

## 高精度可编程凸轮轴位置传感器IC

### 1. 产品特性

- AEC-Q100汽车级认证
- ISO26262 ASILB
- 高灵敏度和高精度
- 支持客户端编程
- TPOS自校准功能
- 宽工作温度范围：-40°C ~150°C
- 宽工作电压范围：4V ~ 24V
- 3脚 PCB-less TS-3封装

### 2. 典型应用

- 凸轮轴位置检测
- 高精度齿轮位置检测

### 3. 产品描述

SC9388 是一款有源霍尔传感器，专为凸轮轴应用及车速表等同类工业应用场景设计。

器件支持零速真上电（TPO）功能，可将目标轮的机械结构（轮齿或齿槽）精准映射为唯一的电输出状态。

芯片内置多种自校准算法，可适配主流凸轮轴目标轮，确保工作状态下的最优相位精度。通过出厂最终编程，可实现 TPO 功能，并消除生产离散性与装配公差带来的影响。

单芯片集成稳压电路、霍尔电压发生器、小信号放大器、斩波稳定电路、数字处理电路、EEPROM 及诊断电路。

器件采用 3 引脚 TS-3 封装，内置集成电容；产品无铅（Pb），引脚框架采用 100% 哑光镀锡工艺。

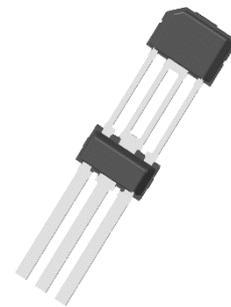


图 1 封装外形图

## 目录

1. 产品特性.....	1	9. 工作参数.....	6
2. 典型应用.....	1	10. 功能框图.....	8
3. 产品描述.....	1	11. 功能描述.....	9
4. 引脚定义.....	3	12. 典型应用电路.....	12
5. 订购信息.....	4	13. 封装信息 TS-3.....	13
6. 极限参数.....	5	14. 编带尺寸.....	14
7. 静电保护.....	5	15. 历史版本.....	15
8. 热特性.....	5		

