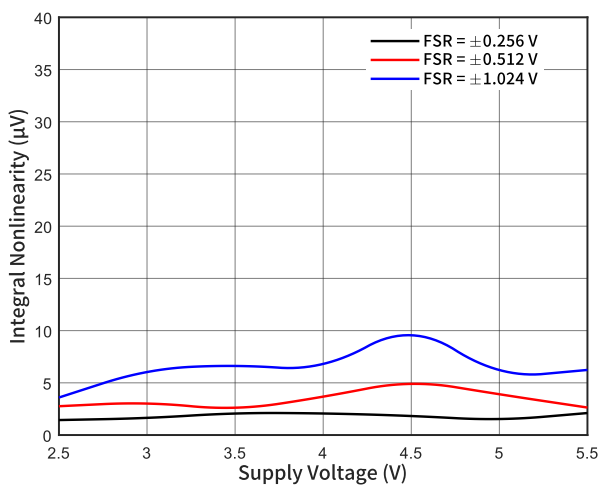


图 6 INL vs 电源电压

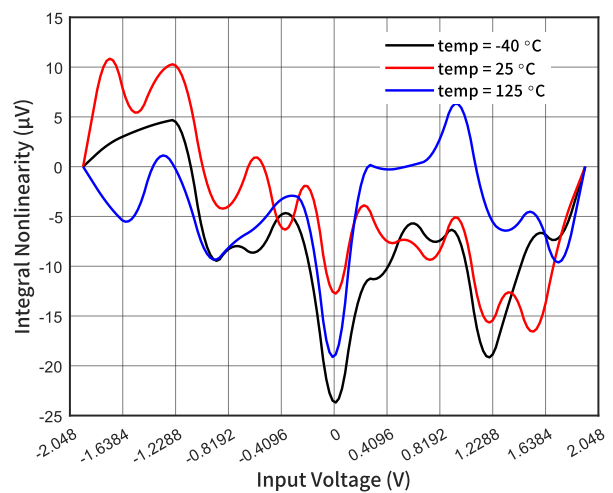


图 7 INL vs 输入电压 (VDD = 3.3, FSR = ±2.048V)

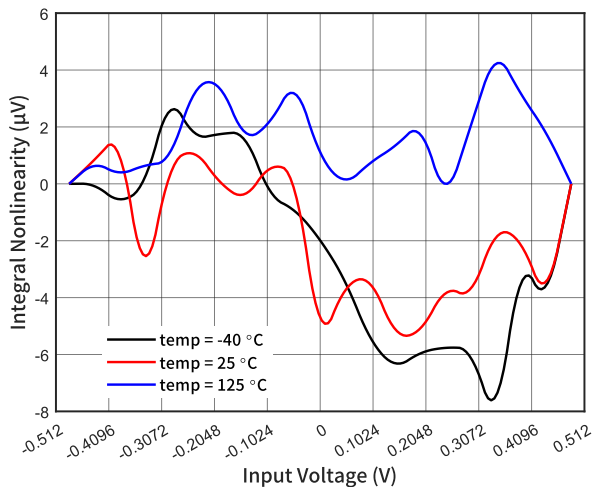


图 8 INL vs 输入电压 (VDD = 3.3V, FSR = ±0.512V)

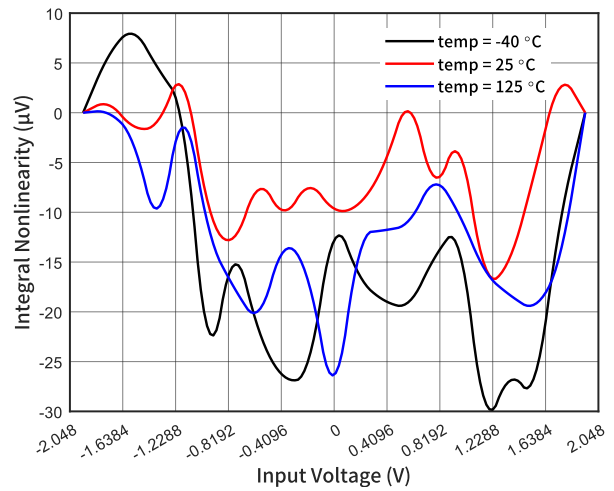


图 9 INL vs 输入电压 (VDD = 5V, FSR = ±2.048V)

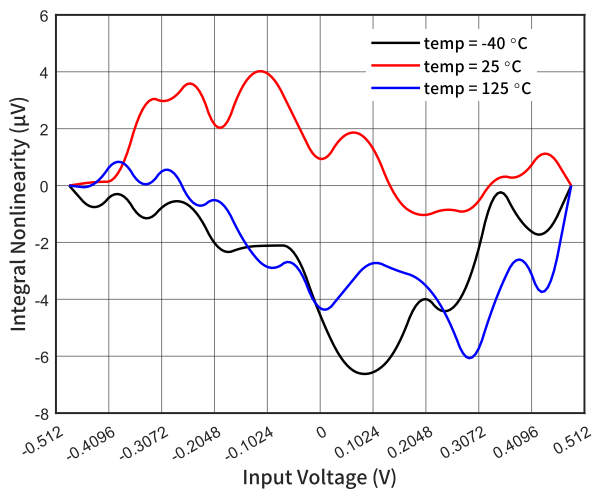


图 10 INL vs 输入电压 (VDD = 5V, FSR = ±0.512V)

