

TMR336x 系列

车用数字式 TMR 磁角度传感器芯片

产品概述

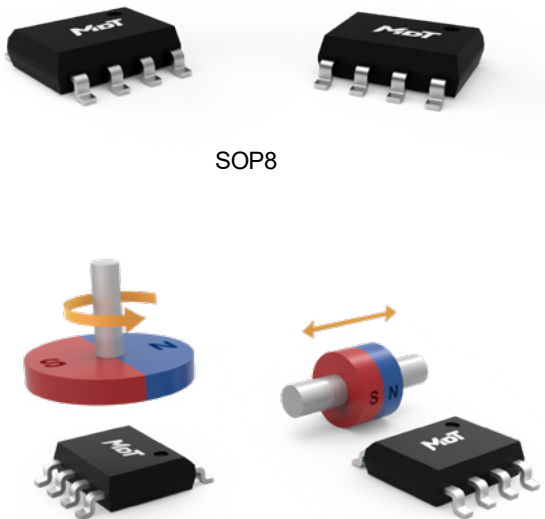
TMR336x 系列是多维科技推出的一款非接触式、高速、高精度磁编码器芯片，通过感应芯片上方磁铁的旋转，采集磁场信号并计算旋转角度。芯片内部集成了隧道磁阻传感器 (TMR) 及信号处理 ASIC，提供丰富的工作参数配置、多种输出接口供客户选择。

TMR336x 系列芯片支持模拟、PWM、SENT (支持增强型) 三种输出模式，当磁场在 200 Gs ~ 800 Gs 范围变化时，可达到较好的绝对位置角度检测效果。芯片内置自诊断及报警机制，提供安全保障。

TMR336x 系列芯片内置 5 点 / 17 点非线性校准功能且操作简单，方便客户自行补偿由结构安装带来的非线性误差，并且支持角度测量范围可编程功能，满足客户需求。芯片支持单线通讯协议 (OWI)。该系列芯片采用 SOP8 封装。

产品特性

- 隧道磁阻 (TMR) 技术
- 工作电压：4.5 V ~ 18 V
- 工作电流：10 mA
- 支持引脚电压反接保护
- 支持单线通讯协议 (OWI)
- 输出模式：SENT/PWM/Analog
- 线性编程模式：
 - 5 点分段标定，17 点分段标定
- 可编程角度测量范围
- 内置自诊断及报警机制
- 内置 EEPROM，可擦写次数 >1 万次
- 工作温度范围：-40 °C ~ 160 °C
- 优越的抗环境磁场性能
- 符合面向汽车的 AEC-Q100 标准
- 符合 RoHS & REACH



典型应用

- 绝对值旋转位置传感器
- 方向盘角度传感器
- 节气门位置传感器
- 行驶高度位置传感器
- 浮式液位传感器
- 非接触式电位器

产品选型表

型号 *	输出接口	供电电压	工作温度	封装形式	包装形式
TMR3365P	OWI/SENT/PWM	4.5 V ~ 18 V	-40 °C ~ 160 °C	SOP8	卷带
TMR3366P	OWI/SENT/PWM/Analog	4.5 V ~ 18 V	-40 °C ~ 160 °C	SOP8	卷带

注：* 芯片选型请注明输出接口，例如：TMR3365P (OWI)、TMR3365P(SENT)、TMR3365P(PWM)。

目录

1. 功能介绍	03
1.1 功能框图	03
1.2 引脚定义	03
2. 电磁参数	04
2.1 极限参数	04
2.2 电性能参数	04
2.3 磁性精度参数	05
2.4 磁场信号规格	05
3. OUT 引脚功能说明	06
3.1 模拟电压输出	06
3.2 PWM 输出	06
3.3 SENT 输出	07
4. 分段线性标定	09
4.1 5 点分段线性编程	09
4.2 17 点分段式线性编程	10
5. 寄存器列表	11
6. 功能安全手册	12
7. 典型应用	13
8. 机械角度方向	14
9. 封装	15

