

TMR91XX 应用手册

针对低磁滞磁场感应的 TMR91xx 初始化线圈和使用方法

多维科技的隧道磁电阻传感器由使用薄膜磁性材料结合而成的磁隧道结组成，例如坡莫合金，为了能够提供一个可以在磁场变化中有很电阻变化的多层结构，并且在某些情况下提供磁通集中器，它能够通过放大磁场进一步提高灵敏度。这些磁性材料层和硬盘驱动器中使用的一样，因为磁场的应用会改变磁畴结构中原本磁性材料的编排。理想情况下，TMR传感器中的磁性薄膜结构会被均匀磁化成单个磁性结构，但是暴露在大的磁场中会导致过分磁化到磁性结构非均匀分布的状态，这样会降低传感器的表现，常常导致输出电压偏移和不必要的滞后。对多维科技的TMR传感器来说，这样的影响很小，但是在需要非常高精度的应用中，通过迅速的初始化传感器恢复到一个理想的配置结构并保证测量精度是值得的。这个应用手册表述的就是TMR91xx系列线性传感器的初始化能力的建立和为了呈现传感器初始化必要的支持电路。

图 1 是一个 MTJ 元件的结构原理图，一个叫做铁磁自由层（FMFL），另一个叫做铁磁扎钉层（FMPL）。自由层的磁化是可以随着外部的磁场自由排列，扎钉层的磁化必须严格按照确定的方向与相邻的反铁磁层（AFPL）耦合。自由层和扎钉层由隧道势垒层（Tunnel Barrier）隔开。根据 TMR 效应的优势，MTJ 元件的电阻与自由层/扎钉层磁化成线性关系。当自由层和扎钉层的磁化方向不平时，MTJ 元件的电阻很高。相反的，当自由层和扎钉层的磁化方向平行时，MTJ 元件的电阻是最小值。这样利用适当的设计，MTJ 元件的电阻响应和和加在自由层的磁场可以成线性关系，在大小阻值之间变化。MTJ 元件的电阻是由一股穿过顶层电极和底层电极的正向电流测得的。