## 4. 引脚定义

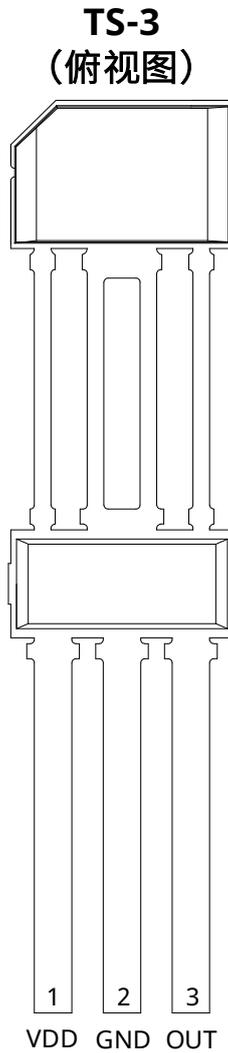


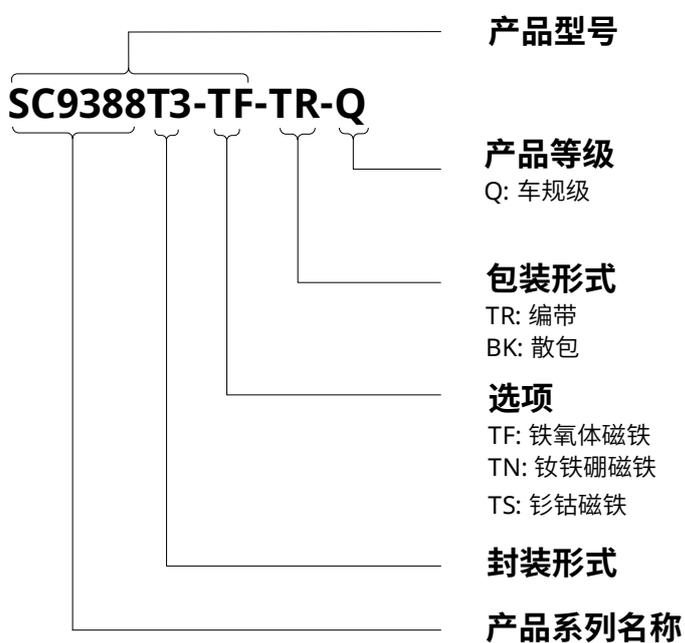
图 2 引脚定义图

引脚		类型	描述
名称	标号		
VDD	1	电源	4V~24V 电源电压
GND	2	地	地
OUT	3	输出	开漏输出，需要接一个上拉电阻

## 5. 订购信息

产品名称	丝印	温度补偿	工作温度, T <sub>A</sub> (°C)	封装形式	包装形式	数量
SC9388T3-TF-TR-Q	9388	铁氧体	-40~150	TS-3	编带	1500 颗/盒
SC9388T3-TN-TR-Q	9388	钕铁硼	-40~150	TS-3	编带	1500 颗/盒
SC9388T3-TS-TR-Q	9388	钕钴	-40~150	TS-3	编带	1500 颗/盒

### 订购信息格式



## 6. 极限参数

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
V <sub>DD</sub>	电源端耐压 <sup>(1)</sup>	continuous, T <sub>J</sub> ≤ 170°C	-16	27	V
		max. 60s, T <sub>J</sub> ≤ 170°C	-18	40	V
V <sub>OUT</sub>	输出失调电压 <sup>(1)</sup>	continuous, T <sub>J</sub> ≤ 170°C	-0.3	27	V
		max. 1h, T <sub>A</sub> ≤ 170°C	-1.0	40	V
T <sub>A</sub>	工作环境温度		-40	150	°C
T <sub>J</sub>	最高结温	exposure time: max. 10×1h, V <sub>DD</sub> =16V	-40	175	°C
B <sub>Z</sub>	磁场感应 <sup>(2)</sup>	magnetic pulse during magnet magnetization. valid with T <sub>ambient</sub> ≤ 80°C	-4	4	T
N <sub>PROG</sub>	最大可编程次数	T <sub>A</sub> < 130°C	-	150	n

备注:

(1) 以上列出的应力可能会对器件造成永久性的损害, 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

(2) 设计保证

## 7. 静电保护

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
V <sub>ESD-HBM</sub>	静电保护	参考 AEC-Q100-002E HBM 标准, R=1.5kΩ, C=100pF	-8	8	kV

## 8. 热特性

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
R <sub>θJA</sub>	封装热阻	无 PCB, 焊接过程中有引线框架	-	190	°C/W

## 9. 工作参数

工作的自然温度范围内( $V_{DD}=5.0V$ , 除非另有说明)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>电气参数</b>						
$V_{DD}$	电源电压		4	5	24	V
$V_{OUT}$	连续输出关断电压		-	-	27	V
$dV_{DD}/dt$	电源电压线性调整率		3	-	10000	V/ms
$V_{sat}$	输出饱和压降	$I_{OUT}<15mA$	-	-	500	mV
$V_{DD\_clamp}$	VDD Pin 钳位电压	Leakage current through ESD diode<0.5mA	40	-	-	V
$V_{OUT\_clamp}$	OUT Pin 钳位电压	Leakage current through ESD-diode<0.5mA	40	-	-	V
$V_{DD\_reset}$	复位电压		3.0	3.6	-	V
$I_{DD}$	工作电流		3	4.5	6	mA
$I_{OUT\_ON}$	输出负载电流	$V_{OUT\_LOW}<0.5V$	-	-	15	mA
$I_{leak}$	输出漏电流	$V_{OUT}=24V$	-	0.1	10	$\mu A$
$I_{short}$	短路状态下的输出电流限制		30	40	50	mA
<b>时间与频率</b>						
$t_{power\_on}$	上电时间	During this time the output is locked to high	0.8	0.9	1	ms
$t_{delay}$	磁信号切换点与对应输出信号下降沿切换时刻之间的延迟时长	Falling edge	10	14	19	$\mu s$
$t_{delay2}$	通过器 EEPROM 获取更多延迟时间信息	Option 2	13	17	22	$\mu s$
$t_{delay3}$		Option 3	16	20	25	$\mu s$
$t_{delay4}$		Option 4	19	23	28	$\mu s$
$t_{fall}$	输出下降时间	$V_{pullup}=5V, R_{pullup}=1.2k\Omega (\pm 10\%), C_{OUT}=2.2nF (\pm 10\%),$ valid between 80%-20%	2.0	2.5	3.0	$\mu s$
		$V_{pullup}=5V, R_{pullup}=1.2k\Omega (\pm 10\%), C_{OUT}=2.2nF (\pm 10\%),$ valid between 90%-10%	3.2	4.5	5.8	$\mu s$
$t_{rise}$	输出上升时间	$R_{pullup}=1.2k\Omega (\pm 10\%), C_{OUT}=2.2nF (\pm 10\%),$ valid between 10%-90%	4	-	11.4	$\mu s$
$f$	磁信号频率范围	Full accuracy	0	-	8000	Hz
$C_{VDD}$	IC 电源和接地引脚之间的电容		90	100	110	nF
$C_{OUT}$	IC 输出和接地引脚之间的电容		1.98	2.2	2.42	nF

