

16Bit高速电感位置传感器芯片系列

1. 产品特性

- 16 bit 分辨率电感式位置传感器芯片
- 精度 $\leq \pm 0.36^\circ$ el、最高 $\leq 0.05^\circ$
- 支持最高转速超过 600K rpm
- 支持自动校准功能
- 支持多种输出接口选择：
 - ABZ+PWM (SC60414)
 - SPI (SC60418)
- 支持用户通过接口 SPI、单线编程
- 诊断功能：断线、短路、过压、过温、过流、线圈开路
- 高可靠性设计：电源耐压 48V、输出耐压 24V
- 适合紧凑型穿轴安装结构
- 抗电磁干扰能力强
- 工作温度范围：-40°C到 150°C
- 封装形式：小型 TSSOP-16、QFN3*3-16

2. 产品应用

- 机器人关节控制
- 主驱电机
- EPS 电机
- 汽车应用角度位置
- 电摩无刷电机

3. 产品描述

SC6041X 是一款非接触式高速、高精度电感式位置传感器芯片系列，可用于汽车和工业应用中的高速绝对位置感应。该芯片基于涡流效应原理，通过检测金属目标物在一组线圈上方的位移引起的感应电压变化实现目标物位置的精准测量。

SC6041X 支持用户通过编程引脚对输出信号在自校准后进行微调。支持单周期线圈设计下最高转速超过 600K rpm，并实现超低传输延时($< 4\mu\text{s}$)，电机稳态运行条件下接近零延时特性。

SC60414 增量式输出接口通过芯片 A、B、Z 引脚提供，支持多种线数配置，最大可达 2048 线，并通过 PWM 引脚输出绝对值位置信号。

SC60418 提供 16bit 分辨率协议输出，用户可根据此接口读取芯片内部 16Bit 数据。

SC6041X 采用 16 脚的 TSSOP-16、QFN3*3-16 封装，亚光镀锡，采用无卤绿料，满足环保要求。

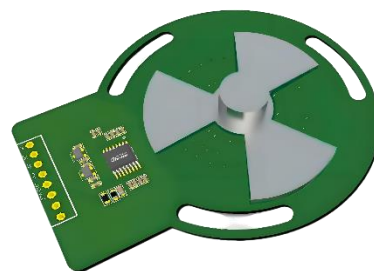


图 1 工作示意图

目录

| | | | |
|---------------------|----|-------------------------------|----|
| 1. 产品特性 | 1 | 11.1. EEPROM 列表 | 12 |
| 2. 产品应用 | 1 | 11.2. 寄存器位说明 | 13 |
| 3. 产品描述 | 1 | 12. ABZ/PWM 输出 | 15 |
| 4. 引脚描述 | 4 | 13. SPI 输出 | 17 |
| 5. 订购信息 | 6 | 14. 电源供电连接方式 | 19 |
| 6. 极限参数 | 7 | 15. 自校准、调零外围电路 | 20 |
| 7. 静电保护 | 7 | 16. 封装信息 | 21 |
| 8. 工作参数 | 8 | 16.1. TSSOP16 封装 (TG) | 21 |
| 9. 功能模块 | 10 | 16.2. QFN3*3-16 封装 (QC) | 22 |
| 10. EEPROM 说明 | 11 | 17. 包装规范 | 23 |
| 10.1. 自动校准 | 11 | 17.1. TSSOP16 封装 (TG) | 23 |
| 10.2. 诊断功能 | 11 | 17.2. QFN3*3 封装 (QC) | 24 |
| 11. EEPROM 说明 | 12 | 18. 历史版本 | 25 |

4. 引脚描述

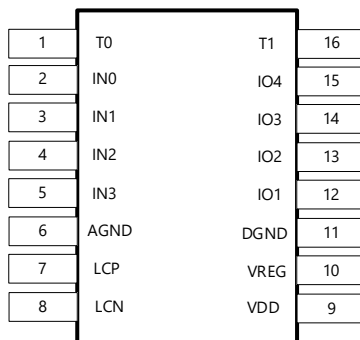


图 2 TSSOP16 引脚描述

| 引脚 | | 类型 | 描述 |
|------|-----|-------|-------------------------------|
| 名称 | PIN | | |
| T0 | 1 | 输出 | 测试引脚 |
| IN0 | 2 | 输入 | 接收线圈输入 0 |
| IN1 | 3 | 输入 | 接收线圈输入 1 |
| IN2 | 4 | 输入 | 接收线圈输入 2 |
| IN3 | 5 | 输入 | 接收线圈输入 3 |
| AGND | 6 | 地 | 模拟地 |
| LCP | 7 | 输入 | 激励线圈输出正极 |
| LCN | 8 | 输入 | 激励线圈输出负极 |
| VDD | 9 | 电源 | 供电电源 |
| VREG | 10 | 输出 | 芯片内部高压 LDO 输出端, 外接 100nF 去耦电容 |
| DGND | 11 | 地 | 数字地 |
| IO1 | 12 | 输入/输出 | SPI: CSn 片选信号/A 路增量信号输出 |
| IO2 | 13 | 输入/输出 | SPI: SCLK 时钟信号/B 路增量信号输出 |
| IO3 | 14 | 输出/输入 | SPI: MOSI 从机数据输入信号/Z 路增量信号输出 |
| IO4 | 15 | 输出 | SPI: MISO 从机数据输出信号/PWM 绝对角度输出 |
| T1 | 16 | 输出/输入 | 单线编程引脚 |

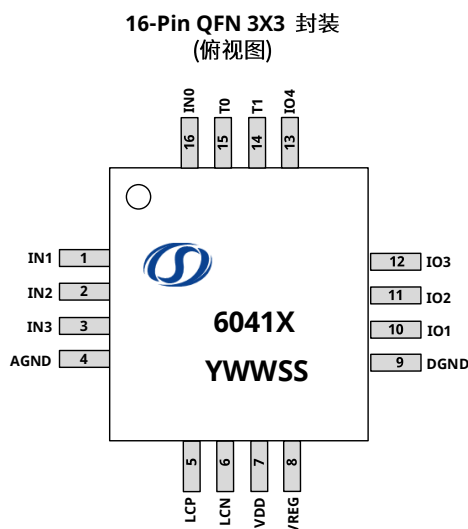


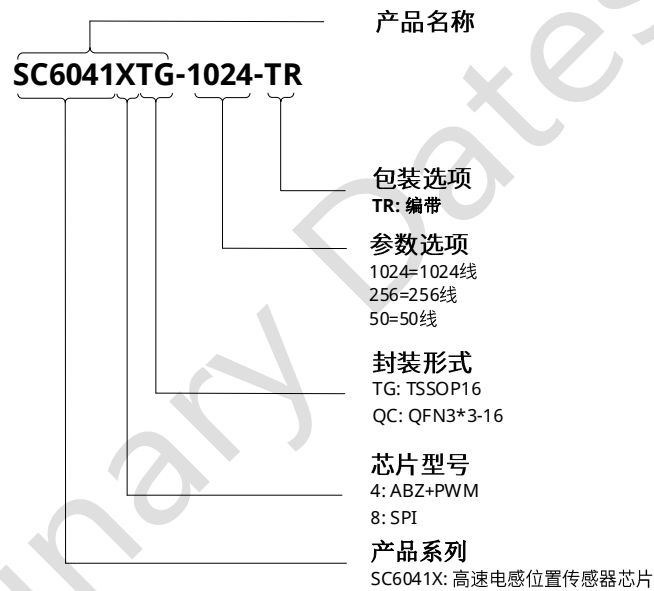
图3 QFN3*3-16 引脚描述

| 引脚 | | 类型 | 描述 |
|------|-----|-------|--------------------------------|
| 名称 | PIN | | |
| IN1 | 1 | 输入 | 接收线圈输入 1 |
| IN2 | 2 | 输入 | 接收线圈输入 2 |
| IN3 | 3 | 输入 | 接收线圈输入 3 |
| AGND | 4 | 地 | 模拟地 |
| LCP | 5 | 输入 | 激励线圈输出正极 |
| LCN | 6 | 输入 | 激励线圈输出负极 |
| VDD | 7 | 电源 | 供电电源 |
| VREG | 8 | 输出 | 芯片内部高压 LDO 输出端, 外接 100nF 去耦电容 |
| DGND | 9 | 地 | 数字地 |
| IO1 | 10 | 输出/输入 | SPI: CSn 片选信号/A 路增量信号输出 |
| IO2 | 11 | 输出/输入 | SPI: SCLK 时钟信号/ B 路增量信号输出 |
| IO3 | 12 | 输出/输入 | SPI: MOSI 从机数据输入信号/ Z 路增量信号输出 |
| IO4 | 13 | 输出 | SPI: MISO 从机数据输出信号/ PWM 绝对角度输出 |
| T1 | 14 | 输入/输出 | 单线编程引脚 |
| T0 | 15 | 输入/输出 | 测试引脚 |
| IN0 | 16 | 输入 | 接收线圈输入 0 |

