

为您的应用选择先进的磁性开关或锁存器

By Allegro MicroSystems

简介

Allegro拥有多种多样的霍尔效应和隧道磁阻（TMR）开关和锁存器，可用于各种不同的应用，包括汽车、工业和消费电子领域。

本应用笔记旨在提供一个逐步选型的流程，帮助设计师为其特定应用选择合适的Allegro开关或锁存器器件。本应用笔记详细介绍了区分Allegro开关和锁存器之间的不同参数，以帮助设计师确定最适合其需求的Allegro器件。本应用笔记的结论部分给出了选型过程的总结，并回顾了 Allegro 开关和锁存器的一些常见应用。

开关还是锁存器？

在磁性位置传感中，主要有两种类型的传感器——开关和锁存器。开关广泛存在于各种应用中，用于检测家电、医疗设备、便携式电子设备、智能电表以及许多其他非接触式开/关位置感应应用的开启或关闭状态。这类传感器通常在磁场存在时进入闭合状态，在磁场移除时进入开路状态。

锁存器是开关的一种特殊变体，具有双极感应特性。锁存器常用于电动工具、家电泵和风扇、电动移动平台、工业自动化等应用中的无刷直流（BLDC）电机。与开关不同，锁存器会一致维持其输出状态，直到磁场极性发生改变。



图1: Allegro的开关和锁存器产品系列

磁性开关

当磁场超过工作点阈值(B_{OP})时, 开关打开; 当同极性磁场降低到低于释放点阈值(B_{RP})时, 开关关闭。

开关可以是单极性的或全极性的:

- 单极性开关的 B_{OP} 和 B_{RP} 具有单一磁极性 (单极性南或单极性北)。
- 全极性开关对于南北两极磁场都有 B_{OP} 和 B_{RP} 阈值, 因此可以响应两种极性的磁场。

输出极性可以是标准的或反相的:

- 标准极性外加磁场超过 B_{OP} 时输出为低。这种极性更为常见, 因为在没有外加磁场的情况下, 避免了输出电流的消耗。

- 反相极性为在外加磁场超过 B_{OP} 时输出为高。

更直观的展示见图2。

为了选择最适合设计的磁性开关:

- 确定该应用中采用什么输出极性最优; 以及
- 确定磁性阈值应该是正的 (单极性南)、负的 (单极性北) 还是两者都有 (全极性)。

因为全极性开关可以感应南北两极, 所以它在磁体放置方面具备额外的优势: 磁体可以系统中放置在朝向传感器的北极或南极。然而, 为了避免来自杂散磁场的误触发, 在一些应用中使用单极性器件更优。

