

TMAG511x-Q1 2D 双通道、高灵敏度、霍尔效应锁存器

1 特性

- 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性：
 - 器件温度等级 1：-40°C 至 125°C 环境温度范围
 - 器件 HBM ESD 分类等级 H3A
 - 器件 CDM ESD 分类等级 C6
- **功能安全型**
 - [可提供用于功能安全系统设计的文档](#)
- 带有平面和垂直霍尔效应传感器的 2D 感应
- 与磁铁对齐方式或磁极间距无关的固有正交
- 提供了两个功能选项：
 - TMAG5110-Q1：独立 2D 输出
 - TMAG5111-Q1：速度和方向输出
- 超高磁性灵敏度：
 - TMAG511xx2-Q1：±1.4mT (典型值)
 - TMAG511xx4-Q1：±3mT (典型值)
- 高速 40kHz 检测带宽
- 工作 V_{CC} 范围为 2.5V 至 38V
- 开漏输出 (10mA 灌电流)
- 宽工作环境温度范围：
 - -40°C 至 +125°C
- **保护特性**
 - 反向电源保护 (高达 -20V)
 - 器件最高支持 40V
 - 输出短路保护
 - 输出电流限制

2 应用

- 增量旋转编码
- 线性速度和方向控制
 - [天窗](#)和[后备箱](#)电机控制
 - [车窗](#)和[车门](#)电机控制
- 角度位置感应
 - 旋钮控制 (无线电和空调)
 - [电子助力转向](#)
 - 流体测量
- 角速度和方向
 - [电子泵](#)
 - [风扇](#)
 - 轮和电机转速

3 说明

TMAG5110-Q1 和 TMAG5111-Q1 是二维双通道霍尔效应锁存器，通过 2.5V 至 38V 电源供电。由于专为高速和高温电机应用设计，这些器件针对利用旋转磁体的应用进行了优化。通过集成两个传感器和两个单独的信号链，TMAG511x-Q1 可提供两个独立的数字输出用于速度和方向计算 (TMAG5111-Q1)，或直接为每个独立锁存器提供数字输出 (TMAG5110-Q1)。这种高度集成允许使用一个 TMAG511x-Q1 器件，而不是两个单独的锁存器。

该器件提供标准的 3mT 工作点以及高灵敏度 1.4mT 工作点。更高的磁性灵敏度可实现灵活的低成本磁体选型和机械部件放置。TMAG511x-Q1 还提供了三个 2 轴组合选项 (X-Y、Z-X、Z-Y)，以允许传感器相对于磁体灵活放置。

该器件在 -40°C 至 +125°C 的宽环境温度范围内能够保持稳定一致的优异性能。

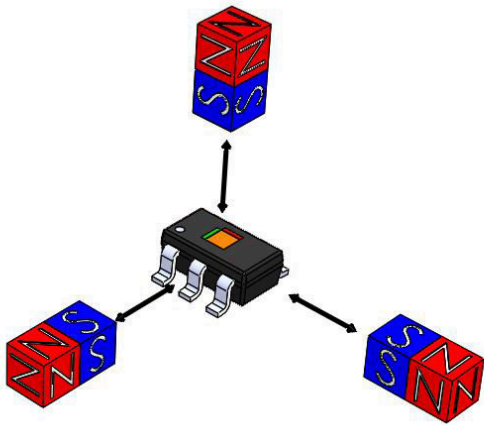
封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装大小 ⁽²⁾
TMAG5110-Q1	DBV (SOT-23, 5)	2.9mm × 2.8mm
TMAG5111-Q1		

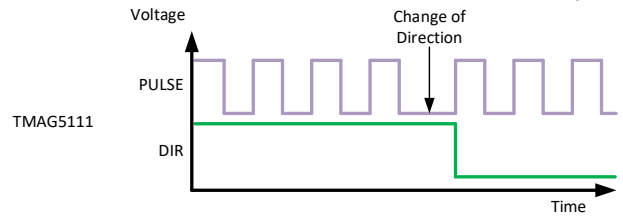
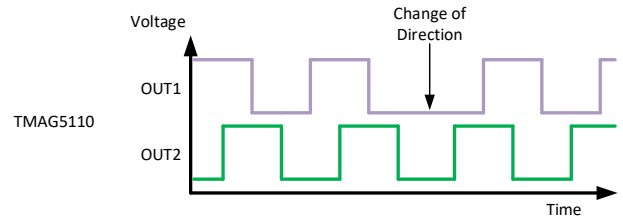
(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的封装选项附录。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。





器件轴极



器件输出

内容

1 特性.....	1	7.3 特性说明.....	21
2 应用.....	1	7.4 器件功能模式.....	32
3 说明.....	1	8 应用和实现.....	33
4 器件比较表.....	3	8.1 应用信息.....	33
5 引脚配置和功能.....	4	8.2 典型应用.....	33
6 规格.....	5	8.3 电源相关建议.....	34
6.1 绝对最大额定值.....	5	8.4 布局.....	35
6.2 ESD 等级.....	5	9 器件和文档支持.....	36
6.3 建议运行条件.....	5	9.1 器件支持.....	36
6.4 热性能信息.....	5	9.2 接收文档更新通知.....	36
6.5 电气特性.....	6	9.3 支持资源.....	36
6.6 磁特性.....	6	9.4 商标.....	36
6.7 典型特性.....	7	9.5 静电放电警告.....	36
7 详细说明.....	21	9.6 术语表.....	36
7.1 概述.....	21	10 修订历史记录.....	37
7.2 功能方框图.....	21	11 机械、封装和可订购信息.....	37

4 器件比较表

器件	器件选项	灵敏度 (BOP 典型值)	灵敏度轴	OUT1	OUT2
TMAG5110-Q1	A2	1.4mT	XY	X	Y
	A4	3mT			
	B2	1.4mT	ZX	Z	X
	B4	3mT			
	C2	1.4mT	ZY	Z	Y
	C4	3mT			
TMAG5111-Q1	A2	1.4mT	XY	速度	方向
	A4	3mT			
	B2	1.4mT	ZX		
	B4	3mT			
	C2	1.4mT	ZY		
	C4	3mT			

5 引脚配置和功能

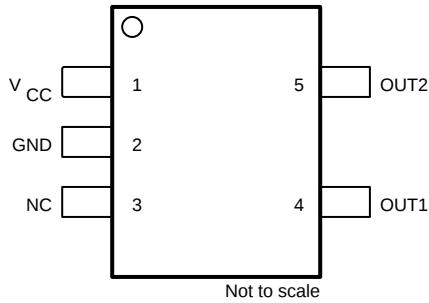
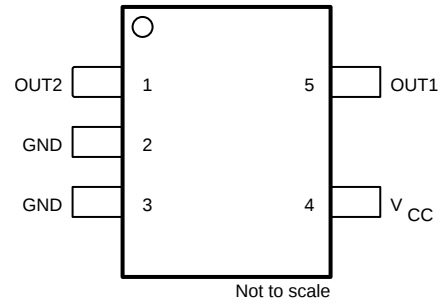


图 5-1. DBV 封装, 5 引脚 SOT-23 版本 A (顶视图)



注意：版本 R 仅为产品预发布
图 5-2. DBV 封装, 5 引脚 SOT-23 版本 R (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

名称	引脚		类型	说明
	SOT-23 版本 A	SOT-23 版本 R ⁽¹⁾		
GND	2	2、3	接地	参考接地。
NC	3	—	—	无内部连接。建议连接到接地引脚。
OUT1	4	5	输出	开漏输出 1。 对于 TMAG5110A-Q1：X 轴。 对于 TMAG5110B-Q1：Z 轴。 对于 TMAG5110C-Q1：Z 轴。 对于 TMAG5111-Q1：速度。
OUT2	5	1	输出	开漏输出 2。 对于 TMAG5110A-Q1：Y 轴。 对于 TMAG5110B-Q1：X 轴。 对于 TMAG5110C-Q1：Y 轴。 对于 TMAG5111-Q1：方向。
V _{CC}	1	4	电源	2.5V 至 38V 电源。在 V _{CC} 和接地之间连接一个电容值至少为 0.01μF 的陶瓷电容器。

(1) 预发布信息 (非量产数据)

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明) ⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
电源电压	V _{CC}	-20	40	V
	电压斜升速率 (V _{CC} < 5V)	无限		V/μs
	电压斜升速率 (V _{CC} > 5V)	0	2	
输出引脚电压	V _{OUT1} 、V _{OUT2}	GND - 0.5	40	V
反向电源条件下的输出引脚反向电流		0	100	mA
磁通密度, B _{MAX}		无限		T
结温, T _J	结温, T _J	-40	150	°C
贮存温度, T _{stg}		-65	150	°C

(1) 超出绝对最大额定值下列出的压力可能会对器件造成永久损坏。这些仅是压力额定值, 并不意味着器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

6.2 ESD 等级

		值	单位	
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 ⁽¹⁾ HBM ESD 分类等级 2	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011 CDM ESD 分类等级 C4A	±500	V

(1) AECQ 100-002 指示 HBM 应力测试应符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

		最小值	最大值	单位
V _{CC}	电源电压	2.5	38	V
V _O	输出引脚电压 (OUT1、OUT2)	0	38	V
I _{SINK}	输出引脚灌电流 (OUT1、OUT2) ⁽¹⁾	0	10	mA
T _A	环境温度	-40	125	°C

(1) 必须遵循功率损耗和热限值

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TMAG5110	单位
		DBV (SOT-23)	
		5 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	166.5	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	86.0	
R _{θJB}	结至电路板热阻	37.6	
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	14.1	
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	37.3	
R _{θJC(bot)}	结至外壳 (底部) 热阻	—	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅[半导体和 IC 封装热指标应用报告](#)。

6.5 电气特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源						
I_{CC}	TMAG511xx2-Q1 的工作电源电流	$V_{CC} = 2.5V$ 至 $38V$, $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$		6	8	mA
I_{CC}	TMAG511xx4-Q1 的工作电源电流	$V_{CC} = 2.5V$ 至 $38V$, $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$		6	8.5	mA
I_{RCC}	反向电池电流	$V_{CC} = -20V$	-100			μA
t_{ON}	上电时间			52.5		μs
输出						
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{OL} = 10mA$	0		0.5	V
I_{OH}	输出泄漏电流	$V_{CC} = 5V$		0.1	1	μA
I_{SC}	输出短路电流			65	110	mA
t_{PD}	传播延迟时间	B_{OP} 或 B_{RP} 的变化会改变输出		12.5		μs
t_R	输出上升时间	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50pF$		0.2		
t_F	输出下降时间	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50pF$		0.2		
频率响应						
f_{CHOP}	斩波频率			320		kHz
f_{BW}	信号带宽			40		kHz

6.6 磁特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
TMAG5110x2-Q1						
$B_{OP(1)}, B_{OP(2)}$	磁场工作点	$V_{CC} = 2.5V$ 至 $38V$, $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$	0.2	1.4	2.6	mT
$B_{RP(1)}, B_{RP(2)}$	磁场释放点		-2.6	-1.4	-0.2	
$B_{HYS(1)}, B_{HYS(2)}$	磁滞 $B_{OP} - B_{RP}$		0.9	2.75	4.6	
$B_{SYM(1)}, B_{SYM(2)}$	Symmetry	$B_{OP(1)} + B_{RP(1)}, B_{OP(2)} + B_{RP(2)}$	-2		2	mT
B_{SYM_OP}	工作点对称性	$B_{OP(1)} - B_{OP(2)}$	-1.5		1.5	
B_{SYM_RP}	释放点对称性	$B_{RP(1)} - B_{RP(2)}$	-1.5		1.5	
TMAG5110x4-Q1						
$B_{OP(1)}, B_{OP(2)}$	磁场工作点	$V_{CC} = 2.5V$ 至 $38V$, $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$	0.8	3	5.3	mT
$B_{RP(1)}, B_{RP(2)}$	磁场释放点		-5.3	-3	-0.8	
$B_{HYS(1)}, B_{HYS(2)}$	磁滞 $B_{OP} - B_{RP}$		3	6	9	
$B_{SYM(1)}, B_{SYM(2)}$	Symmetry	$B_{OP(1)} + B_{RP(1)}, B_{OP(2)} + B_{RP(2)}$	-2		2	mT
B_{SYM_OP}	工作点对称性	$B_{OP(1)} - B_{OP(2)}$	-1.5		1.5	
B_{SYM_RP}	释放点对称性	$B_{RP(1)} - B_{RP(2)}$	-1.5		1.5	

