

概述

XPS3502是一种高度集成的数模混合，模拟电压输出的压容式传感器信号处理器，可用于汽车压力传感器及工业和过程压力控制元件的传感器调理芯片。XPS3502具有放大、校准和温度补偿、非线性补偿功能，使得传感器所固有的可重复测量特性得以实现。利用自主设计的24位DSP信号处理器及集成的16位数模转换器（DAC）实现数字化校正。利用DSP灵活的对于非线性信号处理技术及DAC对信号的偏移量和跨度校准，保证了传感器产品之间的可互换性。XPS3502结构包含一个可编程传感器激励、一个4挡可编程增益放大器（PGA）、一个20位的ADC用于信号转换，一个512字节（4096位）内部MTP、DSP模块、一个16位DAC以及一个内嵌的温度传感器。除此而外还有一个可以外接温度传感器的接口，可用以远程监测及信号处理。XPS3502通过系数补偿算法校准可灵活支持客户端不同特性传感器，支持对传感器的零点，灵敏度最高三阶温度漂移校准以及最高三阶的非线性校准。XPS3502支持比例电压和固定参考电压两种不同工作模式，并且模拟输出电压具有可编程限幅功能以防止输出电压的过冲。

XPS3502支持过压保护功能，支持JFET高压供电或者直接高压供电，支持模拟电压输出，并支持对传感器的诊断功能。XPS3502为10或16引脚封装，提供商业级、工业级和汽车级温度范围。同时提供支持客户端的校准系统（包括上位机及接口软硬件）。

XPS3502同时支持I2C及DIO单总线通讯，满足绝大部分客户端的接口需求。同时DIO支持总线通讯，可以有力支持客户批量量产标定。

应用

- 电容式压力传感器
- 变送器
- 压力校准和控制器
- 呼吸机
- 仪器和仪表

支持的输出

- 可选择比例电压和固定参考电压输出模式
- 可编程输出电压限幅
- 可选择模拟输出（OUT）或数字输出（I2C）

特性

- 具有放大、校准和温度补偿以及非线性补偿功能
- 支持客户端传感器补偿算法校准
- 支持 $\pm 15\text{pF}$ 差模电容输入， $1\text{-}70\text{pF}$ 共模电容输入
- 支持DIO单线串口及I2C通讯方式
- 信号增益可达40倍
- 通过内嵌MTP查表支持多点校准的温度修正
- 支持对桥连接传感器的电压模式
- 支持高达36V的直接高压供电
- 支持总线通讯（DIO与I2C两种）
- 供电端可抗正压36V
- 可调节输出电压限幅
- 可选择芯片内置或外置温度检测
- 具有与Sensor连接供电及输出端的自诊断功能
- 工作温度范围：-40°C~125°C
- 低电流功耗（约1mA，不含Sensor）
- 上电响应时间<3ms

订购信息

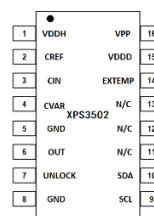
型号	温度范围	封装类型
XPS3502AN10E	-40°C to +125°C	MSOP10*
XPS3502AB16E	-40°C to +125°C	SSOP16*
XPS3502AE	-40°C to +125°C	裸片*

*温度范围设计保证，在室温下测试

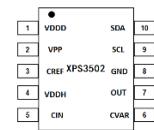
校定系统

校定系统型号	通道	备注
XPS350X_CALI_MB_V1.0	64	RS485接口可以实现多级级联

封装引脚配置图



SSOP16 俯视图



MSOP10 俯视图

绝对极限额定值

参数	符号	范围	单位
电源电压	V_{DDH}	0至40	V
工作温度范围		-40至+125	°C
存储温度范围		-50至+150	°C
结温		+150	°C
ESD范围	HBM	3	kV

注：超过或长时间工作在绝对极限额定值会造成永久损伤。

1. 技术规格

(如果没有特别标出, 工作条件是: $VDDH = +5V$, $GND = 0V$, $TA = +25^{\circ}C$)
($TMIN = -40^{\circ}C$, $TMAX = 150^{\circ}C$)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
整体性指标						
高压电源电压	V_{DDH}	建议外接一个0.1uF的电容	5.5		36.0	V
工作电流	I_{DD}	(Note 1)		1.3		mA
最大MTP写电流	I_{VDDH}	$7.0 \leq VDDH \leq 7.2$			8.0	mA
最大MTP读电流	I_{VDDH}	$7.0 \leq VDDH \leq 7.2$			10	uA
内部振荡器频率	f_{osc}			8.0		MHz
上电稳定时间				3.8		ms
响应时间				2.32		ms
电容输入						
失调电容范围	C_{IRO}		-15		15	pF
ADC 分辨率				20		Bits
激励频率		C_{IN} 端		32		KHz
模拟输出						
信号增益范围		Note 7		40		倍
最大输出电压范围		与VDD和GND的电压差, V_{OUT} 空载		0.01		V
输出低电平		$I_{OUT} = 1mA$ 吸电流, $TA = TMIN$ to $TMAX$		0.05	0.10	V
输出高电平		$I_{OUT} = 1mA$ 拉电流, $TA = TMIN$ to $TMAX$	4.9	4.95		V
OUT短路电流	$I_{OUT_{MAX}}$	OUT与VDD短路		4.7		mA
		OUT与GND短路		3.9		
-3dB带宽	f_{-3dB}	$C_{load}=100nF$, $R_{load}=100k\Omega$		1.6		KHz
推荐负载电容范围	C_{load}			100		nF
输出噪声	V_{NRMS}	最小放大倍数, $C_{load}=100nF$		0.5		mVrms
DAC						
DAC分辨率				16		Bits
失调粗调补偿DAC						
IRODAC分辨率		符号包括在内		5		Bits
IRODAC比特数权重	$\Delta V_{OUT}/\Delta Code$	Input referred, DAC reference $= VDD = +5.0V$ (Note 4)		1		pF/bit
温度数字转换器						
温度ADC分辨率				10		Bits
失调				±15		LSB
增益				0.4		°C/bit

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
非线性				±1		LSB
最低数字输出		-40°C		A3		hex
最高数字输出		150°C		25A		hex
外置温度检测电压范围	V _{EXTTEMP}	TEMP外接温度传感器 (Note 5)	0mv		900	mV
TEMP输出电流	I _{EXTTEMP}	TA = TMIN to TMAX (Note 5)		5		uA
MTP						
最小写时间(1 Byte)		(Note 6)		1		ms
Program脉冲宽度				1		ms

Note 1: 不含传感器驱动电流和OUT负载电流。

Note 2: 最大可容许的传感器补偿范围。

Note 3: 假设需要的最大输出范围为+4V, 桥压范围为+0.7V 至 +4.0V。

Note 4: 比特权重相对比例于VDD.