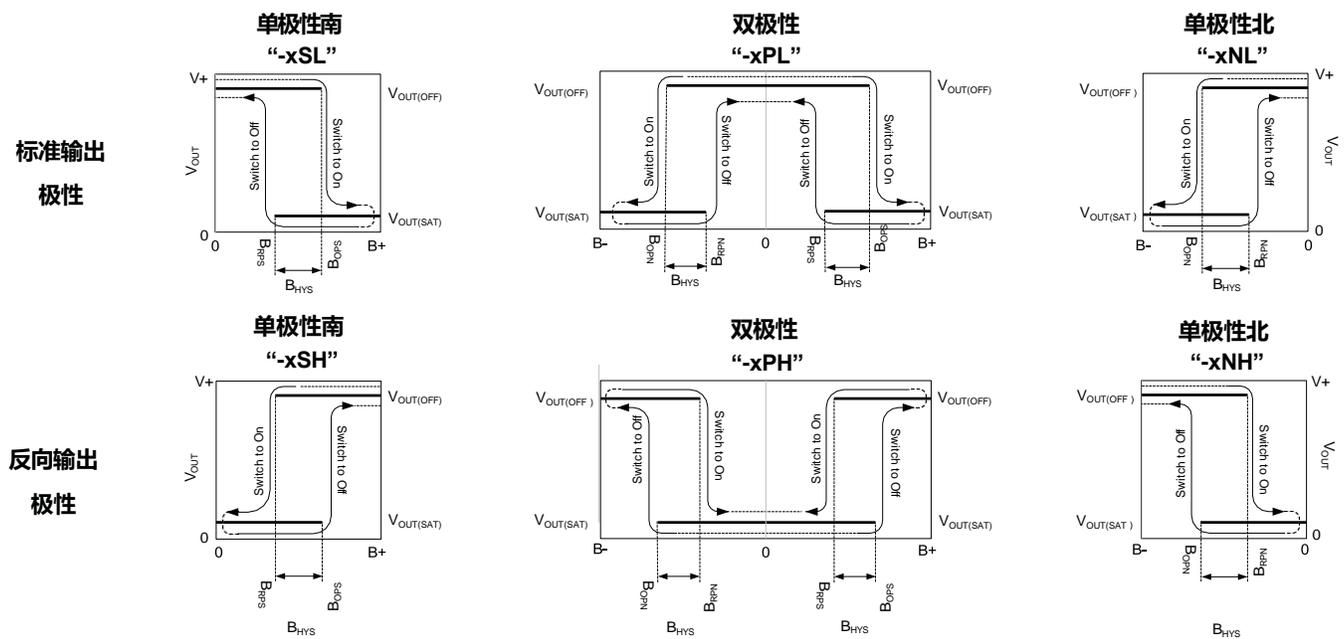


图2: 霍尔开关输出状态 vs. 磁场

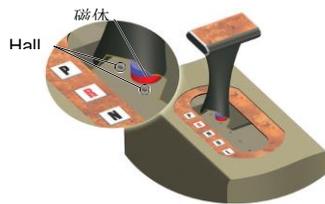


图3: 使用单极性开关的应用: 换挡过程中, 当磁体 (红色和蓝色圆柱体) 经过C时, 开关动作

磁性锁存器

锁存器是一种特殊形式的开关电路，其中 B_{OP} 和 B_{RP} 阈值受不同的极性触发；这意味着需要极性相反的磁场来改变器件的输出状态。因此，如果 B_{OP} 阈值是正极磁场，则 B_{RP} 阈值为负极磁场。