1. 功能介绍

1.1 功能框图

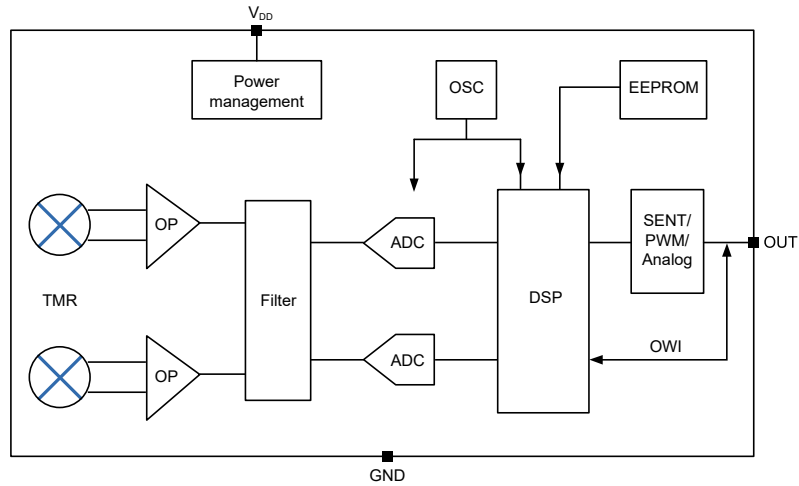


图 1 芯片内部原理框图

1.2 引脚定义

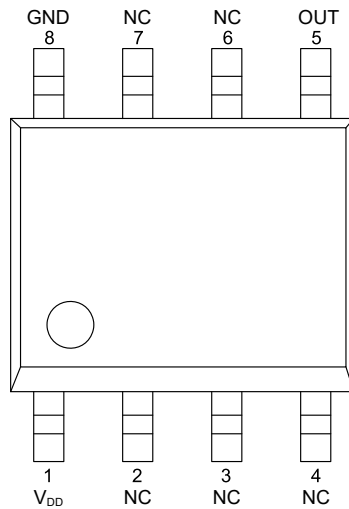


图 2 引脚定义 (SOP8)

序号	引脚名	功能
1	V_{DD}	电源
2	NC	推荐接 GND
3	NC	推荐接 GND
4	NC	推荐接 GND
5	OUT	信号输出 / OWI
6	NC	推荐接 GND
7	NC	推荐接 GND
8	GND	地

2. 电磁参数

2.1 极限参数

参数	符号	最小值	最大值	单位
V _{DD} 引脚电压 ¹⁾	V _{DD}	-	35	V
		-	6	
V _{DD} 反向保护电压	V _{DD-REV}	-18 ²⁾	-	V
OUT 引脚电压	V _{OUT}	-	35	V
OUT 反向保护电压	V _{OUT-REV}	-18 ²⁾	-	V
外加磁场	B	-	4000	Gs
使用温度	T _A	-40	160	°C
存储温度	T _{STG}	-55	160	°C

注：极限参数中最大值只是保证芯片不被永久损伤的条件，芯片正常工作条件请参照“电性能参数”。

1) 配置为模拟输出，V_{DD} 最大不超过 6V；配置为 PWM/SENT 输出，V_{DD} 最大不超过 35V。

2) 测试条件，V_{DD} 接 0V，GND 接 18V。

2.2 电性能参数

V_{DD} = 5 V, T_A = 25 °C, 电源和地之间连接 100 nF 的电容

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	V _{DD}	模拟输出	4.5	-	5.5	V
		数字输出	4.5	-	18	V
工作电流	I _D	无负载	-	10	-	mA
输出负载	R _L	Analog 上拉 / 下拉	5	-	10	kΩ
		推挽式 PWM	5	-	100	kΩ
		推挽式 PWM / 上拉	10	-	55	kΩ
		开漏，上拉 / 下拉	1	-	100	kΩ
数字开漏输出	V _{sat_loOD}	上拉到外部 V _{EXT} ≤ 18 V, I ≤ 3 mA	0	-	10	%V _{EXT}
	V _{sat_hiOD}	下拉到地 V _{DD} ≤ 18 V, I ≤ 3 mA	90	-	100	%V _{EXT}
模拟饱和输出电平	V _{satA_lo}	上拉负载 ≥ 10 kΩ	-	0.7	-	%V _{DD}
	V _{satA_hi}	下拉负载 ≥ 10 kΩ	-	96	-	%V _{DD}
推挽数字输出	V _{satD_lopp}	上拉负载 ≥ 10 kΩ	-	-	0.2	V
	V _{satD_hipp}	下拉负载 ≥ 10 kΩ	V _{DD} - 0.2	-	-	V
模拟阶跃响应	T _{res}	无负载	-	-	380	μs
转换速率	SR	负载电容 C = 100 nF	-	-	120	V/ms
推挽模式上升时间	T _{up}	V _{DD} = 4.5~5.5V 负载电容 C = 10nF	-	-	5	μs
推挽模式下降时间	T _{down}	V _{DD} = 4.5~5.5V 负载电容 C = 10nF	-	-	4.5	μs
nmos 开漏模式的下降时间	TP _{down}	V _{DD} = 4.5~5.5V 负载电阻 R = 10kΩ	-	-	200	μs
pmos 开漏模式的上升时间	TP _{up}	V _{DD} = 4.5~5.5V 负载电阻 R = 10kΩ	-	-	200	μs

2.3 磁性精度参数

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
角度测量范围	A_{range}	-	0	-	360	Deg
非线性误差	INL_{OPT}	常温	-	-	± 0.3	Deg
		低温、高温	-	-	± 0.5	Deg
微分非线性	DNL	-	-	-	± 0.1	Deg
迟滞	HYS	-	-	-	± 0.176	Deg
重复性	A_{repeat}	-	-	-	± 0.088	Deg
滴答时间	Tick	-	1	3	5	μs
SENT 帧周期	T_{frame}	-	-	900	-	μs

2.4 磁场信号规格

推荐磁铁材质：钕铁硼，直径：9 mm，厚度：2.5 mm，充磁方向：径向对半充磁

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
磁铁直径	d_{mag}	-	6	9	20	mm
磁铁厚度	t_{mag}	-	-	2.5	-	mm
安装距离	D_{in}	推荐的磁铁 (9 mm)	-	3	-	mm
磁场强度范围	H_{ext}	芯片表面	-	300	-	Gs
传感器与磁铁中心偏差	x_{dis}	-	-	-	0.5	mm
传感器与磁铁中心倾斜角度	φ_{pac}	-	-3	-	3	Deg