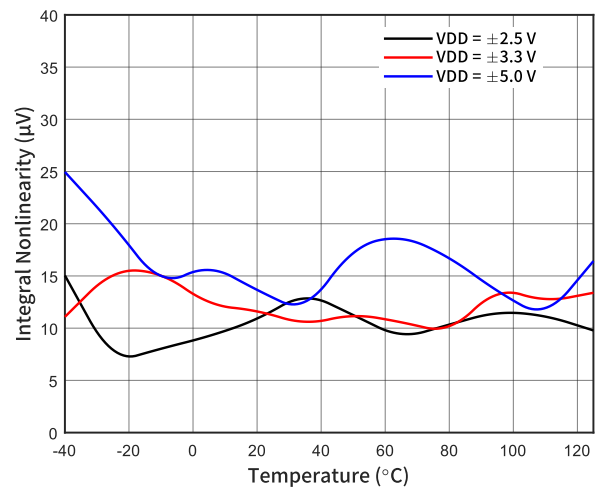


图 11 INL vs 温度

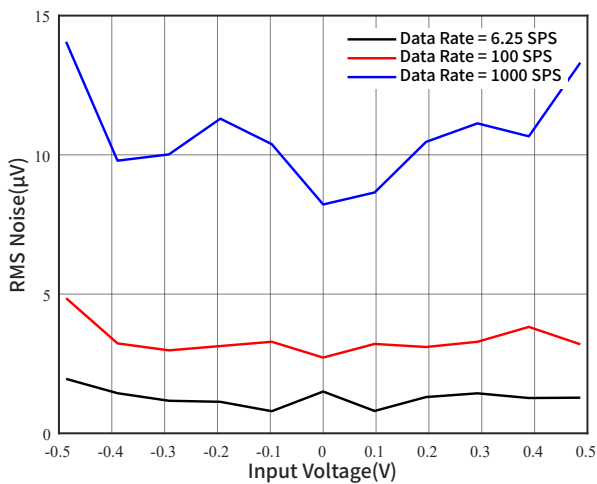


图 12 噪声 vs 输入电压 (FSR = ±0.512V)

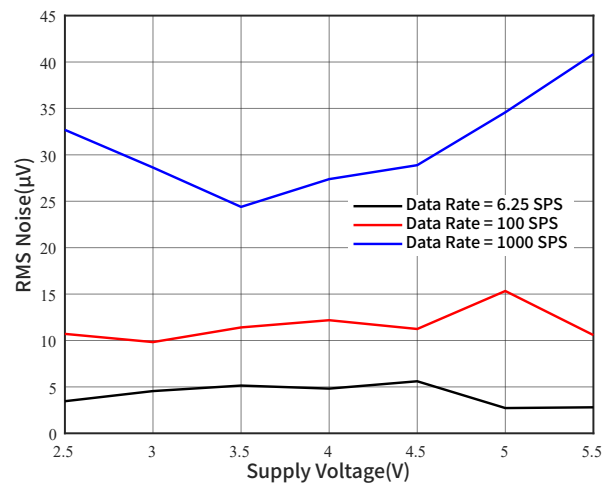


图 13 噪声 vs 电源电压 (FSR = ±2.048V)

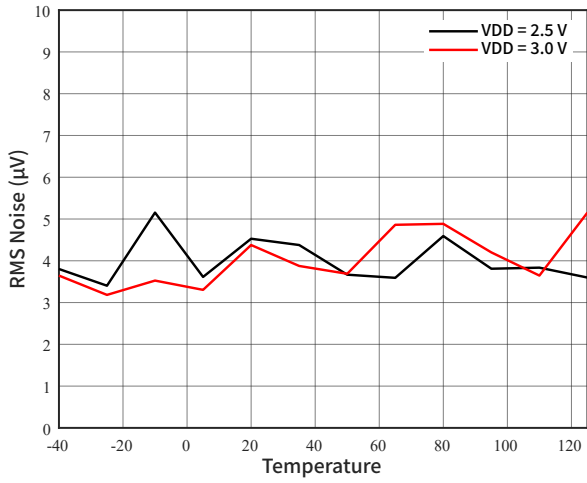


图 14 噪声 vs 温度 (FSR = ±2.048V)