## 工作参数 (续)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>磁参数</b>						
FSR <sub>mag_field</sub>	磁场全量程范围	For magnetic material being NdFeB and SmCo	-31	-	134	mT
		For magnetic material being Frite	-15	-	80	mT
B <sub>pp_max</sub>	满量程范围内的最大峰值磁场 振幅	For magnetic material being NdFeB and SmCo	-	-	147	mT <sub>pp</sub>
		For magnetic material being Frite	-	-	95	mT <sub>pp</sub>
B <sub>threshold</sub>	TPO 的磁性范围及切换范围阈值	For magnetic material being NdFeB and SmCo Allowed programmable TPO, Hysteresis not included	-31	-	100	mT
		For magnetic material being Frite, Allowed programmable TPO, Hysteresis not included	-15	-	45	mT
K_factor	触发点编程范围	6 bit, Programmable step size 0.7936%	25	-	75	%
<b>精度参数</b>						
Jitter	重复性(抖动)	3 sigma, $\Delta B_{pkpk}=20mT_{pkpk}$	-	-	0.25	°
Phirunning	最大相位误差	$\Delta B_{speed}>9mT_{pkpk}$ , signature excluded, accuracy on mentioned wheel in Figure 4	-2	-	3	°
<b>温度参数</b>						
T <sub>C</sub>	磁性材料温度补偿范围	For magnetic material being SmCo	-	-600	-	ppm/K
		For magnetic material being NdFeB	-	-1200	-	ppm/K
		For magnetic material being Frite	-	-2000	-	ppm/K