3. OUT 引脚功能说明

复用 'OUT' 引脚 (SOP8 封装的 Pin5) 作为模拟输出、PWM 输出、SENT 输出以及单线通信接口 (OWI)，用户可以通过 mode_sel[3:0] 寄存器选择配置所需的输出模式。输出模式未激活，芯片默认为单线通信 (OWI) 模式，用户可以执行内部寄存器的读 / 写操作以及 EEPROM 的数据烧录操作。

TMR336x 输出模式配置激活之后，可以通过操作 V_{DD} 电压值的变化，在 OWI 通讯模式和正常工作模式之间自由切换。

当输出模式设置为 PWM/SENT, $V_{DD} > V_{DH}$, OWI 通讯模式激活。 $V_{DD} < V_{DL}$, 恢复 PWM/SENT 输出。

当输出模式设置为 Analog, $V_{DD} > V_{AH}$, OWI 通讯模式激活。 $V_{DD} < V_{AL}$, 恢复 Analog 输出。

多维科技提供基于 OWI 接口的“TMR336x 演示板”和配套的上位机软件，方便用户操作。

3.1 模拟电压输出

TMR336x 内置高精度数模转换器 (DAC)，将角度位置信息转换为线性的模拟电压输出， $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 对应输出电压为 $0 \sim 100\%V_{DD}$ (出厂默认值)。如图 3 所示，模拟输出电压可以通过内置的 5 点 / 17 点分段线性功能编程，设置不同的电压增益。分段线性配置详见第 4 章。

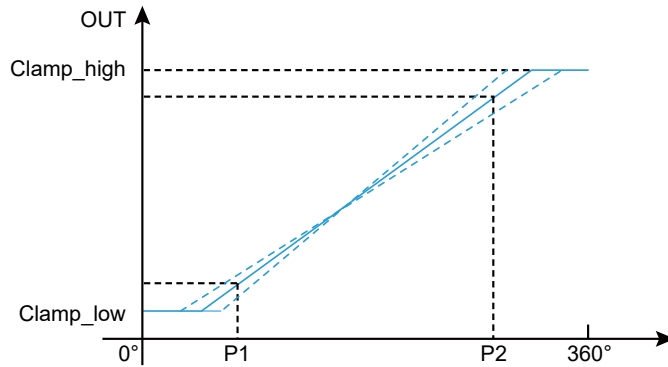


图 3 模拟电压输出 (带 clamp 功能)

模拟输出提供 Clamp_low / Clamp_high 电平钳位功能，客户可根据 MCU 输入电压要求自行配置。

3.2 PWM 输出

TMR336x 支持脉宽调制信号 (PWM) 输出，PWM 是 (占空比与磁场角度成比例的) 逻辑信号，分辨率为 12 位，图 4 显示了 PWM 信号的一个周期，该周期包含了 4119 个最小时钟周期，整个周期以固定的 16 个最小时钟周期的高电平开始，8 个最小时钟周期的低电平结束，中间总长为 4095 个最小时钟周期的 12 位角度数据。

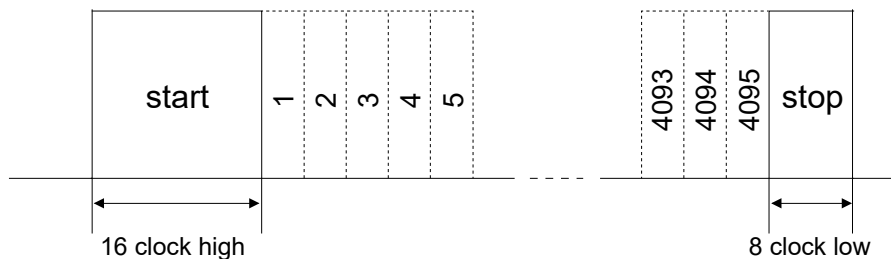


图 4 PWM 输出波形

最小时钟周期客户可编程设置，共分为 4 档。PWM 输出类型可以设置成推挽或开漏。

3.3 SENT 输出

3.3.1 SENT 协议

TMR336x SENT 输出提供符合 SAE J2716 APR2010 协议。SENT 协议由最小时间单位 Tick 定义，传输数据由 Nibble (半字节) 组成，半字节是在时域电平内两个下降沿之间被编码的 4bit 数据，由 12~27 个 Ticks 组成，Tick 的个数 12 ~ 27 定义了该半字节的数据为 0x00 ~ 0x0F。单帧数据的脉冲发送序列如图 5 所示。

- 同步校准 (Calibration/Synchronization): 由 56 个 ticks 组成的同步校准脉冲
- STATUS: 包含 2bit 串行信息位 SM[1:0] 以及 2bit 状态位 S[1:0]
- Data Nibble: 第 1 ~ 3 个 Nibble 代表 12bit 的角度输出数据
第 4 ~ 5 个 Nibble 代表 8bit 的循环滚动计数器
第 6 个 Nibble 代表 12bit 角度输出 [11:8] 的补码
- CRC 校验位: 4bit CRC 校验码
- Pause: 暂停脉冲 (可开启 / 关闭该功能, 可配置暂停时长)