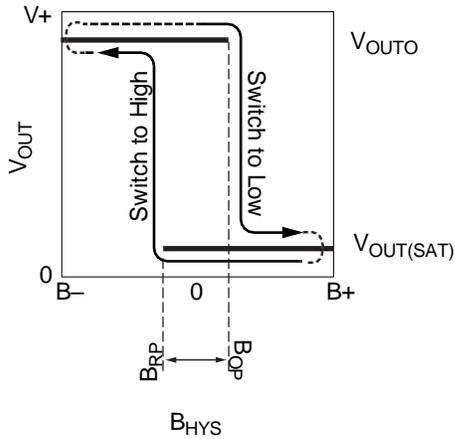


图4: 霍尔锁存器输出状态 vs. 磁场

对于锁存器来说，可以根据外加磁场超过 B_{OP} 时所需的状态来选择输出极性：

- 标准极性输出为低(V_{sat})。
- 反相极性输出为高。

更直观的展示见图4。

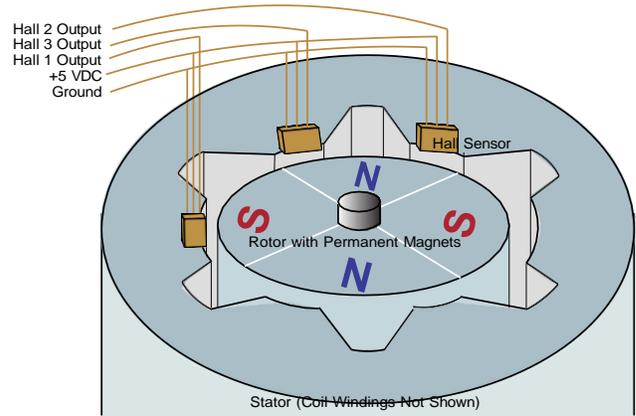


图5: 典型的无刷直流电机锁存器应用，使用三个锁存器进行电机线圈换向

什么是感应平面？

Allegro的开关和锁存器可以在 X、Y 或 Z 平面上感应磁场 (见图 6)。

大多数 Allegro 的器件使用标准平面霍尔传感器在 Z 轴 (垂直于器件) 上感应磁场。平面感应是行业内最常用的配置, 也是易于设计的。Z 轴感应适合大多数应用。然而, 某些应用和 PCB 设计需要感应轴位于 X 或 Y 平面上 (与器件相同的平面)。对于 X 或 Y 轴感应, 可以使用垂直霍尔传感器 (VHT)。

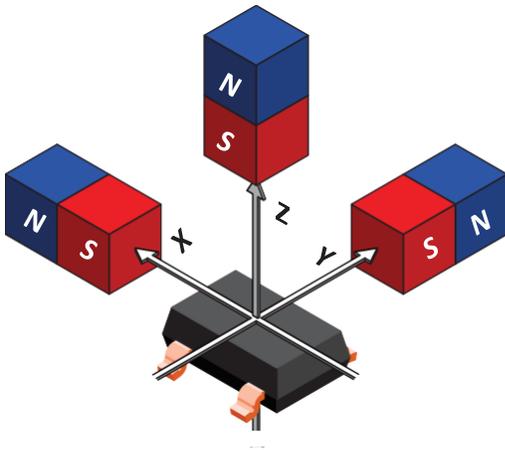


图 6: Allegro 的开关和锁存器的感应平面

Allegro XtremeSense 超低功耗隧道磁阻 (TMR) 传感器的开关和锁存器的解决方案适用于在 X 和 Y 平面感应磁场, 因为这是其默认配置。

要同时感应多个轴, 二维和三维感应的其他应用场景采用了多个传感器。

关于感应平面的最终选择取决于应用场景、磁极状态和传感器在 PCB 设计中的位置。

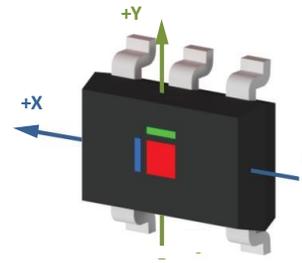


图 7: 具有两个用于 X 和 Y 轴感应的垂直霍尔板 (绿色和蓝色矩形) 和一个用于 Z 轴感应的平面霍尔板 (红色方块) 的器件示例

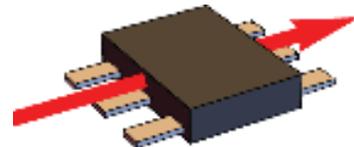


图 8: 使用 XtremeSense TMR 传感器的开关或锁存器进行 X 或 Y 平面感应

什么是磁性开关点?

Allegro的霍尔传感器具有各种磁性开关点, 范围从10G 到 600G (1 mT 到 60 mT)。

在使用锁存器传感器进行直流电机换向的应用中, 传感器所处的磁场形式类似于正弦波。由于这种波形会经过零高斯水平, 所以具有较低开关点的传感器可以更好地覆盖可能使用各种弱或强磁体类型的应用场景。磁体越弱, 产生的磁场强度越低, 该应用所需的开关点阈值也越低。

无论如何, Allegro 提供具有高或低开关点的各种锁存器产品以适用于各种潜在应用和磁体类型。

对于磁性开关来说, 最佳开关点的阈值高度依赖于最

终应用的具体情况。例如, 开启开关 (如洗衣机门) 的磁场强度必须小于关闭开关时的磁场强度, 但也不能太低, 以免环境中可能存在的其他磁场导致误触发。此外, 工作(B_{OP})和释放(B_{RP})阈值之间的迟滞应足够高, 以防止由于噪声或杂散信号而导致的误触发。例如, 如果没有适当的迟滞, 洗衣机门 (及其磁体) 在正常操作期间的机械移动可能会产生错误的开门信号。