Note 5: TRIM寄存器可设置外接温度检测

Note 6: 必须在室温 (25°C) 下写MTP。

Note 7:

$$CIN_LEVEL * \frac{(CVAR - CREF + CIRO)}{PGA_{CV}} * \text{gain2} * \text{FSODAC_gain}$$

2. 引脚说明

SSOP16 管脚序号	MSOP10 管脚序号	管脚名称	说明
1	4	VDDH	供电电压5.5~40V高压电源接口,可防高压。在写MTP时,需要提供7.2V的供电。
2	3	CREF	Sensor的CREF端口,参考电容输入端
3	5	CIN	Sensor电容驱动端
4	6	CVAR	Sensor的CVAR端口,变化电容输入端
5	-	GND	接地端
6	7	OUT/DIO	DIO与OUT复用,OUT为模拟输出接口,DIO为单线通讯串口 在噪声环境下,建议外接一个100nF电容
7	-	UNLOCK	OUT端通讯锁定设置管脚,空载状态有500kΩ下拉电阻,默认设置“0”
8	8	GND	接地端
9	9	SCL	I2C时钟
10	10	SDA	I2C数据
11	-	N/C	空置或接地
12	-	N/C	空置或接地
13	-	N/C	空置或接地
14	-	EXTTEMP	外接温度传感器
15	1	VDDD	数字电路供电端,须外接100nF电容
16	2	VPP	须外接100nF电容。

3. 功能介绍

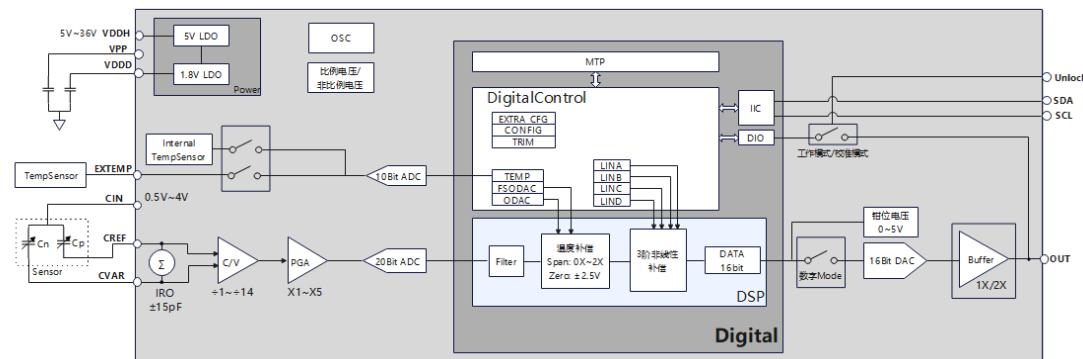


图1. XPS3502功能框图

XPS3502具有放大、非线性校准和温度补偿功能,其综合工作特性可以使得传感器所固有的可重复测量特性得以实现。满量程、零点、非线性,均可通过相关的寄存器进行调节。

XPS3502插值写入与系数写入两种校准模式,为Sensor提供独特的线性温度补偿,在提高使用灵活性的同时降低了使用成本。用户可以选择多个温度点对传感器进行温度补偿,也可以选择简单的一阶线性修正,亦或者匹配一段特定的温度曲线来补偿传感器温度特性。支持在-40°C到+150°C范围内以0.4°C的温度间隔修正。对于一致性良好的传感器,可选择若干校准点配合一组预先确定温度系数来拟合温度曲线,最后将数据存入MTP。单引脚、串行数字输入/输出(DIO)通信结构以及与传感器输出信号分时复用,可在单线上实现输出电压检测和通讯编程。也支持通过I2C通讯实现输出电压检测和通讯编程。校准系数存入

XPS3502后，用户可据此选择切换到工作模式进行测试，以实现QA性能审查或实现单个传感器的测试。

XPS3502根据需要可以采用数字输出（I2C）以及模拟输出（OUT）。在使用I2C实现数字输出时，可将EXTRA_CFG寄存器的DAC_off拉高，此时DIO/OUT的模拟输出会被解除，可节省功耗。无论采用DIO单线通讯或I2C通讯模式，都需要通过这里定义的相关的模拟寄存器的读写完成（见第5章节）。

XPS3502内置DSP预设了校准算法，可对传感器的零点及灵敏度的二阶以下温度漂移以及高至三阶的非线性进行校准补偿，校准精度可以达到0.1%以内。

XPS3502除上述描述的功能，还有如下特色功能：

- 供电端可耐受40V极限高压。
- 支持0~5V范围内任意高、低钳位电压设置。
- Sensor信号端接线灵活，CVAR、CREF内部可自动进行矫正。
- 支持比例/非比例2种模式。
- 内置温度Sensor，温度ADC达10bit精度，同时兼容外部Sensor（0~0.9V输出范围检测）。
- 独创支持DIO/IIC两种总线模式。
- MTP支持4次擦写，提高灵活性的同时又降低了成本。同时给用户预留128bit存储空间存储自定义信息。

3.1. 数字输出

在一些场景中，比如消费类电子应用下会需要调理芯片数字信号输出，为了避免再次使用ADC做信号处理而使用应用端微处理器直接读取信号。XPS3502可以通过I2C直接将处理好的信号直接输出，可以节省应用端的硬件资源。数字输出可以通过I2C直接读取DHR寄存器而实现。具体信息见CRIL寄存器（小节5.6.2，比特位RdData）。用户可通过读取DATA寄存器，获得数字输出结果。

3.2. 钳位功能

在MTP中有高钳位和低钳位的两个16bit的存储空间，分别为CLIPH和CLIPL。这两个16bit的值均可由用户自由定义，CLIPH限制最高输出钳位电压，CLIPL限制最低输出钳位电压。

3.3. 工作模式与切换

工作模式分为2种：标定模式和正常工作模式。

标定模式：

标定模式下，I2C和DIO的读写功能全部开启。用户可以通过I2C双线通信或者DIO单线通信，对芯片内部的寄存器和MTP进行读写操作且芯片不会根据温度的变化实时刷新MTP值到寄存器。

正常工作模式：

正常工作模式下，芯片会根据温度变化，实时对满量程和零点进行温度补偿。I2C的写功能被禁止但仍可以读取寄存器。

模式切换：

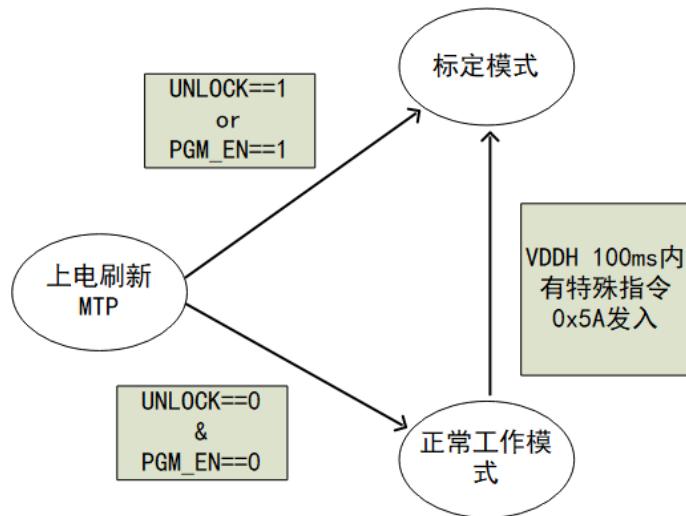


图2. 工作状态模式转换

表2. 工作模式状态表

UNLOCK	PGM_EN	上电100ms内从VDDH接收到0x5A	工作模式
0 or open	1	-	标定模式
0 or open	0	×	正常工作模式
0 or open	0	√	标定模式
1	-	-	标定模式