### 10. 功能框图

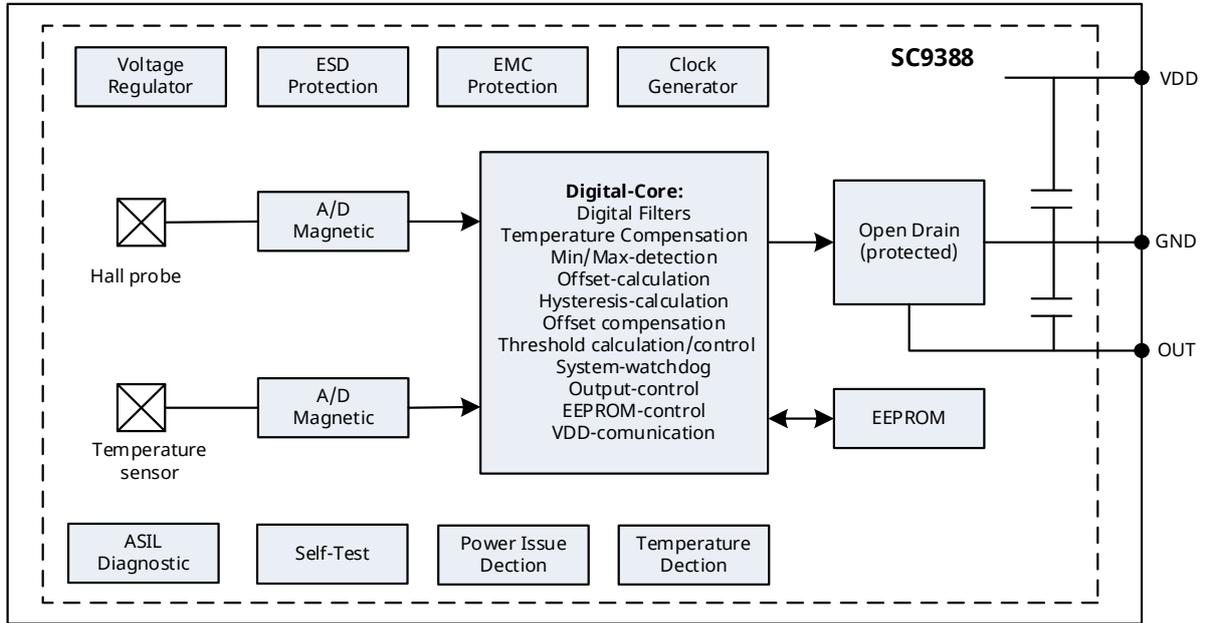


图 3 模块功能框图

### 包含下列电路:

Chopped Hall Amplifier	Under/Over Voltage Detection
Offset Calibration ADC	POR
PGA + LPF	OSC
Channel ADC(Tracking ADC)	EEPROM programmable
Analog & Digital VDD Regulator	EMC Protection
Current Bias	ASIL / Diagnostic

## 11. 功能描述

### ● 工作原理

SC9388 的速度检测配置如下图所示，芯片后面背一个圆柱形空心或实心磁铁。凸轮轴在转动过程中，齿峰和齿谷正对芯片时，穿过霍尔感应点的磁通量大小有差异，芯片内部进行处理，真实反馈齿峰和齿谷的位置信息。

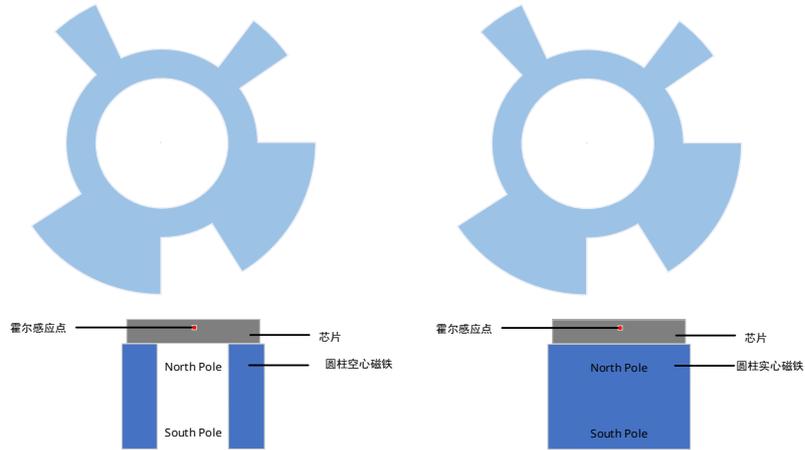


图 4 检测原理

### ● 工作温度

环境温度:  $-40^{\circ}\text{C}$  到  $150^{\circ}\text{C}$

峰值温度:  $150^{\circ}\text{C}$  (3h 之间)

频率 (峰值温度): 在使用期限内达到 160 次峰值

正常工作温度:  $80^{\circ}\text{C}$  到  $110^{\circ}\text{C}$

温度数据图表:

Temperature( $^{\circ}\text{C}$ )	-40	-20	25	80	100	110	125	150
Vehicle lifeti (%)	0.03	0.67	1.5	27	43.9	23	3.5	0.41

### ● 操作步骤

该传感器的基本工作原理是将旋转目标轮产生的磁场转换为输出引脚上的相位信息。输出电压高低代表齿峰或齿谷，可以通过 EEPROM 进行设置。磁场极性和输出极性的对应关系可以根据应用需求进行设定。