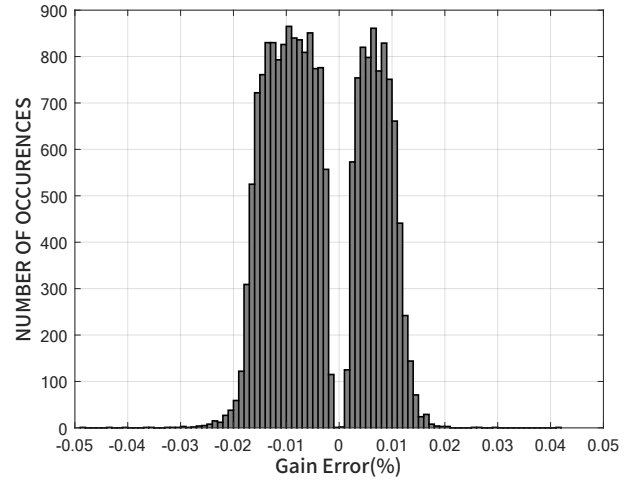


图 15 增益误差直方图

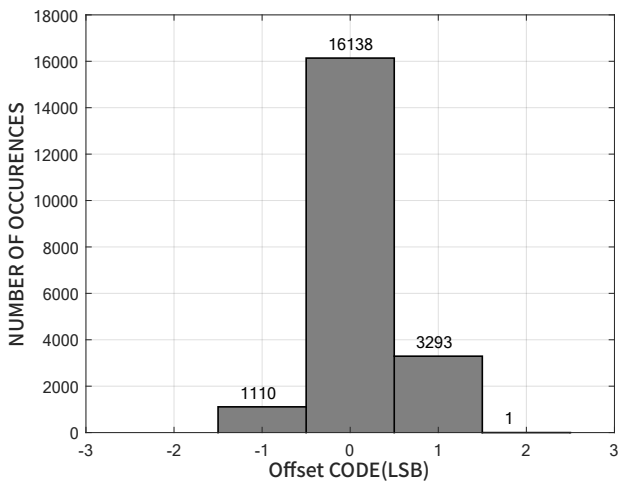


图 16 失调电压直方图

## 工作原理

XL1118是一款低功耗 16 位  $\Delta\Sigma$  ADC，它集成了电压基准、振荡器、可编程增益放大器和片内温度传感器。

## 多路选择器

XL1118内置多路选择器，通过寄存器 MUX[2:0]的不同配置，选择 8 个通道（4 个单端输入和 4 个差分输入配置）的其中之一作为输入进行转换。当单端信号被测量时，ADC 的负端输入将通过 MUX 的开关连接到 GND。具体配置信息参考寄存器表中 MUX[2:0]的描述。

## FSR 和 LSB

FSR 由 Config 寄存器 PGA[2:0] 来配置，各量程对应 LSB 如下：

FSR	LSB
$\pm 6.144\text{ V}$	187.5 $\mu\text{V}$
$\pm 4.096\text{ V}$	125 $\mu\text{V}$
$\pm 2.048\text{ V}$	62.5 $\mu\text{V}$
$\pm 1.024\text{ V}$	31.25 $\mu\text{V}$
$\pm 0.512\text{ V}$	15.625 $\mu\text{V}$
$\pm 0.256\text{ V}$	7.8125 $\mu\text{V}$

模拟输入电压不得超过绝对最大额定值中给出的模拟输入电压限制，因此当  $\text{FSR} > \text{VDD} + 0.3\text{V}$  时，输入将被钳位在  $\text{VDD} + 0.3\text{V}$ ，超过该电压的部分无法测量到。

## 基准电压

XL1118集成了一个低温漂电压基准，只提供内部电压参考，不能对外输出。

## 振荡器

XL1118内置了 500kHz 的振荡器，芯片的输出数据速率与内部时钟频率成正比。

## 数据速率

XL1118提供了可编程的数据速率，可通过 Config 寄存器 DR[2:0] 来配置数据速率。

## 内部温度传感器

XL1118 内置了一个高精度温度传感器，将 Config 寄存器中的 TS\_MODE 置 1 以使能该传感器。温度传感器输出数据长度为 14 位，测温模式下，直接取 ADC 输出数据的前 14 位即可。转换函数如下所示：

$$\text{温度}^{\circ}\text{C} = 0.166 \times \text{Temp\_Data} - 263.29$$

## 噪声性能

$\Delta\Sigma$  ADC 基于过采样原理，输入信号以高频采样，随后进行滤波和提取。采样频率和输出数据速率的比值被称为过采样比（OSR）。通过提高过采样比，可以优化 ADC 的噪声性能，这在测量小信号时非常有用。

表 2 VDD=3.3V 时均方根和峰峰值噪声  $\mu\text{Vrms}$  ( $\mu\text{Vpp}$ )

数据速率 (SPS)	FSR (满量程范围)					
	$\pm 6.144\text{V}$	$\pm 4.096\text{V}$	$\pm 2.048\text{V}$	$\pm 1.024\text{V}$	$\pm 0.512\text{V}$	$\pm 0.256\text{V}$
6.25	187.5(187.5)	125(125)	62.5(62.5)	31.25(31.25)	15.62(15.62)	7.81(7.81)
12.5	187.5(187.5)	125(125)	62.5(62.5)	31.25(31.25)	15.62(15.62)	7.81(7.81)
25	187.5(187.5)	125(125)	62.5(62.5)	31.25(31.25)	15.62(15.62)	7.81(7.81)
50	187.5(187.5)	125(125)	62.5(62.5)	31.25(31.25)	15.62(15.62)	7.81(7.81)
100	187.5(190.15)	125(125)	62.5(62.5)	31.25(33.92)	15.62(17.56)	7.81(7.81)
400	187.5(326.12)	125(213.98)	62.5(114.51)	31.25(61.99)	15.62(31.38)	7.81(18.53)
1000	187.5(472.02)	125(303.99)	62.5(157.68)	31.25(81.15)	15.62(46.76)	7.81(30.04)
2000	187.5(931.15)	125(597.77)	62.5(306.25)	31.25(164.59)	15.62(97.59)	7.81(60.44)