3.4. 锁定及解锁

参考工作模式转换图2，当UNLOCK==0且PGM_EN==0时，此时芯片上电后会直接进入正常工作模式。在这个模式下，DIO不能通信，I2C也仅能实现对芯片内部的一些寄存器执行读取操作，无法执行写操作。这种情况是一种锁定的状态。

如果要解锁这种状态，可以拉高UNLOCK引脚或者XPS3502先下电，再重新上电，并在重新上电后的100ms以内，发送一个特殊的解锁指令0x5A，芯片即进入标定模式。解锁时序如下图（图3）：

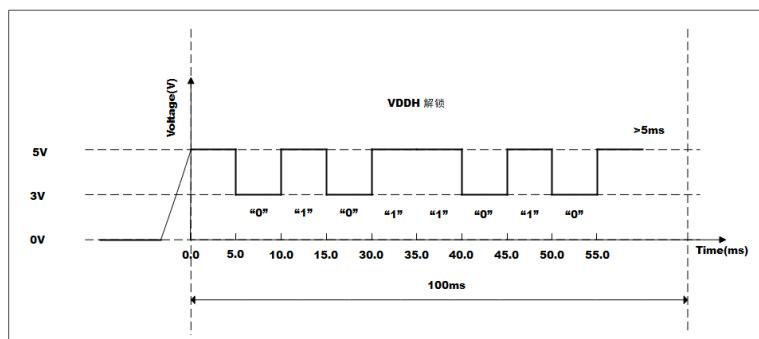


图3. 电源解锁操作

进入标定模式后：

- MCU 连续发送 3 次 0x29：进入总线通信模式
- MCU 连续发送 3 次 0x13，芯片会进入单主从机通信模式

3.5. 电压比例模式与非电压比例模式

比例模式：

电压比例输出模式提供了与电源电压成比例的输出。该模式如果应用于同样的按比例模式型 ADC，其将产生一个与电源电压无关的码值。比例模式是电池供电设备、汽车和许多工业场合需考虑的重要因素。XPS3502 提供一个高性能的比例模式输出，而只需最少的外部元件。所需外部元件如下：

- 一个电源旁路电容。
- 一个可选的输出 EMI 抑制电容。

非比例模式：

非比例模式输出结构能够使传感器工作在更宽范围的电源之中。在该电路中需要一个高性能电压基准为 XPS3502 工作提供一个稳定电源与基准电压。当要求输入电压在宽范围内以及系统 A/D 或读取设备不支持比例工作时，需要非比例工作。

3.6. 内置 MTP 及芯片 ID

内部 MTP 由 512 个 8 位内存组成，需要特别注意的是，MTP 的写温度为 25°C，MTP 的初始状态和擦除后的状态都是高电平状态。MTP 包含了工作模式锁定，温度校准模式选定，Device ID 选定，模拟配置寄存器的配置状态，温度插值的写入，温度系数的写入，高达三阶的非线性补偿系数，嵌位电压的配置。通过将这些补偿值载入内部校准寄存器，XPS3502 实现了对传感器失调电压、灵敏度（FSO）和温度误差的补偿，上电时这个器件自动将内容从 MTP 加载到寄存器中。XPS3502 特地预留了 128bit 的 UID 存储空间，给用户写入自定义的数据。具体芯片的 ID 中有两种形式，接下来作详细介绍。

Device ID：

使用总线标定时，XPS3502 需要有自己的地址来供主机访问，即从机的 Device ID。Device ID 是以一种固定模式，形如 1、2、3、4……，在总线标定开始之前写入芯片 MTP 中（地址在表格 4.7 中给出）。总线标定正式标定时，想与指定 ID 的芯片建立通信，必须先发送相应的 Device ID 标识。如果不是总线标定，只需发送通配 ID：0xFF，即可与芯片建立通信。对一颗芯片来讲，自身有 2 个 Device ID 供主机访问，一个是 Device ID，一个是发送通配 ID。

UID：

用户自定义并写入芯片 MTP 中的自定义数据。它有 128 个 bits，每一个 bit 的含义都可以由用户自由定义。

表 3.Device ID 与 UID 地址

	地址1	地址2	地址3	地址4	位地址	名称	描述
从机地址	0x002	0x082	0x102	0x182	7-0	Device ID	总线通信时作为从机地址使用
用户自定义地址	0x003	0x083	0x103	0x183	7-0	UID	128位用户自定义区域
	0x004	0x084	0x104	0x184	7-0		
	0x005	0x085	0x105	0x185	7-0		
	0x006	0x086	0x106	0x186	7-0		

0x007	0x087	0x107	0x187	7-0
0x008	0x088	0x108	0x188	7-0
0x009	0x089	0x109	0x189	7-0
0x00A	0x08A	0x10A	0x18A	7-0
0x00B	0x08B	0x10B	0x18B	7-0
0x00C	0x08C	0x10C	0x18C	7-0
0x00D	0x08D	0x10D	0x18D	7-0
0x00E	0x08E	0x10E	0x18E	7-0
0x00F	0x08F	0x10F	0x18F	7-0
0x010	0x090	0x110	0x190	7-0
0x011	0x091	0x111	0x191	7-0
0x012	0x092	0x112	0x192	7-0
0x013	0x093	0x113	0x193	7-0

4. 通信协议

XPS3502 支持单线 DIO 和 I2C 两种串行通讯协议。使用者可以使用这些协议对芯片内的寄存器进行配置，对 MTP 进行编程，也可以读取数字输出用于校准或者直接输出。

上电之后，芯片会刷新 MTP 到相应的寄存器，并判断 PGM_EN 寄存器，根据其状态不同，芯片会进入不同的工作模式：正常工作模式和标定模式。

只有在标定模式下，才可以通过单线（DIO）或 I2C 通讯而配置芯片内部寄存器及 MTP。

正常工作模式也可以通过解锁进入标定模式，具体步骤请参考第 3.4、3.5 小节。

4.1. I2C 通讯

XPS3502 支持 I2C 总线数据传输协议，但是只是作为从器件（从机）使用。XPS3502 的 I2C 总线使用 SCL 和 SDA 作为信号线。这两根线都是开漏型管脚，需要通过上拉电阻连接到 VDD，总线空闲时均保持为高电平。XPS3502 的 I2C 设备地址 Device ID 可以通过 MTP 相应的寄存器进行配置（客户根据需要自行写入）。