如果某个应用需要在生产或工作期间调整或校准磁阈值, Allegro可提供具有可编程磁阈值的器件, 允许客户根据需要调整或者设定开关或锁存器的磁工作和释放点。

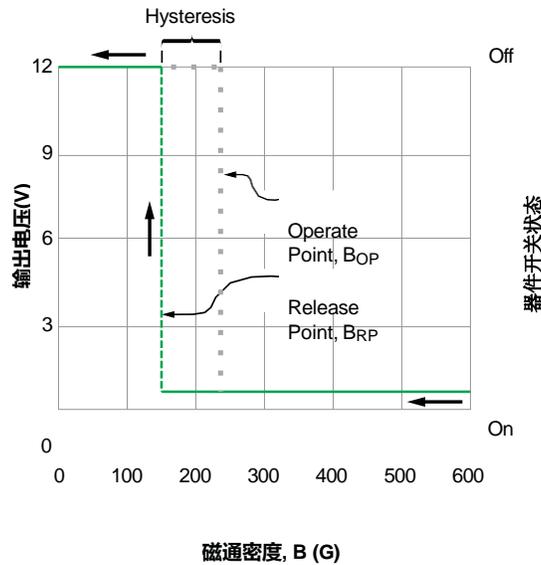


图9: B_{OP} , B_{RP} 和 H_y 展示

两线还是三线输出?

Allegro的开关和锁存器可设计用于三线或两线工作:

- 三线器件需要正确连接三根线 (VCC、GND 和 OUT)。这些器件通常有个需要上拉电阻的开漏型输出。大多数应用更倾向于这种产品。
- 两线器件只需要连接到 VCC 和 GND。受益于更少线数的应用可能更倾向于这种产品。对于两线器件, 传感器根据检测到的磁场强度对供电电流进行调制, 以反映开关的开或关状态。因此, 在两线设备中, 开关状态的数据体现在 IC 供电电流 (ICC) 中。