6.7 典型特性

TMAG511xx2-Q1 版本

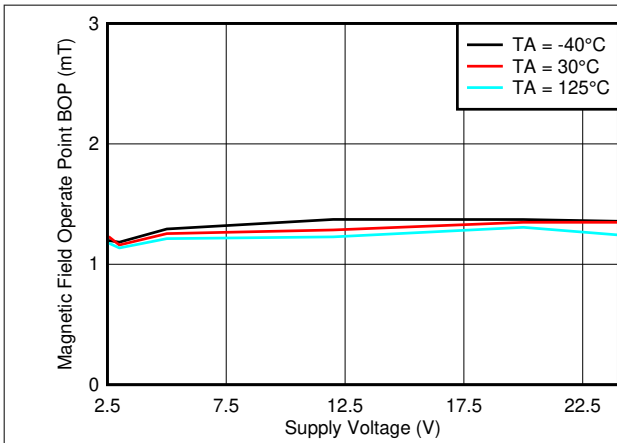


图 6-1. B_{OP_Z} 阈值与 V_{CC} 间的关系

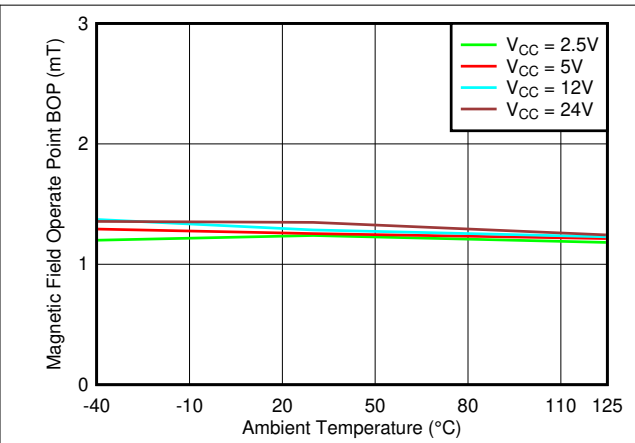


图 6-2. B_{OP_Z} 阈值与温度间的关系

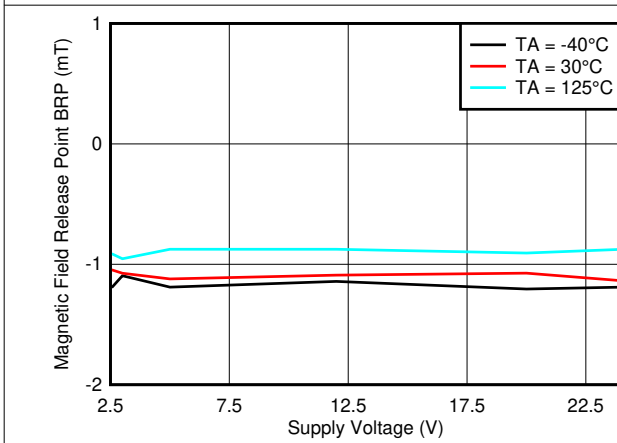


图 6-3. B_{RP_Z} 阈值与 V_{CC} 间的关系

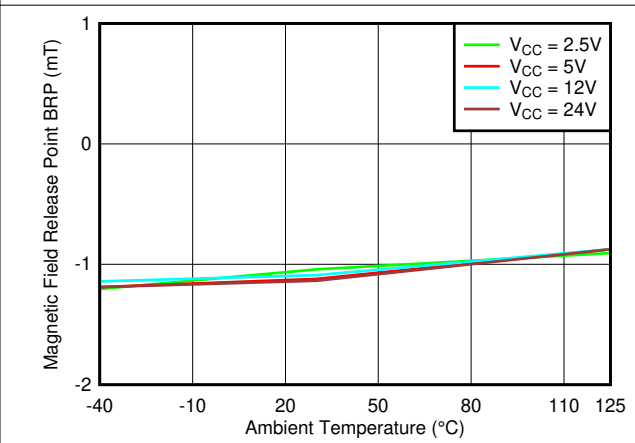


图 6-4. B_{RP_Z} 阈值与温度间的关系

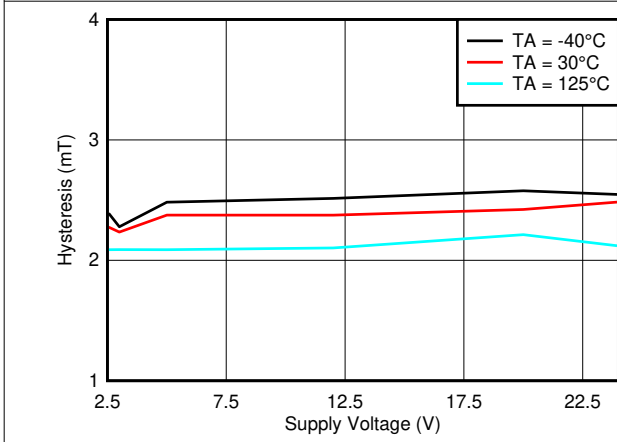


图 6-5. Hysteresis_Z 与 V_{CC} 间的关系

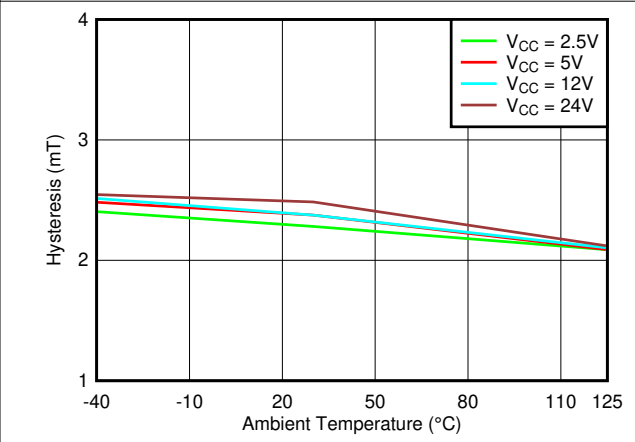
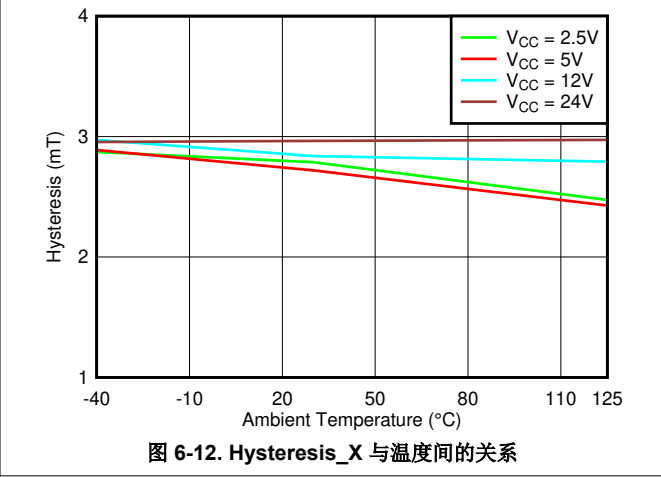
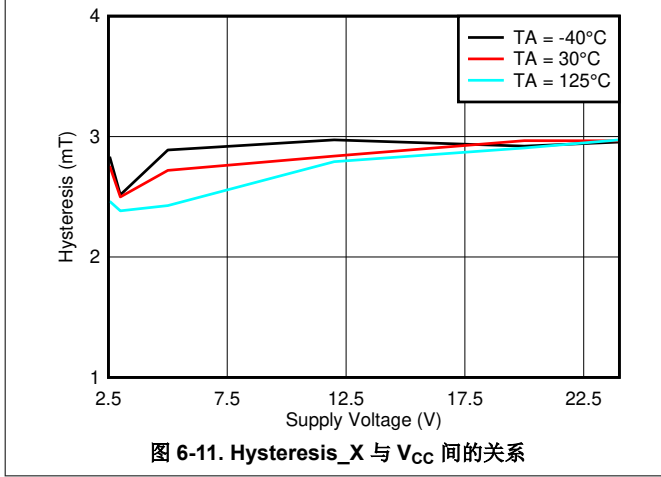
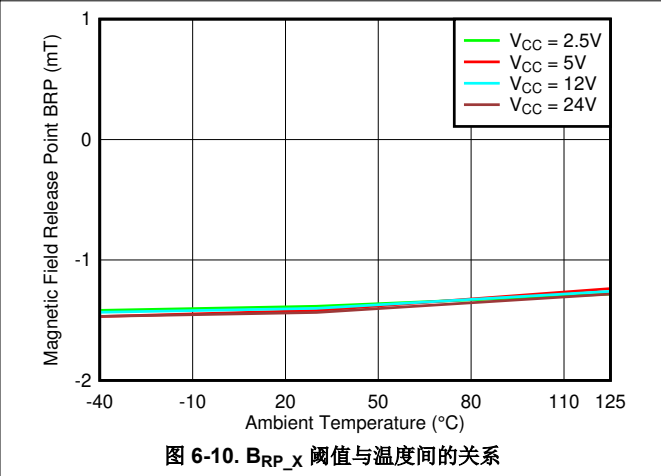
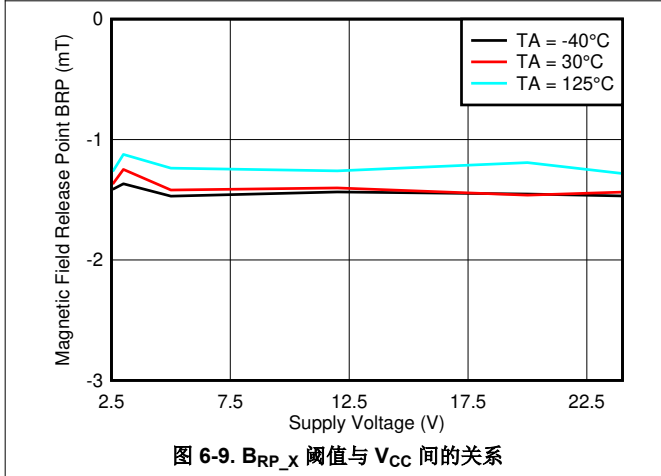
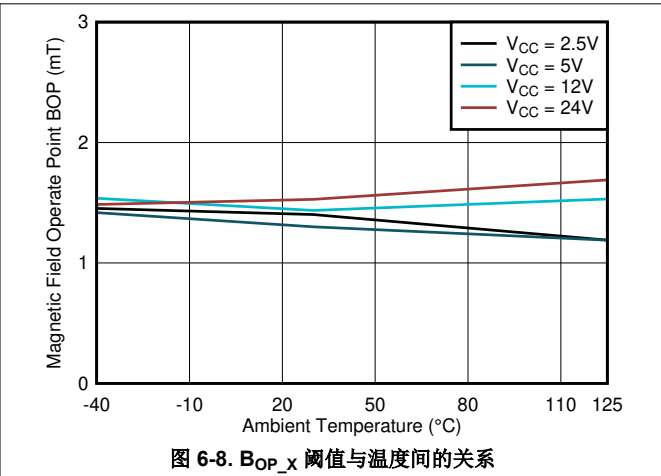
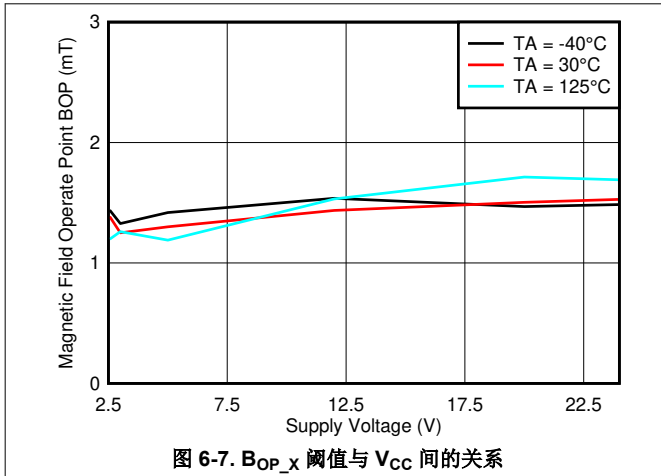


图 6-6. Hysteresis_Z 与温度间的关系

6.7 典型特性 (续)



6.7 典型特性 (续)

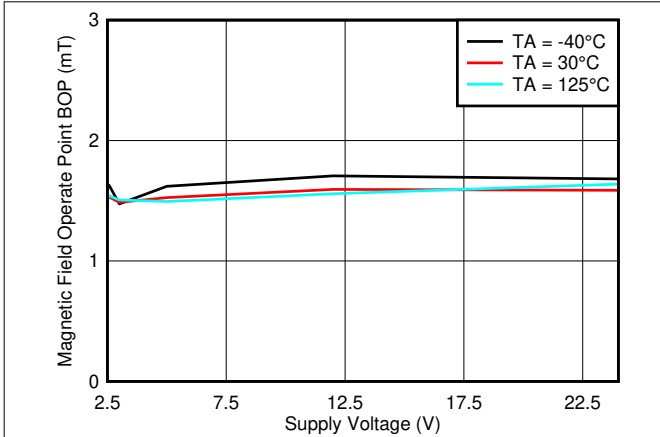


图 6-13. B_{OP_Y} 阈值与 V_{CC} 间的关系

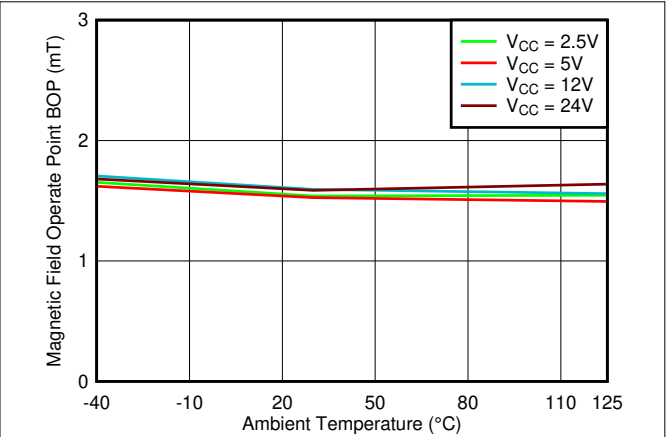


图 6-14. B_{OP_Y} 阈值与温度间的关系

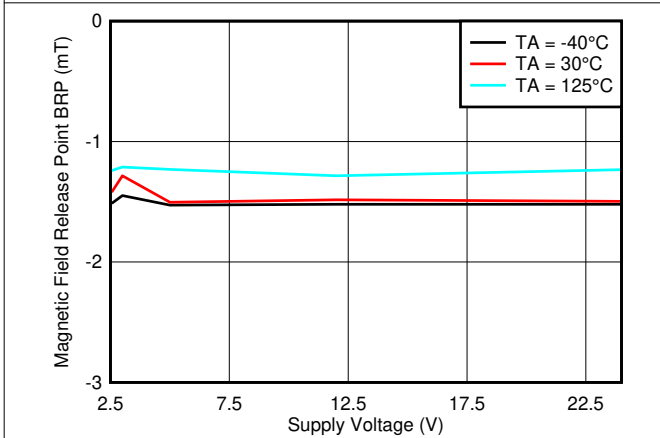


图 6-15. B_{RP_Y} 阈值与 V_{CC} 间的关系

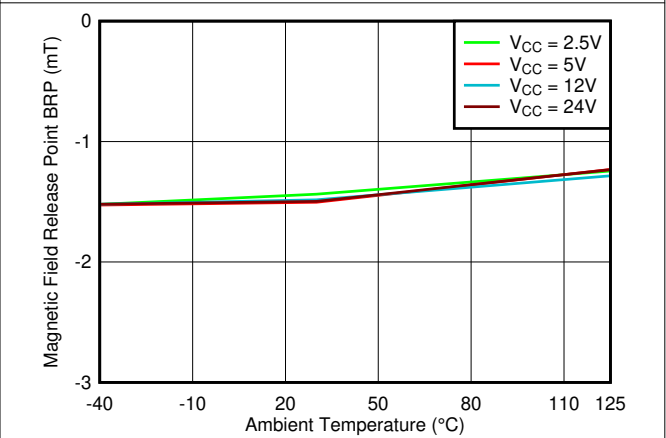


图 6-16. B_{RP_Y} 阈值与温度间的关系

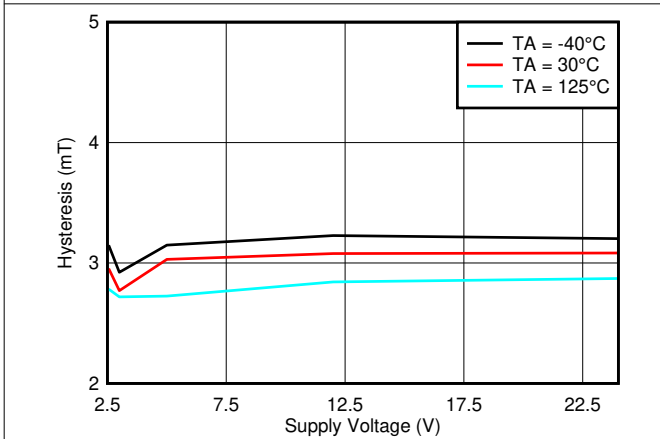


图 6-17. Hysteresis_Y 与 V_{CC} 间的关系

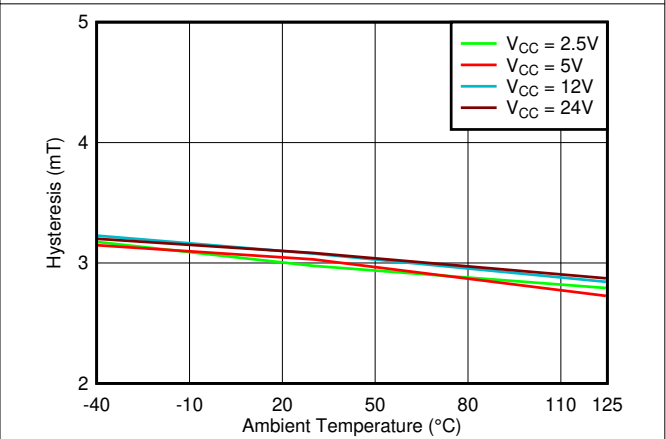
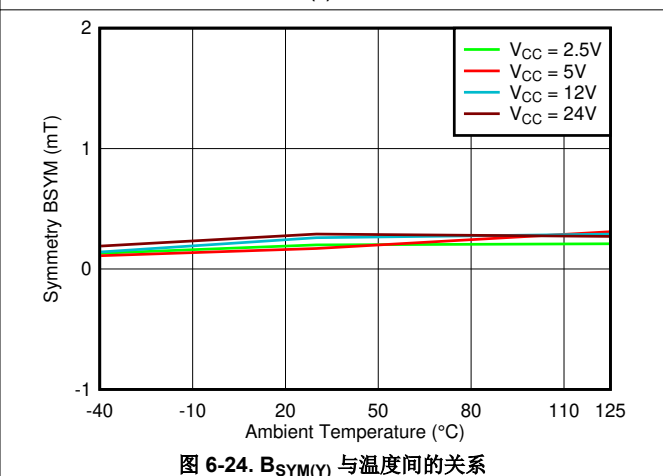
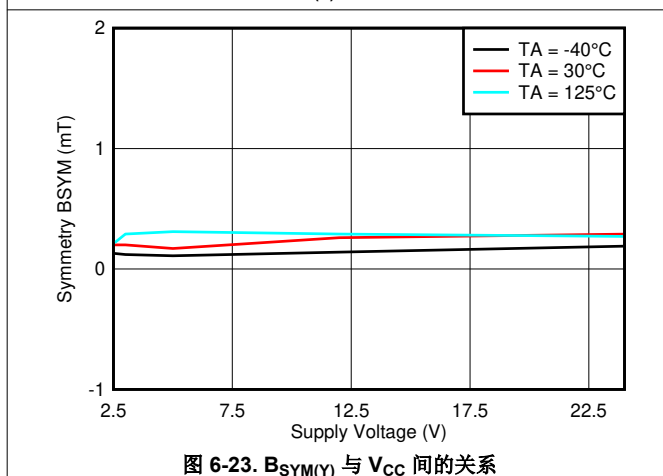
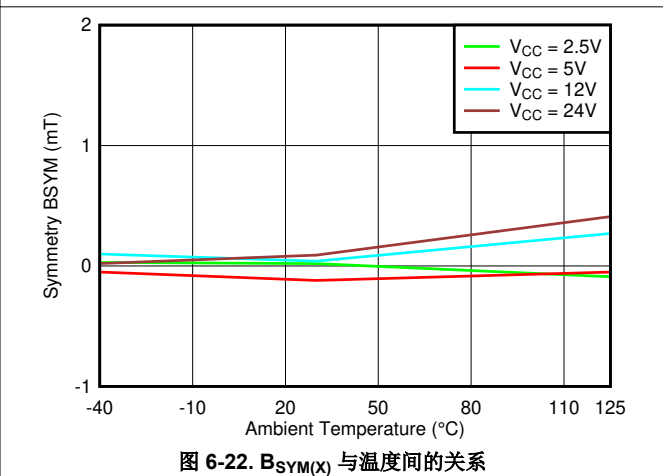
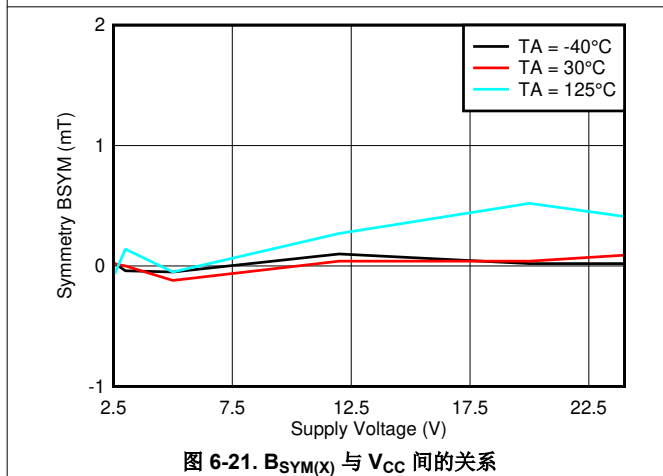
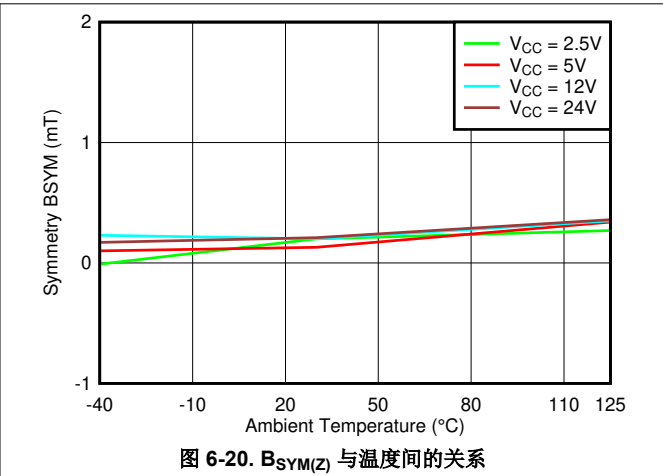
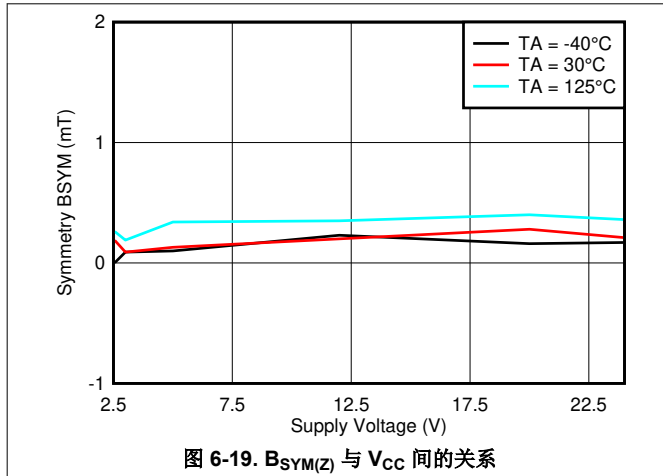
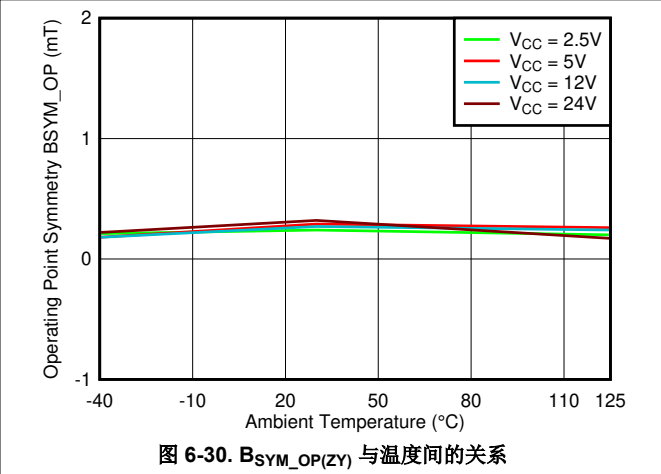
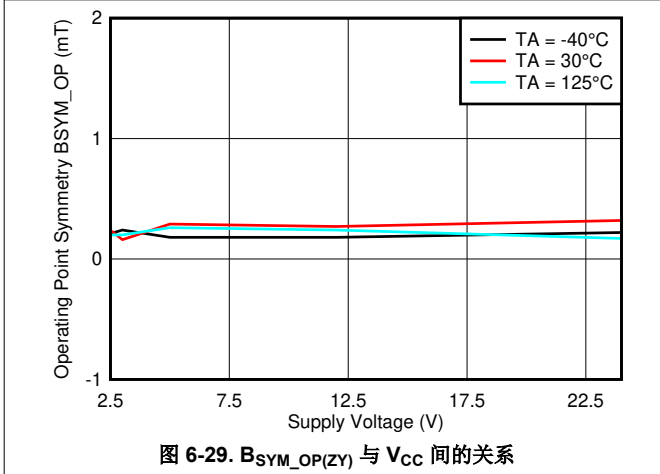
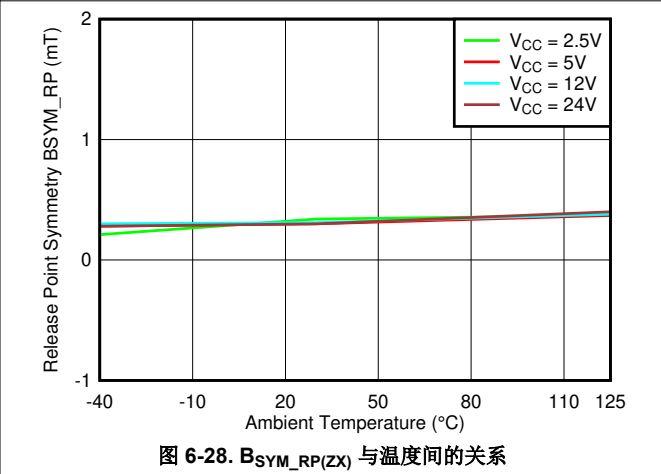
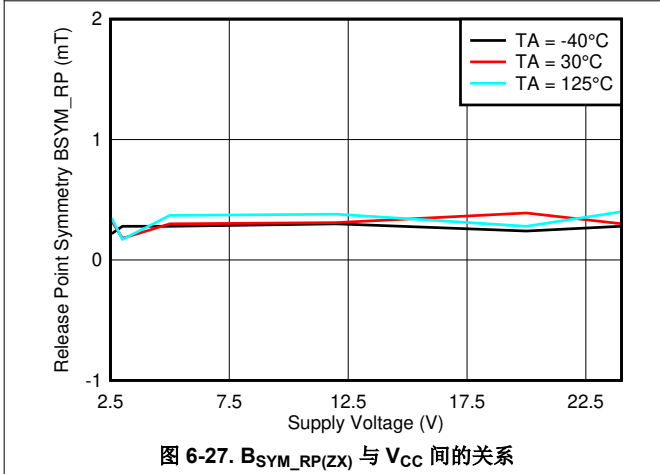
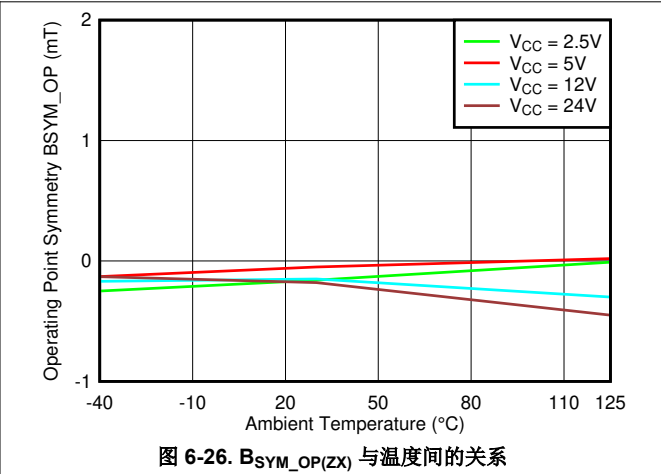
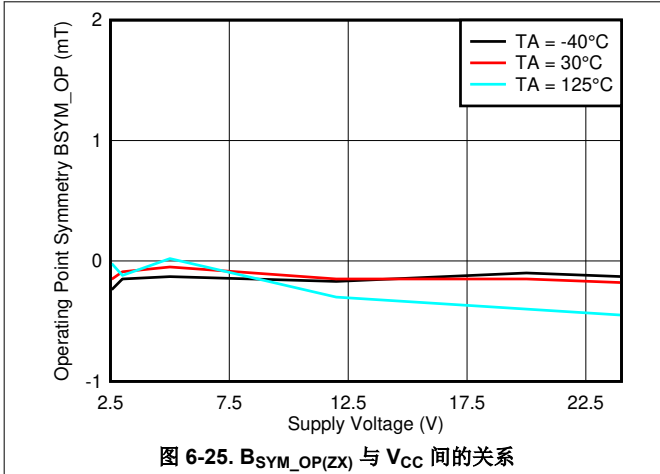