5. 订购信息

| 产品代码 | 丝印 | 输出形式 | 选项 | 温度范围(°C) | 封装外形 | 包装方式 | 数量 |
|-------------------|-------|---------|--------|----------|-----------|------|----------|
| SC60414TG-1024-TR | 60414 | ABZ+PWM | 1024 线 | -40~150 | TSSOP16 | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC60414QC-1024-TR | 60414 | ABZ+PWM | 1024 线 | -40~150 | QFN3*3-16 | 编带 | 5000 颗/盘 |
| SC60414TG-256-TR | 60414 | ABZ+PWM | 256 线 | -40~150 | TSSOP16 | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC60414TG-50-TR | 60414 | ABZ+PWM | 50 线 | -40~150 | TSSOP16 | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC60418TG-TR | 60418 | SPI | - | -40~150 | TSSOP16 | 编带 | 4000 颗/盘 |
| SC60418QC-TR | 60418 | SPI | - | -40~150 | QFN3*3-16 | 编带 | 5000 颗/盘 |

订购信息格式说明



6. 极限参数

全工作温度范围(除非另有说明)⁽¹⁾

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|---------|-------|------|-----|----|
| V _{DD} | 电源端耐压 | t<60s | -5.5 | 48 | V |
| V _{REG} | 稳压端耐压 | t<60s | -0.3 | 5.5 | V |
| V _{IO} | 输出端耐压 | | -12 | 24 | V |
| V _{LCP/LCN} | 激励线圈输入 | | -0.5 | 5.5 | V |
| V _{INX} | 接受线圈输入 | | -0.5 | 5.5 | V |
| SDA | 数字输出/输入 | | -0.5 | 5.5 | V |
| SCL | 数字时钟输入 | | -0.5 | 5.5 | V |
| T _A | 工作温度 | | -40 | 150 | °C |
| T _J | 最大结温 | | -55 | 165 | °C |
| T _{STG} | 储藏温度 | | -65 | 175 | °C |

备注:

(1)高于此处列出的压力可能会导致器件永久损坏, 长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性

7. 静电保护

| 符号 | 参数 | 测试条件 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------|-----------|----------------------------------|------|-----|----|
| V _{ESD_HBM} | 静电防护(HBM) | 人体模型(HBM)测试按照 AEC-Q100-002 标准 | -4 | 4 | kV |
| V _{ESD_CDM} | 静电防护(CDM) | 充电器件模型(CDM) 测试按照 AEC-Q100-011 标准 | -750 | 750 | V |

8. 工作参数

条件：除非另有说明，否则 $V_{DD}=5V\pm 10\%$ ， T_A 为 $-40^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$

| 符号 | 参数说明 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 ⁽¹⁾ | 最大值 | 单位 |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-----|--------------------|-----|---------|
| 电源端特性 | | | | | | |
| V_{DD_5V} | 5V 应用工作电压 | 参考 5V 应用电路连接 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| $V_{DD_3.3V}$ | 3.3V 应用工作电压 | 参考 3.3V 应用电路连接 | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| I_{DD_5V} | 5V 应用工作电流 | $V_{DD}=5.0V$ | - | 8.0 | 12 | mA |
| $I_{DD_3.3V}$ | 3.3V 应用工作电流 | $V_{DD}=3.3V$ | - | 7.0 | 11 | mA |
| V_{VREG} | 5V 工作，VREG 引脚电压 | $V_{DD}=5.0V$ | 4.5 | 4.8 | - | V |
| C_{VREG} | VREG 引脚去耦电容 | | 47 | 100 | 470 | nF |
| V_{OVP} | 过压诊断开启电压 | 当电源电压高过此电压，输出关闭 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | V |
| V_{OVP_HYS} | 过压诊断迟滞电压 | | 0.2 | 0.5 | 0.8 | V |
| V_{UVR} | 欠压诊断开启电压 | 当电源电压低于此电压，输出关闭 | 3.4 | 3.7 | 4.3 | V |
| V_{UVR_HYS} | 欠压诊断迟滞电压 | | 0.1 | 0.3 | 0.5 | V |
| LC 振荡器参数 | | | | | | |
| I_{OSC} | LC 振荡器驱动电流 | $L=3\mu H$, $C=1nF$, $R_s=2\Omega$ | 2.0 | - | 10 | mA |
| V_{OSC} | LC 振荡器振荡幅度 | $L=3\mu H$, $C=1nF$, $R_s=2\Omega$ | 3.0 | 3.5 | 4.0 | Vpp |
| F_{OSC} | LC 振荡器振荡频率 | $L=3\mu H$, $C=1nF$, $R_s=2\Omega$ | 2 | 4 | 5 | MHz |
| L_{OSC} | 激励线圈电感值 | | 2 | - | 10 | μH |
| 线圈输入信号 | | | | | | |
| V_{PPIN} | IN_x 输入信号幅度 | | 5 | - | 100 | mV |

工作参数表续

| 符号 | 参数说明 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 ⁽¹⁾ | 最大值 | 单位 |
|-----------------------|--------------|---------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|------|
| A/D 转换特性 | | | | | | |
| R _{ES(SD)} | ADC 分辨率 | | - | 14 | - | Bit |
| T _(ON) | 启动时间 | | - | - | 5 | ms |
| ABZ/PWM 输出特性 | | | | | | |
| F _{PWM} | PWM 频率(默认) | | 927 | 976 | 1024 | Hz |
| F _{PWM(OPT)} | PWM 频率(可选) | | 232 | 244 | 256 | Hz |
| D _{UTY} | AB 输出占空比 | 1000 转匀速转动 | 40 | 50 | 60 | % |
| R _{ES(AB)} | AB 输出线数 | | 12 | - | 1024 | RES |
| Z _{WIDTH} | Z 零位宽度 | | - | 4 | - | LSB |
| Rpm | 转速 | 单周期线圈 | - | - | 600000 | rpm |
| IO 数字端口电学特性 | | | | | | |
| V _{THI} | 输入高电平阈值 | | - | - | 2.0 | V |
| V _{TLO} | 输入低电平阈值 | | 0.8 | - | - | V |
| V _{SHI} | 输出高电平电压 | 4mA 下拉电流 | V _{DD} -0.5 | - | - | V |
| V _{SLO} | 输出低电平电压 | 4mA 上拉电流 | - | - | 0.5 | V |
| V _{IH} | 输入高电平 | | 0.5*V _{DD} | - | - | V |
| V _{OL} | 输出低电平 | | - | - | 0.2*V _{DD} | V |
| V _{OH} | 输出高电平 | | 0.8*V _{DD} | - | - | V |
| I _{SHI} | 输出高电平短路到地电流 | V _{DD} =3.3V | - | - | 30 | mA |
| I _{SLO} | 输出低电平短路到电源电流 | V _{DD} =3.3V | - | - | 30 | mA |
| 诊断功能 | | | | | | |
| Dsat_lo | 主动诊断输出电平 | 下拉电阻 R≥4.7kΩ | - | 0.5 | 1 | %VDD |
| | | 上拉电阻 R≥4.7kΩ | 99 | 99.5 | - | %VDD |
| BV _{SS} PD | 被动诊断输出电平(开路) | VSS 开路,下拉电阻, 4.7kΩ≤R≤47kΩ | - | 0 | 3 | %VDD |
| BV _{SS} PU | | VSS 开路,上拉电阻, 4.7kΩ≤R≤47kΩ | 97 | 98 | - | %VDD |
| BV _{DD} PD | | VDD 开路,下拉电阻, 4.7kΩ≤R≤47kΩ | - | 0 | 1 | %VDD |
| BV _{DD} PU | | VDD 开路,上拉电阻, 4.7kΩ≤R≤47kΩ | 96.5 | 98 | - | %VDD |
| OTP | 过温保护 | | - | 175 | - | °C |
| I _{OCP} | 过流保护 | | - | - | 30 | mA |

备注:

(1) 环境温度+25°C, V_{DD}=5V 条件下的测试值为典型值

9. 功能模块

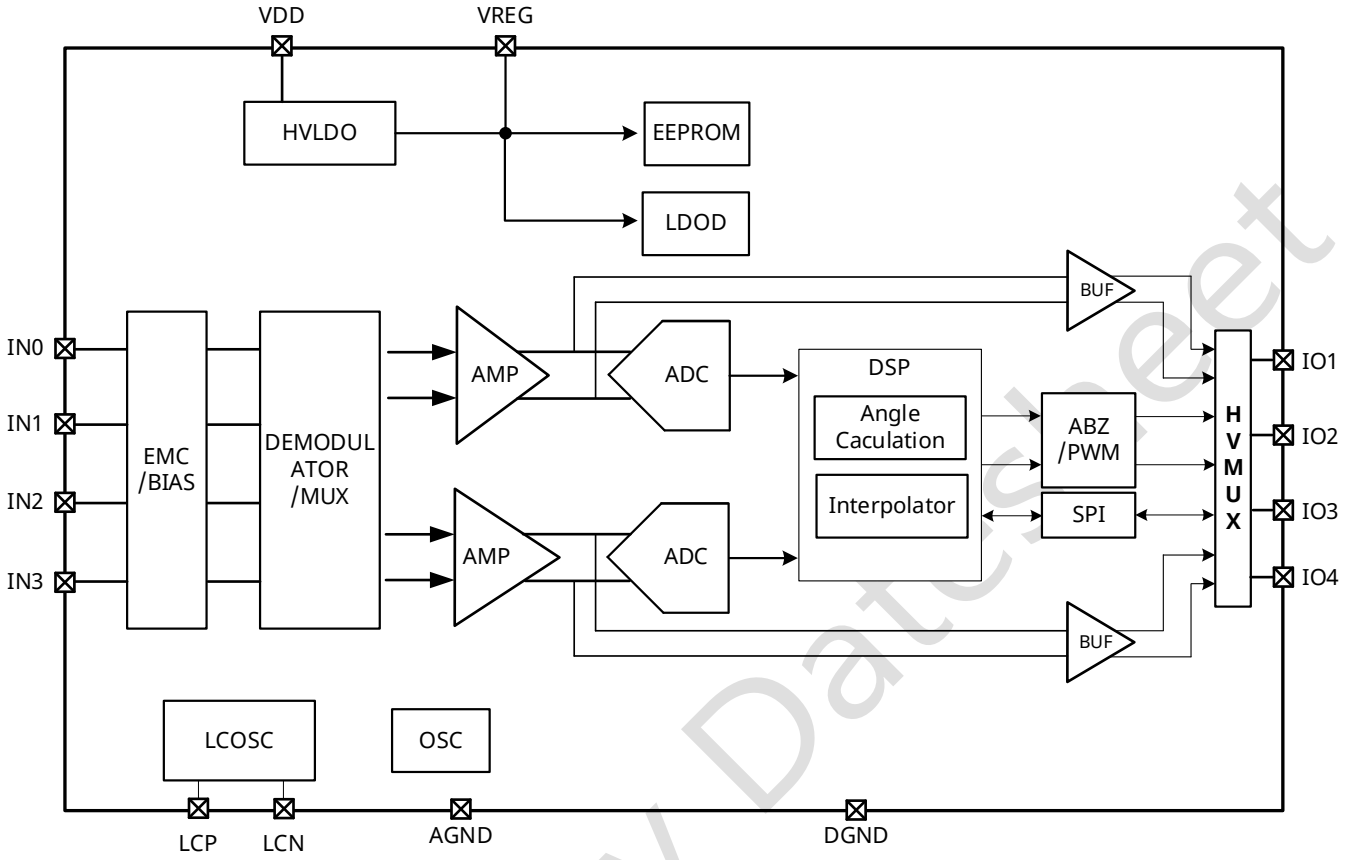


图 4 功能框图

10. EEPROM 说明

10.1. 自动校准

外部触发：

- 1、外部转子匀速转动，转速 $\leq 600\text{K rpm}$ （转速不同影响自动校准完成时间，1kHz 对应完成时间 2s）；
- 2、芯片上电后，500us 内芯片内部对输出引脚电压进行检测，当输出引脚电压 OUT1~OUT4 对应状态位'1001'时（SIN+ 和 COS+接 47k Ω 接电源、SIN-和 COS+接 47k Ω 到地），触发自校准模式；
- 3、内部对接收信号进行处理，通过 ADC 后识别到信号峰峰值和共模偏差；
- 4、通过与目标值比较，内部反馈控制信号的放大倍数和 vos 补偿值，将接收信号调整到目标阈值内；
- 5、两路信号均在目标阈值内时，自校准完成，自动将当前增益与 vos 补偿值烧写入 EEPROM，并发送完成标志信号，使得芯片功耗额外增加 10mA；
- 6、若内部放大倍数或 vos 补偿值达到极限，接收信号还未调整到目标阈值内，则将最优值烧写入 EEPROM，并发送完成标志信号，使得芯片功耗额外增加 10mA（重新上电后额外电流会关闭，不影响正常输出。10mA 表示自校准完成，判定自校准是否成功仅在通讯时查询内部规定寄存器状态）。

主动编程触发：

- 1、芯片上电后，主动编程，发送规定 code，进入自校准模式；
- 2~6 步骤与外部触发一致；

10.2. 诊断功能

SC6041X 提供了众多自我诊断功能（安全机制）。这些功能通过防止可能导致错误输出信号的 SC6041X 连接的感应传感器的随机硬件故障，从而提高整个传感器系统的安全性。在下表中，仅列出了与传感器事件相关的监控项。有关安全机制和监控的完整概述，请参考安全手册。

| 序号 | 类别和安全机制名称 | 输出状态 (IO1、IO2-、IO3、IO4) |
|----|------------------|-------------------------|
| 1 | 供电电压过压保护 | 高阻态 |
| 2 | 供电电压欠压保护 | 高阻态 |
| 3 | 过流保护 | 限流 |
| 4 | 电源引脚或 GND 引脚断线检测 | 高阻态 |
| 5 | 电感线圈的开路检测 | 高阻态 |
| 6 | 过温保护 | 高阻态 |
| 7 | 输出短路到电源/地 | 限流 |

11. EEPROM 说明

11.1. EEPROM 列表

| Page | Row | bit7 | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | |
|------|-----|---------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-----------|--|
| 0 | 0 | EE_CODE<3> | PWMMS | CAL_LSEL<3:0> | | | EE_CODE<2> | CalibMASK | | |
| | 1 | PID_FILTER_SEL<1:0> | | DP<13:8> | | | | | | |
| | 2 | DP<7:0> | | | | | | | | |
| | 3 | TRIMBG<2:0> | | | TRIMOSC<4:0> | | | | | |
| | 4 | GAIN_TH<1:0> | | VOS_TH<1:0> | | VOSEN | LC_AMSEL | LC_IREF | G1 | |
| | 5 | EE_CODE<1> | CRCMASK | OTPMASK | OVPMASK | UVLOMASK | RXDMASK | LCFREMASK | LCVPPMASK | |
| | 6 | ABZEDG<1:0> | | ABZ_HYS<1:0> | | ABZWID<1:0> | | ABZLINE<2:1> | | |
| | 7 | ABZLINE<0> | PWMCTRL | PWMPOL | PWMT | EE_CODE<0> | DIR | OUTMOD<1:0> | | |
| | 8 | VOS3_SIN<3:0> | | | | VOS3_COS<3:0> | | | | |
| | 9 | G2<3:0> | | | | G3<3:0> | | | | |
| | A | V3P3EN | G2F_SIN<2:0> | | | CLK_SLOW | G2F_COS<2:0> | | | |
| | B | VOS_SIN_G<7:0> | | | | | | | | |
| | C | VOS_COS_G<7:0> | | | | | | | | |
| | D | VOS_SIN_F<7:0> | | | | | | | | |
| | E | VOS_COS_F<7:0> | | | | | | | | |
| | F | CRC | | | | | | | | |