表 3 VDD=3.3V 时的有效分辨率和无噪声分辨率

数据速率 (SPS)	FSR (满量程范围)					
	±6.144V	±4.096V	±2.048V	±1.024V	±0.512V	±0.256V
6.25	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)
12.5	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)
25	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)
50	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)	16(16)
100	16(15.98)	16(16)	16(16)	16(15.88)	16(15.83)	16(15.56)
400	16(15.20)	16(15.22)	16(15.13)	16(15.01)	16(14.99)	16(14.75)
1000	16(14.67)	16(14.72)	16(14.66)	16(14.62)	16(14.42)	16(14.06)
2000	16(13.69)	16(13.74)	16(13.71)	16(13.60)	15.94(13.36)	15.63(13.05)

## 功能与模式

### 复位

XL1118在上电时复位，并将 Config 寄存器中的所有位设置为默认值。在完成复位后进入断电模式，芯片接口和数字模块处于活动状态但不执行数据转换。

若 SCLK 持续超过 30ms 都为低电平，SPI 接口会自行复位。该复位只会对 SPI 接口功能进行复位，不会影响到内部寄存器配置和 ADC 工作状态。

### 转换模式

XL1118具有两种转换模式：单次转换模式和连续转换模式，可通过 Config 寄存器 MODE 位来选择运行模式。

#### 单次转换模式

当 Config 寄存器的 MODE 位为 1，芯片进入断电模式，断电模式下芯片仍然能响应命令。Config 寄存器的 OS 位写入 1 之前，

芯片将保持在断电模式。当 OS 位被置 1 时，芯片大约在 30 $\mu$ s 内启动，将 OS 位自动清 0，并开始一次单次转换。当 AD 数据转换完成后，芯片再次进入断电模式。

转换正在进行时，向 OS 位写入 1 无效。要切换到连续转换模式，需要在 Config 寄存器的 MODE 位中写入 0。

#### 连续转换模式

当 Config 寄存器 MODE 位为 0，芯片进入连续转换模式。当一次 AD 转换完成后，芯片将转换结果放入 Conversion 寄存器然后立即开始下一个转换。想要切换到单次转换模式，需要向 Config 寄存器中的 MODE 位写入 1。

## 数字接口

XL1118 采用 SPI 协议进行通信，控制器可以采用 32 位或者 16 位的 SPI 命令读取 XL1118 的 ADC 转换结果以及配置 ADC 的内部寄存器。

### SPI 时序

#### 32 位 SPI 通信时序

32 位 SPI 传输模式下，一个通信周期包括 4 个字节的数据：前两个字节输出 ADC 转换结果，后两个字节用于回读 Config 寄存器中的数据。需要注意的是，SPI 通信都是高有效位优先 (MSB) 的形式。

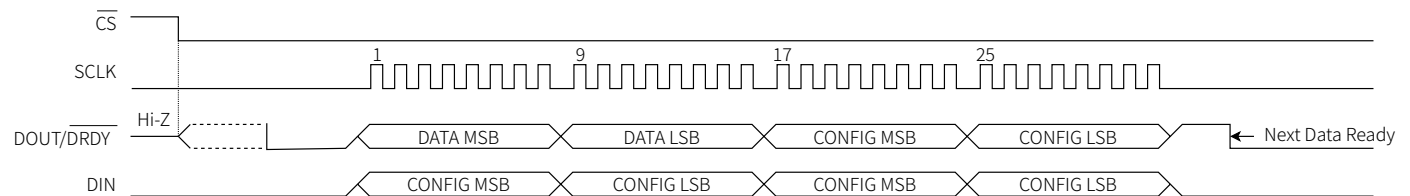


图 17 带有 Config 回读的 32 位 SPI 通信时序

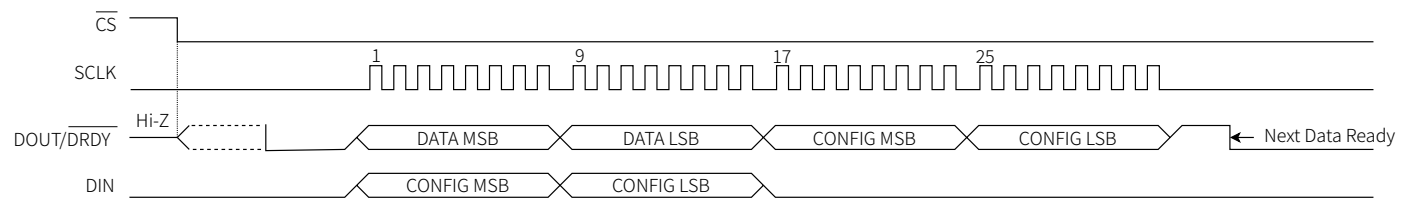


图 18 后两个字节 DIN 拉低下，32 位 SPI 通信时序

#### 16 位 SPI 通信时序

如果 Config 寄存器的数据不需要读回，XL1118 的 SPI 接口可以以 16 位的长度工作。如下图所示，在该模式下， $\overline{CS}$  信号必须在 16 个 SCLK 周期后拉高以复位 SPI 通信接口。