图 6-18. Hysteresis_Y 与温度间的关系

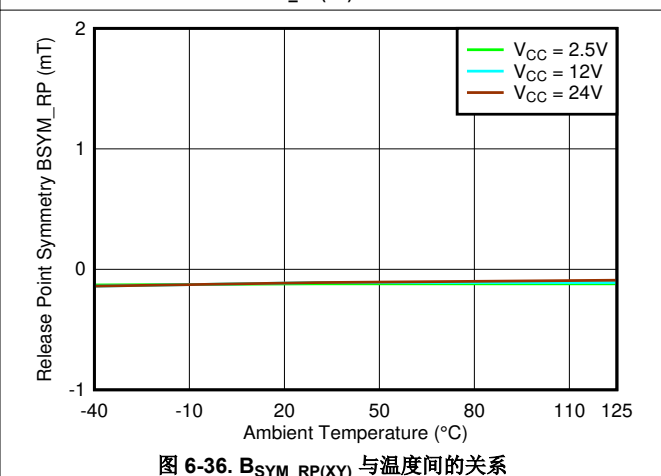
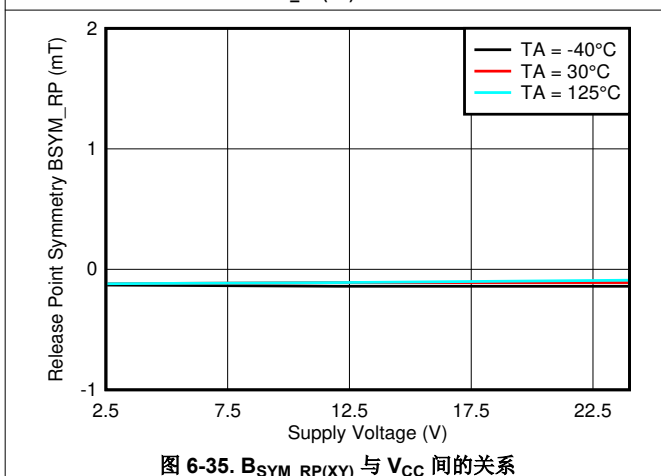
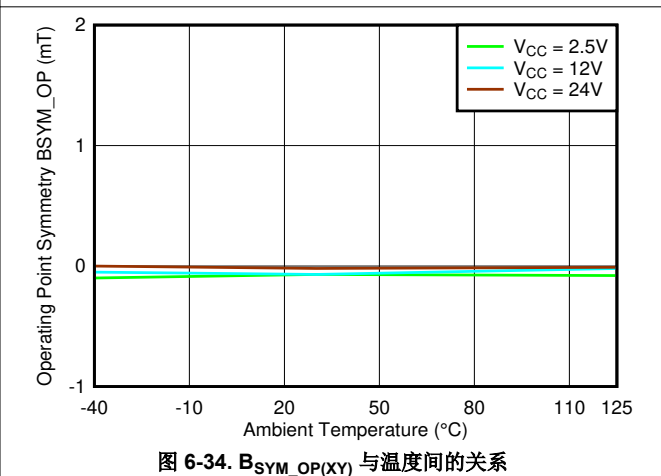
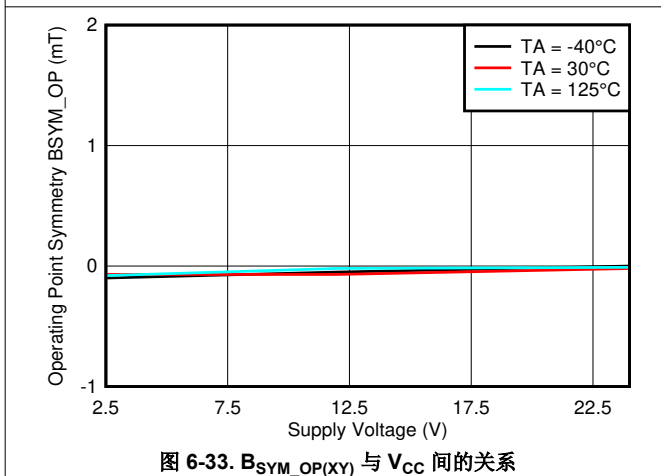
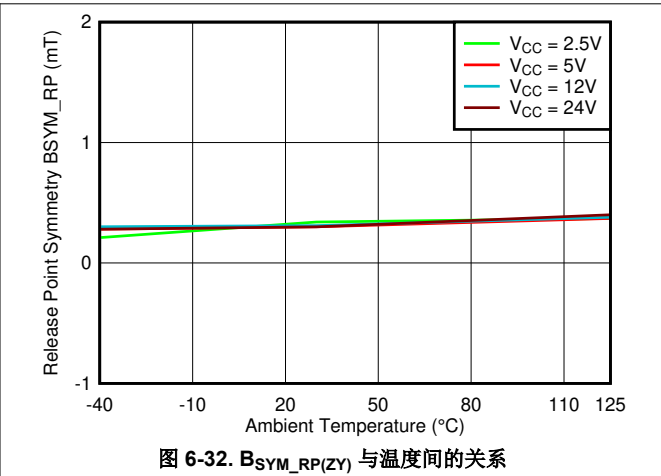
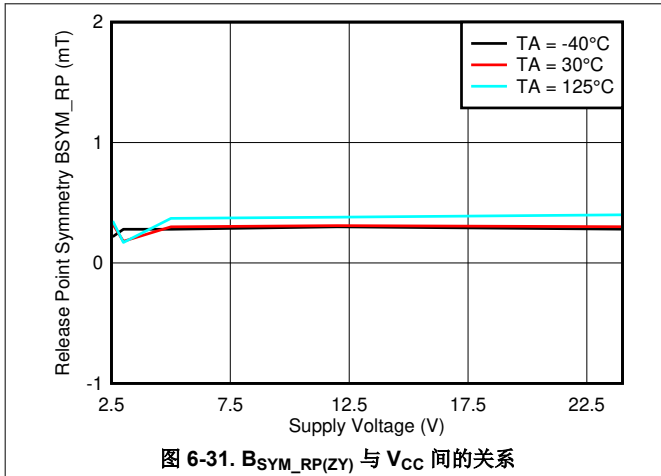
6.7 典型特性 (续)



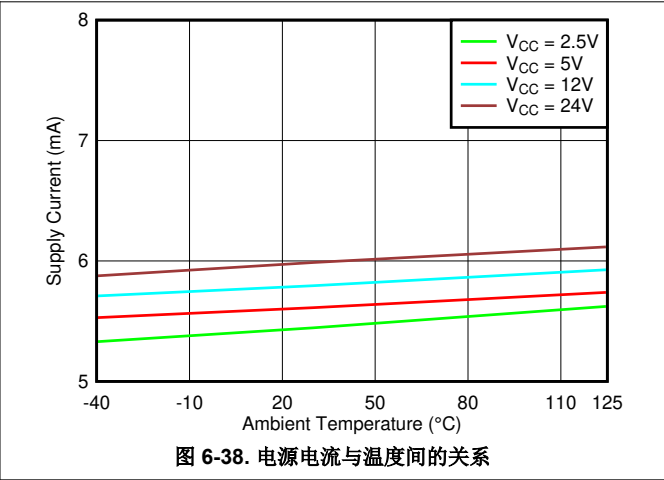
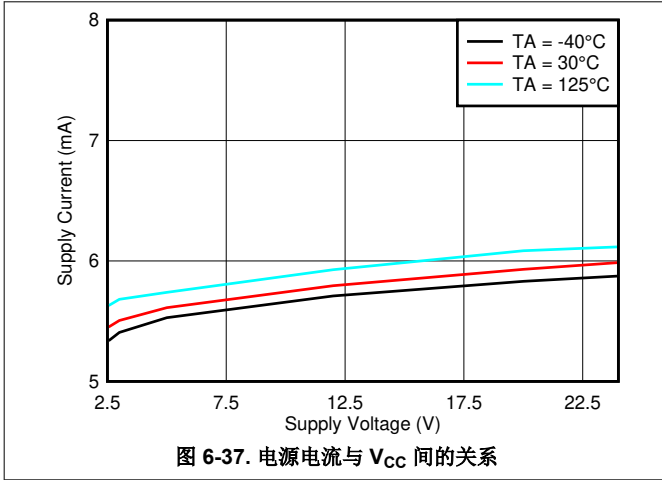
6.7 典型特性 (续)



6.7 典型特性 (续)



6.7 典型特性 (续)



6.7 典型特性 (续)

TMAG511xx4-Q1 版本

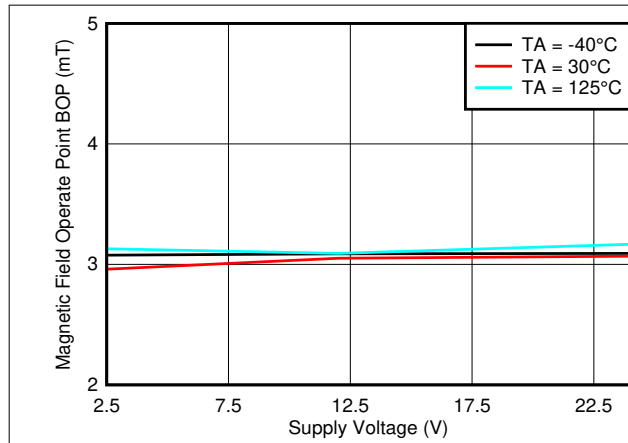


图 6-39. B_{OP_Z} 阈值与 V_{CC} 间的关系

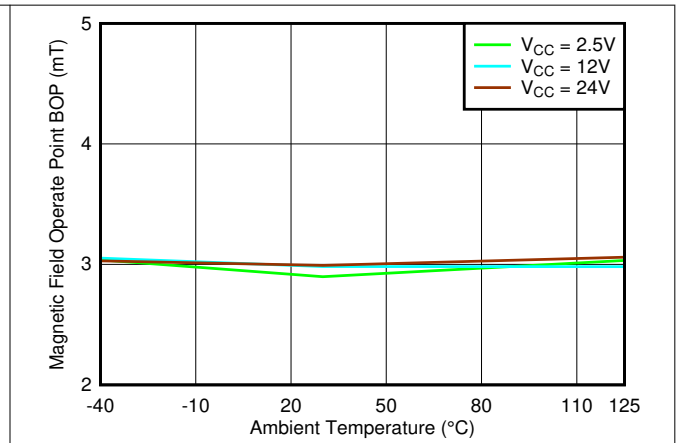


图 6-40. B_{OP_Z} 阈值与温度间的关系

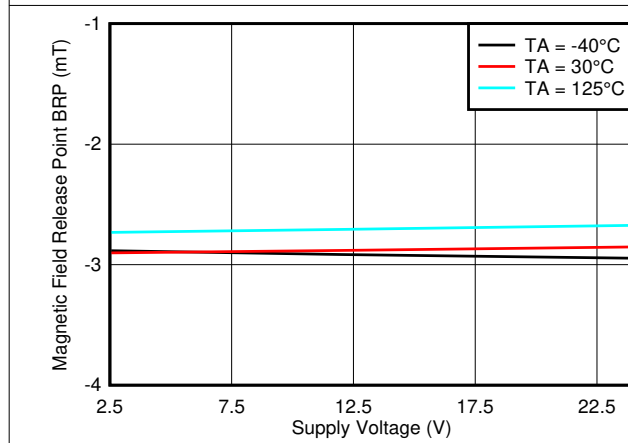


图 6-41. B_{RP_Z} 阈值与 V_{CC} 间的关系

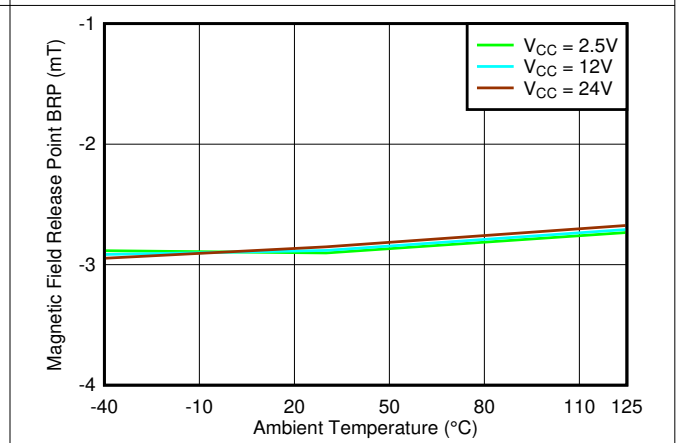


图 6-42. B_{RP_Z} 阈值与温度间的关系

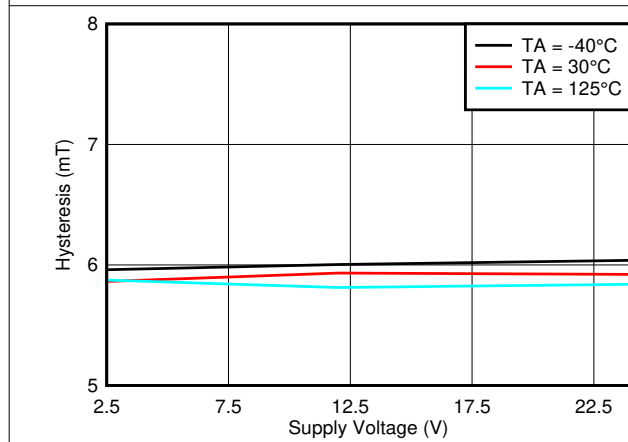


图 6-43. Hysteresis_Z 与 V_{CC} 间的关系

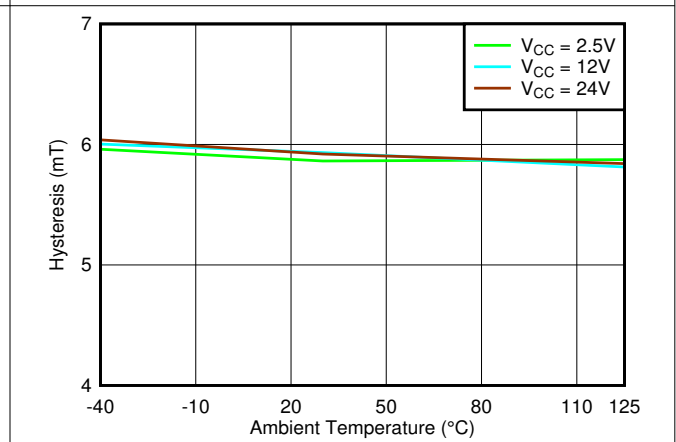


图 6-44. Hysteresis_Z 与温度间的关系

6.7 典型特性 (续)