两线器件显而易见的好处是能够消除一根连接线, 从开关到中央处理器 (ECU 等) 所需的线路距离越长, 所能节省的成本就越高。

两线器件的缺点是整体解决方案的电流消耗更高, 可能高达 IC 本身电流消耗的五倍。

三线 (也称为开漏) 器件更为常见, 因为它们比两线器件更简单、便宜且功耗更低。然而, 对于一些特定应用, 节省一根线的好处相比于这些缺点更为显著。

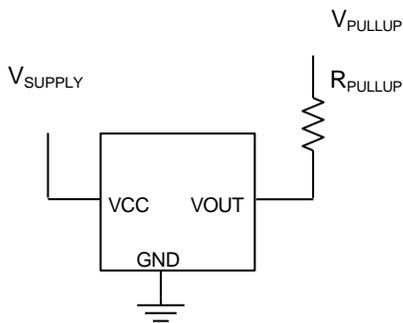


图10: 三线接口电路

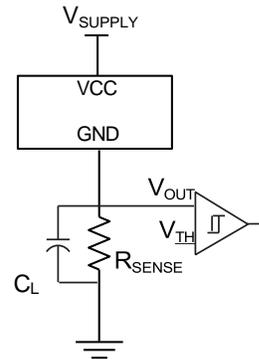


图11: 两线接口电路

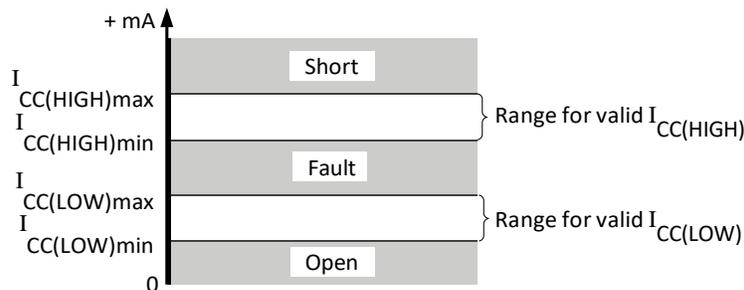


Figure 12: 两线数字电平

低电压还是高电压？

低压开关和锁存器通常定义为可以在最低 1.65V 到最高 5.5V 的供电电压(V_{CC})下工作的器件。高压开关和锁存器定义为可以在高达 24V 或 26V (通常最低为 2.8V 到 3V) 的供电电压下工作的器件。根据终端应用的需求来确定高或低的供电工作电压。

低压器件通常连接到外部低电压电源轨或直接连接到电

池供电应用中的低电压电池上。低压开关和锁存器常用于需要低功耗的智能电表、可穿戴医疗设备、远程物联网 (IoT) 传感器和移动设备等应用。

高压开关和锁存器通常包含一个内部的电压调节器，因此可以将这些器件直接连接到汽车电池总线或其他高电压轨，而无需外部的调节器。高压开关和锁存器广泛用于汽车行业和高扭矩电机控制的应用场景。