根据定义，如果将所背磁铁的北极置于其背面，则该磁场被视为正磁场。

操作需要分为四个不同的阶段：

#### 1. 上电阶段：

- 电源释放后开始；
- 持续  $t_{\text{power-on}}$  (开机时间)；
- IC 加载 EEPROM 中的数据配置寄存器，初始化状态机和信号通路；

## 2. 初始阶段：

- 上电阶段后启动；
- 持续一个时钟周期；
- 使能输出切换、极值检测和阈值自适应功能；
- 根据磁场设定输出极性，实现真实上电(True-Power-on)功能；

## 3. 校准阶段：

- 在初始阶段之后开始；
- 持续到传感器完成对目标齿盘的完整信号采集，并能够执行切换至运行阶段所需的最终阈值更新为止；
- 根据应用中的磁场环境，以及算法对应的 EEPROM 配置参数，对阈值进行快速自适应调整；
- 基于极值检测，使阈值适配当前磁场环境；

## 4. 运行阶段：

- 在校准阶段之后开始；
- 阈值已完成校准，相位精度达到最佳，允许轻微的阈值修正；

### ● 平均算法

在运行阶段计算阈值时，会将有效的最大值和最小值取平均值，以减少可能出现的偏移更新。每次偏移更新都会导致抖动增加，这种现象必须避免。该算法能够选择不同的齿数来进行平均计算。并且该算法可以设置为：一旦捕捉到特征信号，偏移校准值就可以更新为上一轮的结果。

### ● 迟滞概念

在凸轮轴应用中，关于迟滞效应的首选切换行为被称为隐藏式自适应迟滞。由于存在较长的齿谷或较长的齿峰，EEPROM 还提供了采用可见式迟滞配置。另一种 EEPROM 是固定迟滞，它能够抵御由背磁附着的金属碎片带来的影响。

隐藏式自适应迟滞意味着，不会在输出直观体现，如果该迟滞不变，则输出总是在同一水平切换。芯片内部在该开关电平的上下各有一个电平，开关电平位于这两个电平的中间位置，这两个电平可通过编程来设置。如果磁场值越过下迟滞水平，那么输出在下次穿过开关电平时状态切换，然后输出被禁用，直到再次穿过两个迟滞水平中的一个。如果磁场值越过上迟滞，那么输出在下次穿过开关电平时状态再次切换。如果没有越过上迟滞水平，但又穿过了开关电平，那在穿过下迟滞水平时切换输出状态，这样不会丢齿，但会导致额外的相位误差，见图 5。

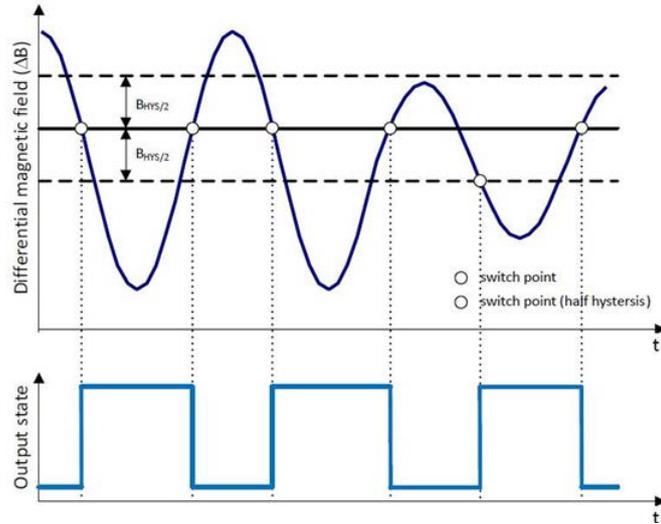


图5 迟滞定义

采用自适应滞环控制方式，在较小气隙（较大信号）的情况下能够实现较大的迟滞效应。与固定迟滞相比，较小的振动不会导致额外的开关动作。根据计算，自适应迟滞的值为速度信号峰值与谷值之差的25%，最小迟滞值由EEPROM设置决定。