I2C 只有在总线空闲时才允许启动数据传送。在数据传送过程中当时钟线为高电平时数据线必须保持稳定状态不允许有跳变时钟线为高电平时数据线的任何电平变化将被看作总线的起始或停止信号。

XPS3502 的 I2C 接口引脚为 SCL 与 SDA。

SCL：串行时钟，串行时钟输入管脚用于产生芯片所有数据发送及接收的时钟。

SDA：串行数据/地址，双向串行数据或地址管脚用于芯片所有数据或地址的发送及接收。

SCL 及 SDA 皆为开漏输入（出）管脚，可与其它开漏器件管脚或（wire-OR）。

起始信号：

时钟线保持高电平期间数据线电平从高到低的跳变作为 I2C 总线的起始信号。（参考图 4）

停止信号：

时钟线保持高电平期间数据线电平从低到高的跳变作为 I2C 总线的停止信号。（参考图 4）

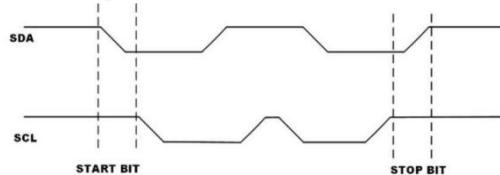


图4. I2C起始停止信号

注意：只有在标定模式下，采用 I2C 才能完成对于芯片的读及写功能。而在正常工作模式下，采用 I2C 只能对芯片内部寄存器进行读取操作，无法写入。

总线时序：

在此总线时序完全按照 I2C 的标准总线时序要求执行，所有的时序要求请参考 I2C 通信标准。

写模式及写周期时序：

在写模式下主机（MCU）发送起始命令和从机（XPS3502）地址信息，R/W 位置给从机芯片在从机芯片产生应答信号后主器件发送从机芯片的字节地址主系统（MCU）在收到从机芯片的另一个应答信号后再发送数据到被寻址的存储单元，XPS3502 再次应答并在主系统（MCU）产生停止信号后开始内部数据的写，在内部写过程中从机芯片不再应答主系统（MCU）的任何请求。

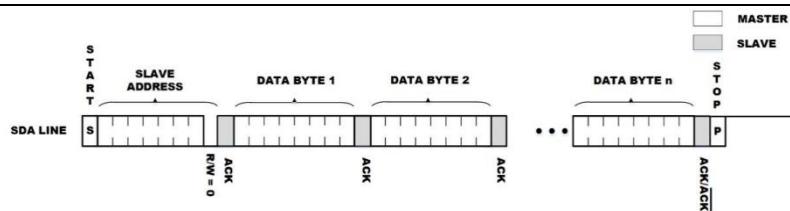


图5.I2C写模式

写模式的时序如图 3 所示，

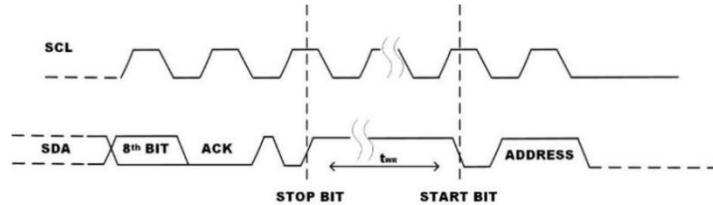


图6.I2C写模式时序

读模式及时序：

从机芯片接收到地址信号后 (R/W 位置 1)，它首先发送一个应答信号然后发送一个 8 位字节数据, 主系统 (MCU) 接收到 8 位数据后即发送一个应答信号，指示从机芯片继续发送下一个 8 位数据，如此往复进行。如果主机 (MCU) 认为数据足够，则不需发送一个应答信号，但要产生一个停止信号。

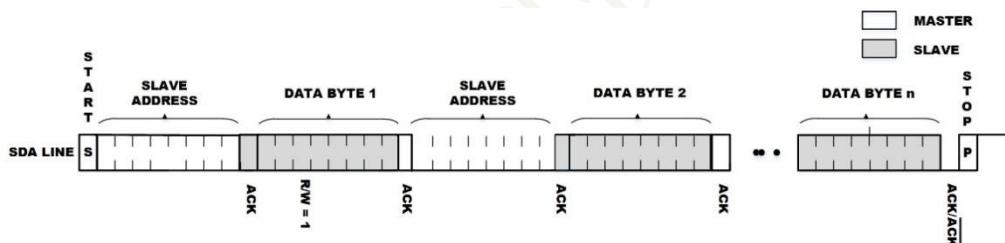


图7.I2C连续读模式

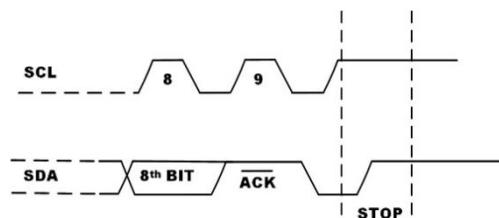


图8.I2C读模式时序

读写转换：

在很多情形下，主机 (MCU) 会需要在读写从机芯片数据的操作中来回互换，图 9 给出了读写转换的时序模式。

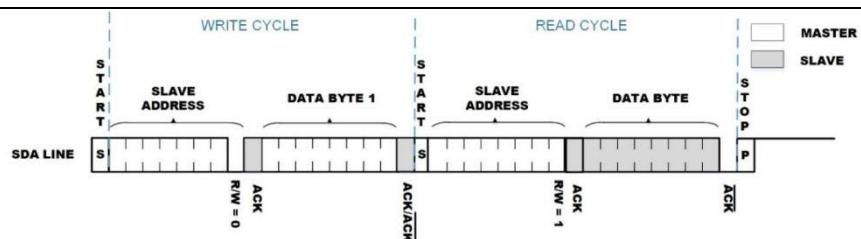


图9.I2C读写转换模式

注意到主机（MCU）在写入数据到从机芯片后，如果紧接着需要读某个从机芯片地址位置的数据时必须发送一个 START 信号。其它操作同上读写要求一样，时序要求也是一样。

4.2. DIO 通信

DIO 指令集除了单线通讯，还添加了指令来指示进入总线通信。具体操作如下：

- 1, MCU 发送 0x29。芯片接收到之后，进入总线通信模式，等待接收从机地址。
- 2, MCU 发送从机地址。芯片接收到之后，会与自身 ID 做比对，如果匹配成功，此芯片会打开 DIO 的通信功能，允许 MCU 对芯片内部进行读写操作。如果匹配失败，此芯片会关闭 DIO 的通信功能，屏蔽 MCU 发送过来的指令。

DIO 串行接口用于 XPS3502 与校准检测系统或计算机之间进行的异步串行通讯。当主机发送初始化序列时，XPS3502 将自动检测主机的波特率。无论内部振荡器如何设置，使用 4800bps 与 38400bps 之间的波特率都可以检测到。数据格式始终为 1 个起始位、8 个数据位、1 个停止位，没有奇偶位。

正常工作模式下，DIO 无法通讯。DIO 会被配置成模拟输出状态，如果客户只想使用 I2C 读取数字信号，可将 EXTRA_CFG 寄存器中的 DAC_off 位拉高，此时 DIO 的模拟输出会被废除，可节省功耗。