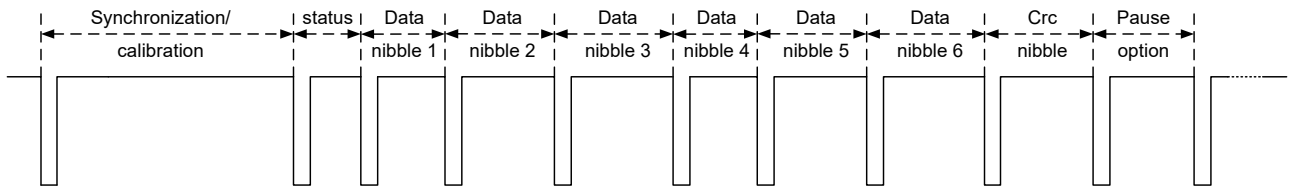


图 5 SENT 协议

一帧脉冲序列说明表

描述	说明
Calibration	56 个 Ticks 校验位
Status	状态位, Enhance 协议使用
Nibble1	Angle_bit<11:8>
Nibble2	Angle_bit<7:4>
Nibble3	Angle_bit<3:0>
Nibble4	Roll_bit<7:4>
Nibble5	Roll_bit<3:0>
Nibble6	Angle_bit<11:8> 的补码
CRC	Nibble1 到 Nibble6 的 CRC checksum
Pause	暂停 (可选), 保证每个 SENT 数据帧的长度一致

注: Angle_bit 为 12bit 绝对角度值

Roll_bit 是对 sent 帧的自动计数, 每帧结束自动 +1, 从 0 到 255 循环计数

CRC 多项式: $X^4 + X^3 + X^2 + 1$, 初始值为 4'b0101

3.3.2 增强型 SENT 协议

TMR336x 兼容增强型串行消息格式，可通过寄存器配置激活。串行数据由 status 状态位的 bit3 和 bit2 构成，如图 6 所示，一个增强型号串行消息包含连续的 18 个 SENT 消息帧，当 18 帧 SENT 数据全部被成功接收到后（无错误，无校准脉冲变化，无 CRC 校验错误等），组成一个增强型串行帧。当 status 状态位 bit3 连续出现 6 个“1”时表示串行消息帧的开始。

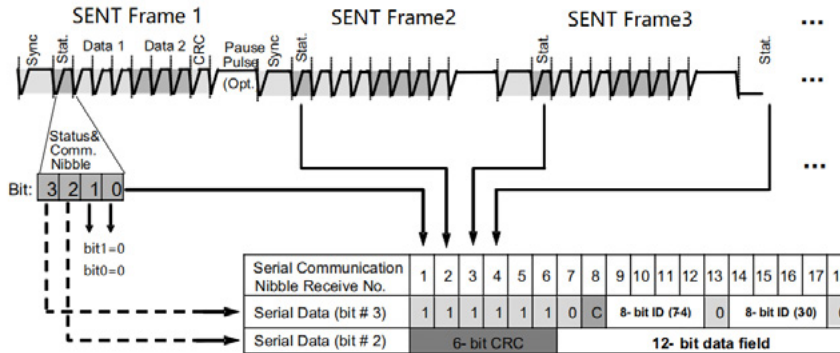


图 6 增强型 SENT 协议

增强型 SENT 协议 message 由 8bit 的 message ID 和 12bit 的 message data 组成。Message ID 和 Message data 符合 SAE J2716 APR2010 协议。具体说明见下表：

Message ID	说明	Message 数据	说明
0x01	错误诊断码	0x820	模拟 V _{DD} 错误
		0x840	数字 V _{DD} 错误
		0x800	无错误
0x05	制造商代码	manufacturer code[11:0]	制造商自定义
0x29	传感器 ID1	sensor id1[11:0]	支持客户自定义
	传感器 ID2	sensor id2[11:0]	
0x90	客户代码 1	OEM id1[11:0]	支持客户自定义
	客户代码 2	OEM id2[11:0]	

注：CRC 多项式： $X^6 + X^4 + X^3 + 1$ ，初始值为 6'b010101

当激活 TMR336x 的增强型 SENT 模式，message 信息如图 7 所示循环输出：

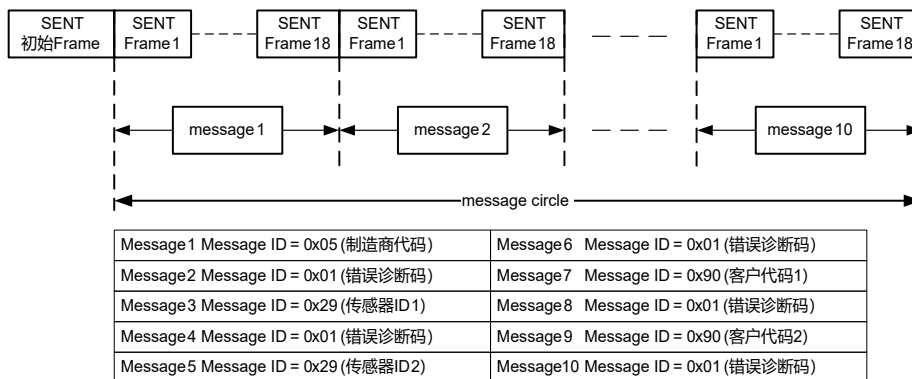


图 7 增强型 SENT 协议 message 输出顺序

Tick 周期客户可编程设置，SENT 输出类型可以设置成推挽或开漏。

4. 分段线性标定

TMR336x 在出厂前已完成初次标定，为了方便客户自行补偿由结构安装带来的非线性误差，芯片提供了 5 点 / 17 点非线性校准功能，以及角度测量范围可编程功能。客户可根据实际需求，自行编程配置线性区间、角度增益及输出 clamp 参数配置。