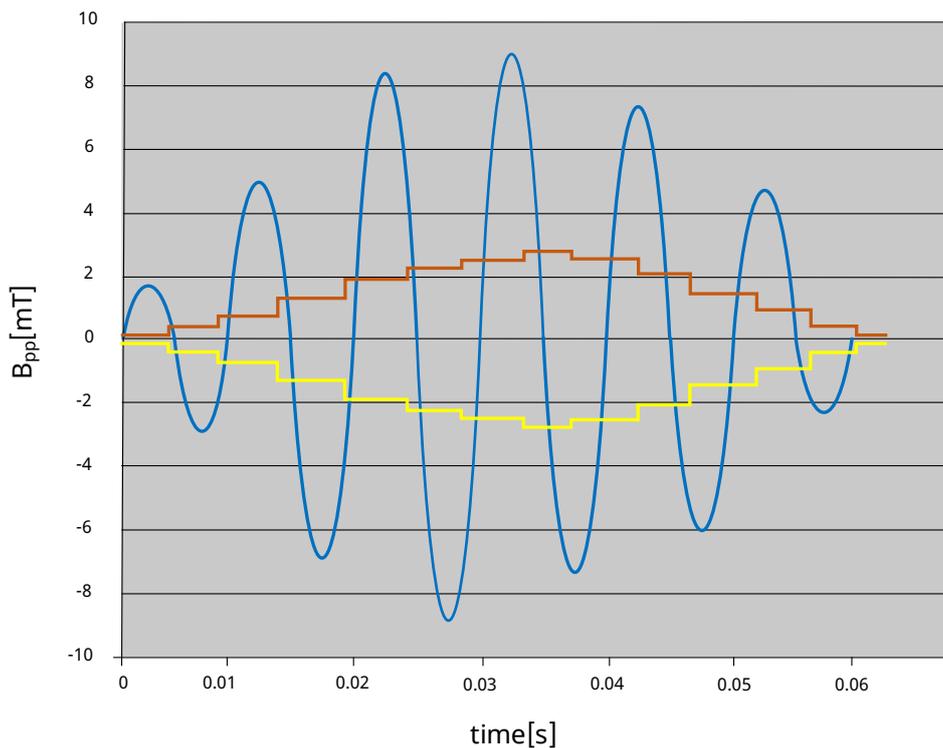


图6 自适应迟滞

### ● 调整合适的 k 因子

为在气隙变化时实现最优开关电平，并同时减轻跳变效应（run out effects），本文引入了一种自适应开关电平调整机制。该算法的核心是将阈值向极值（最小值与最大值）之间距离的特定百分比进行自适应调整，这个百分比即被称为 k 因子（k-factor）。

k 因子可设置为固定值，选择合适的数值并匹配目标轮，能够降低运行模式下气隙变化对相位精度的影响。选择较

大的 k 因子，还可减小应用中的硬边缘偏移（hard-edge offset）。

但在部分应用场景中，减小齿边缘偏移的优先级，要低于降低初始相位与运行相位之间的相位精度偏移。这意味着需要降低 k 因子，同时仍要保持相位误差对气隙的低依赖性。

在此情况下，用户可将 k 因子设置为随磁场幅值变化的自适应值，即让算法以特定开关角度为目标，根据磁场幅值自适应调整 k 因子。通过对  $B_{min}$  和  $B_{max}$  进行编程，可近似得到磁场幅值与目标 k 因子之间的线性关系，公式如下：