标定模式下，DIO 可以实现通讯，可对芯片进行读写操作。

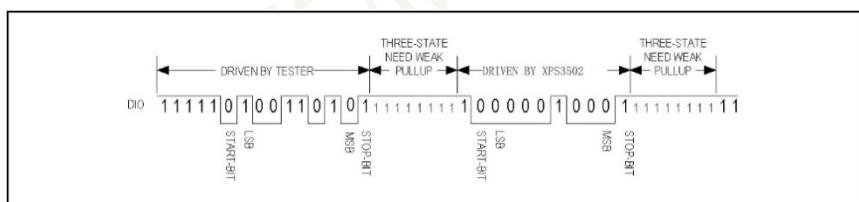


图10.OUT/DIO 数字输入输出数据格式

初始化序列：

通过发送下述初始化序列，可设定 XPS3502 的波特率，即初始化串口。初始化序列为发送一个 01h 字节，如下：

111111101000000011111111

第一个起始位 0(如上所示黑体的 0)启动了波特率同步序列。随后是 8 位数据 01h (注意：串行输入，低位在前)，然后由停止位结束波特率同步序列，停止位是如上所示黑体的 1。在稳定电源给器件供电 1ms 后，才可以在 DIO 上进行初始化。

重新初始化序列：

XPS3502 允许再重新学习波特率，此时需要先发送一个字节的 FFh：

111111101111111111111111

当 FFh 发送完毕之后，XPS3502 会重新置位到刚上电时的状态。所以此时的 XPS3502 会等待初始化序列。也就是说，当发送完 FFh 之后，必须再发送一个 01h，才算是真正完成了波特率的重新学习。

5. 寄存器读写及功能描述

5.1. 串行通讯模式寄存器

串行接口命令格式通过一个接口寄存器集 (IRS)，进入 XPS3502 的所有通讯命令都遵循一个确定的格式。IRS 是一个 8 位命令格式，包括接口寄存器集数据 (IRSD) 半字节 (4 位) 和接口寄存器集地址 (IRSA) 半字节 (4 位)。通过接口寄存器集，可以对所有校准寄存器和 MTP 单元进行读写访问。IRS 命令字节结构如下：

IRS[7:0]=IRSD[3:0].IRSA[3:0]; 这里：

- IRSA[3:0]是4位接口寄存器集地址，指出哪个寄存器接收半字节数据IRSD[3:0];
- IRSA[0]是串行接口上在起始位之后的第一位;
- IRSD[3:0]是4位接口寄存器集数据;
- IRSD[0]是串口上在起始位之后的第五位。

5.2. 特殊命令寄存器

在 XPS3502 之中，一个用于内部逻辑的特殊命令寄存器 (CRIL[3:0]) 可执行特殊命令序列。小节 5.6.2 已将这些命令序列以 CRIL 命令代码的形式列出。

5.3. 寄存器写举例

写任意 16 位内部校准寄存器的操作如下：

- 1) 利用 4 个接口寄存器集的字节将 16 个数据位写入 DHR[15:0];
- 2) 将目标内部校准寄存器的地址写入 ICRA[3:0];
- 3) 将加载内部校准寄存器 (LdICR) 命令写入 CRIL[3:0]。

当 LdICR 命令发送给了 CRIL 寄存器，被加载的校准寄存器取决于内部校准寄存器地址 (ICRA) 中的地址。小节 5.6.3 指出了解码的校准寄存器。两次写入数据要有至少 10 个 pulse 的间隔。

5.4. 串行数字输出

当 RdIRS 命令写入 CRIL[3:0]后，OUT/DIO 配置成数字输出 DIO，并且发送由 IRSP[3:0]指定寄存器的内容，发送形式以一个字节为一帧，带有一个起始、停止位。一旦测试设备发送 RdIRS 命令完毕，必须将与 DIO 的连接端置为三态输出，以便 XPS3502 驱动 DIO 线。XPS3502 使 DIO 为三态输出并将其置为高电平一个字节的时间，然后在下一个启始位期间使 DIO 开始驱动，而后依次输出数据字节和停止位。序列见图 10。

通过 RdIRS 命令返回的数据取决于 IRSP 中指向的地址。小节 5.6.1 定义了根据不同指向返回的内容。

5.5. 多路复用的模拟输出

当 CRIL[3:0]寄存器写入 RdIRS 后，引脚上的给定模拟信号取决 ALOC[4:0]。ATIM[3:0]决定了模拟信号的持续时间，之后引脚又恢复了三态。当模拟信号分配到 OUT/DIO 引脚上时，此时 OUT/DIO 已为三态输出。当 OUT/DIO 为模拟输出 OUT 时，在确定停止位后主计算机 (MCU) 或校准系统与 XPS3502 的 OUT/DIO 口连接端必须置为三态输出。当读取如 CIN 端激励电压等内部信号时，切勿在 OUT/DIO 线路上加载。OUT/DIO 的输入输出序列见图 10。如小节 5.6.9 所示，模拟信号的持续时间由 ATIM[3:0]控制。在 OUT/DIO 引脚上的给定何模拟信号决定于 ALOC 的值。在小节 5.6.6 中对该信号作了详细阐述。

5.6. 寄存器表

表4.寄存器定义表

寄存器	描述
CONFIG	Configuration Register
TRIM	TRIM Register
EXTRA_CFG	Extra Configuration Register
ALOC	Analog Allocation Register
IRSA	IRSA Register
CRIL	CRIL Register
ICRA	ICRA Register
IRSP	IRSP Register
ATIM	Analog Time Register
Digital Register	数字关键寄存器

5.6.1.CONFIG 配置寄存器位定义表

表5.CONFIG寄存器定义表

CONFIG [15:0]	配置	描述
[15:12]	CIRO[3:0]	PGA_CV 失调电容补偿 电容step = 1pF, 最大补偿电容15pF;
11	CIRO_sign	CIRO DAC符号位: "1"为正向"+"; "0"为反向"-" (default) ;
10		保留
[9:7]	CIN_level[2:0]	恒压激励下, Sensor电压选择 000:0.5V (default) ; 001:0.7V; 010:1.0V; 011:1.4V; 100:2.0V; 101:2.5V; 110:3.5V; 111:4.0V;
6	CREF_SWAP	CVAR、CREF位置: "1"为反向, default: "0"
5		保留
[4:2]	PGA_CV	PGA_CV 反馈电容设置: 000: 1pF 001: 2pF 010: 4pF 011: 6pF 100: 8pF 101: 10pF 110: 12pF 111: 14pF

[1:0]	gain2[1:0]	PGA2增益设置: 00: 2; 01: 3; 10: 4; 11: 5;
-------	------------	---

5.6.2. TRIM 配置寄存器定义表

表6.TRIM寄存器定义表

TRIM[15:0]	配置	描述
[15:12]	OSC_trim[3:0]	振荡器频率调节： 二进制补码形式（1000最低，0111最高）； trim step=4.6%;
[11:9]	BG_trim[2:0]	带隙基准电压调节： 类二进制补码形式（101最低，011最高，000和100 相同）； trim step = 12mV;
[8:6]	REF_trim[2:0]	参考电压调节 类二进制补码形式（101最低，011最高，000和100 相同）； trim step = 16mV(vref_1p25v)
[5:0]	保留	