11.2. 寄存器位说明

| 符号 | 位数 | 读/写 | 位地址 | 描述 |
|---------------------|----|-----|---------------------------------|--|
| EE_CODE[3:0] | 4 | R/W | 0x00[7]+0x00[1]+0x05[7]+0x07[3] | EE_CODE=4'b1100 时可以擦写 EEPROM |
| CalibMASK | 1 | R/W | 0x00[0] | 自校准与自动调零功能屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| CAL_LSEL[3:0] | 4 | R/W | 0x00[5:2] | 自校准 max/min 计数时长 6: 适用频率 60Hz (自校准完成时间 10S) |
| PID_FILTER_SEL<1:0> | 2 | R/W | 0x01[7:6] | 转速选择 00: 60 万转; 11: 6 万转; |
| DP<13:0> | 14 | R/W | 0x01[5:0]+0x02[7:0] | 零点校准信息 |
| GAIN_TH<1:0> | 2 | R/W | 0x04[7]+0x04[6] | 芯片自校准 VPP 阈值 0x04[7]=0: 粗调 $\pm 15\%$ 0x04[7]=1: 粗调 $\pm 10\%$ 0x04[6]=0: 细调 $\leq 1.5\%$ 0x04[6]=1: 细调 $\leq 1\%$ |
| VOS_TH<1:0> | 2 | R/W | 0x04[5]+0x04[4] | 芯片自校准 VOS 阈值 0x04[5]=0: 粗调 $\pm 2\%$ 0x04[5]=1: 粗调 $\pm 1\%$ 0x04[4]=0: 细调 $\leq 2\%$ 0x04[4]=1: 细调 $\leq 1\%$ |
| VOSEN | 1 | R/W | 0x04[3] | 内部 VOS 使能, 0: VOS 无效 1: VOS 有效 |
| LC_AMSEL | 1 | R/W | 0x04[2] | LC 输出 VPP 选择 0: 2.8V 1: 3.8V |
| G1 | 1 | R/W | 0x04[0] | 第一级增益选择 0:x2 1:x4 |
| CRCMASK | 1 | R/W | 0x05[6] | CRC 诊断屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| OTPMASK | 1 | R/W | 0x05[5] | OTP 诊断屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| OVPMASK | 1 | R/W | 0x05[4] | OVP 诊断屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| UVLOMASK | 1 | R/W | 0x05[3] | UVLO 诊断屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| RXDMASK | 1 | R/W | 0x05[2] | RX_OPEN 诊断屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| LCFREMASK | 1 | R/W | 0x05[1] | LC 频率诊断屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| LCVPPMASK | 1 | R/W | 0x05[0] | LC 幅值诊断屏蔽, 0: 有效 1: 屏蔽 |
| ABZEDG<1:0> | 2 | R/W | 0x06[7:6] | Z 脉冲与 AB 脉冲波形边沿调整: 0: Z 上升沿与 B 上升沿对齐; 1: Z 上升沿与 B 下降沿对齐; 2: Z 上升沿与 A 下降沿对齐; 3: Z 上升沿与 A 上升沿对齐; |
| ABZHYS | 2 | R/W | 0x06[5:4] | ABZ 信号的迟滞设置: 0: $0.25 * T$ 1: $0.5 * T$ 2: $0.75 * T$ 3: $1 * T$ |
| ABZWID | 2 | R/W | 0x06[3:2] | ABZ 信号中 Z 的脉宽设置: 0: $0.25 * T$ 1: $0.5 * T$ 2: $1 * T$ 3: 180° |
| ABZLINE | 3 | R/W | 0x06[2:0]+0x07[7] | ABZ 每圈线数配置: 0: 12 线 1: 24 线 2: 50 线 3: 128 线 4: 256 线 5: 512 线 6: 1024 线 7: 2048 线 |

EEPROM说明表序

| 符号 | 位数 | 读/写 | 位地址 | 描述 |
|----------------|----|-----|-----------|---|
| PWMCTRL | 1 | R/W | 0x07[6] | 0: PWM 标志位输出; 1: 正常 PWM 输出; |
| PWMPOL | 1 | R/W | 0x07[5] | 0: PWM 低电平有效; 1: PWM 高电平有效; |
| PWMT | 1 | R/W | 0x07[4] | PWM 输出频率 0: 250Hz 1: 1000Hz |
| DIR | 1 | R/W | 0x07[2] | 旋转方向配置: 0: 顺时针: A 先 B 后、逆时针: B 先 A 后; 1: 顺时针: B 先 A 后、逆时针: A 先 B 后; |
| OUTMOD | 2 | R/W | 0x07[1:0] | 输出模式配置: 0: SPI 模式; 1: ABZ+PWM 模式; 2: 模拟正余弦输出模式; 3: SPI 模式; |
| VOS3_SIN<3:0> | 4 | R/W | 0x08[7:4] | SIN 支路第三级 VOS 补偿 |
| VOS3_COS<3:0> | 4 | R/W | 0x08[3:0] | COS 支路第三级 VOS 补偿 |
| G2<3:0> | 4 | R/W | 0x09[7:4] | 第二级增益调节: 8~123 x1.2 |
| G3<3:0> | 4 | R/W | 0x09[3:0] | 第三级增益调节: 1~4 x1.1 |
| V3P3EN | 1 | R/W | 0x0A[7] | 3.3V 应用标志位 |
| G2F_SIN<2:0> | 3 | R/W | 0x0A[6:4] | SIN 支路增益细调 |
| CLK_SLOW | 1 | R/W | 0x0A[3] | ADC 采样频率: 0: 8MHz; 1: 16MHz; |
| G2F_COS<2:0> | 3 | R/W | 0x0A[2:0] | COS 支路增益细调 |
| VOS_SIN_G<7:0> | 8 | R/W | 0x0B[7:0] | SIN 支路 VOS 补偿, 粗调 |
| VOS_COS_G<7:0> | 8 | R/W | 0x0C[7:0] | COS 支路 VOS 补偿, 粗调 |
| VOS_SIN_F<7:0> | 8 | R/W | 0x0D[7:0] | SIN 支路 VOS 补偿, 细调 |
| VOS_COS_F<7:0> | 8 | R/W | 0x0E[7:0] | COS 支路 VOS 补偿, 细调 |
| CRC | 8 | R | 0x0F[7:0] | CRC |