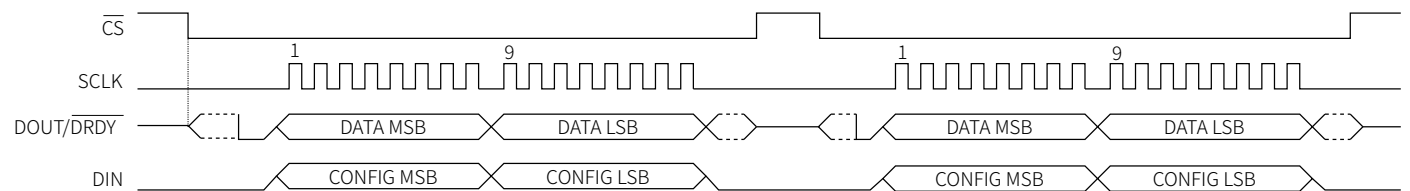


图 19 16 位 SPI 通信时序

## 数据格式

XL1118 提供了 16 位二进制数据，表 4 总结了不同输入信号的理想输出码值。

表 4 输出码字

输入	输出
$\geq +FS(2^{15}-1)/2^{15}$	7FFFh
$+FS/2^{15}$	0001h
0	0000h
$-FS/2^{15}$	FFFFh
$\leq -FS$	8000h

## 寄存器

## CONVERSION

位	名称	访问类型	复位	描述
15:0	D[15:0]	R	0000h	16 位转换数据

## CONFIG

Config 寄存器是一个 16 位的寄存器，通过 Config 寄存器可以控制 XL1118 的工作模式、满量程模拟输入范围、输出数据速率、输入通道配置以及进入温度传感器模式。

位	名称	访问类型	复位	描述
15	SS	R/W	0h	单次转换模式控制 当写入时： 0: 无效 1: 启动单次转换（断电模式下） 当读取时： 返回值为 0（默认值）
14:12	MUX[2:0]	R/W	0h	输入通道配置 000: AINP = AIN0, AINN = AIN1（默认值） 001: AINP = AIN0, AINN = AIN3 010: AINP = AIN1, AINN = AIN3 011: AINP = AIN2, AINN = AIN3 100: AINP = AIN0, AINN = GND 101: AINP = AIN1, AINN = GND 110: AINP = AIN2, AINN = GND 111: AINP = AIN3, AINN = GND
11:9	PGA[2:0]	R/W	2h	满量程输入范围配置 000: FSR = ±6.144V 001: FSR = ±4.096V 010: FSR = ±2.048V（默认值） 011: FSR = ±1.024V 100: FSR = ±0.512V 101: FSR = ±0.256V 110: FSR = ±0.256V 111: FSR = ±0.256V
8	MODE	R/W	1h	芯片工作模式 0: 连续转换模式 1: 断电模式和单次转换模式（默认值）
7:5	DR[2:0]	R/W	4h	数据输出速率配置 000: 6.25SPS 001: 12.5SPS 010: 25SPS 011: 50SPS 100: 100SPS（默认值） 101: 400SPS 110: 1000SPS 111: 2000SPS

位	名称	访问类型	复位	描述
4	TS_MODE	R/W	0h	温度传感器模式 0: ADC 模式 (默认值) 1: 温度传感器模式
3	PULL_UP_EN	R/W	1h	该位控制 DOUT/ $\overline{\text{DRDY}}$ 管脚是否通过一个内部 400k $\Omega$ 的电阻上拉至 VDD。 0: 上拉电阻被禁用 1: 上拉电阻被启用 (默认值)
2:1	NOP[1:0]	R/W	1h	无操作指令 该位控制数据是否被写进 Config 寄存器。NOP[1:0]位必须为 01, 数据才能被写进 Config 寄存器。对于 NOP 命令的其它值, 均不会执行写 Config 寄存器操作。 00、10、11: 不更新 Config 寄存器的内容 01: 更新 Config 寄存器的内容 (默认值)
0	Reserved	R	1h	芯片保留, 只读寄存器

## 应用

### 串行接口连接

XL1118 的典型连接如图 20 所示，芯片通过 SPI 接口与主机通信。XL1118 采用标准的 SPI 接口通信时序，能够兼容绝大多数控制器。为了与 XL1118 通信，SPI 控制器应该配置为 CPOL=0, CPHA=1 模式。在该模式下，SCLK 空闲为低电平，MCU 的 DOUT 数据则在 SCLK 的上升沿触发，MCU 和 XL1118 在 SCLK 的下降沿锁存和读取数据。