4.1 5 点分段线性编程

5 点分段线性编程的参数由 clamp_high、clamp_low、5P_a_x ~ 5P_d_x、5P_a_y ~ 5P_d_y、slope0、slope_a ~ slope_d 组成。

客户可根据实际角度检测范围，自行选择合适的 5P_a_x ~ 5P_d_x、5P_a_y ~ 5P_d_y 并计算对应的斜率 slope0、slope_a ~ slope_d，参数写入芯片内部，经过内部算法处理，优化角度检测范围的非线性及增益。

TMR336x 5 点分段线性原理如图 8 所示。

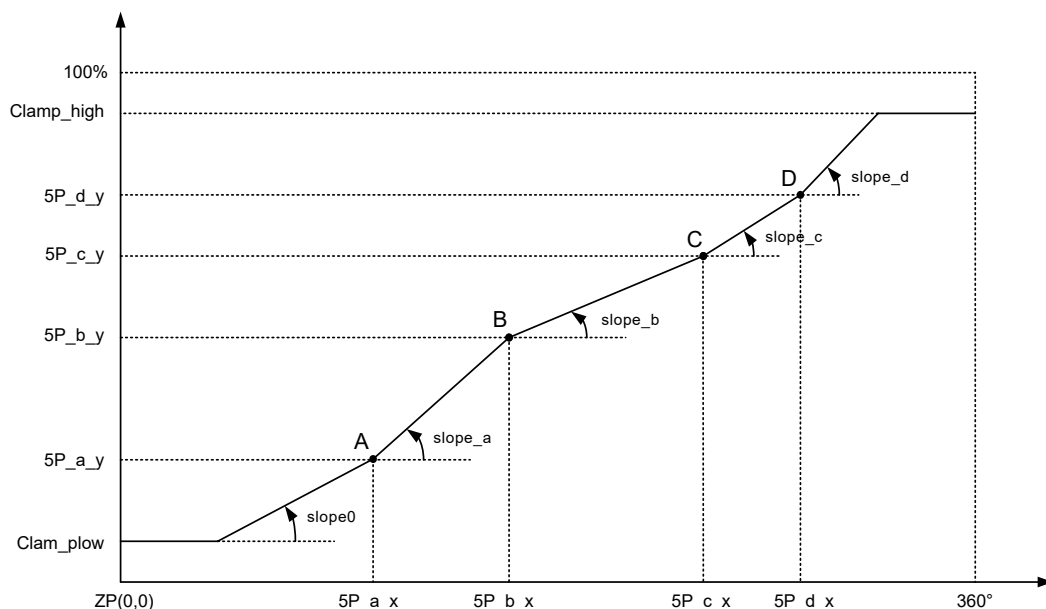


图 8 5 点标定示意图

4.2 17 点分段式线性编程

17 点分段线性编程参数由 Work_rang、Sp、clamp_high、clamp_low、17P_Y00.....17P_Y16 组成。

客户可根据实际角度检测范围，确定 Work_rang[11:0]、Sp[11:0] 参数，参考客户应用手册依次将 17P_Y00.....17P_Y16 写入芯片内部，经过内部算法处理，优化角度检测范围的非线性及增益。