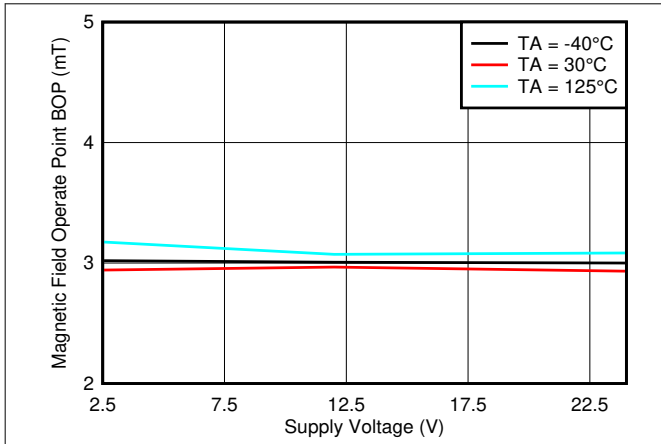


图 6-45. B_{OP_X} 阈值与 V_{CC} 间的关系

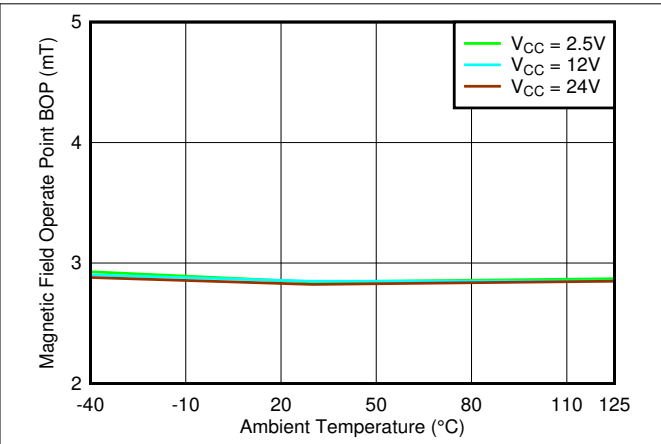


图 6-46. B_{OP_X} 阈值与温度间的关系

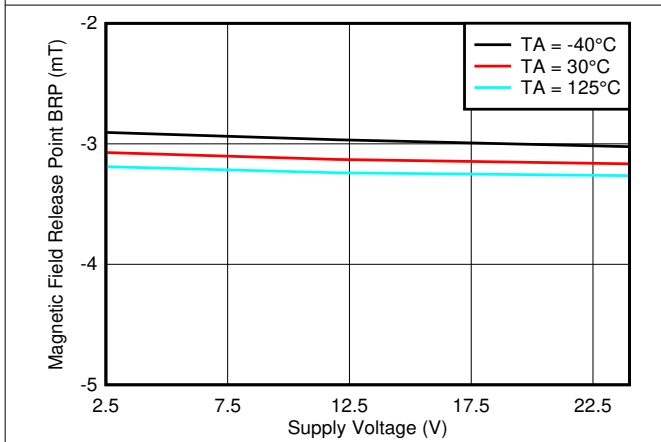


图 6-47. B_{RP_X} 阈值与 V_{CC} 间的关系

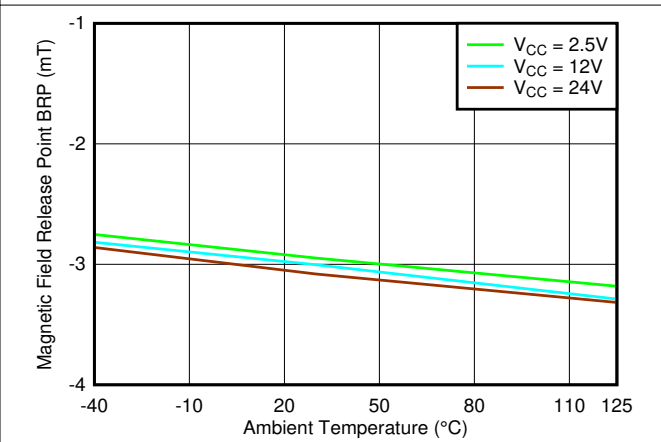


图 6-48. B_{RP_X} 阈值与温度间的关系

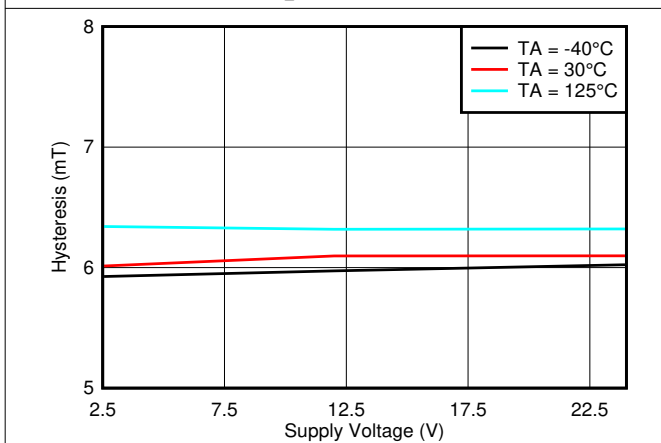


图 6-49. Hysteresis_X 与 V_{CC} 间的关系

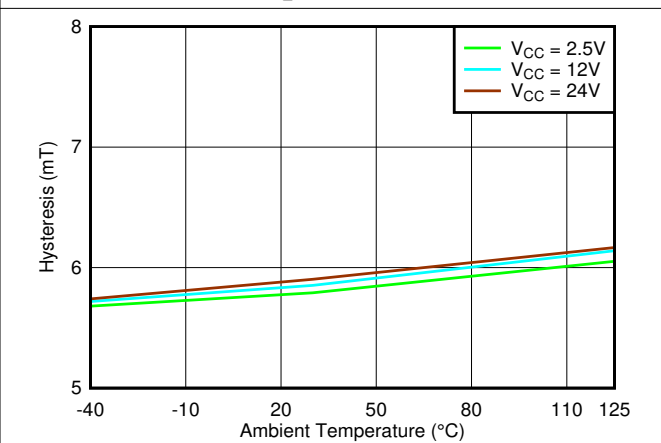


图 6-50. Hysteresis_X 与温度间的关系

6.7 典型特性 (续)

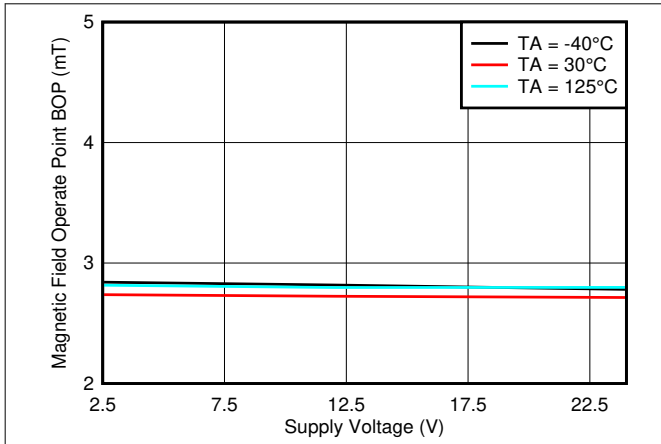


图 6-51. B_{OP_Y} 阈值与 V_{CC} 间的关系

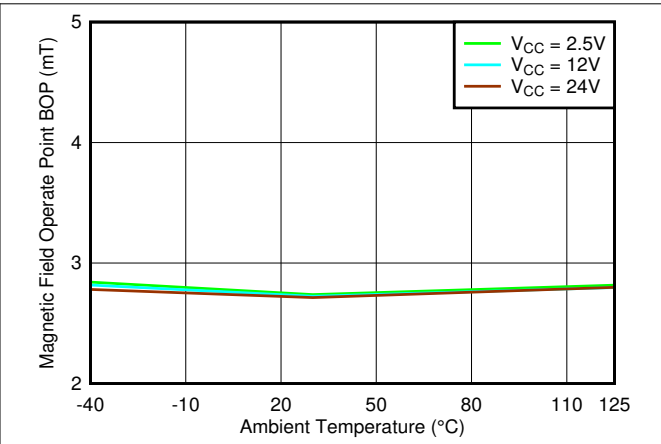


图 6-52. B_{OP_Y} 阈值与温度间的关系

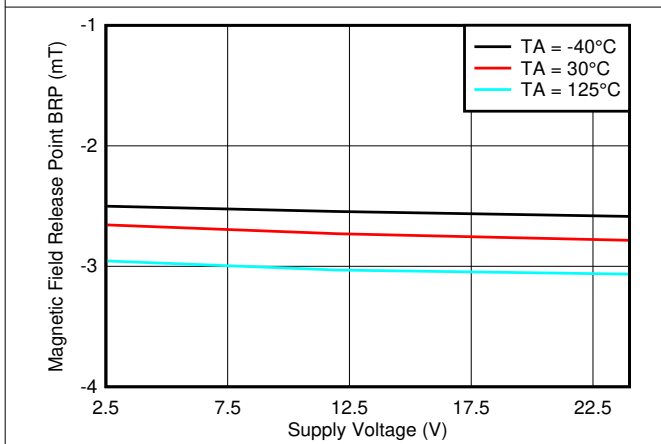


图 6-53. B_{RP_Y} 阈值与 V_{CC} 间的关系

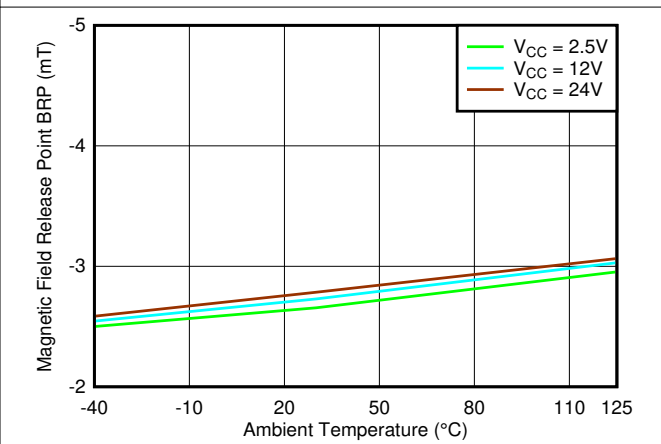


图 6-54. B_{RP_Y} 阈值与温度间的关系

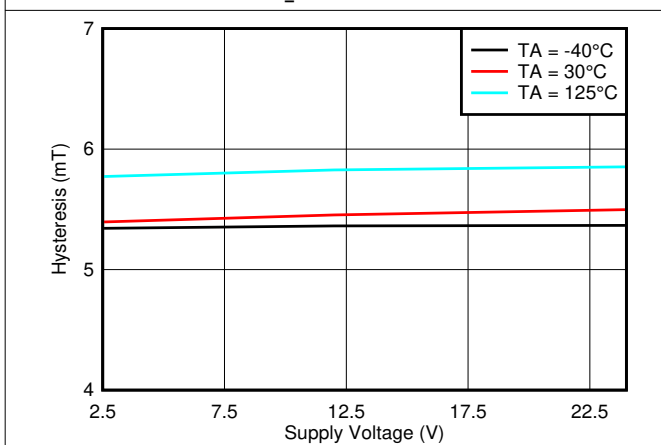


图 6-55. Hysteresis_Y 与 V_{CC} 间的关系

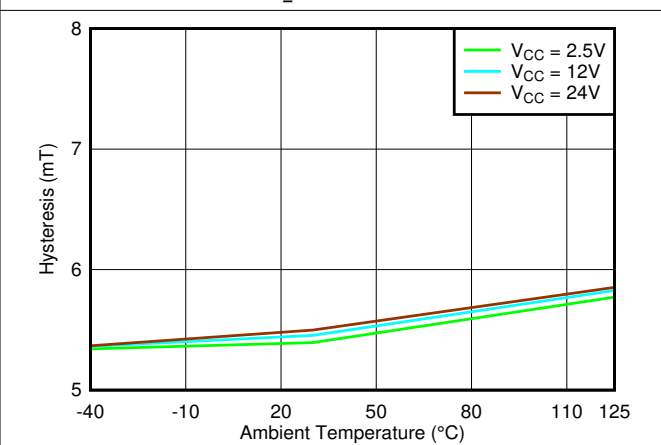


图 6-56. Hysteresis_Y 与温度间的关系

6.7 典型特性 (续)

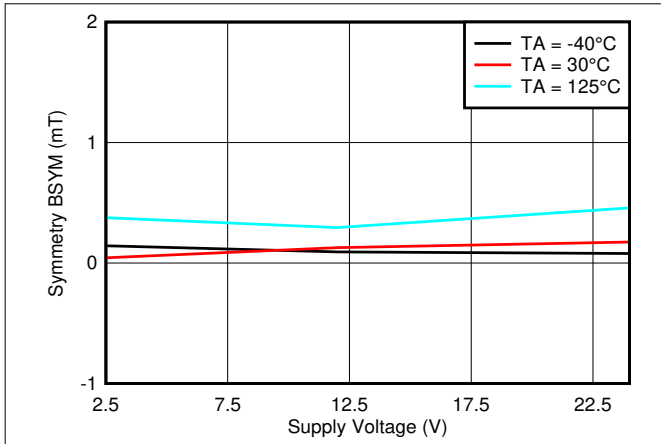


图 6-57. $B_{SYM(z)}$ 与 V_{CC} 间的关系

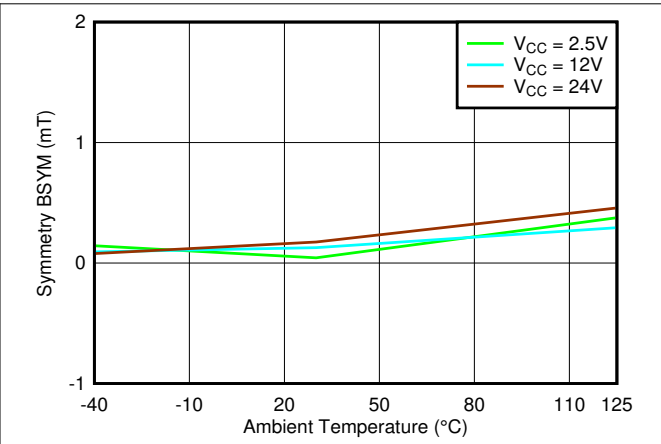


图 6-58. $B_{SYM(z)}$ 与温度间的关系

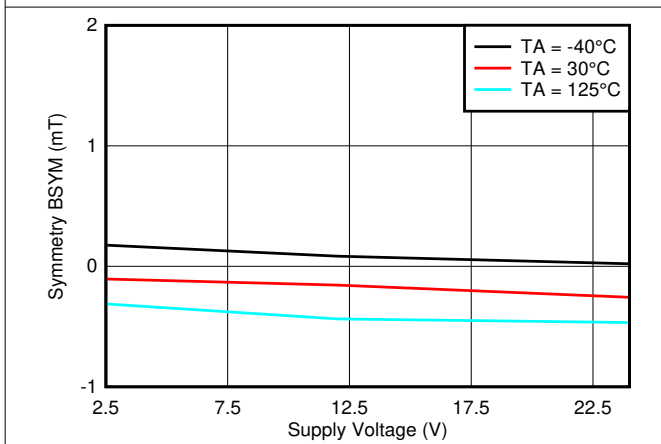


图 6-59. $B_{SYM(x)}$ 与 V_{CC} 间的关系

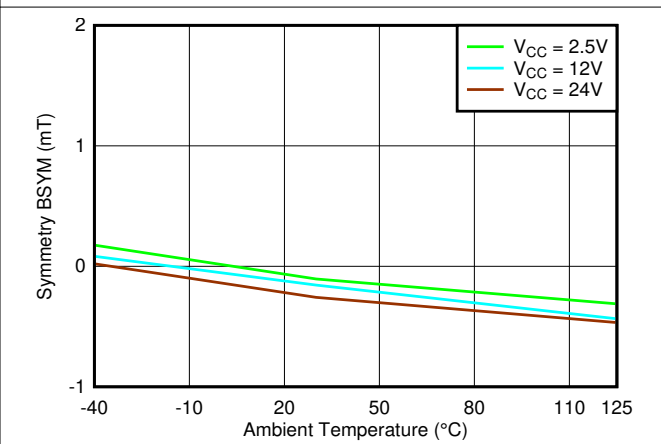


图 6-60. $B_{SYM(x)}$ 与温度间的关系

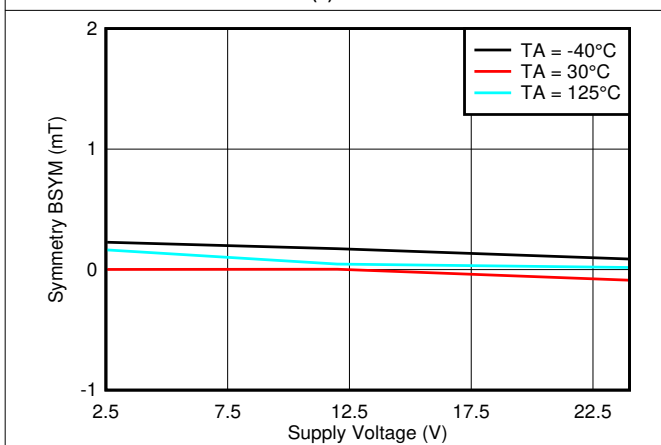


图 6-61. $B_{SYM(y)}$ 与 V_{CC} 间的关系

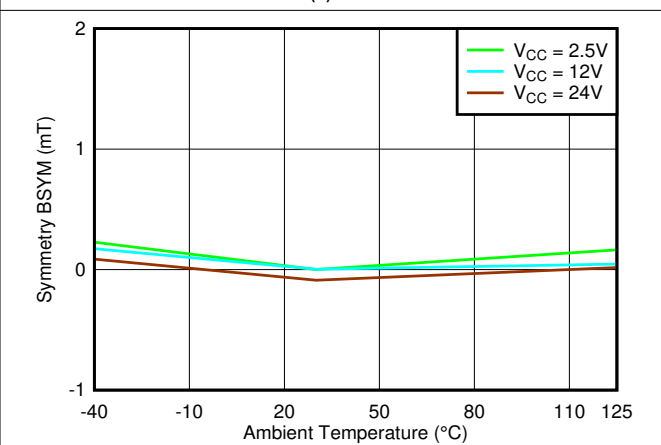


图 6-62. $B_{SYM(y)}$ 与温度间的关系

6.7 典型特性 (续)