$$\text{切换阈值} = B_{min} + (B_{max} - B_{min}) * k$$

k 因子的固定部分可在校准阶段和运行阶段分别设置，取值范围为 25%–75%，步长为 0.7936%。

### ● 温度补偿

该传感器能对自身进行恒定的温度测量，并在模拟信号路径中就能够根据预先写的值对磁铁的温漂进行补偿，保证翻转阈值的准确，从而保证精度。

## 12. 典型应用电路

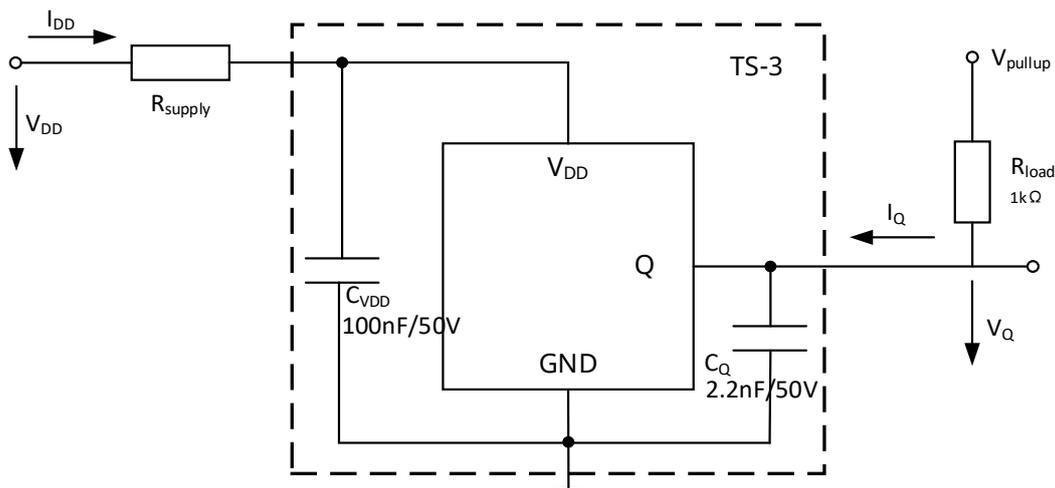
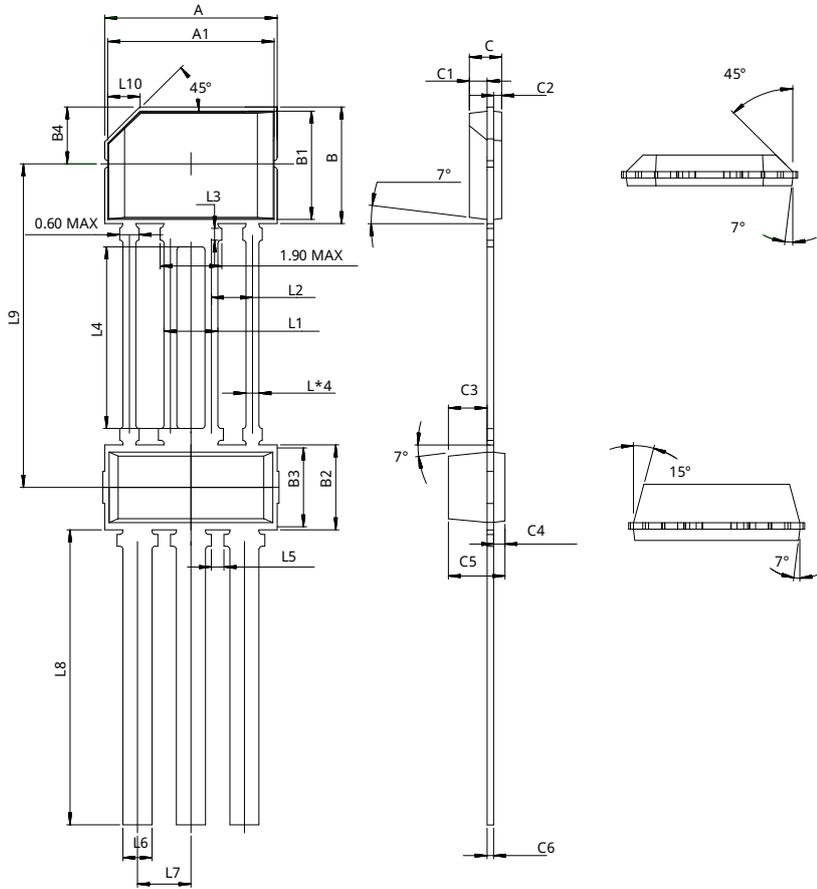