12. ABZ/PWM 输出

典型应用图

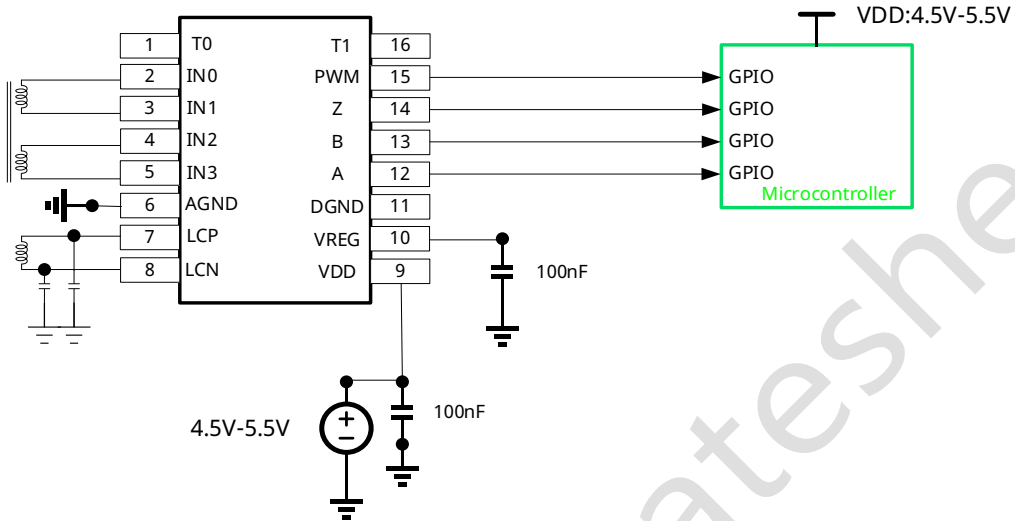


图 5 增量输出应用图

ABZ 输出波形

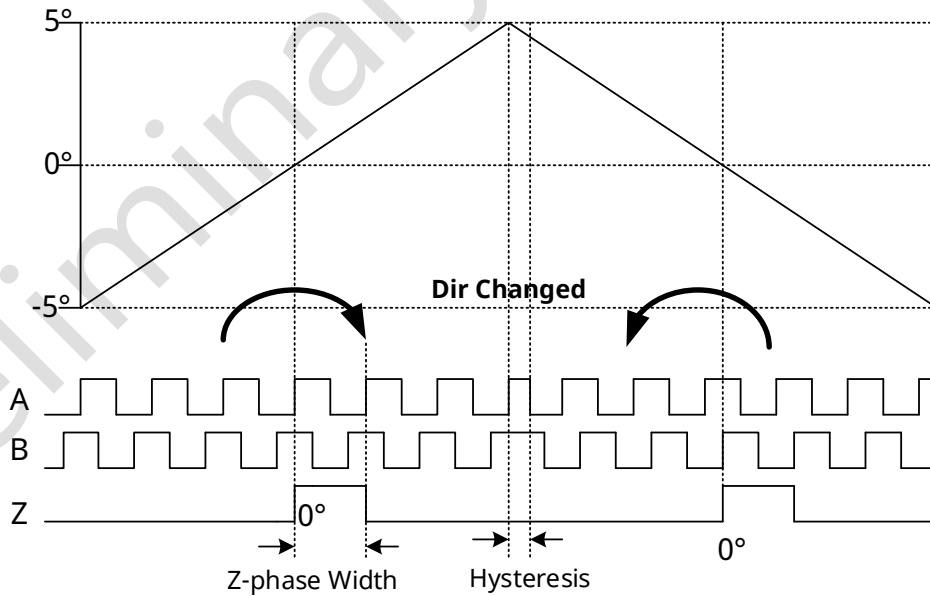


图 6 增量输出波形图

PWM 输出波形

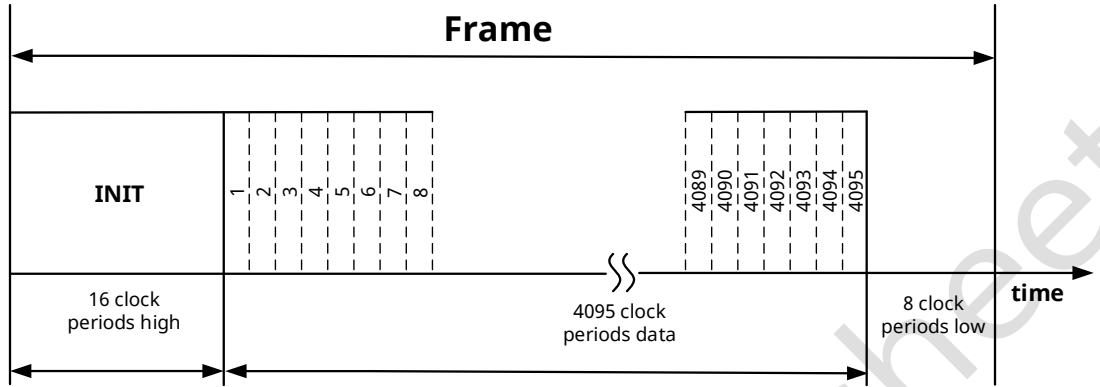


图7 钳位 PWM 输出波形图

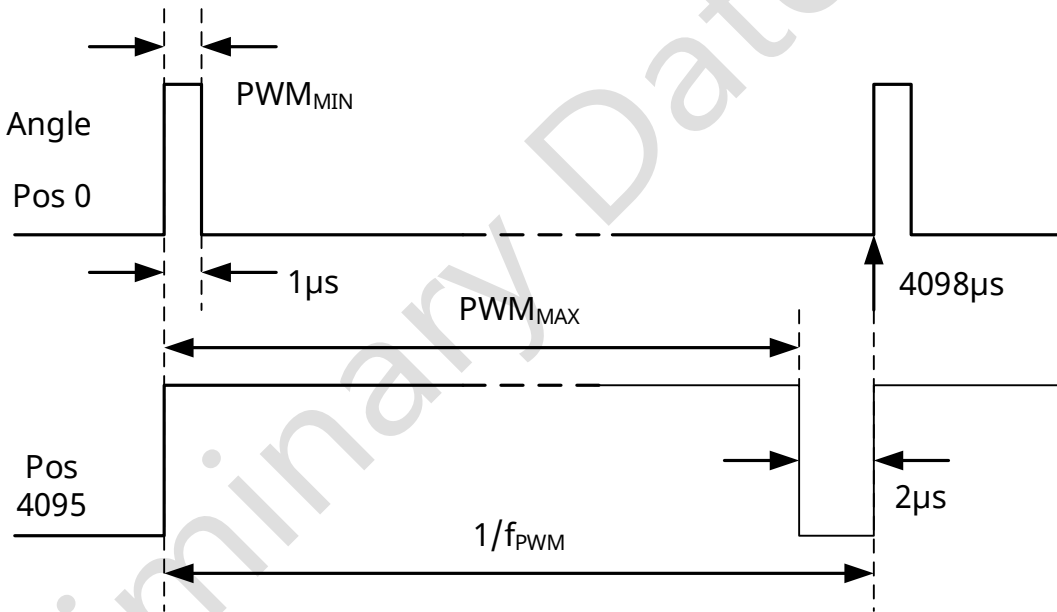


图8 正常 PWM 输出波形图

13. SPI 输出

13.1 SPI 时序图

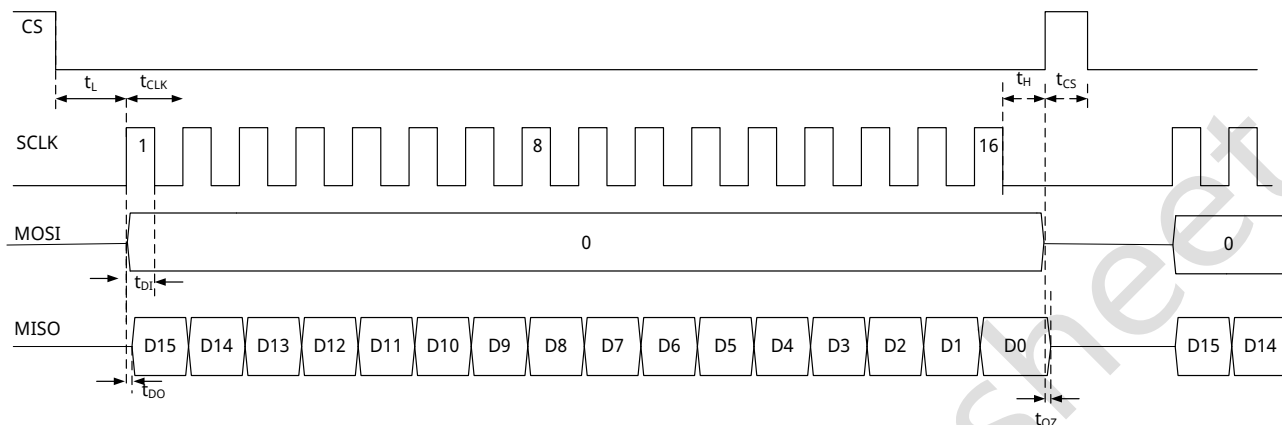


图 9 SPI 角度输出图

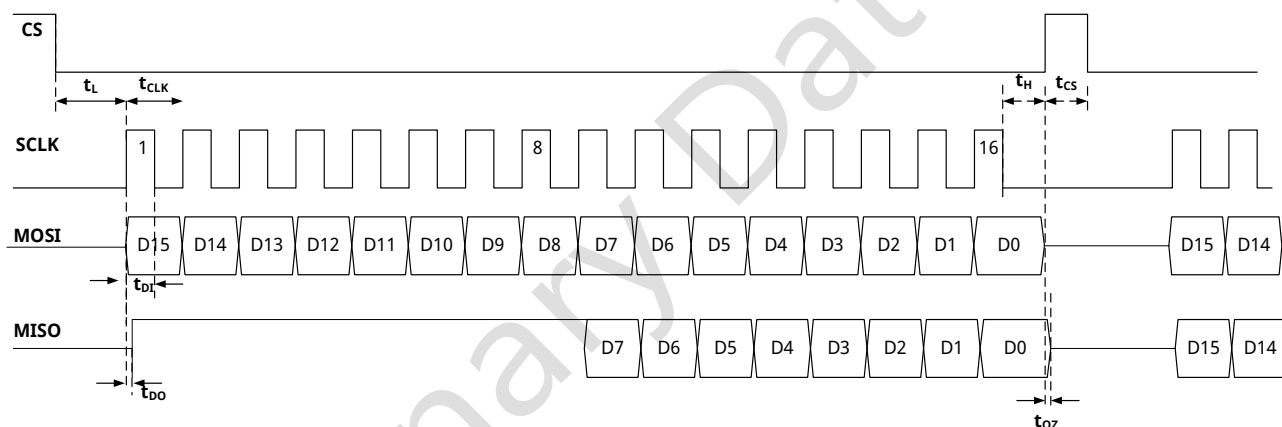


图 10 通讯时序图

SPI 16 位 MOSI 数据帧描述

在角度输出模式下，发送 16'hFF01 进入正常 SPI 通讯模式

| Bit | 名称 | 描述 |
|---------|------|-----|
| D15-D12 | CMD | 命令帧 |
| D11-D8 | ADDR | 地址帧 |
| D7-D0 | DF1 | 数据帧 |