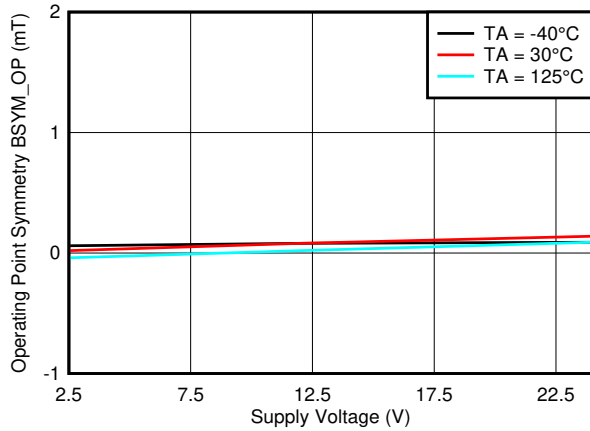


图 6-63. $B_{SYM_OP(ZX)}$ 与 V_{CC} 间的关系

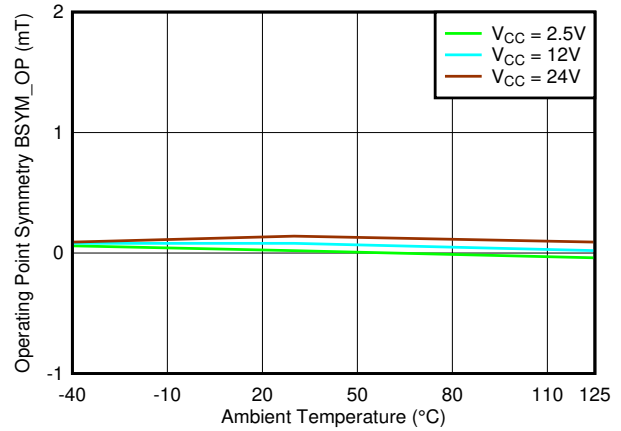


图 6-64. $B_{SYM_OP(ZX)}$ 与温度间的关系

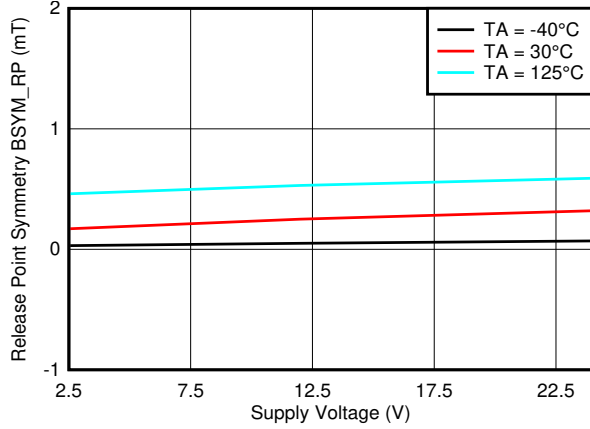


图 6-65. $B_{SYM_RP(ZX)}$ 与 V_{CC} 间的关系

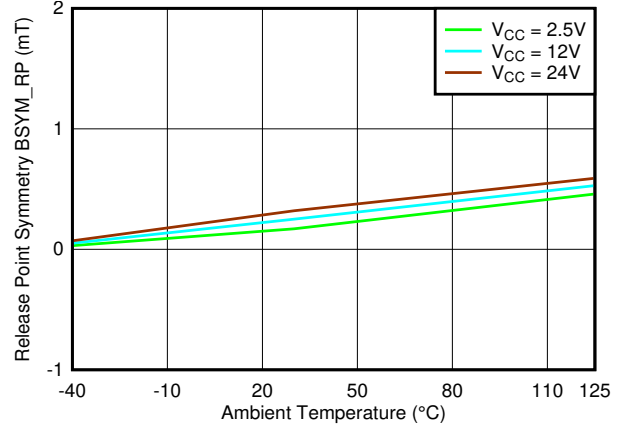


图 6-66. $B_{SYM_RP(ZX)}$ 与温度间的关系

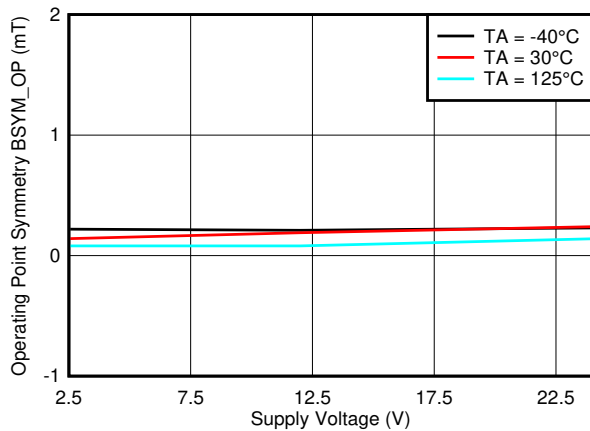


图 6-67. $B_{SYM_OP(ZY)}$ 与 V_{CC} 间的关系

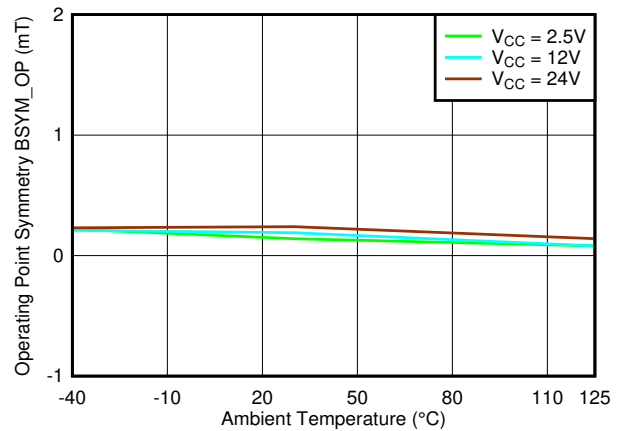
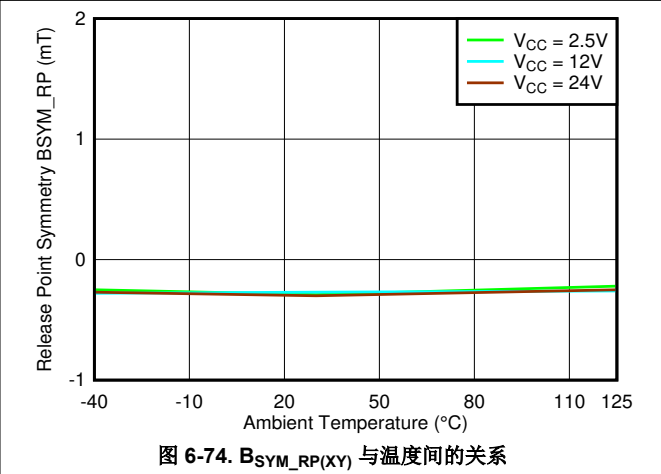
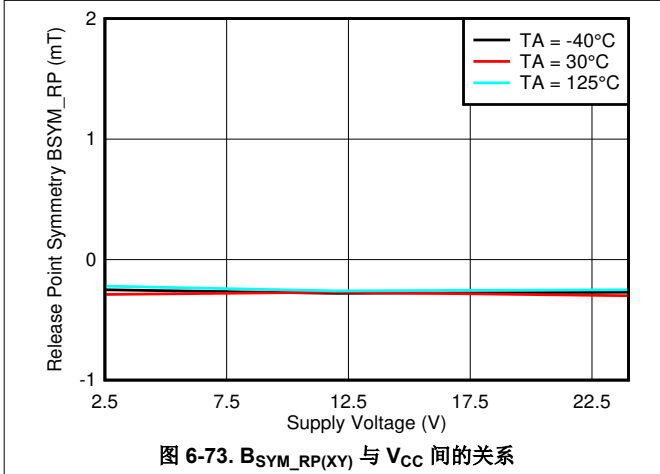
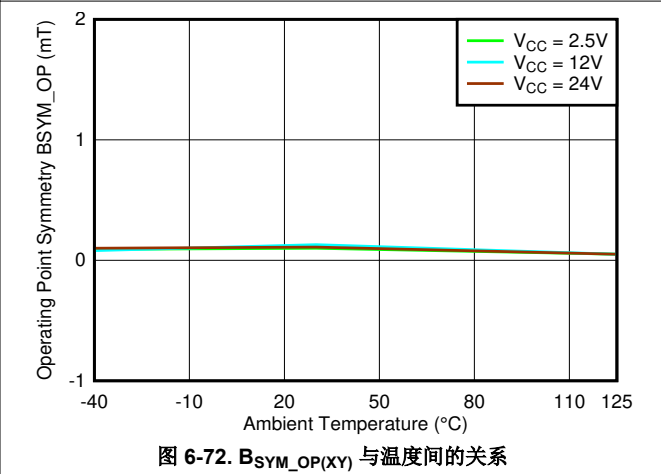
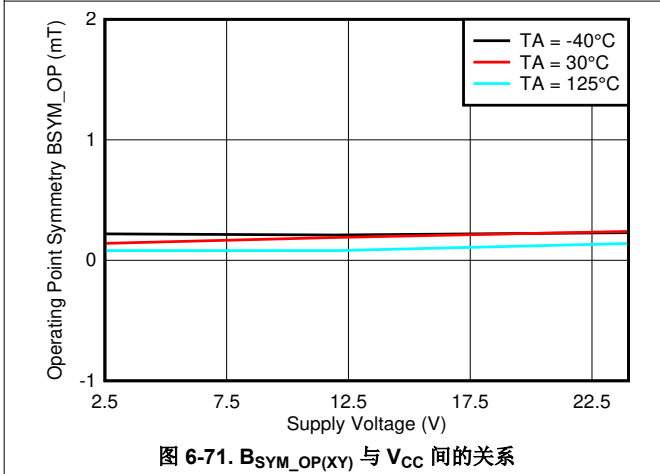
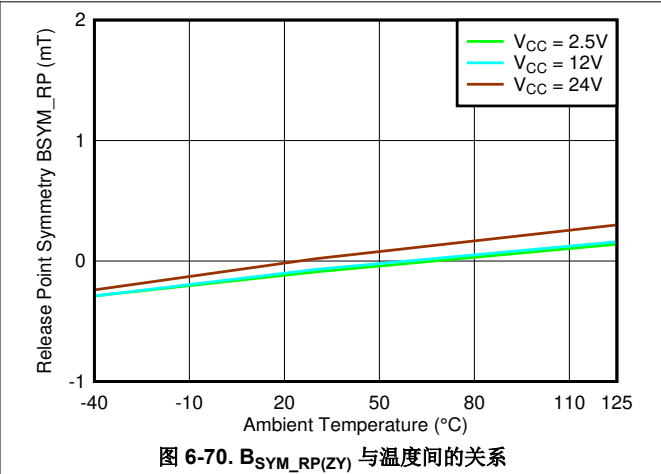
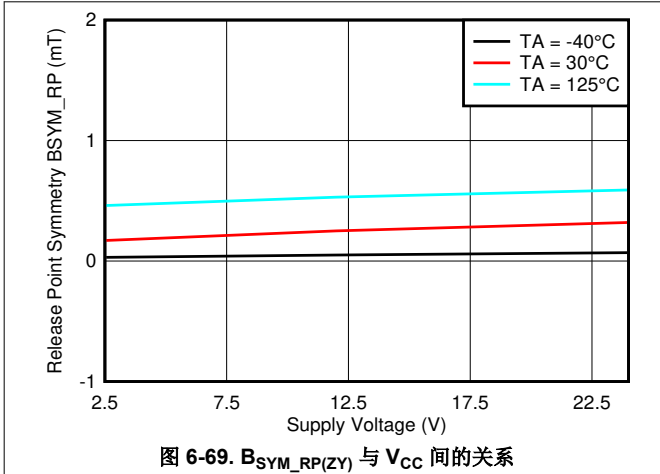
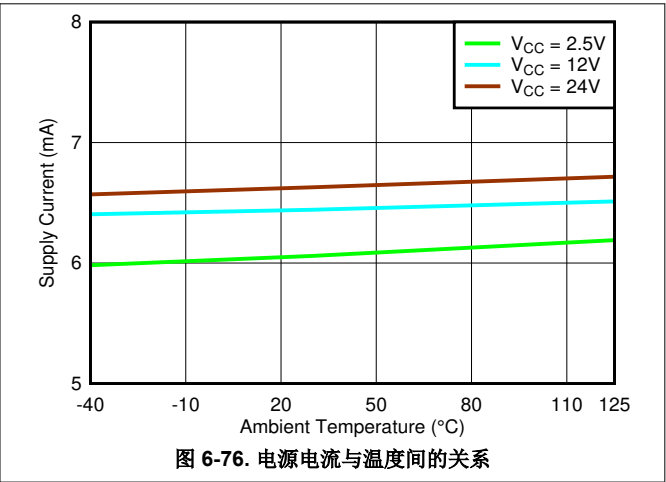
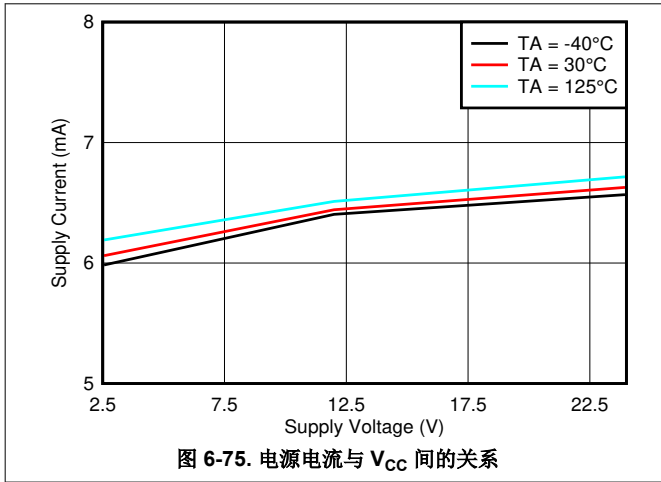


图 6-68. $B_{SYM_OP(ZY)}$ 与温度间的关系

6.7 典型特性 (续)



6.7 典型特性 (续)



7 详细说明

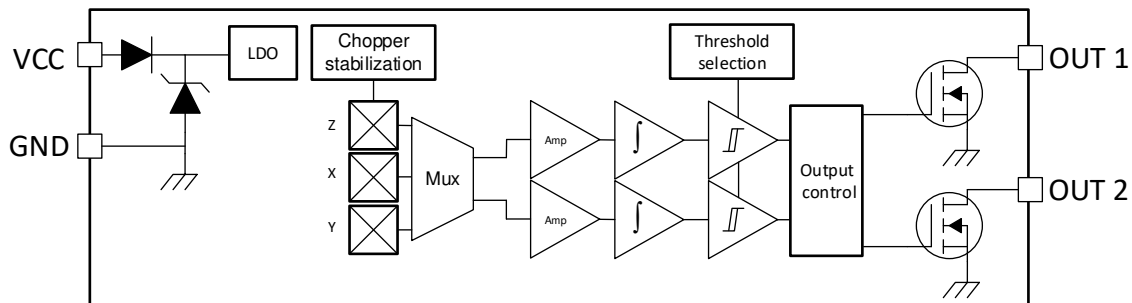
7.1 概述

TMAG5110-Q1 和 TMAG5111-Q1 是双路斩波稳定型霍尔效应传感器，具有两个数字锁存输出，适用于旋转磁感应应用。TMAG511x-Q1 器件可由 2.5V 至 38V 之间的电源电压供电，并可承受连续 -20V 的反向电池情况。TMAG511x-Q1 器件仅在 V_{CC} 引脚上施加 2.5V 至 38V 电压时工作（相对于 GND 引脚）。此外，该器件可承受高达 40V 的瞬态持续电压。

需要交替变化北磁极和南磁极，来切换每个霍尔效应锁存器的输出。

该器件提供标准的 3mT 典型工作点以及高灵敏度 1.4mT 典型工作点。更高的磁性灵敏度可实现灵活的低成本磁体选型和机械部件放置。TMAG511x-Q1 还提供了三个 2 轴组合选项（X-Y、Z-X、Z-Y），以支持相对于磁体的多种灵活安装方向。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 2D 描述

7.3.1.1 2D 一般说明和优势

了解 2D 双锁存霍尔传感器优势的最佳方式是将其行为与市场中的其他解决方案进行比较。两种常见的方法是：双平面霍尔锁存传感器或两个单霍尔锁存传感器。这些方法用于旋转编码或速度和方向检测等应用。原理是将两个传感器以一定的角度分开，以便它们能够感应相同的磁场，但具有固定的相位差。信号的频率将提供速度或增量信息，相位将提供旋转方向。为了便于读取，两个信号应尽可能接近正交信号，这意味着两个信号之间存在 90° 相移。要使创建的两个信号为正交信号，必须将两个锁存器之间的距离保持为 1/2 极 + n 极。