TMR336x 17 点分段线性原理如图 9 所示。

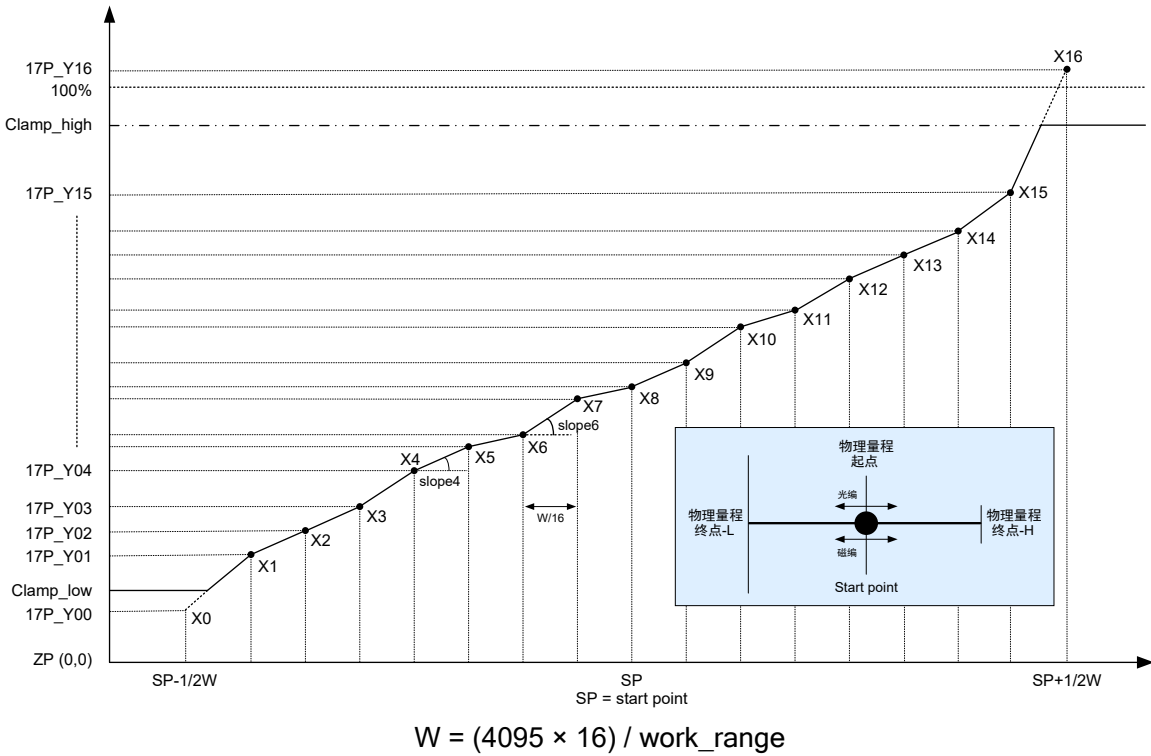


图 9 17 点标定示意图

5. 寄存器列表

寄存器定义	功能描述
Zero_reg[13:0]	设置零点
Dis_error[2:0]	关闭 / 开启错误报警
Ccw	设置正 / 反转
Owi_hys[4:0]	设置角度滞回
Pwm_sel[1:0]	选择 PWM 输出频率
manufacturer code[11:0] sensor id1[11:0] sensor id2[11:0] OEM id1[11:0] OEM id2[11:0]	SENT message 输出信息
Pause	关闭 / 开启 SENT pause 功能
Protocol	关闭 / 开启 SENT 增强型功能
pause length[9:0]	设置 pause 长度
tick_accuracy[8:0]	设置 tick 时间
Inr_type	5 点分段线性编程
	17 点分段线性编程
Mode_sel<3:0>	选择输出模式 (analog/sent/pwm)
5p_a_x [11:0].....5p_a_d[11:0] 5p_a_y [11:0].....5p_a_y[11:0] Slope_0[11:0].....Slope_d[11:0]	5 点分段线性编程参数
Work_rang[11:0] Sp[11:0] 17P_Y00[11:0].....17P_Y05[11:0]	17 点分段线性编程参数
Clamp_high[11:0] Clamp_low[11:0]	设置 Clamp 电压

6. 功能安全手册

根据用户的需求，提供了 TMR336x 的功能安全手册，该手册包含了多个报警机制和自诊断功能，这些机制为 TMR336x 的可靠性提供了保障，可确保芯片在出现某些故障的情况下能及时反应出故障原因，避免芯片输出错误信号影响使用。

当芯片处于故障模式时，大多数情况下在故障条件消失后就能恢复到其正常工作状态。但是在某些情况下只能通过芯片的重新上电才能恢复正常工作状态，例如当 EEPROM 中的数据 load 到寄存器的过程中出现错误时，只能等待芯片重新上电后，从 EEPROM 中 load 数据无误后，该故障码才能消失。以下将列举出 TMR336x 的错误码报警功能以及自诊断功能信息。

诊断报警寄存器

报警寄存器比特位序号	说明
0	角度解算错误
1	磁场密度超范围
2	EEPROM 数据报错
3	上述错误任意一项触发，报警

诊断报警输出方式及恢复条件

报警条件	可接收到的报警输出方式	恢复机制
角度解算错误	Analog / PWM / SENT / OWI	等待角度输出建立自动恢复
磁场密度超范围	OWI	失效现象消失
EEPROM 数据报错	OWI	重新上电
上述错误任意一项触发	OWI	所有报警异常消失
芯片模拟电路供电异常	SENT	失效现象消失
芯片数字电路供电异常	SENT	失效现象消失

7. 典型应用

参考电路如图 10 所示，NC 管脚接 GND，外接去耦电容 C1 (典型值 100nF，最大不超过 220nF)，尽量靠近 V_{DD} 和 GND 管脚，OUT 管脚接 1nF 滤波电容 C2 (或者客户自由选择)。