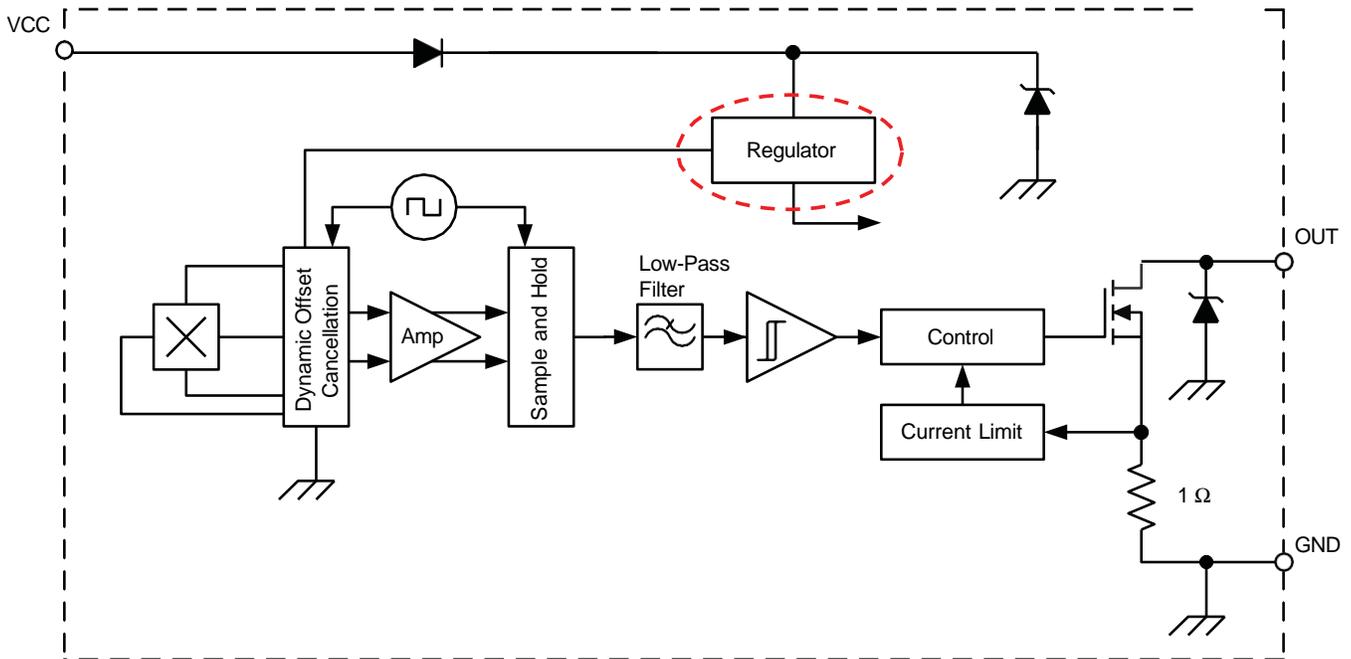


图13: 内部集成电压调节器的高压锁存器

功耗重要吗？

如果某个应用需要低功耗，例如，手机、无人机、远程物联网传感器和可穿戴医疗设备等电池供电的设备，那么低功耗的开关或锁存器至关重要。这些器件还需要能够直接在电池或其他低电压轨下工作。针对这类应用，Allegro 提供了各种可以在低至 1.65 V 的供电电压下工作且功耗非常低的器件。

低压微功耗器件通过占空比循环工作来降低功耗，仅在短暂时间内（最长约 60 μs ）打开（唤醒）以感知外加磁场。微功耗开关或锁存器的开启和关闭（睡眠）时间比例可能因器件而异。对于需要在最低功耗水平下工作的设备，睡眠期的时间会更长，范围可以从 1.5 ms 到 200 ms。通过延长活动唤醒期之间的时间间隔，像 Allegro APS11753 这样的微功耗开关可以达到低于 5 μA 的连续电流消耗水平。

然而，长睡眠期的一个缺点在于 IC 处于睡眠模式时无法

检测到磁场变化，因此开关或锁存器需要更多时间来响应外部磁场的任何变化。对于磁场快速变化的高速应用，具有长睡眠期的微功耗器件可能没有足够的带宽来准确检测磁场变化。然而，对于较低带宽的应用，如电池供电的笔记本电脑和便携式电子设备中的盖子开/关检测，不存在这个问题。

推挽型输出是超低功耗的低压开关和锁存器的另一个常见特性。与单个开漏场效应晶体管（FET）和外部上拉电阻的结构相比，推挽型输出使用了两个晶体管，它们进行开关动作以拉低或拉高输出。虽然推挽输出比开漏输出的功耗更低，但推挽输出无法提供高的输出驱动电流。因此需要仔细分析输出驱动的要求。开漏输出可以提供高达 25 mA 的驱动电流并且可以根据外加电压提供不同的开通和关闭输出电压，与此相比，推挽输出的驱动电路通常限制在约 1 mA 以内；然而，这对于大多数高阻型数字输入/输出（I/O）的接口来说已经足够了。

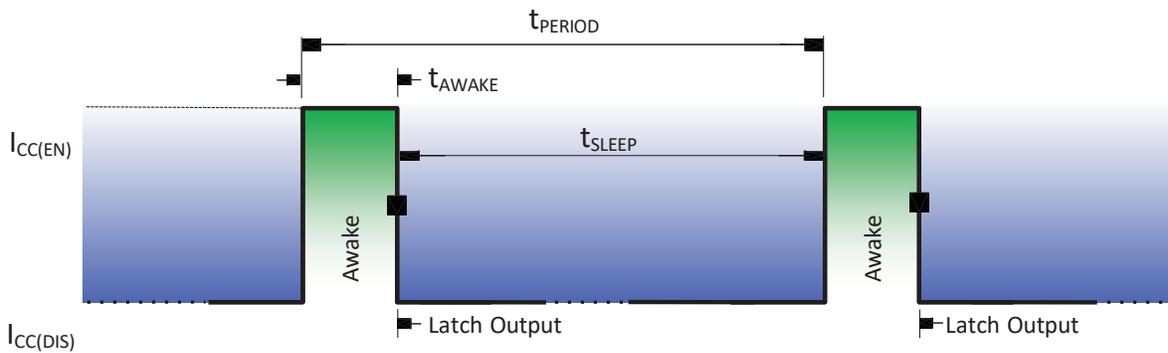


图 16: 微功耗工作原理

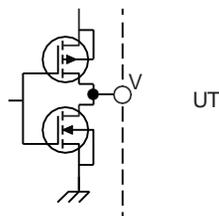


图 17: 推挽型输出配置

Allegro XtremeSense的TMR开关和锁存器产品（CT811x、CT812x、CT813x）通过使用隧道磁阻（TMR）传感器代替霍尔板来检测磁场。与霍尔传感器相比，TMR传感器具有更高的灵敏度和更高的带宽性能，这使得这些器件能够达到亚微瓦级的功耗水平。