TMAG511x-Q1 可用于代替双平面霍尔锁存器或两个单霍尔锁存传感器。TMAG511x-Q1 具有两个集成的霍尔锁存传感器，彼此的间隔角为 90°，这使得每个传感器能够检测同一磁场的正交分量。对于 A、B 和 C 器件型号，检测到的磁场方向分别为 XY、ZX 和 ZY。根据设计，这些组件中的每一个彼此相差 90°，因此输出信号也将以相同的角度值进行分离。无论要捕获磁场的两个正确分量的传感器置于何处，输出都将互为正交。图 7-1 显示了当器件靠近环形磁体时，两种不同类型的传感器的结果。

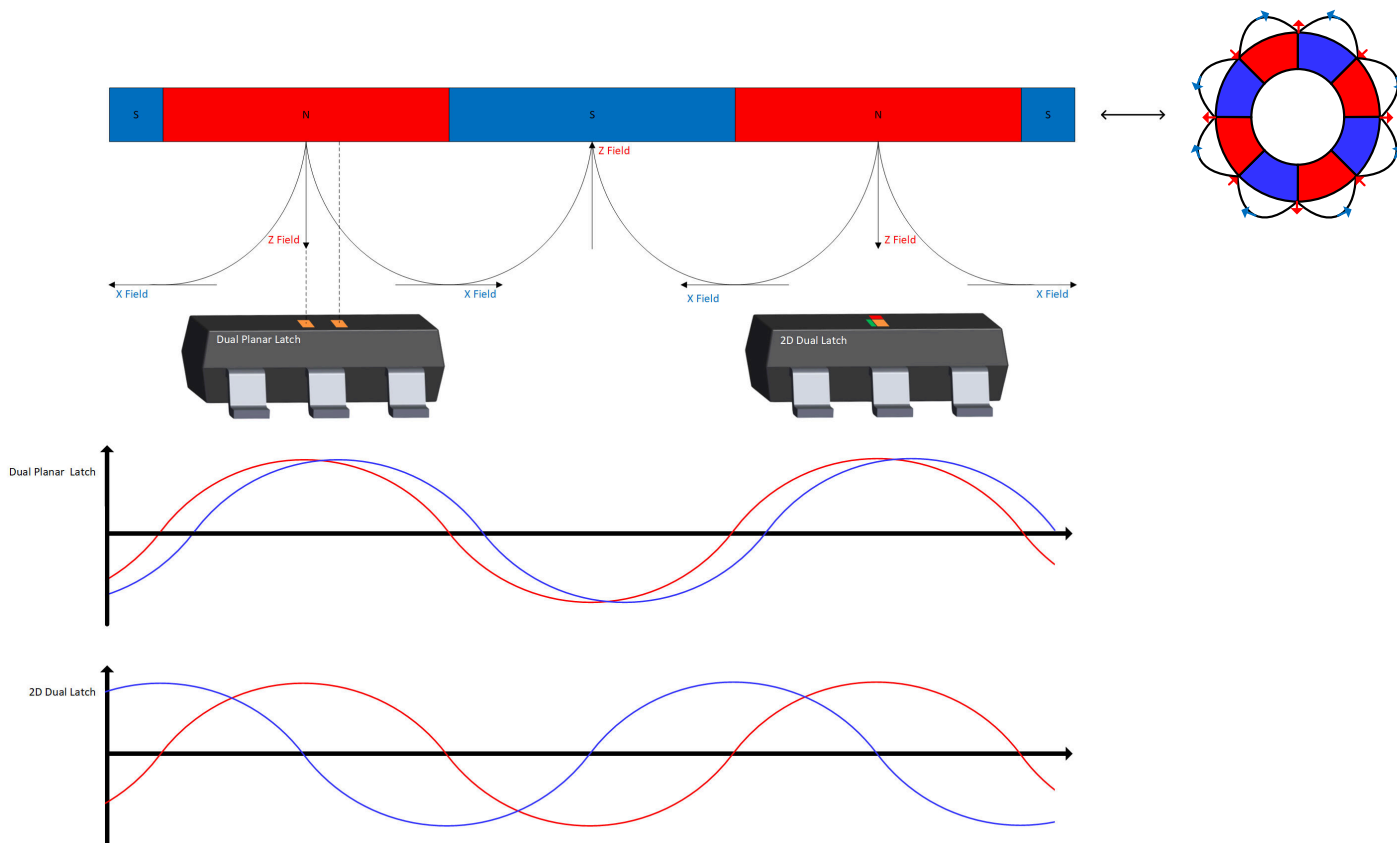


图 7-1. 双平面锁存器与 2D 双锁存器

7.3.1.2 2D 磁传感器响应

TMAG5110-Q1 具有两个集成锁存器，其结果更新通过 OUT1 和 OUT2 引脚输出。因此，这两个输出均具有锁存功能。图 7-2 显示了每个输出对不同磁极的响应。

TMAG5111-Q1 输出并未直接连接到两个集成锁存器。可通过附加处理来生成速度和方向输出。

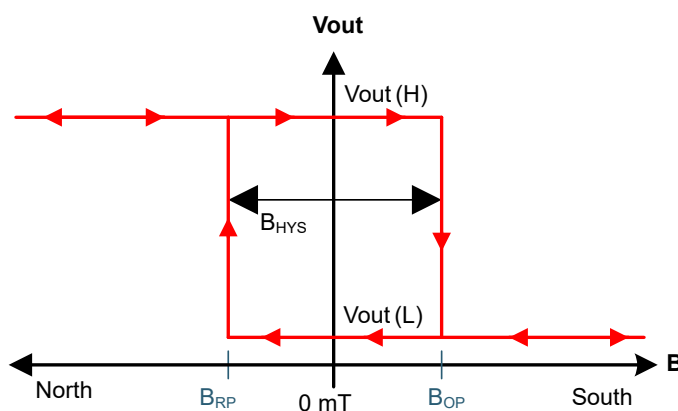


图 7-2. 锁存器功能

图 7-3 显示了 TMAG5110-Q1 和 TMAG5111-Q1 对正弦场的磁响应。正弦曲线表示对两个集成霍尔传感器所见磁性的评估。

TMAG5110-Q1 响应显示了这两个输出对此信号的反应为：一旦磁场高于 B_{OP} ，输出将变为低电平；当磁场低于 B_{RP} 时，输出将变为高电平。

TMAG5111-Q1 响应显示了如何处理这两个信号，以创建速度输出和方向输出。

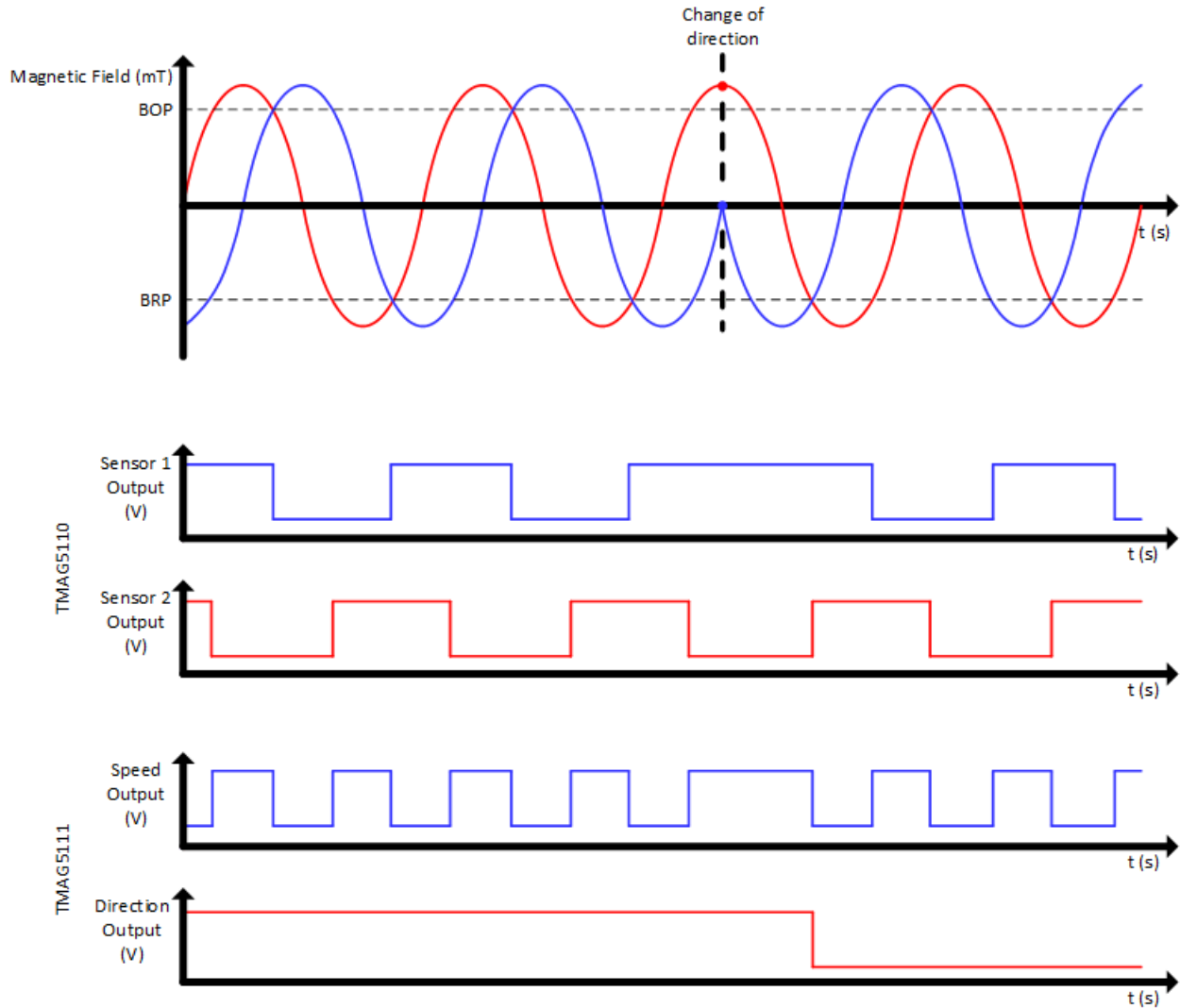


图 7-3. TMAG511x-Q1 输出行为

7.3.1.3 轴极性

图 7-4 显示了每个轴对南极敏感的方向。此外，这也说明相反方向对北极敏感。

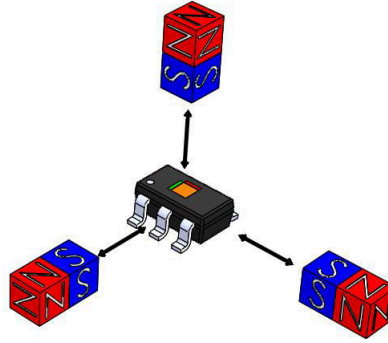


图 7-4. 轴极性

7.3.2 轴选项

7.3.2.1 器件与磁体放置在同一平面

磁体的外边缘是磁场最强的位置。将传感器放置在磁体的外边缘处，可使传感器在距离和灵敏度选择方面获得最大的灵活性。以下各图显示了在磁体和传感器放置方面，如何使用 TMAG511x-Q1 的不同版本。

图 7-5 和图 7-6 中展示选项由 X 和 Y 轴组成，支持将传感器放置在与环形磁体相同的平面上。传感器可以面向磁铁放置，或在磁铁侧面放置。该器件还可以沿 Z 轴旋转 180 度。

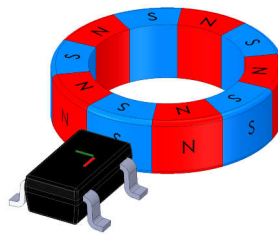


图 7-5. XY 外边缘 1

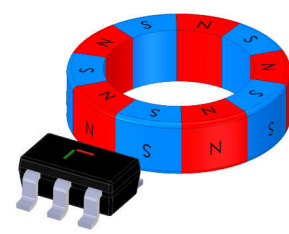


图 7-6. XY 外边缘 2

图 7-7 和图 7-8 中展示选项由 Z 轴和 X 轴组成，支持将传感器放置在磁体下方，或将器件的正面朝向磁体放置。该器件还可以沿 Z 轴旋转 180 度。



图 7-7. ZX 外边缘 1



图 7-8. ZX 外边缘 2

图 7-9 和图 7-10 中展示选项由 Z 轴和 Y 轴组成，支持将传感器以不同方向放置在磁体下方，或将器件的侧面朝向环形磁体放置。该器件还可以沿 Z 轴旋转 180 度。



图 7-9. ZY 外边缘 1



图 7-10. ZY 外边缘 1

7.3.2.2 将器件放置在磁体侧边缘

磁体的侧边缘也可提供磁场，但该磁场比外边缘的磁场弱得多。将传感器放置在侧边缘，会使器件与环形磁体之间放置距离的灵活性降至最低。2mT 版本具有高灵敏度，能实现将器件放置在侧边缘时与放置在外边缘时具有相同的效果。然而，如果传感器必须安装在磁体直径范围内，此选项会很有用。

图 7-11 和图 7-12 中展示的选项由 X 和 Y 轴组成，支持将传感器面向磁体的侧边缘放置。传感器侧面也可以贴着磁体侧边缘放置。该器件还可以沿 Z 轴旋转 180 度。

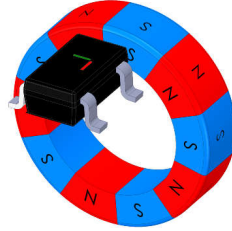


图 7-11. XY 侧边缘 1

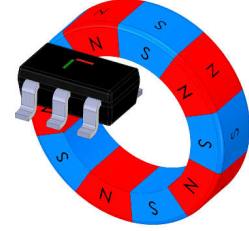


图 7-12. XY 侧边缘 2

图 7-13 和图 7-14 中展示的选项由 Z 和 X 轴组成，是传感器面向磁体的侧边缘放置的另一种方式。传感器顶部也可以面向磁体的侧边缘放置。该器件还可以沿 Z 轴旋转 180 度。



图 7-13. ZX 侧边缘 1

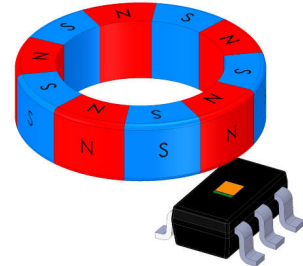


图 7-14. ZX 侧边缘 2

图 7-15 和图 7-16 中展示的选项由 Z 轴和 Y 轴组成，支持将传感器放置在磁体的侧边缘（引脚面向磁体），或将传感器顶部面向磁体的侧边缘放置。该器件还可以沿 Z 轴旋转 180 度。

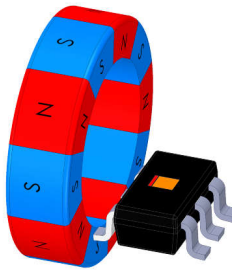


图 7-15. ZY 侧边缘 1

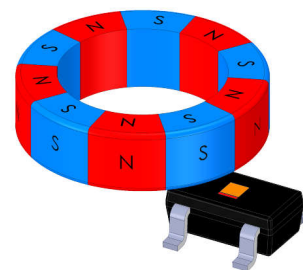


图 7-16. ZY 侧边缘 1

7.3.3 上电时间

图 7-17 显示了当磁场低于 B_{OP} 阈值时，施加 V_{CC} 电压后器件的行为。达到 V_{CC} 的最小值时，TMAG5110-Q1 将需要时间 t_{ON} 来上电，然后需要时间 t_{PD} 将输出更新为高电平。

图 7-18 显示了当磁场高于 B_{OP} 阈值时，施加 V_{CC} 电压后器件的行为。达到 V_{CC} 的最小值时，TMAG5110-Q1 将需要时间 t_{ON} 来上电，然后需要时间 t_{PD} 将输出更新为高电平。

对于 TMAG5111-Q1，上电行为为类似，但在 t_{PD} 时间内 OUT1 将更新为低电平。OUT2 将在 t_{PD} 时间内更新为高电平。上电序列之后的输出值将取决于磁体放置、旋转感应和器件型号。

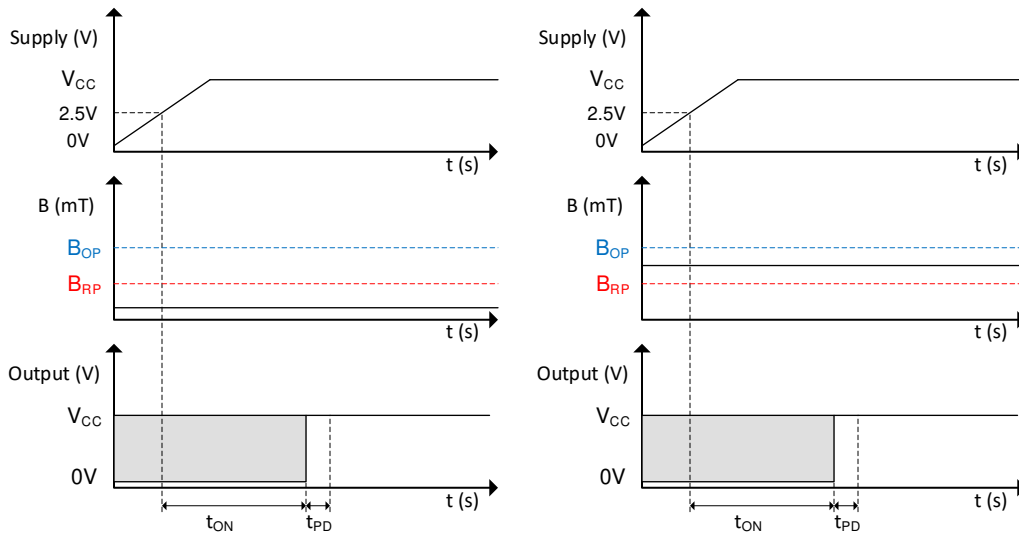


图 7-17. $B < B_{OP}$ 时的上电时间

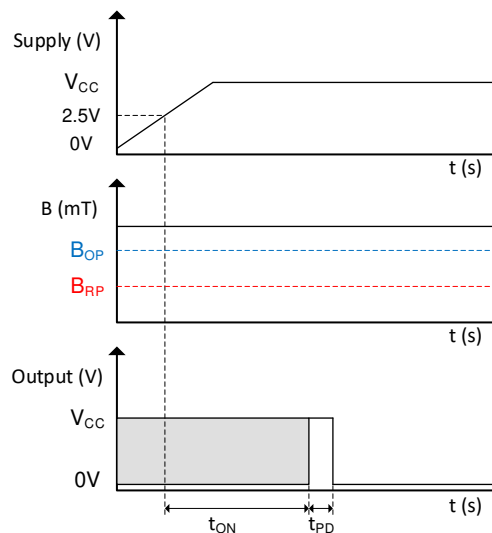


图 7-18. $B > B_{OP}$ 时的上电时间

具有 R 引脚排列版本的 TMAG5110-Q1 器件在 t_{PD} 时间内具有低输出状态。如果上电时感应到的磁场位于 B_{OP} 和 B_{RP} 之间，输出将保持低电平，直到超过 B_{RP} 。图 7-19 和图 7-20 中显示了 TMAG5110-Q1 R 引脚排列版本的这一行为。