SPI 命令 CMD 说明描述

| Name | Code | 描述 |
|-------------|---------|----------------------|
| EE_BYTE_WR | 4'b0001 | 将收到的 DATA 写入 EE 对应地址 |
| EE_BLOCK_WR | 4'b0010 | 将 EE 镜像寄存器内的全部值写入 EE |
| EE_BYTE_RD | 4'b0011 | 读出对应地址 EE 数据 |
| EE_LOAD | 4'b0100 | 将 EE 内全部数据载入进镜像寄存器 |
| REG_SH_RD | 4'b0101 | 读镜像寄存器 |
| REG_SH_WR | 4'b0110 | 写镜像寄存器 |
| REG_NR_RD | 4'b0111 | 读内部功能寄存器 |
| REG_NR_WR | 4'b1000 | 写内部功能寄存器 |
| EE_SLEEP | 4'b1001 | EE 使能关闭 |
| EE_WAKE | 4'b1010 | EE 使能打开 |
| EE_MBIST | 4'b1110 | 进行 MBIST |

14. 电源供电连接方式

5V 应用电路连接

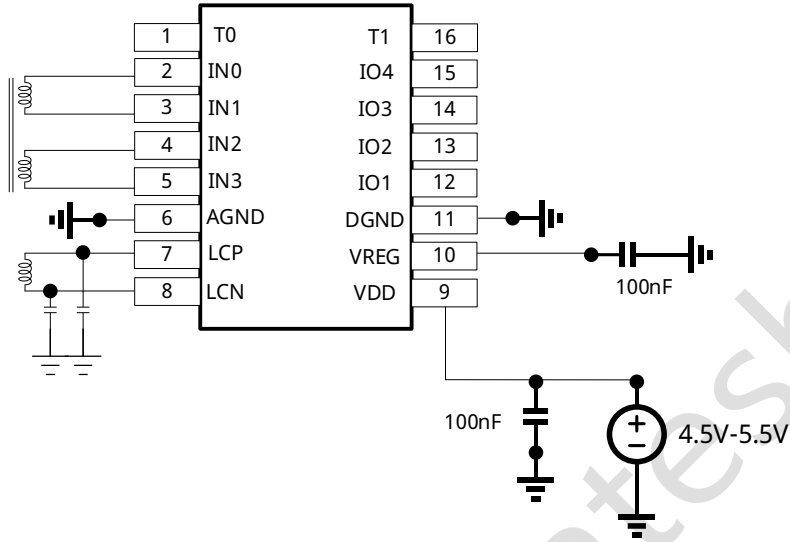


图 11 5V 供电电路图

3.3V 应用电路连接

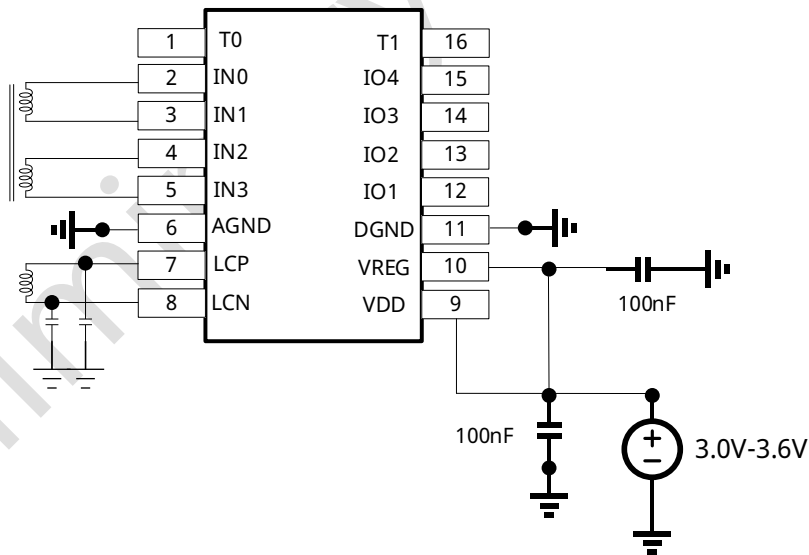


图 12 3.3V 供电电路图

15. 自校准、调零外围电路

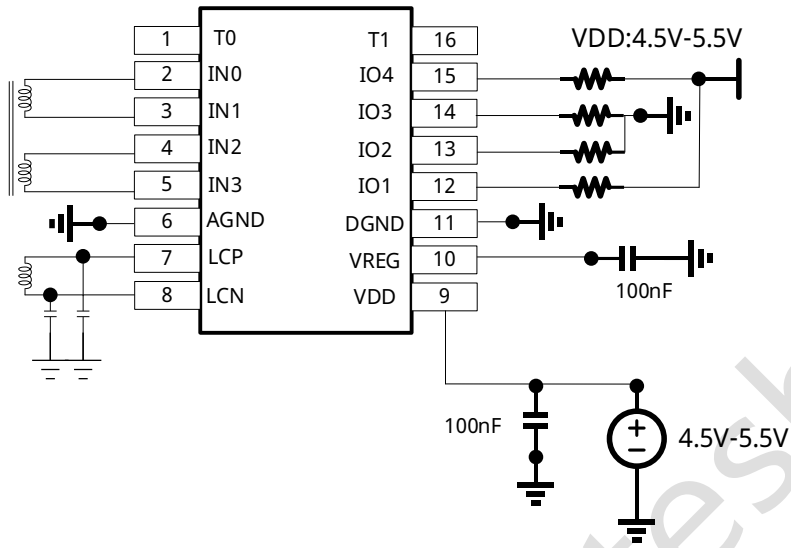


图 13 自校准模式外围电路

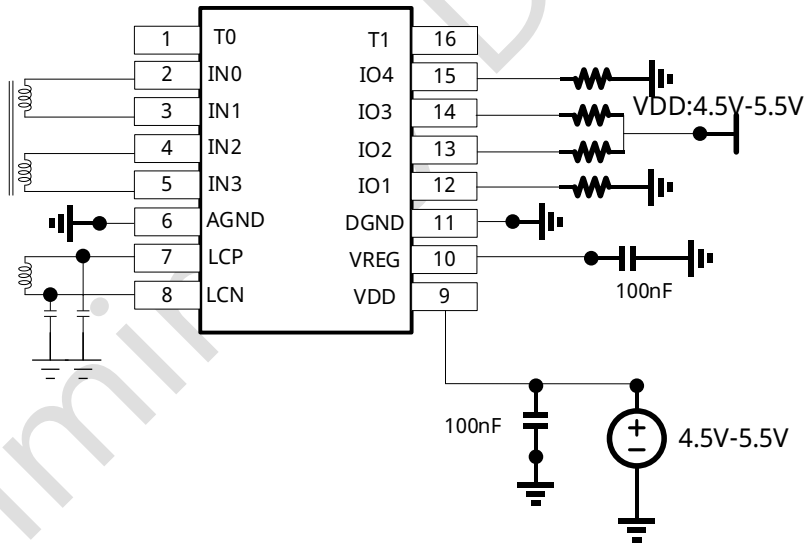


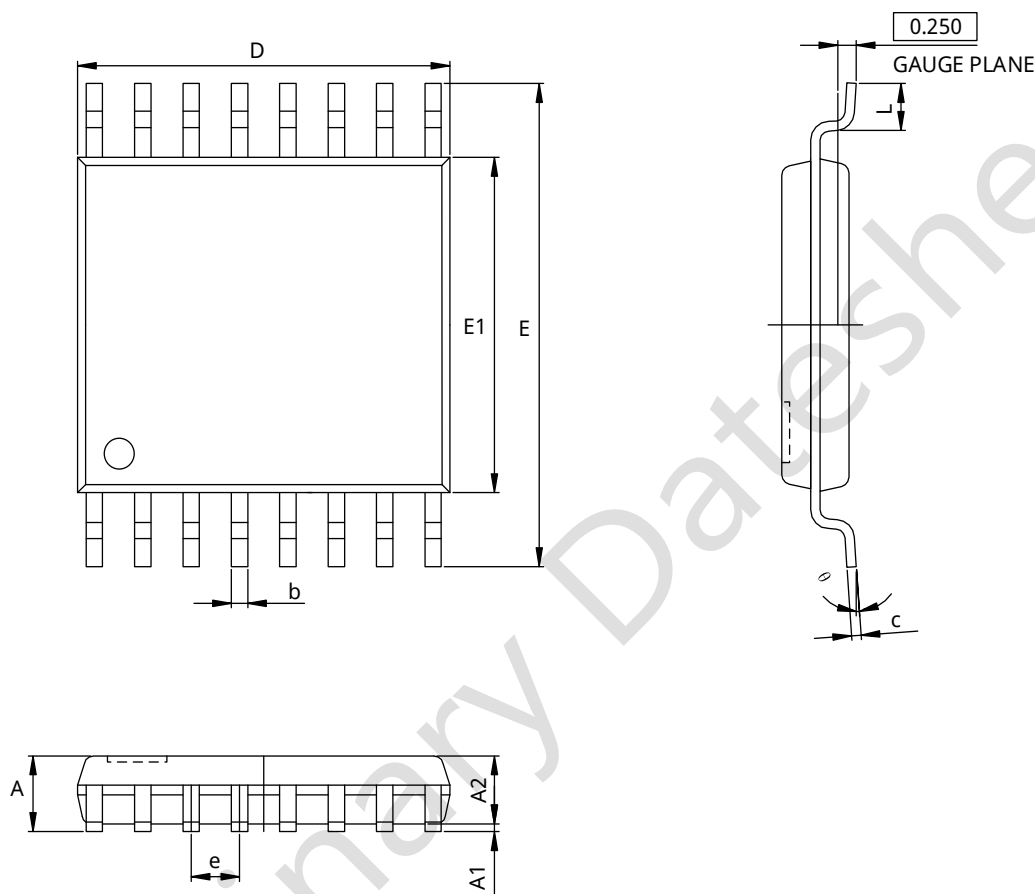