图 7 典型应用电路

### 13. 封装信息 TS-3



Dimensions in Millimeters			
Symbol	MIN	TYP	MAX
A	5.24	5.34	5.44
A1	5.05	5.15	5.25
B	3.52	3.64	3.76
B1	3.28	3.38	3.48
B2	2.40	2.65	2.90
B3	2.10	2.20	2.30
B4	1.68	1.78	1.88
C	0.92	0.96	1.00
C1	0.47	0.52	0.57
C2	0.19	0.24	0.49
C3	1.15	1.20	1.25
C4	0.30	0.35	0.40
C5	1.65	1.75	1.85
C6	—	0.20	—
L	0.35	0.40	0.45
L1	1.62	1.67	1.72
L2	—	1.27	—
L3	0.319	0.369	0.419
L4	5.62	5.67	5.72
L5	0.35	0.39	0.44
L6	0.85	0.90	0.95
L7	1.62	1.665	1.72
L8	9.16	9.21	9.26
L9	9.905	10.105	10.305
L10	—	1.00	—

**备注:**

- (1) 具体本体及引脚结构可由供应商在图示限值范围内自行确定。
- (2) 高度不含塑封浇口溢料，如果未指定公差，则尺寸为公称尺寸。

图 8 封装尺寸

## 14. 编带尺寸

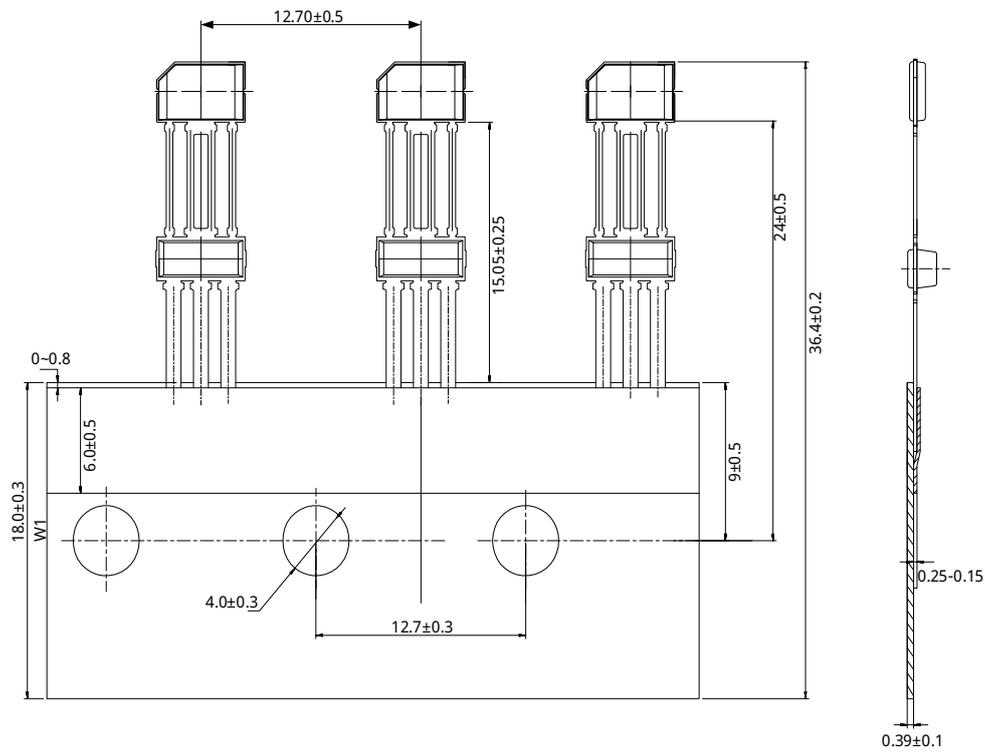


图9 编带尺寸

## 15. 历史版本

版本	日期	描述
Rev.E0.1	2024-03-20	初始规格书
Rev.E0.2	2025-06-11	更新格式
Rev.E0.3	2025-12-02	描述部分更新
Rev.A1.0	2026-03-10	确定参数范围

## 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](http://www.semiment.com))。

**版权所有 © 赛卓电子科技（上海）股份有限公司**