5.6.3. EXTRA_CFG 寄存器

表7.EXTRA_CONFIG寄存器定义表

EXTRA_CFG[15:0]	配置	描述
15		保留
14	EN_fixedref	non-ratiometric模式： 1: non-ratiometric模式 0: ratiometric模式 (default)
13	DAC_off	关掉模拟输出端的DAC和buffer 1: OUT模拟输出关闭 0: OUT模拟输出开启 (default)
12		保留
11	EN_diagnosis	自诊断功能： 1: 开启 0: 关闭
[10:7]		保留
6	SEL_extemp	选择温度传感器： 1: 外部sensor 0: 内部Sensor (default)
[5:4]		保留

[3:2]	OUT_cfg[1:0]	OUT 端口 buffer 模式: 2'b00: x1 buffer output; 2'b11: disable output, pull high
[1:0]		保留

5.6.4. ALOC 寄存器设置表

表8.ALOC寄存器定义表

ALOC[4:0]	MUX_OUT	描述
00000	Normal	工作状态下输出电压
00001	CIN	sensor端电容激励
00010	ISRC	驱动电路内部节点
00011	VDDA	供电电源电压
00100	GNDA	模拟地
00101-00111		保留
01000	Vbg	VBG
01001-01100		保留
01101	CLK_2KHZ	2KHz时钟
01110	CVAR	sensor端变化电容输入
01111	CREF	sensor端参考电容输入
10000 - 11111		保留

5.6.5. IRSA 寄存器设置表

表9.IRSA寄存器定义表

IRSA[3:0]	描述
0000	写IRSD[3:0] 到 DHR[3:0] (数据暂存寄存器) (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
0001	写IRSD[3:0] 到 DHR[7:4] (数据暂存寄存器) (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
0010	写IRSD[3:0] 到 DHR[11:8] (数据暂存寄存器) (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
0011	写IRSD[3:0] 到 DHR[15:12] (数据暂存寄存器) (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
0100	写IRSD[3:0] 到 DHR[19:16] (数据暂存寄存器) (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
0101	写IRSD[3:0] 到 IEEA[3:0] (Internal MTP Address, 内部MTP地址, nibble 0)
0110	写IRSD[3:0] 到 ICRA[3:0] (Internal Calibration Register Address, 内部标定寄存器地址)
0111	写IRSD[3:0] 到 IEEA[7:4] (Internal MTP Address, 内部MTP地址, nibble 1)
1000	写IRSD[3:0] 到 IRSP[3:0] (Interface Register Set Pointer, 接口寄存器指针)
1001	写IRSD[3:0] 到 CRIL[3:0] (Command Register to Internal Logical, 指令寄存器到内部逻辑)
1010	写IRSD[3:0] 到 ATIM[3:0] (Analog Timeout, 模拟读取时间)
1011	写IRSD[3:0] 到 ALOC[3:0] (Analog Location, 模拟指向) (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
1100	写IRSD[3:0] 到 IEEA[8], 即IRSD[3:0]=(0,0,0,IEEA[8]) (Internal MTP Address, 内部MTP地址, nibble 2)
1101	写IRSD[3:0] =0x0001进入MBIST Normal Read 模式; 写IRSD[3:0] =0x0010进入MBIST Margin Read 模式; (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
1110	写IRSD[3:0] 到 ALOC[4], 即IRSD[3:0]=(0,0,0,ALOC[4]) (Analog Location, 模拟指向) (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
1111	写IRSD[3:0] = 1111bin 重新学习波特率(正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)

5.6.6. CRIL 寄存器设置表

表10. CRIL寄存器定义表

CRIL[3:0]	名称	描述
0000	LdICR	将由DHR[15:0]给出的数据按照由ICRA给出的地址写入内部标定寄存器 (正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
0001	EEPW	将DHR[7:0]的内容写入地址为IEEA[9:0]的MTP(正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)
0010	MRead	进入Margin Read Mode. 并将由IEEA[9:0]指定的MTP内容读入DHR[7:0]
0011	RdICR	将由ICRA指定的内部标定寄存器内容读入DHR[15:0]
0100	RdEEP	将由IEEA[9:0]指定的MTP内容读入DHR[7:0]
0101	RdIRS	读出IRSP[3:0]对应的接口寄存器内容
0110	RdAlg	将模拟信号输出到OUT/DIO. 模拟信号位置由ALOC[4:0]给出(表8), 信号延续时间由ATIM[3:0]给出(正常模式下, I2C 通信无法执行此操作)

0111	OffSig	关掉信号通路，并将DHR[19:0]的值写入数字内部寄存器SIG_TEMP。即将数字内部PATH_SWAP寄存器拉高。此操作将断开数字Filter与后续电路的连接，切换到SIG_TEMP寄存器与后续电路连接。(正常模式下，I2C 通信无法执行此操作)
1000	OnSig	重新打开信号通路，并将SIG_TEMP寄存器内容读入DHR[19:0]。即将数字内部PATH_SWAP寄存器拉低。此操作重新将数字Filter与后续电路连接，并实时刷新SIG_TEMP的值。(正常模式下，I2C 通信无法执行此操作)
1001	Refresh	进入自刷新模式(即正常工作模式)。持续时间由ATIM[3:0]给出，时间窗口一旦过去，又回到标定模式。(正常模式下，I2C 通信无法执行此操作)
1010	RdData	将最终的数字信号输出DATA[15:0]写入DHR[15:0]
1011	StrPGM	开始写MTP(控制MTP电源切换)(正常工作模式下，I2C 通信无法执行此操作)
1100	EndPGM	结束写MTP(控制MTP电源切换)(正常工作模式下，I2C 通信无法执行此操作)
1010 to 1111	Reserved	保留

5.6.7. ICRA 寄存器设置表

表11.ICRA寄存器定义表

ICRA[3:0]	名称	描述
0000	CONFIG	Configuration寄存器
0001	ODAC	Offset DAC 寄存器
0010	FSODAC	Full Scale Output DAC 寄存器
0011	LINA	非线性校准3阶系数寄存器
0100	LINB	非线性校准2阶系数寄存器
0101	LINC	非线性校准1阶系数寄存器
0110	LIND	非线性校准0阶系数寄存器
0111	EXTRA_CONFIG	EXTRA_CONFIG[15:0]寄存器
1000	TRIM	TRIM[15:0]寄存器
1001	CLIPH	CLIPH[15:0]钳位寄存器
1010	CLIPL	CLIPL[15:0]钳位寄存器
1011	OSR	OSR[1:0] 数字滤波器过采样率设置 0x0000 : 128 0x0001 : 256 0x0010 : 512; 0x0011 : 1024;
1100 to 1111		保留