图 14 调零模式外围电路

备注:

IO0-IO4 电阻仅在自校准、调零时起触发作用，可在外部用小的转接板实现此功能。实际使用时需将电阻删掉，按照应用电路搭建外围电路

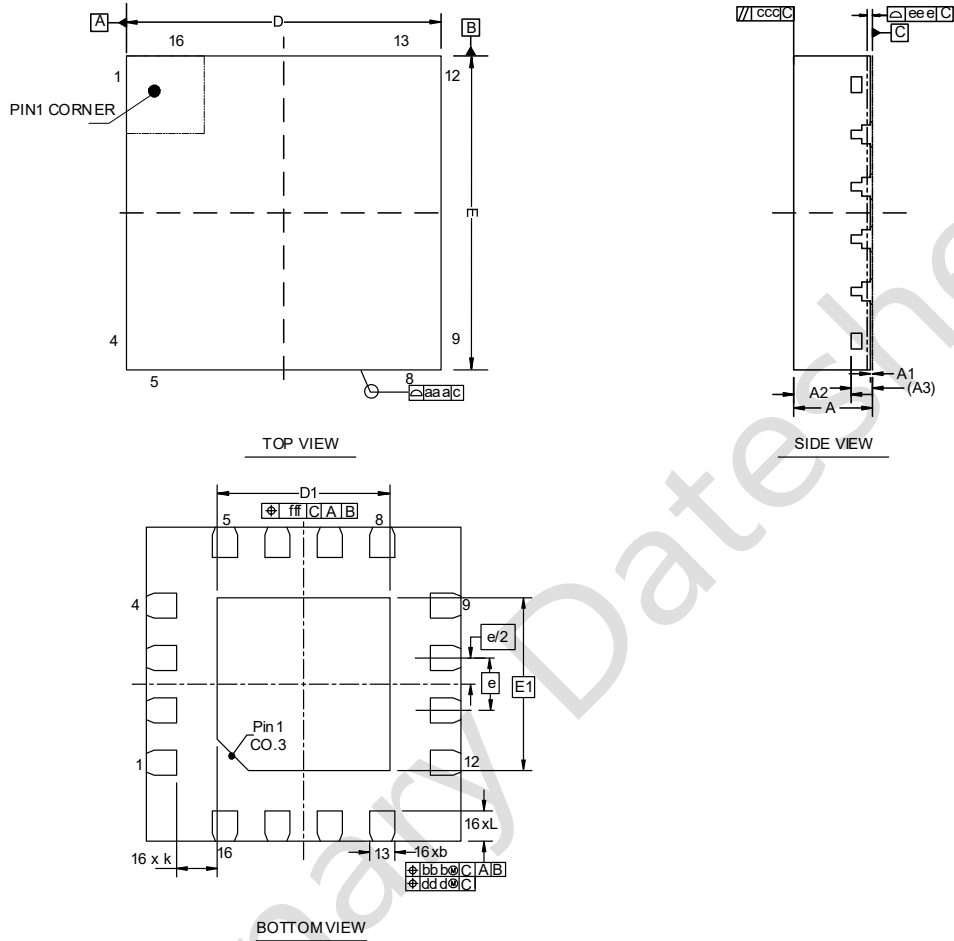
16. 封装信息

16.1. TSSOP16 封装 (TG)



| Symbol | Dimensions In Millimeters | | Dimensions In Inches | |
|----------|---------------------------|-------|----------------------|-------|
| | Min. | Max. | Min. | Max. |
| A | - | 1.200 | - | 0.047 |
| A1 | 0.050 | 0.150 | 0.002 | 0.006 |
| A2 | 0.800 | 1.000 | 0.031 | 0.039 |
| b | 0.190 | 0.300 | 0.007 | 0.012 |
| c | 0.090 | 0.200 | 0.004 | 0.008 |
| D | 4.900 | 5.100 | 0.193 | 0.201 |
| E | 6.250 | 6.550 | 0.252(BSC) | |
| E1 | 4.300 | 4.500 | 0.169 | 0.177 |
| e | 0.650(BSC) | | 0.026(BSC) | |
| L | 0.500 | 0.700 | 0.020 | 0.028 |
| θ | 1° | 7° | 1° | 7° |

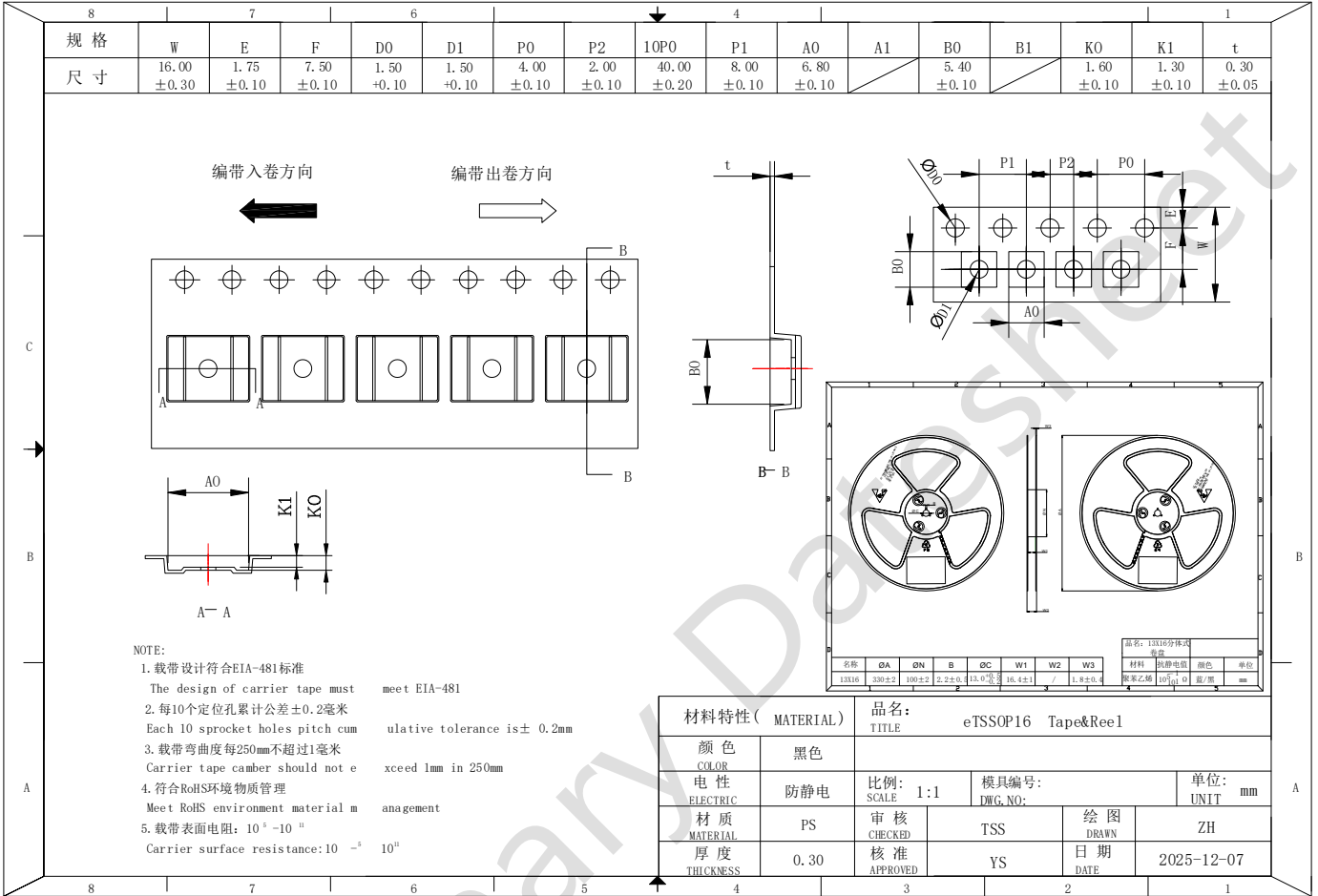
16.2. QFN3*3-16 封装 (QC)