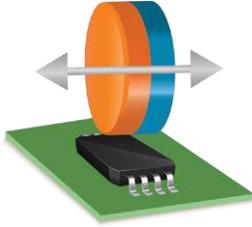


图18: XtremeSense TMR开关和锁存器位置传感器

	Hall Effect	AMR	GMR	TMR
精度	1/4	1/2	3/4	100%
速度 (GAN + SIC)	1/4	1/2	3/4	100%
低功耗	1/4	1/2	3/4	100%

图19: 更高带宽和灵敏度的TMR传感器

是否需要ASIL评级?

一些汽车应用要求开关和锁存器具有汽车安全完整性等级（ASIL）评级。ASIL是由ISO 26262定义的风险分类方案。Allegro的产品组合中有各种符合ASIL评级的开关和锁存器，因此非常适合汽车应用。这些产品中涵盖了X、Y或Z轴感应的三线 and 两线配置，如Allegro APS12450、APS11800和A113x系列。



ESD重要吗?

与其他应用相比，汽车的高压应用通常需要能够根据人体模型（HBM）承受更高水平的静电放电（ESD）。于此相反，低压应用通常具有不太严格的ESD要求。Allegro的高压开关和锁存器的HBM ESD额定值通常在4 kV到6 kV范围内。然而，Allegro还具有一些超过12 kV ESD承受能力的器件。

快速选型指南

表 1 展示了本应用笔记中讨论的具有代表性的不同选项的 Allegro 器件。更完整的 Allegro 产品列表和数据手册的详细信息，请访问：

<https://www.allegromicro.com/en/products/sense/switches-and-latches>

表 1: Allegro 的开关和锁存器器件选型

产品型号	开关或锁存器?	两线或三线?	低压或高压?	微功耗?	感应平面?	开关点? (Gauss)	上电时间? (μ s)	ASIL 评级?
APS11753	开关	三线	低压	是	Z	15 to 400	100 (max)	否
APS12753	锁存器	三线	低压	是	Z	10 to 400	100 (max)	否
APS115X	开关	两线	高压	否	Z	50 to 80	25 (max)	否
APS11800	开关	两线	高压	否	Z	50 to 80	70 (max)	是 (B)ss
APS12450	锁存器	三线	高压	否	Z	22 to 150	150 (max)	是 (B)
A1266	锁存器	三线	低压	是	X + Y + Z	25	300 (typ)	否
A1260	锁存器	三线	高压	否	X or Y	25	25 (max)	否
APS11700	开关	三线	高压	是	Z	40 to 280	350 (max)	否
APS11760	开关	三线	高压	是	X or Y	40 to 280	350 (max)	否
A121x	锁存器	三线	高压	否	Z	78 to 220	4 (max)	否
CT811x	开关	三线	低压	是 (TMR)	X	15 and 30	75 (max)	否

Revision History

Number	Date	Description	Responsibility
-	January 8, 2025	Initial release	P. Bolsinger, T. Williams

Copyright 2025, Allegro MicroSystems.

The information contained in this document does not constitute any representation, warranty, assurance, guaranty, or induce- ment by Allegro to the customer with respect to the subject matter of this document. The information being provided does not guarantee that a process based on this information will be reliable, or that Allegro has explored all of the possible failure modes. It is the customer’s responsibility to do sufficient qualification testing of the final product to ensure that it is reliable and meets all design requirements.

Copies of this document are considered uncontrolled documents.