可以在 SPI 各个引线上串联 50Ω 阻值的电阻，以提供一定的短路保护。

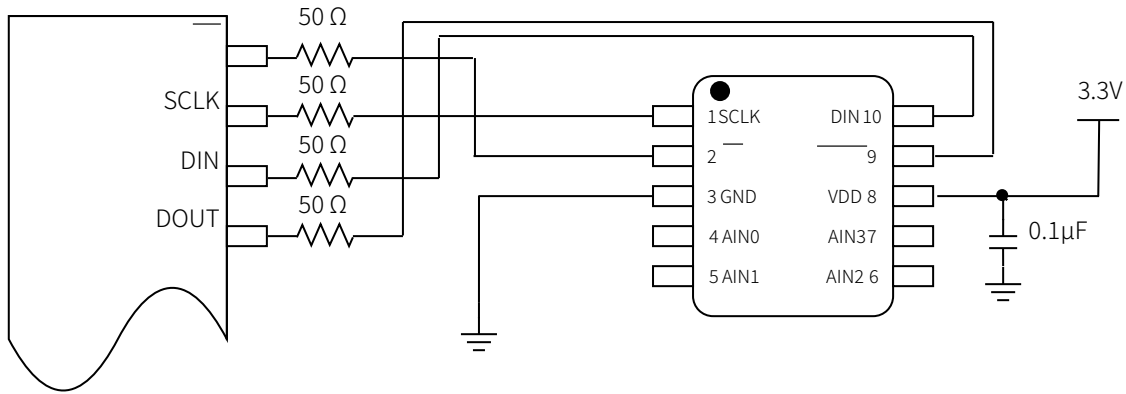


图 20 典型连接

### 典型应用

图 21 给出了使用 XL1118 的双通道独立热电偶测量电路的基本连接，能够采用 XL1118 内部的高精度温度传感器进行热电偶的冷端补偿。

会影响整体测温精度。因此，为了设计精准的热电偶测量电路，必须注意 XL1118 的放置以及 PCB 的布局布线。

将 XL1118 config 寄存器中的 TS\_MODE 位置 1 可启用温度传感器模式。热电偶测温电路中，冷端补偿温度传感器的测量精度

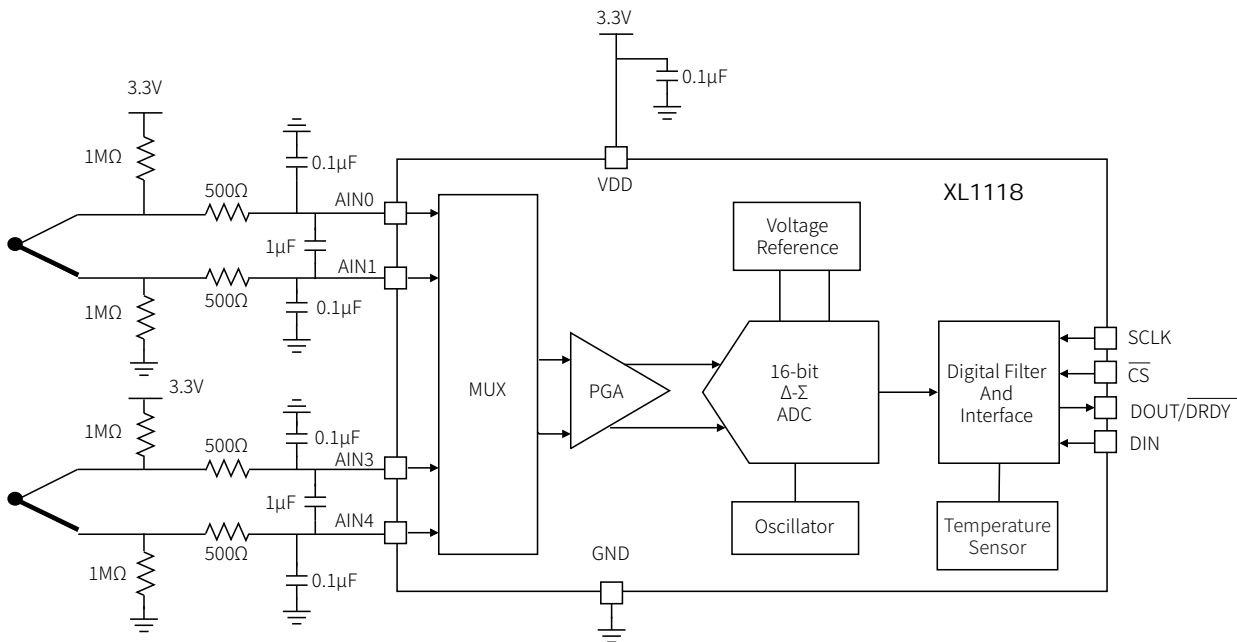


图 21 双通道热电偶测量电路

## 封装及订购信息

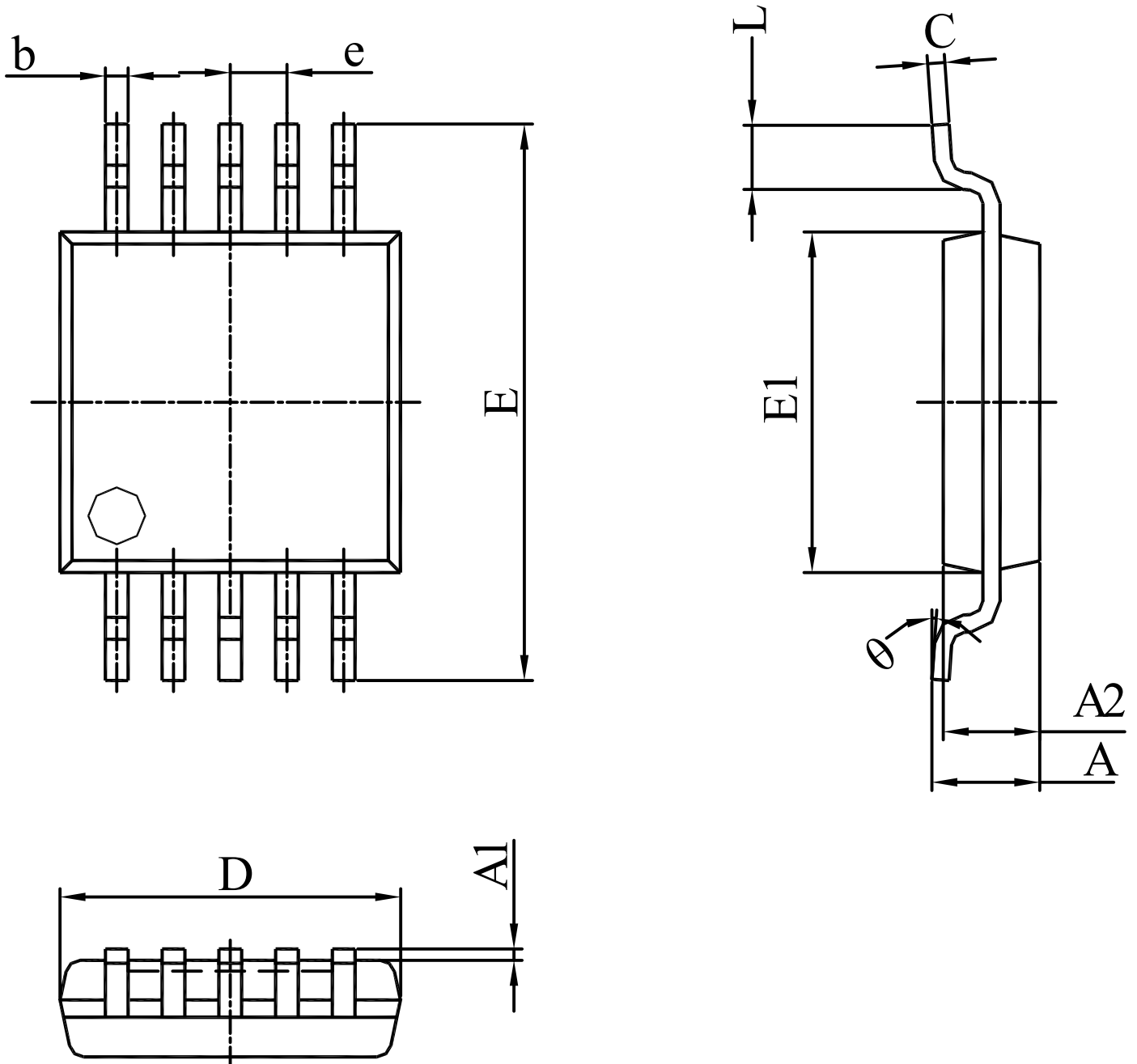