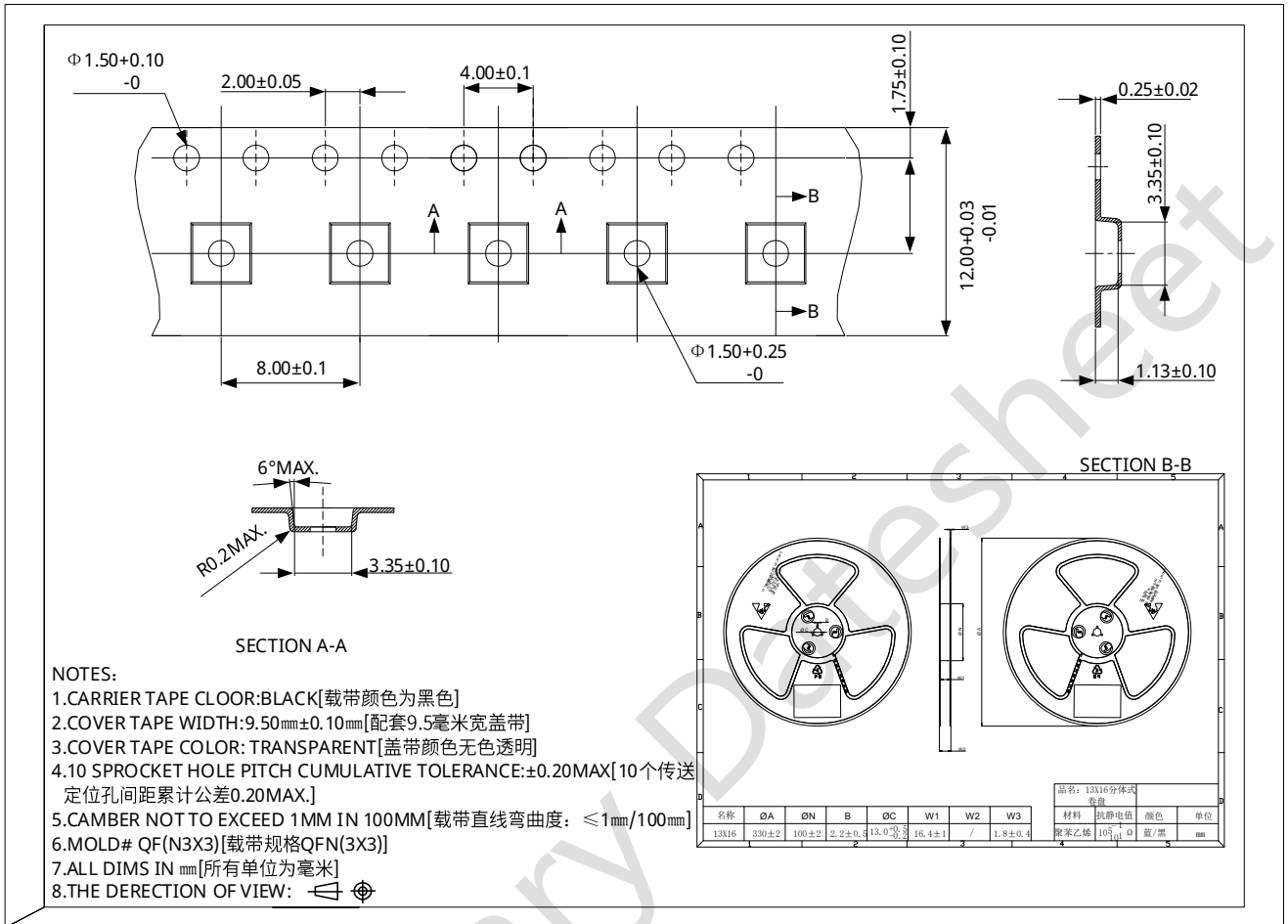
| | | SYMBOL | MIN | NOM | MAX |
|------------------------------|---|--------|-----------|------|------|
| TOTAL THICKNESS | | A | 0.70 | 0.75 | 0.80 |
| STAND OFF | | A1 | 0.00 | 0.02 | 0.05 |
| MOLD THICKNESS | | A2 | --- | 0.55 | --- |
| LF THICKNESS | | A3 | 0.203 REF | | |
| BODY SIZE | X | D | 3.00 BSC | | |
| | Y | E | 3.00 BSC | | |
| EP SIZE | X | D1 | 1.50 | 1.65 | 1.80 |
| | Y | E1 | 1.50 | 1.65 | 1.80 |
| LEAD WIDTH | | b | 0.18 | 0.24 | 0.30 |
| LEAD PITCH | | e | 0.500 BSC | | |
| LEAD TIP TO EXPOSED PAD EDGE | | k | 0.385 BSC | | |
| LEAD LENGTH | | L | 0.19 | 0.29 | 0.39 |
| PACKAGE EDGE TOLERANCE | | aaa | 0.1000 | | |
| MOLD FLATNESS | | ccc | 0.1000 | | |
| COPLANARITY | | eee | 0.0800 | | |
| LEAD OFFSET | | bbb | 0.1000 | | |
| | | ddd | 0.0500 | | |
| EXPOSED PAD OFFSET | | ff | 0.1000 | | |

17. 包装规范

17.1. TSSOP16 封装 (TG)



17.2. QFN3*3 封装 (QC)



18. 历史版本

| 版本号 | 日期 | 描述 |
|----------|------------|--------|
| Rev.V0.1 | 2025-09-11 | 初始版本 |
| Rev.V0.2 | 2025-12-11 | 增加包装规范 |

重要声明和免责声明

本声明为赛卓电子科技（上海）股份有限公司产品规格书的组成部分，仅适用于本规格书对应型号产品的技术信息说明。

本文件（以下简称“本文件”）所展示的信息、数据和规格均按“现状”提供，仅供参考，不应被解释为任何明示或暗示的保证或授权，包括但不限于对准确性、完整性、适销性、特定用途适用性的保证，或在不侵犯任何第三方知识产权的保证。

本文件的使用者对赛卓电子产品的选择、使用和应用，以及确保此类应用的安全性负有全部责任。使用者应遵守所有与赛卓电子产品使用相关的适用法律、法规和要求。赛卓电子可能提供的任何与应用相关的信息或支持仅供参考，不构成任何保证或责任。

本文件中所述的资源可能会未经通知而发生变更。变更后的内容将自动取代原版本内容，赛卓电子不另行单独通知。赛卓电子允许仅将这些资源用于开发本文所述的、集成了赛卓电子产品的应用程序。未经事先书面同意，禁止以任何其他方式复制、分发或公开展示这些资源。对于赛卓电子的任何知识产权或任何第三方的知识产权，均不授予任何明示或暗示的许可。

您同意为赛卓电子及其代表辩护、赔偿，并使其免受因您使用这些资源而产生的任何索赔、损害、费用、损失或责任。

如需了解最新产品信息和技术支持，请联系赛卓电子 (www.semiment.com)。

版权所有 © 赛卓电子科技（上海）股份有限公司