5.6.8. IRSP 寄存器设置表

表12.IRSP寄存器定义表

IRSP[3:0]	指向地址的8位输出内容
0000	DHR[7:0]
0001	DHR[15:8]
0010	(0,0, WMTP, IEEA[8]), ICRA[3:0] concatenated
0011	CRIL[3:0], IRSP[3:0] concatenated
0100	FAIL_DET[3:0], ATIM[3:0] concatenated
0101	IEEA[7:0] MTP address byte
0110	Reserved
0111	TEMP-Index[7:0]
1000	(TEMP-Index[9:8], 0, ALOC[4:0])
1001-1100	Reserved
1101	Baudrate
1110-1111	Reserved

5.6.9. ATIM 寄存器设置表

表13.ATIM寄存器定义表

ATIM[3:0]	以字节为单位的模拟信号输出持续时间 (8-bit t, 20KHz 计时)
0000	$20 + 1 = 2$ byte times, (0.8 ms), i.e. $(2 \times 8) / 20\text{KHz}$
0001	$21 + 1 = 3$ byte times, (1.2 ms)
0010	$22 + 1 = 5$ byte times, (2.0 ms)
0011	$23 + 1 = 9$ byte times, (3.6 ms)
0100	$24 + 1 = 17$ byte times, (6.8 ms)
0101	$25 + 1 = 33$ byte times, (33*0.4 ms)
0110	$26 + 1 = 65$ byte times, (65*0.4 ms)
0111	$27 + 1 = 129$ byte times, (129*0.4 ms)
1000	$28 + 1 = 257$ byte times, (257*0.4 ms)
1001	$29 + 1 = 513$ byte times, (513*0.4 ms)
1010	$210 + 1 = 1025$ byte times, (1025*0.4 ms)
1011	$211 + 1 = 2049$ byte times, (2049*0.4 ms)
1100	$212 + 1 = 4097$ byte times, (4097*0.4 ms)
1101	$213 + 1 = 8193$ byte times, (8193*0.4 ms)
1110	$214 + 1 = 16385$ byte times, (16385*0.4 ms)
1111	持续模拟输出