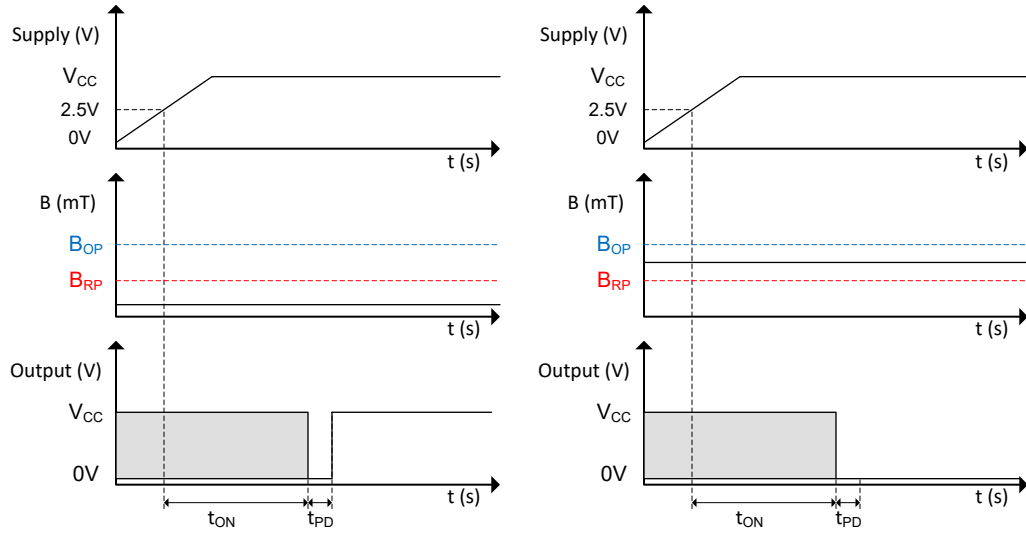


图 7-19. $B < B_{OP}$ 时的上电时间 (R 引脚排列版本)

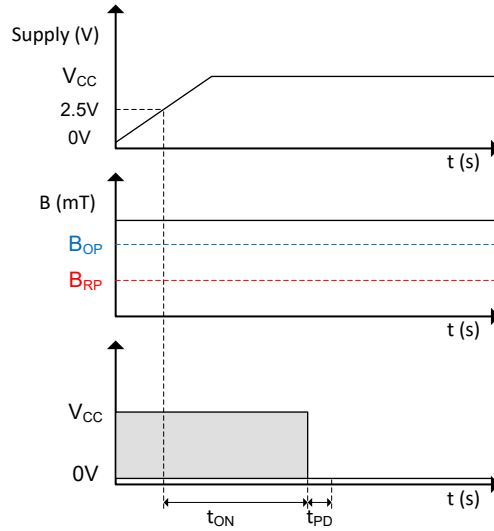


图 7-20. $B > B_{OP}$ 时的上电时间 (R 引脚排列版本)

7.3.4 传播延迟

TMAG511x-Q1 以 t_{PD} 的标称采样间隔对霍尔元件进行采样，以检测是否存在磁性南极。在每个采样间隔之间，器件会计算施加到器件的平均磁场。如图 7-22 所定义，如果该平均值超过 B_{OP} 或 B_{RP} 阈值，器件会更改相应的电平。由于系统、霍尔传感器与磁体本质上是异步的，因此传播延迟 t_d 的变化取决于磁场何时高于 B_{OP} 值。如图 7-21 中所示，输出延迟将取决于磁场何时达到高于 B_{OP} 的值。第一张图显示了典型情况。

输出更新时磁场会高于 B_{OP} 值。然后该器件只需一个 t_{PD} 周期更新输出。第二张图显示了磁场将在采样周期的一半前超过 B_{OP} 值。这是输出将在半个采样周期内更新的理想情况。最后，第三张图显示了最坏的情况，磁场在采样周期的一半之后超过 B_{OP} 值。在下次输出更新时，该值仍然会低于阈值，需要整个新周期来更新输出

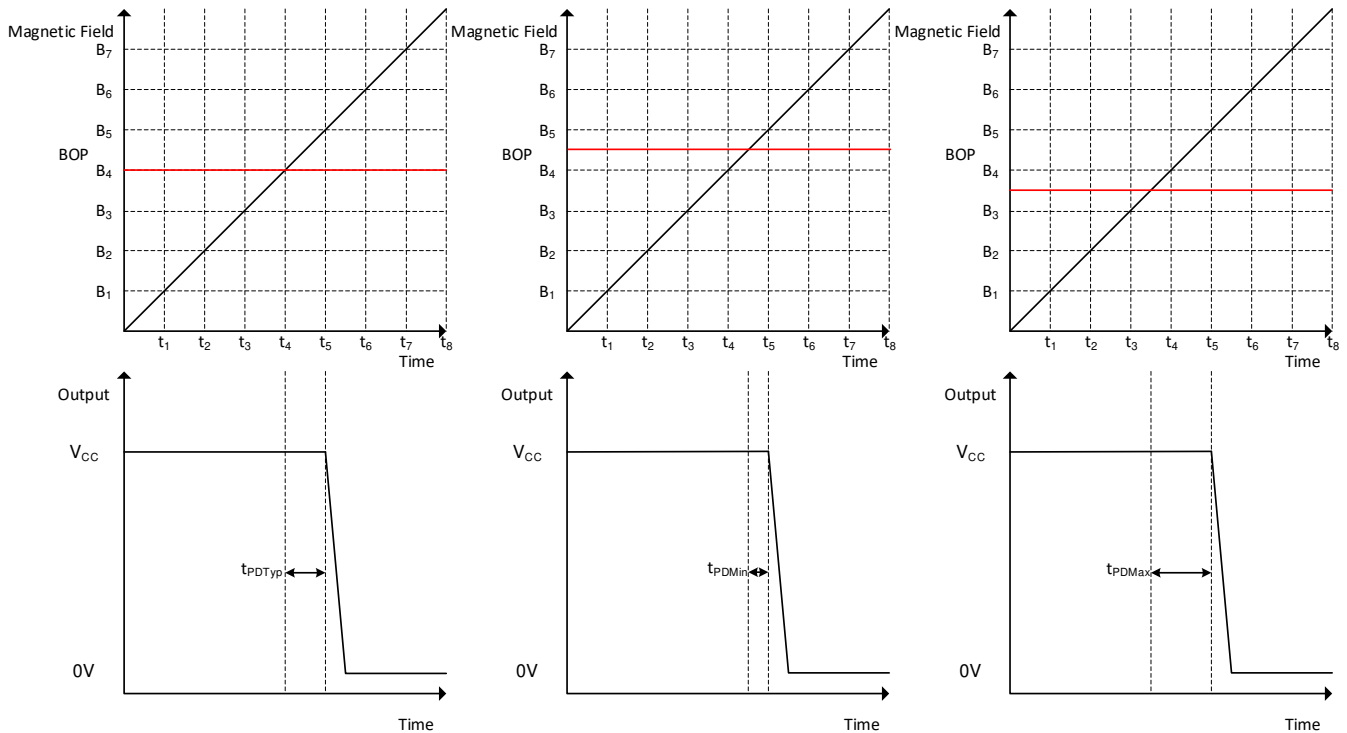


图 7-21. 磁场采样时序

图 7-22 显示了施加磁性南极时的 TMAG511x-Q1 传播延迟分析。TMAG511x-Q1 的霍尔元件检测到磁场随着磁性南极接近器件附近而增强，并且随着磁性南极远离器件而减弱。在时间 t_1 时，磁场高于 B_{OP} 阈值。然后输出将在时间 t_{PD} 之后开始移动。如图 7-22 所示，该时间将根据采样周期的时间而变化。在 t_2 时，输出开始拉至低电压值。在 t_3 时，输出被完全拉低至较低的电压值。当磁性值低于 B_{OP} 阈值时，会发生相反的过程。

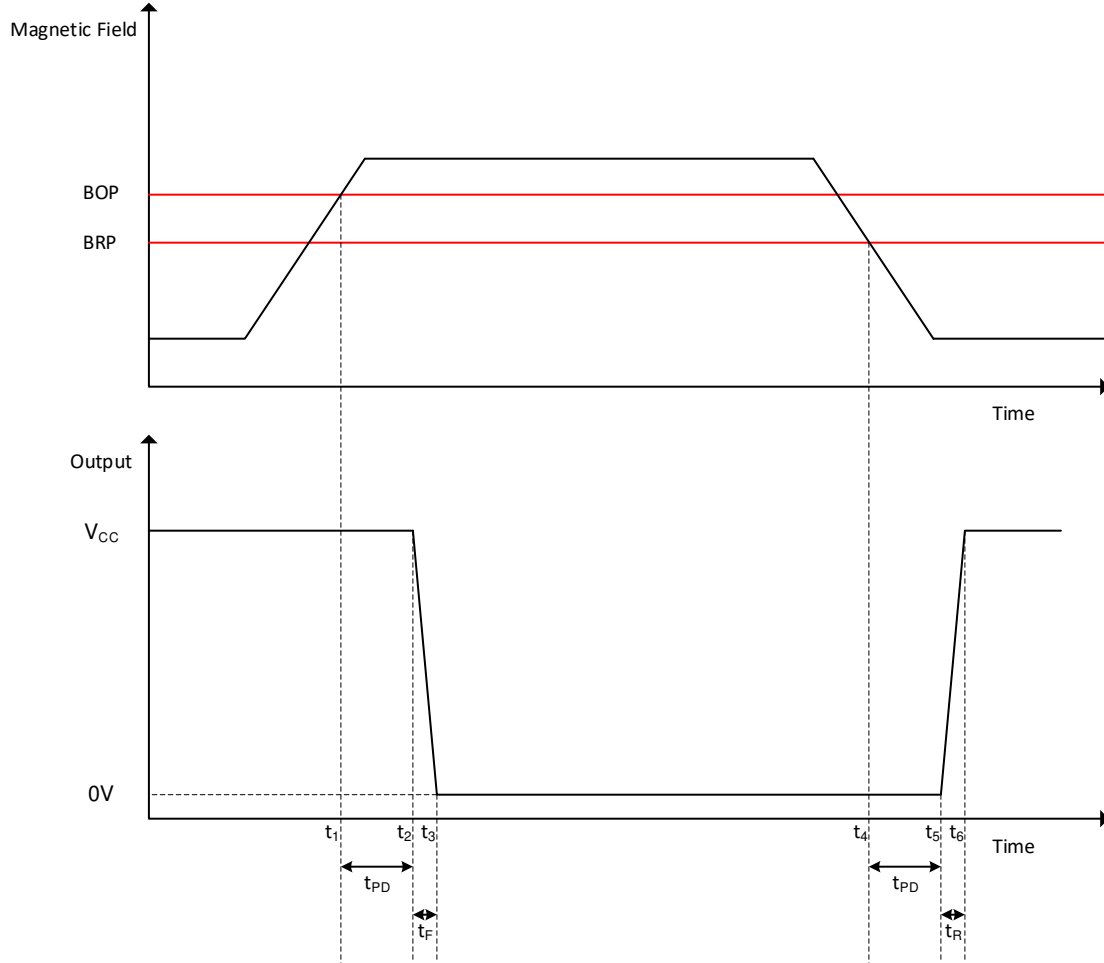


图 7-22. 传播延迟

7.3.5 霍尔元件位置

从顶部看，器件内部的感应元件位于中心。图 7-23 显示了传感器在封装中的确切位置。

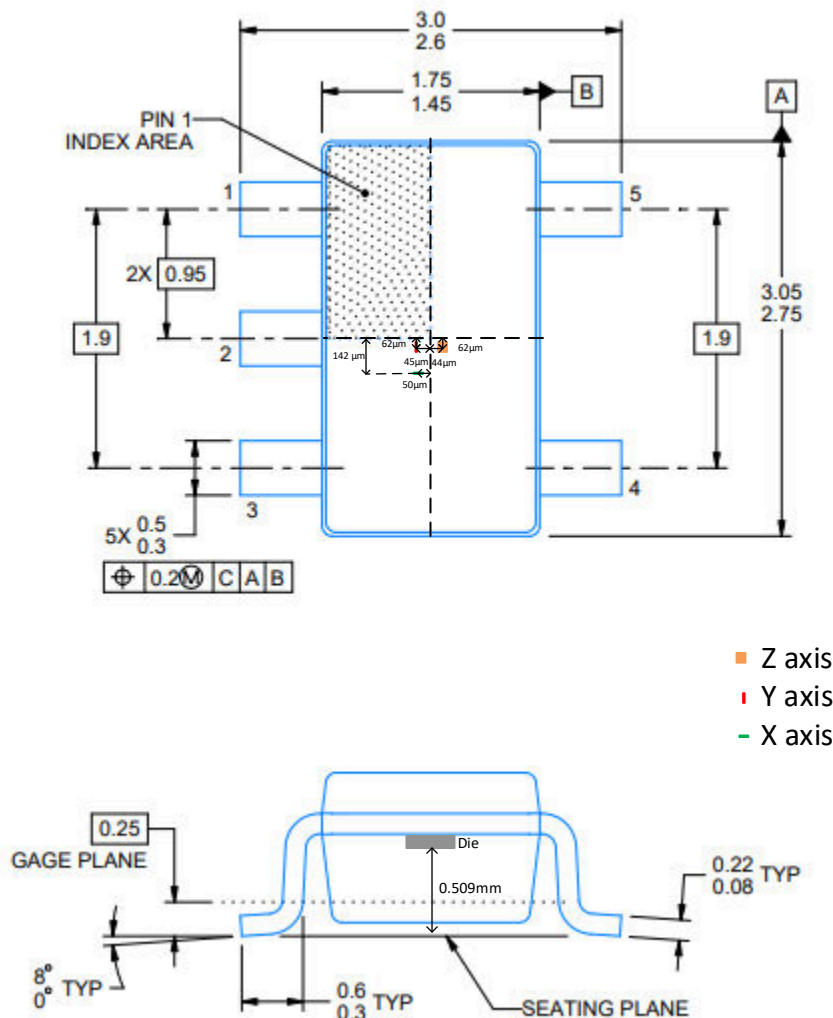


图 7-23. 霍尔元件位置

7.3.6 功率降额

该器件具有 2.5V 至 38V 的额定电压，相应的额定温度为 -40°C 至 125°C 。由于该器件最大电流消耗为 17mA，可施加的最大电压取决于应用可接受的环境温度上限。图 7-24 中的曲线显示了可接受的最大电源电压与可接受的最高环境温度之间的关系。

图 7-24 也可以使用以下公式计算：

$$T_J = T_A + \Delta T \quad (1)$$

其中

- T_J 是结温
- T_A 是环境温度
- ΔT 是结温与环境温度之间的差

$$\Delta T = P_D \times R_{\theta JA} \quad (2)$$

其中

- P_D 是器件的耗散功率
- $R_{\theta JA}$ 是结至环境热阻

$$P_D = V_{CC} \times I_{CC} \quad (3)$$

其中

- V_{CC} 是器件的电源电压
- I_{CC} 是器件的电流消耗

将上述三个公式相结合可得出以下方程式 4：

$$V_{CC \max} = \frac{T_{J \max} - T_A}{I_{CC \max} \times R_{\theta JA}} \quad (4)$$

该公式根据环境温度给出了器件可处理的最大电压。

例如，如果应用需要在最高 85°C 的环境温度下工作， $T_{J \max}$ 、 $R_{\theta JA}$ 和 $I_{CC \max}$ 使用数据表中定义的值，则此应用允许的最大电压由方程式确定：

$$V_{CC \max} = \frac{170^\circ\text{C} - 140^\circ\text{C}}{6.5 \text{ mA} \times 166.5^\circ\text{C/W}} = 27.72 \text{ V}$$

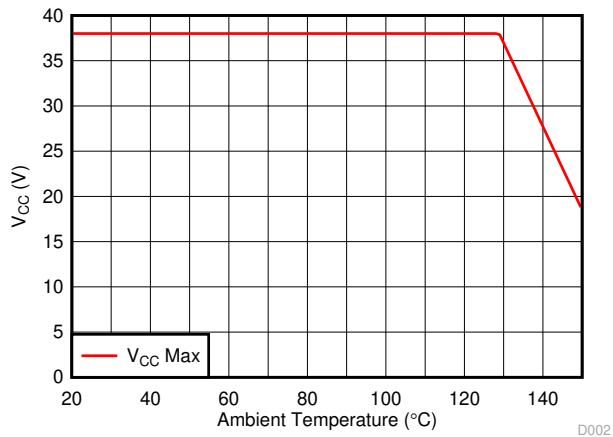


图 7-24. 功率降额曲线

7.4 器件功能模式

TMAG511x-Q1 器件具有一种运行模式，在满足 [建议运行条件](#) 时适用。

8 应用和实现

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

8.1 应用信息

TMAG511x-Q1 专为旋转应用而设计，适用于直流电机传感器或增量旋转编码。

为了获得可靠的功能，磁体在传感器上施加的磁通密度必须大于相应的最大 B_{OP} 或 B_{RP} 值（在 [磁特性](#) 表中指定）。要应对机械容差、温度影响和磁体差异，还要添加额外的裕度。磁体的磁场通常会随着温度的升高而变弱。