### 封装方式

XL1118采用 MSOP10 和 QFN10 封装。

### 产品外形图

#### MSOP10

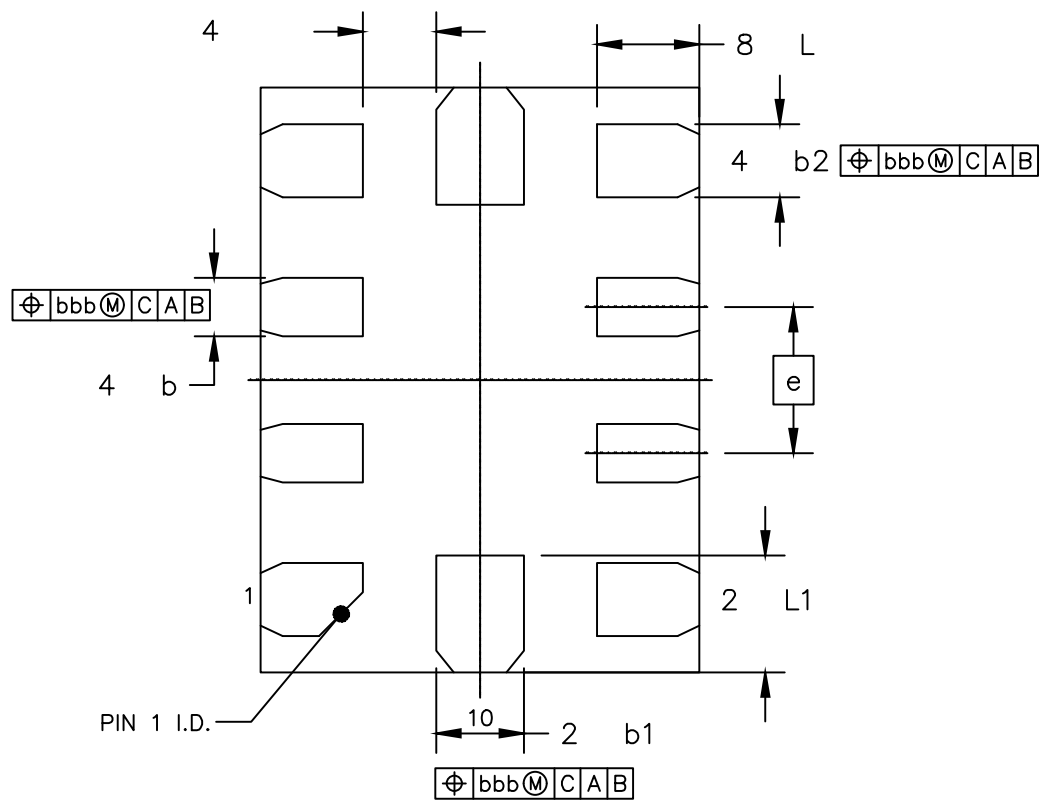
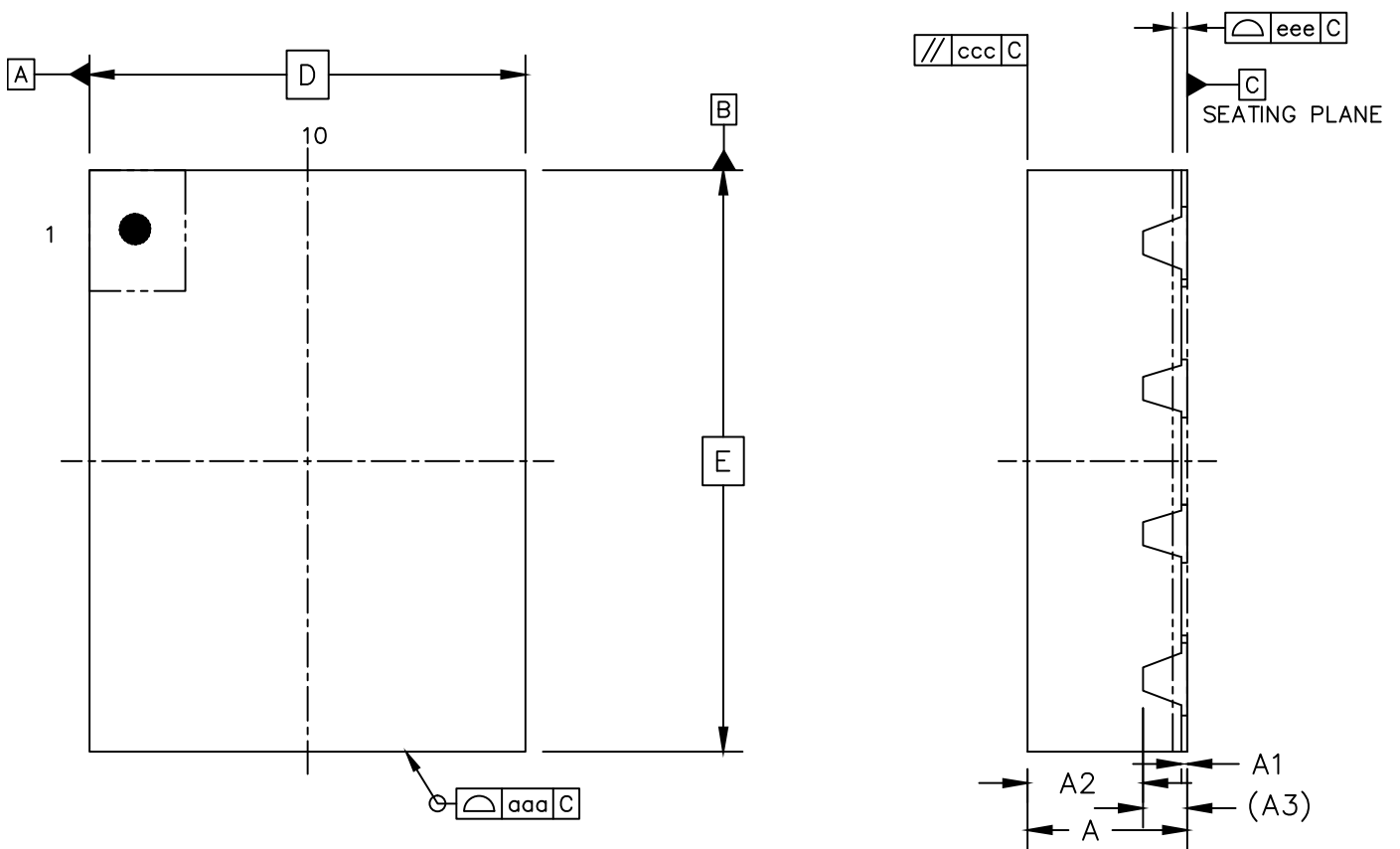
产品外形图如下图所示。



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.82	0.96	1.10
A1	0.02	0.09	0.15
A2	0.75	0.85	0.95
b	0.18	0.23	0.28
C	0.09	0.16	0.23
D	2.90	3.00	3.10
e	0.50 (BSC)		
E	4.75	4.90	5.05
E1	2.90	3.00	3.10
L	0.40	0.60	0.80
$\theta$	0°	3°	6°

QFN10

产品外形图如下图所示。



标识	尺寸 (毫米)		
	最小值	典型值	最大值
A	0.50	0.55	0.60
A1	0	0.02	0.05
A2	-	0.40	-
A3	0.15 (REF)		
b	0.15	0.20	0.25
b1	0.25	0.30	0.35
b2	0.20	0.25	0.30
D	1.50 (BSC)		
E	2.00 (BSC)		
e	0.50 (BSC)		
L	0.30	0.35	0.40
L1	0.35	0.40	0.45
K	0.25 (REF)		
aaa	0.10		
ccc	0.10		
eee	0.05		
bbb	0.10		

## 订购信息

型号	温度范围	封装	包装	包装数量
XL1118-SOPTA	-40°C~125°C	MSOP10	Reel	4000
XL1118-QFN10	-40°C~125°C	QFN10	Reel	5000
XL1118-MSOTA-A	-40°C~125°C	MSOP10	Reel	4000