R1、R2、C3、C4 客户根据实际需求选择。

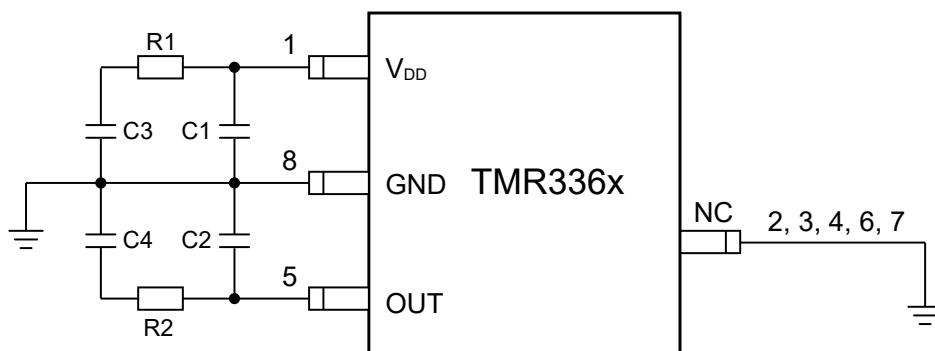


图 10 典型应用图

为方便客户使用，多维科技提供了“TMR336x 演示板”及配套的上位机软件，可设置输出模式、参数配置及操作分段线性标定功能。

8. 机械角度方向

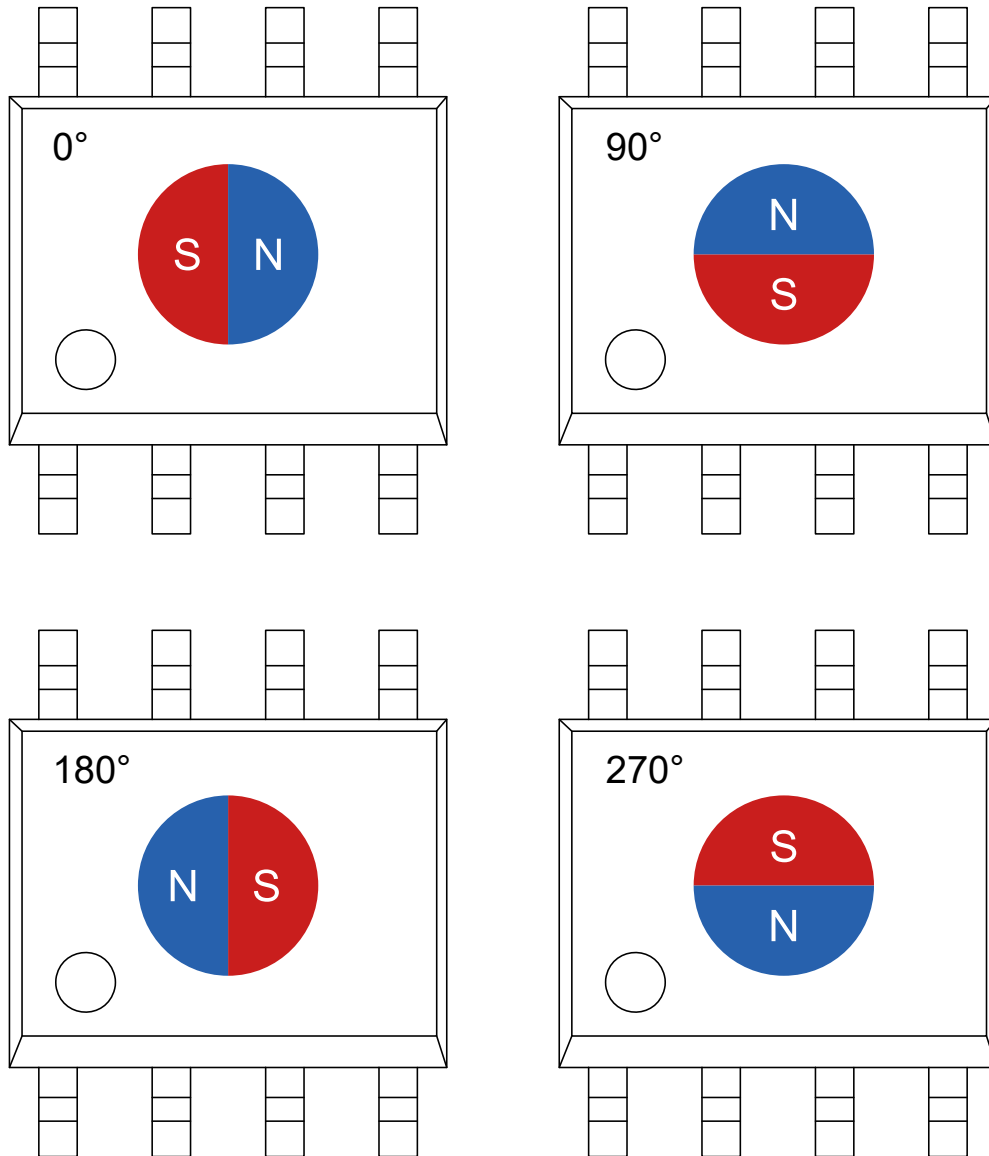


图 11 TMR336x 所测磁场角度定义（顶视图）

9. 封装

SOP8 封装

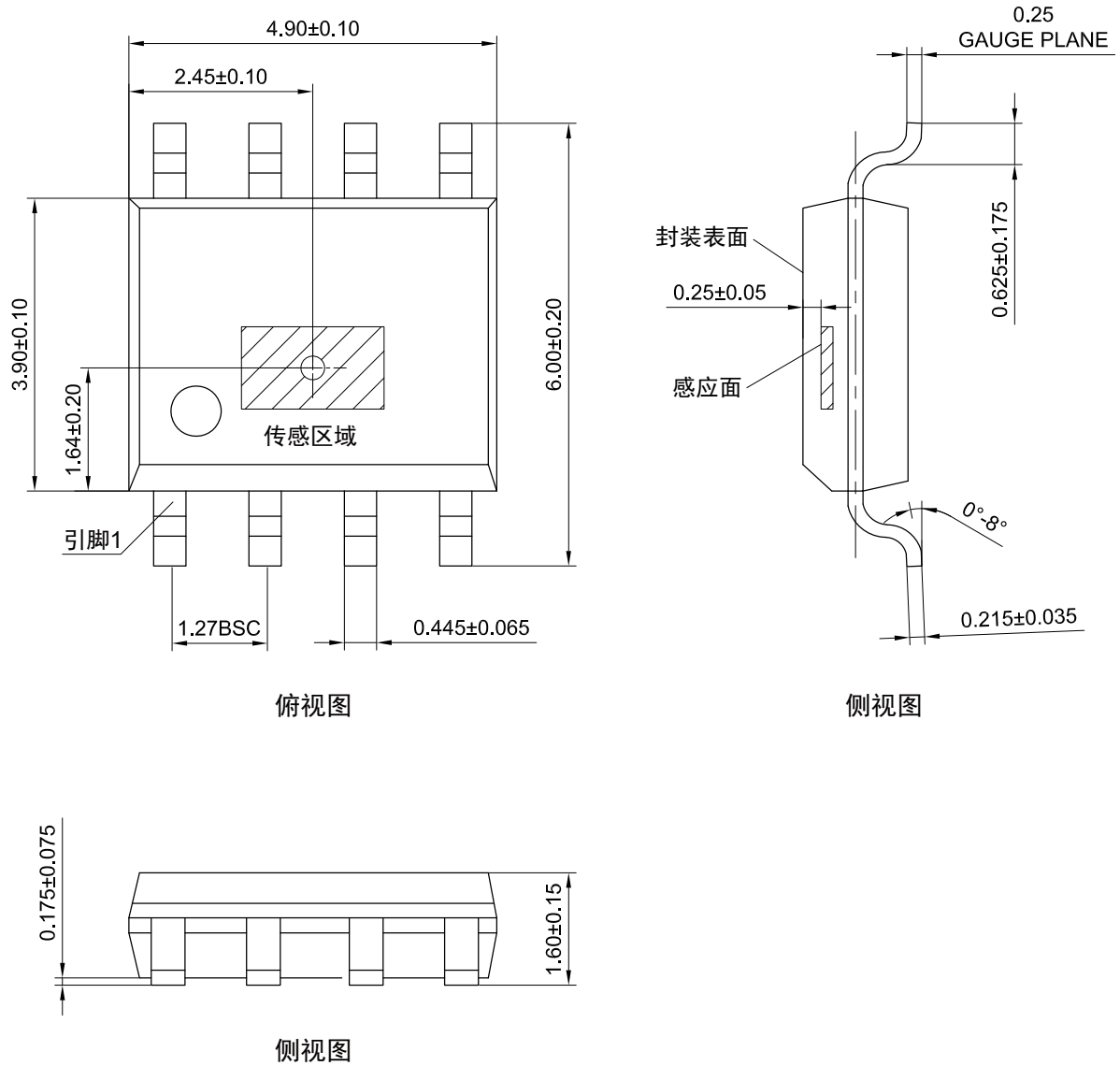


图 12 SOP8 封装图 (尺寸单位: mm)

版权所有 © 2023 江苏多维科技有限公司

- 江苏多维科技有限公司（简称“多维科技”）承诺本文档中提供的信息是准确和可靠的，多维科技对文档中任何示例、隐含意义、典型值等相关应用以及使用公司产品可能导致的任何专利侵权或第三方其他权利侵权不承担任何责任。
- 本文档不传达，也不暗含专利以及其他工业或知识产权的许可。
- 多维科技产品的使用客户有责任对本产品的产品和应用进行所有必要的测试，避免产品和应用或客户的第三方客户的产品或应用的潜在缺陷或故障，对此多维科技不承担任何责任。
- 多维科技不会对任何间接的、偶然的、惩罚性的、特殊的或后果性的损失负责（包括但不限于利润损失、储蓄损失、业务中断等与任何产品的拆卸或更换有关的成本或返工费用），无论这种损失是否基于侵权行为（包括过失），保修，违反合同或任何其他法律的理论依据。对于客户由于任何原因造成的任何损失，多维科技对本文档所述产品对客户的总计和累加责任上限受到多维科技的商业销售条款限制。
- 本文档中的产品绝对最大额定值是在不损坏本产品的情况下，本产品可以承受的极限，但由于接近最大极限（超过推荐的工作条件），因此无法保证电气和机械特性，同时无法确保本产品绝对最大额定值下能够工作。
- 本产品最新规格信息将不定期更新至公司官网，恕不另行通知。
敬请关注公司官网（www.dowaytech.com）。

产品回收

- 本产品寿命终结后，依据垃圾分类相关规定，交给有资质的处理商回收处理。

MDT 江苏多维科技有限公司
— MultiDimension Technology Co., Ltd. —

中国·张家港（总部）地址：江苏省张家港保税区广东路2号
官网：www.dowaytech.com 邮箱：info@dowaytech.com