8.2 典型应用

8.2.1 增量旋转编码应用

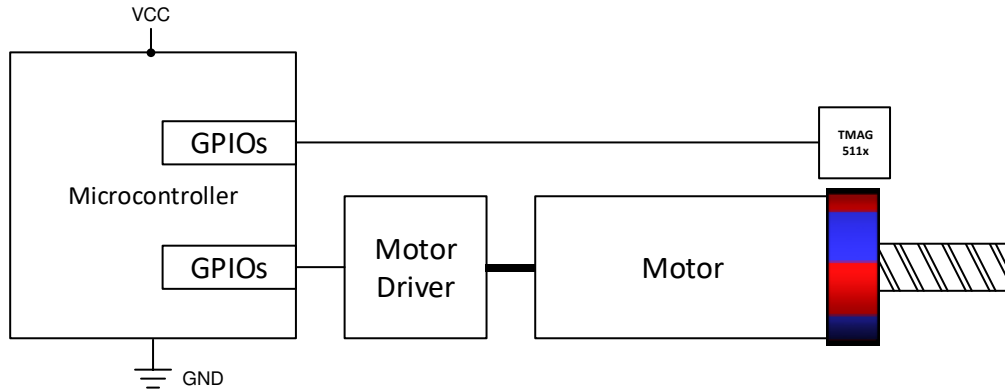


图 8-1. 增量编码

8.2.1.1 设计要求

表 8-1 列出了本设计使用的参数。

表 8-1. 设计参数

设计参数	示例值
电机转速	22.5kRPM
磁极数量	8
尺寸	直径 9.7mm × 厚 2mm
磁性材料	陶瓷 8D
霍尔传感器上方的空气间隙	2.5mm
径向磁通密度峰值	±12.5mT
切向磁通密度峰值	±9.5mT

8.2.1.2 详细设计过程

增量编码器用于旋钮、滚轮、电机和流量计，以测量相对旋转运动。将环形磁体连接到旋转组件并放置在 TMAG511x-Q1 附近，传感器将在磁体转动时生成电压脉冲。TMAG511x-Q1 集成了两个传感器和两个信号链。这意味着每个通道可以独立地上升到最大速度。

当磁体旋转时，TMAG5110-Q1 将在每个输出上生成交替脉冲。一个输入将从一个特定轴检测到的结果，而其他输出将从另一个特定轴检测。在表 8-1 中，这也称为径向和切向磁通。这两个信号是同一磁场的两个不同分量的结果，导致这两个信号彼此相差 90°。这种类型的信号也称为正交输出，非常适合测量旋转计数以及环形磁体方向的变化。

TMAG5111-Q1 直接生成速度和方向输出，因此无需进行外部处理。

可测量的最大旋转速度受到传感器带宽和磁体磁场强度的限制。

总体而言，带宽必须比每秒极数的两倍还要快。在此设计示例中，最大速度为 22500 RPM，使用 8 极磁体时每秒旋转 3000 极。TMAG511x-Q1 检测带宽通常为 40kHz，是极频率的十三倍以上。

磁体的强度也会影响磁体的旋转速度。最大强度非常接近阈值的较弱磁体将限制该磁场将高于 B_{OP} 的时间，从而限制最大速度。对于磁场更强的磁体，高于 B_{OP} 值的时间将更长。

当磁强度明显高于 B_{OP} 时，方程式 5 可用于计算允许的速度。

$$\text{Speed (RPM)} \leq \frac{\text{Bandwidth (Hz)} \times 60}{\text{Number of poles}} \quad (5)$$

8.2.1.3 应用曲线

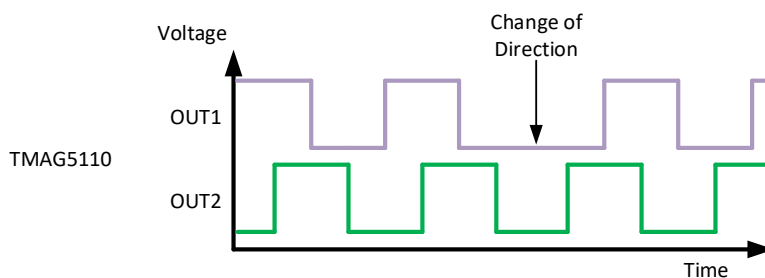


图 8-2. TMAG5110-Q1 输出响应

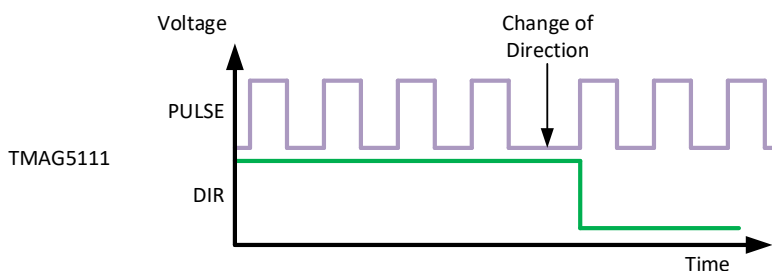


图 8-3. TMAG5111-Q1 输出响应

8.3 电源相关建议

TMAG511x-Q1 由 2.5V 至 38V 直流电源供电。必须使用靠近器件放置的去耦电容器以最小电感提供局部能量。TI 建议使用容值至少为 0.01μF 的陶瓷电容器。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

磁场通过大多数非铁磁材料而没有明显的干扰。将霍尔效应传感器嵌入塑料或铝制外壳中来感应外部磁体是惯常的做法。磁场也很容易穿过大多数印刷电路板 (PCB)，这使得将磁体放置在 PCB 另一侧成为可能。

8.4.2 布局示例

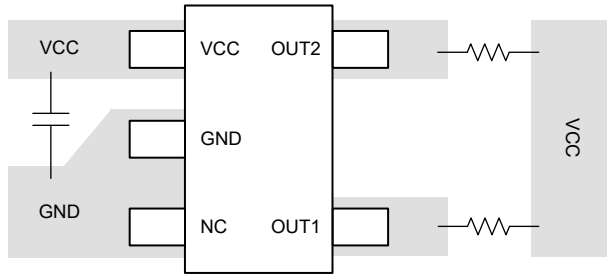


图 8-4. 布局示例 (引脚排列版本 : A)

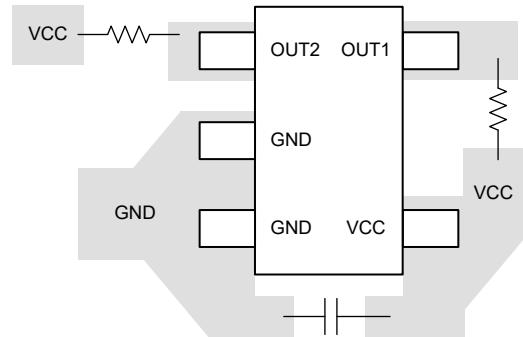


图 8-5. 布局示例 (引脚排列版本 : R)

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 器件命名规则

图 9-1 展示了完整可订购器件型号的解读图例。

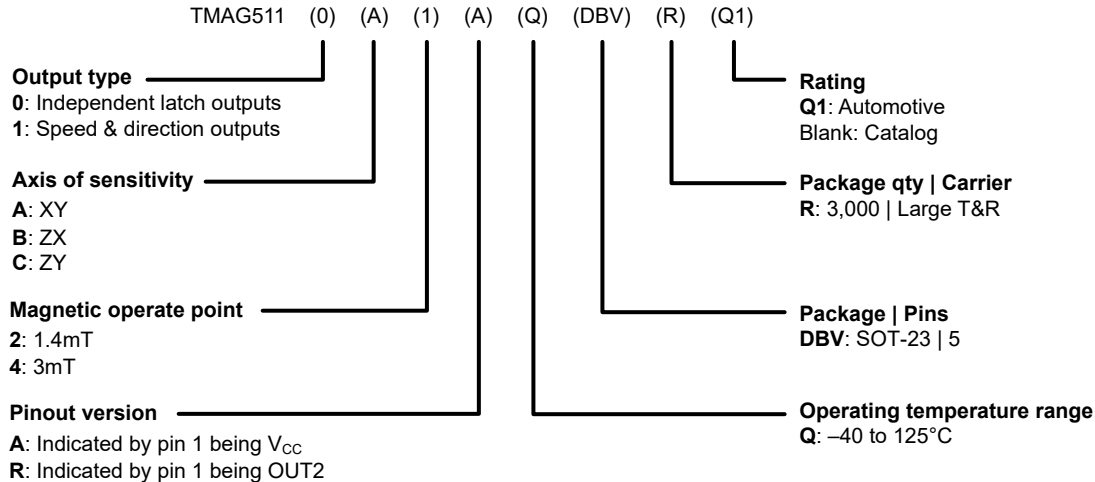


图 9-1. 器件命名规则

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

TI 术语表

本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (June 2022) to Revision C (December 2024)	Page
• 向数据表添加了功能安全信息.....	1
• 在数据表中添加了预发布版 SOT-23 版本 R 引脚排列.....	4
• 将量产数据 SOT-23 引脚排列名称更改为 SOT-23 版本 A.....	4
• 添加了 <i>器件命名规则</i> 部分.....	36

Changes from Revision A (September 2021) to Revision B (June 2022)	Page
• 更改了 <i>布局示例</i>	35

Changes from Revision * (July 2021) to Revision A (September 2021)	Page
• 从 <i>器件比较表</i> 中删除了预发布说明.....	3
• 添加了 TMAG511xx4-Q1 的工作电源电流.....	6
• 向 <i>典型特性</i> 部分添加了图表.....	7

11 机械、封装和可订购信息

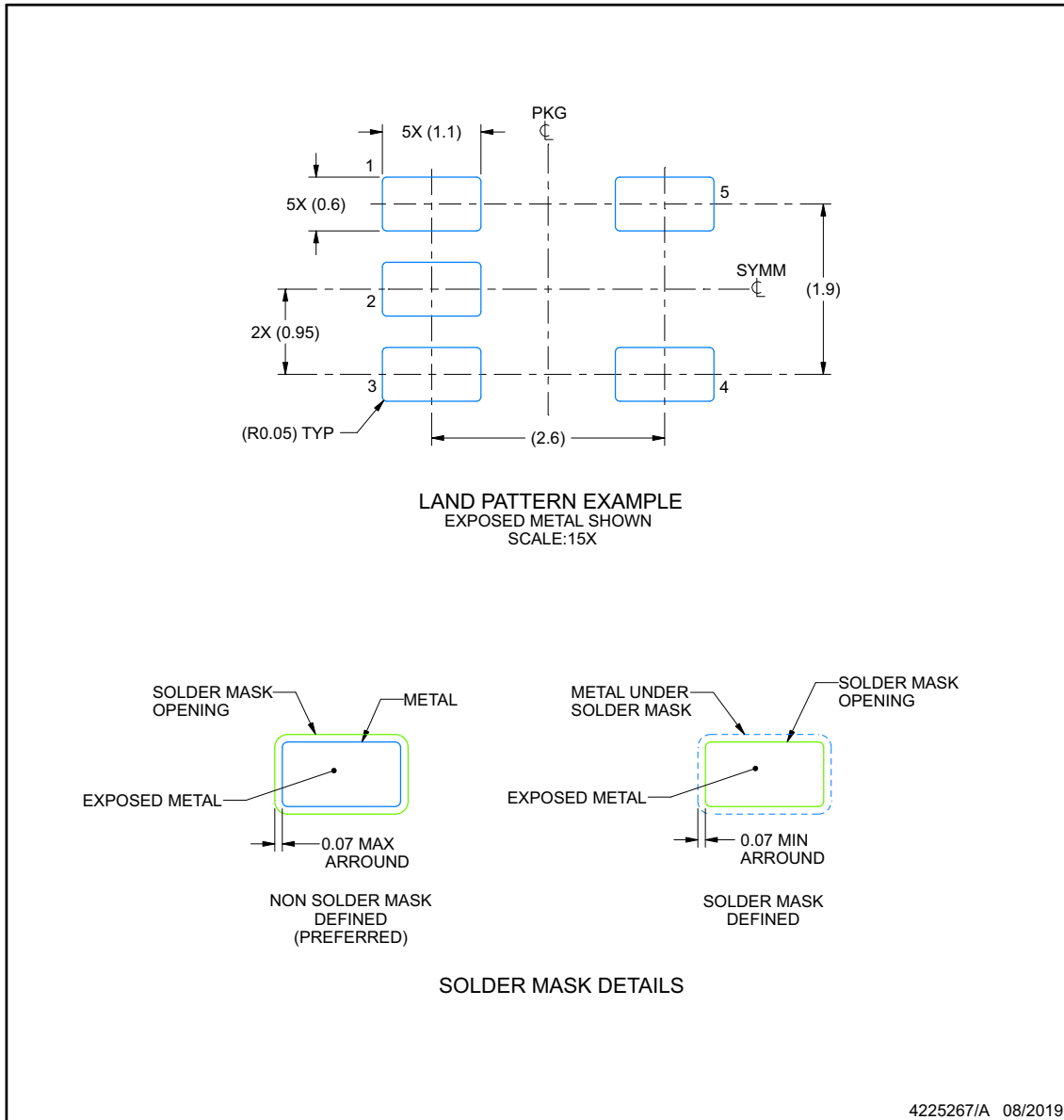
下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

EXAMPLE BOARD LAYOUT

DBV0005A-C01

SOT-23 - 1.25 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



NOTES: (continued)

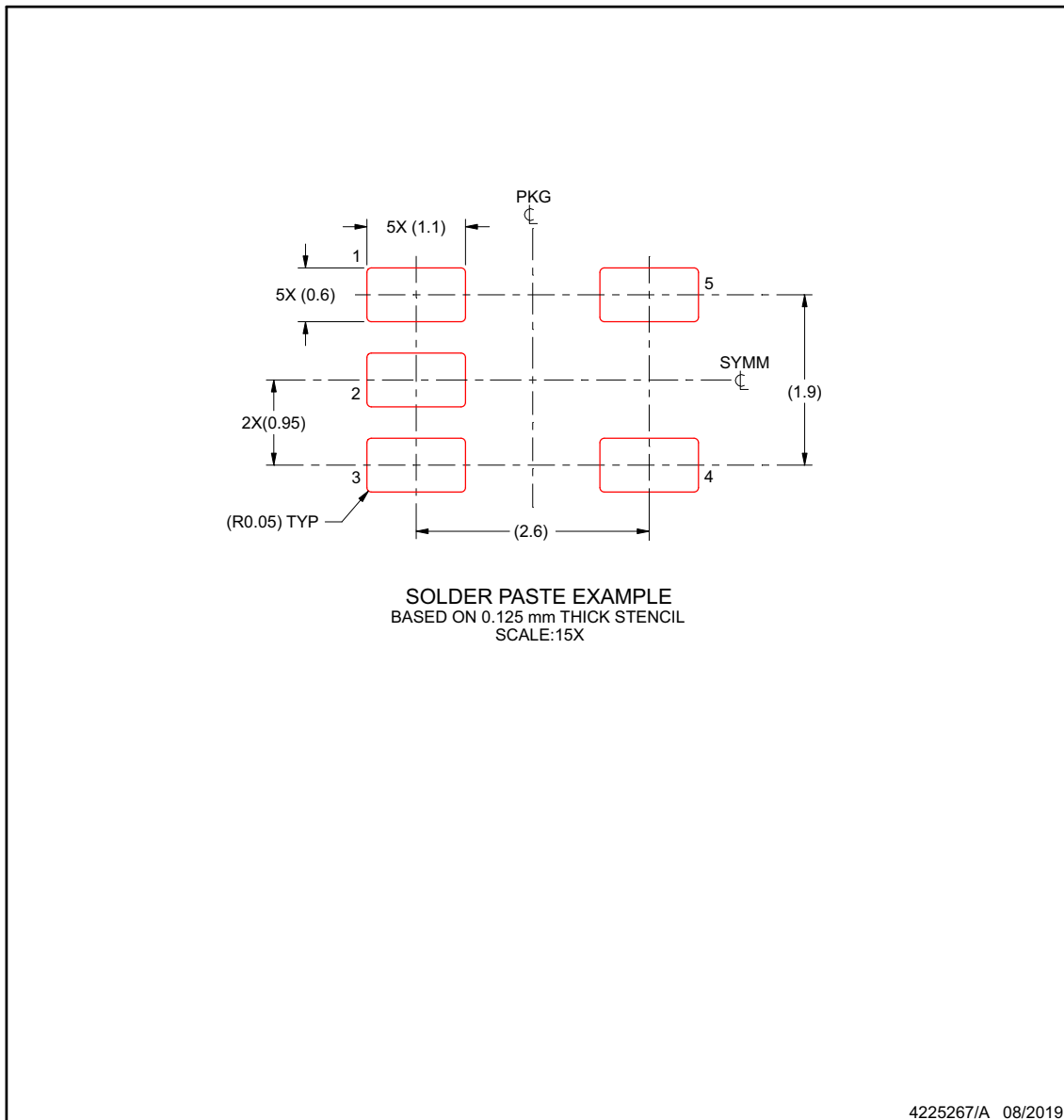
5. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
6. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DBV0005A-C01

SOT-23 - 1.25 mm max height

SMALL OUTLINE TRANSISTOR



NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
8. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
PMAG5110B2RQDBVRQ1.A	Active	Preproduction	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	
TMAG5110A2AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0A2Z
TMAG5110A2AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0A2Z
TMAG5110A4AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0A4Z
TMAG5110A4AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0A4Z
TMAG5110B2AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0B2Z
TMAG5110B2AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0B2Z
TMAG5110B4AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0B4Z
TMAG5110B4AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0B4Z
TMAG5110C2AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0C2Z
TMAG5110C2AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0C2Z
TMAG5110C2RQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	10C2
TMAG5110C4AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0C4Z
TMAG5110C4AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	0C4Z
TMAG5111A2AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1A2Z
TMAG5111A2AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1A2Z
TMAG5111A4AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1A4Z
TMAG5111A4AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1A4Z
TMAG5111B2AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1B2Z
TMAG5111B2AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1B2Z
TMAG5111B4AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1B4Z
TMAG5111B4AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1B4Z
TMAG5111C2AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1C2Z
TMAG5111C2AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1C2Z
TMAG5111C4AQDBVRQ1	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1C4Z
TMAG5111C4AQDBVRQ1.A	Active	Production	SOT-23 (DBV) 5	3000 LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	1C4Z

(1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TMAG5110-Q1, TMAG5111-Q1 :

- Catalog : [TMAG5110](#), [TMAG5111](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Catalog - TI's standard catalog product

TAPE AND REEL INFORMATION

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TMAG5110A2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5110A4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5110B2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5110B4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5110C2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5110C2RQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	180.0	8.4	3.2	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5110C4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5111A2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5111A4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5111B2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5111B4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5111C2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3
TMAG5111C4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	178.0	9.0	3.3	3.2	1.4	4.0	8.0	Q3

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TMAG5110A2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5110A4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5110B2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5110B4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5110C2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5110C2RQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	210.0	185.0	35.0
TMAG5110C4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5111A2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5111A4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5111B2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5111B4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5111C2AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0
TMAG5111C4AQDBVRQ1	SOT-23	DBV	5	3000	190.0	190.0	30.0

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月