5.6.10. 数字寄存器说明

表14.数字寄存器定义表

名称	位数	描述
DATA	16	只读寄存器。DSP模块中，经过FSODAC和ODAC，以及非线性运算，CLIP之后最终要输出给模拟的结果缓存于此寄存器。

6. 应用参考电路

注：下图中以 SSOP16 为典型示例，其它封装根据对应管脚应用即可。

6.1. 比例/非比例输出与 3.3V 低压供电应用参考电路

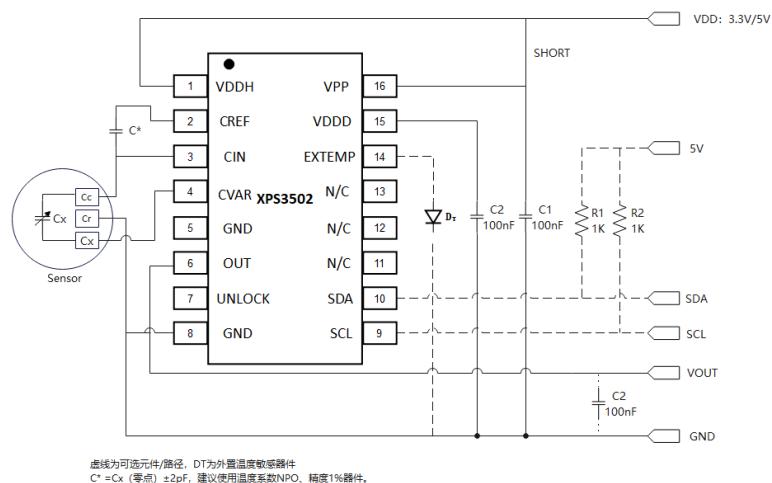


图 11. 3.3V~5V 电压供电/比例输出应用举例

此电路可以满足非比例/比例输出与3.3V低压供电的使用需求。

6.2. 高压供电 (5.5V~12V) 非比例输出应用参考电路

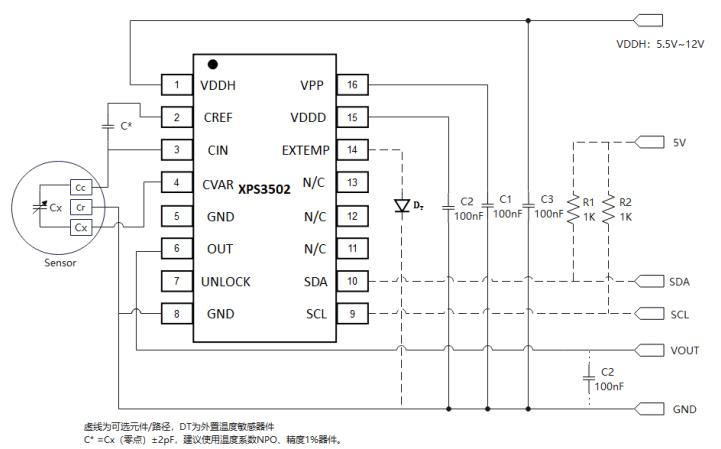


图12. 高电源电压 (5.5V~12V) 应用举例

此电路可满足高压供电，非比例输出的需求。

6.3. 高压直接供电 (12V~36V) 非比例输出应用参考电路

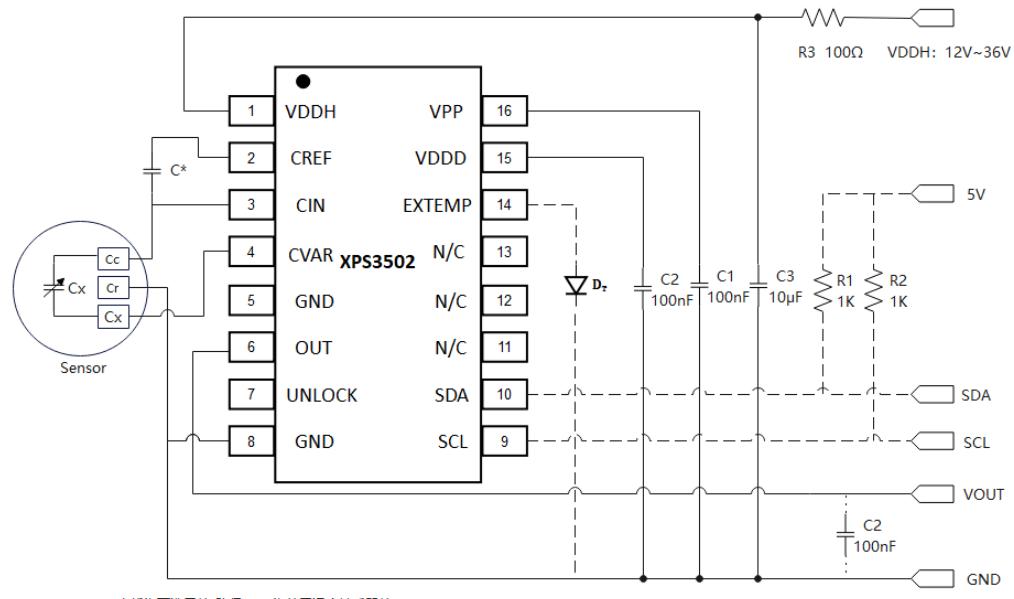


图 13. 高电源电压供电 (12V~36V) 非比例输出应用举例

7. 封装信息

SSOP16 PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS

标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)	标注	尺寸	最小 (mm)	最大 (mm)
A		6.15	6.25	C3		0.152	
A1		0.30TYP		C4		0.172	
A2		0.65TYP		H		0.05	0.15
A3		0.675TYP		θ		12° TYP4	
B		5.25	5.35	θ 1		12° TYP4	
B1		7.65	7.95	θ 2		10° TYP	
B2		0.60	0.80	θ 3		0° ~ 8°	
C		1.70	1.80	R		0.20TYP	
C1		1.75	1.95	R1		0.15TYP	
C2		0.799					

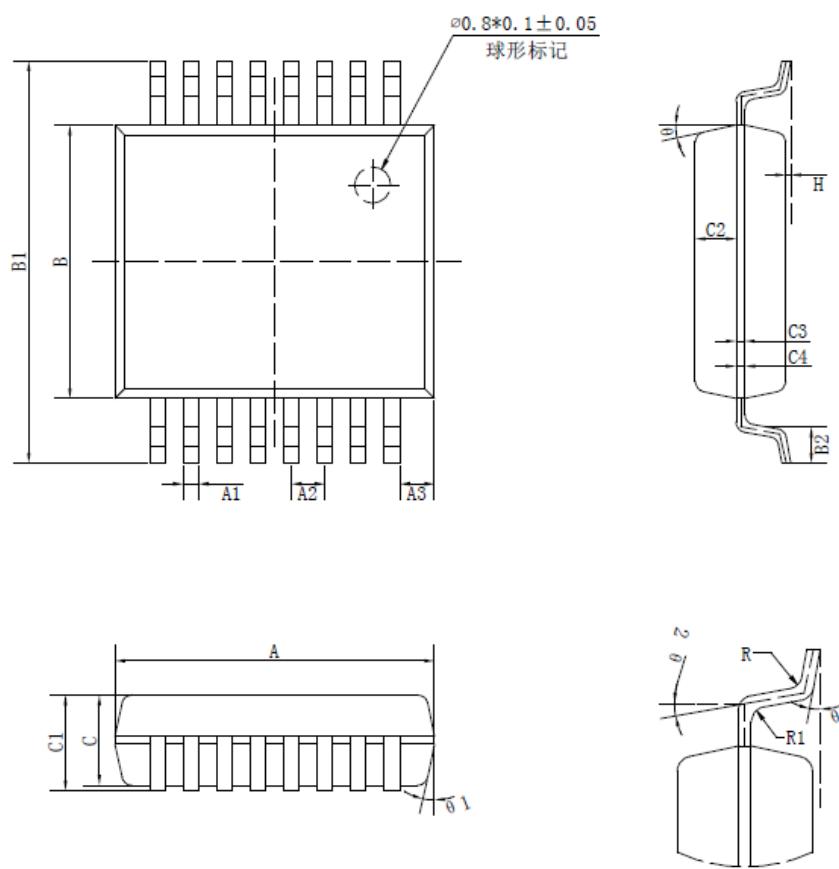


图 14. SSOP16 封装外形图

MSOP10 PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS

尺寸 标注	最小(mm)	最大(mm)	尺寸 标注	最小(mm)	最大(mm)
A	2.90	3.10	C3		0.152
A1	0.18	0.25	C4	0.15	0.23
A2		0.50TYP	H	0.00	0.09
A3		0.40TYP	θ		15° TYP4
B	2.90	3.10	θ1		12° TYP4
B1	4.70	5.10	θ2		14° TYP
B2	0.45	0.75	θ3		0° ~ 6°
C	0.75	0.95	R		0.15TYP
C1	--	1.10	R1		0.15TYP
C2		0.328TYP			

* 注EMSOP10产品共用此图所有数据, Die pad exposure大小是根据引线框架设计。

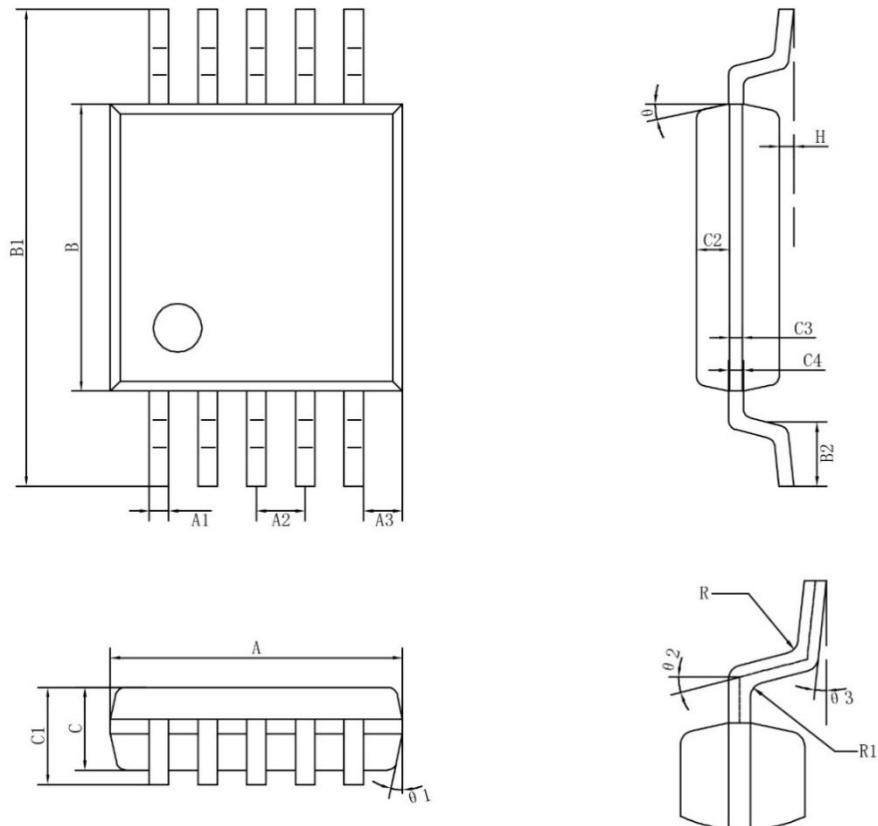


图 15. MSOP10 封装外形图

8. Revision History

版本号	作者	修改内容	时间
1.0	Bo	Initialization(仅供参考, 非正式版)	2022.5.25
1.1	Bo	Release	2023.2.13
1.2	古振刚	修改了订购信息	2025.4
1.3	Bo	勘误, 电路更新	2025.7