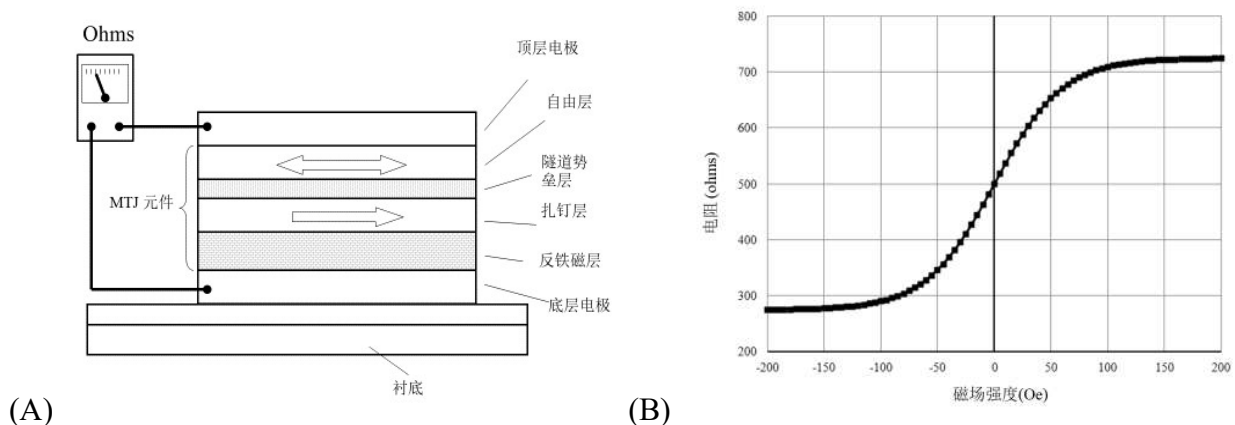


图1 (A) 为一个横截面表示一个 MTJ 元件的不同层结构， (B) 为 MTJ 元件的响应曲线

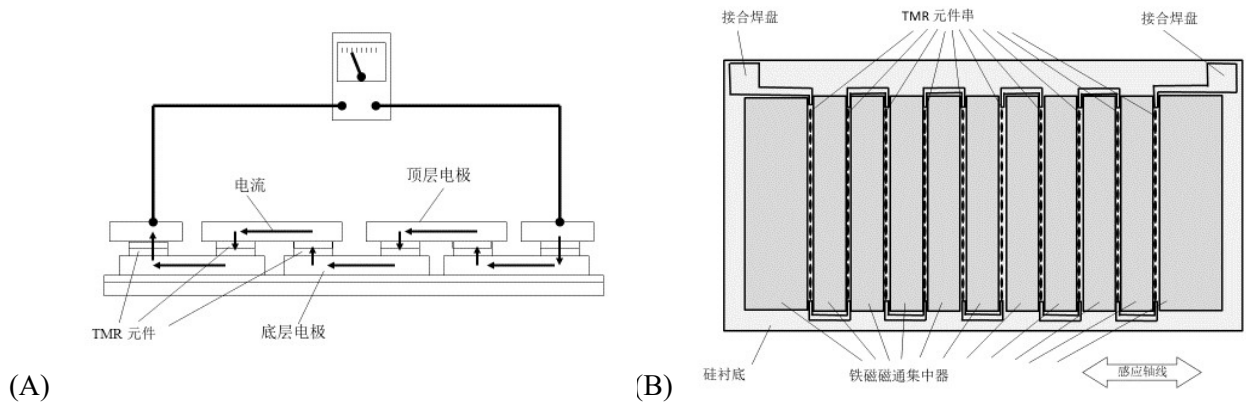


图2 (A) 表示 TMR 元件的串联方式, (B) 表示 TMR9xxx 节的一部分, 这其中 TMR 元件放置在了磁通集中器的间隙。整个传感器测试的是轴向的磁场大小。

图 2 表示的是 TMR 元件怎样排列在一个传感器中并且这些传感器怎样在芯片上安放连接相邻的磁通集中器【1-3】TMR 元件存在固有的偏移和低磁滞, 但是加上并去除一个大磁场可能可以使通量集中器打散成磁畴。图 3 阐明的是理想状态下低磁滞运算的磁结构, 其中集中器和传感器元件的磁化方向垂直于敏感方向。假如通量集中器在错误的方向没有饱和, 传感器会保持这种理想的磁性状态。

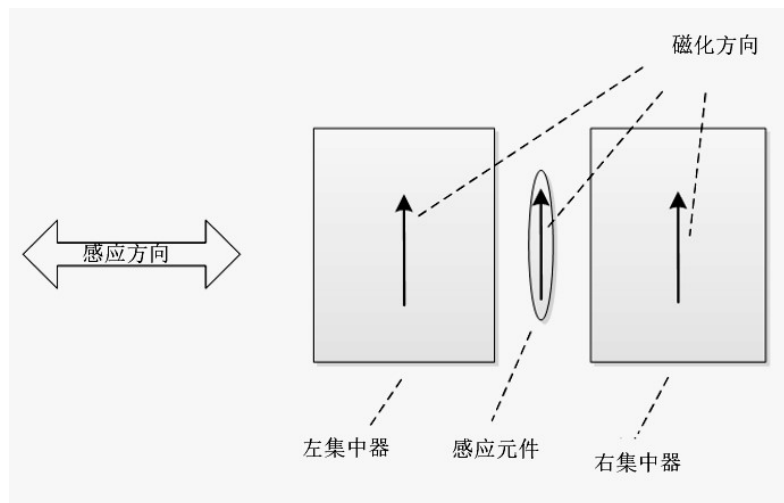


图3-理想的低磁滞磁传感器的磁结构

不幸的是，确保磁传感器永远不会暴露在强磁场中或者域不会随着时间的推移而成核是不可能的。长期暴露在不受控制的背景磁场环境后，一个不均匀的域配置，类似于图 4 中的可能发生。在这个情况下，在感应方向上磁化的域有助于磁性的偏移，增加滞后，便宜时间漂移，降低灵敏度。图 3 中所示的理想的磁场结构可能会被迅速饱和的集中器所恢复，其方向是垂直于传感方向的大磁场。这初始化了通量集中器中的域配置，因此这个场脉冲称为初始化脉冲或“初始脉冲”。

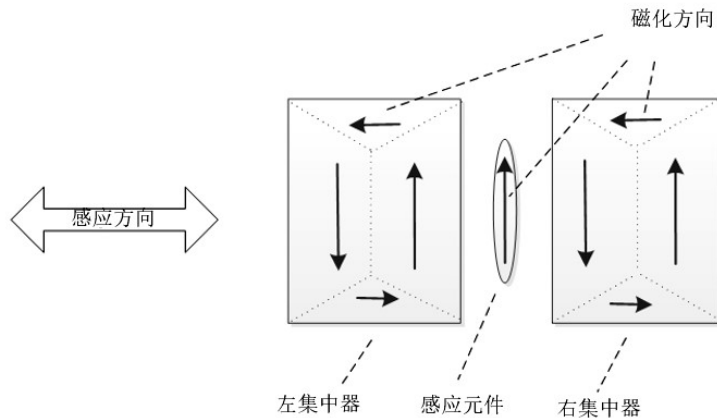


图4-磁传感器的磁滞结构

图 5 显示了磁场历史对传感器响应的可重复性的影响。被标记为“100 NP”的曲线是传感器对一个应用场的响应，它在+100 和-100 之间变化，没有初始化脉冲。标记为“2 NP”的曲线是在不初始化脉冲的情况下，在+2 和-2 之间的变化后的传感器响应。很明显，传感器响应的不可约性依赖于传感器接触到的最大能量场，而较大的场接触会产生较大的滞后，因此在传感器响应中产生较大的不可约性。这种效应是 AMR、GMR 和 TMR 磁电阻传感器的固有特性。由于这个原因，磁电阻传感器制造商通常会将磁滞回标作为全尺度应用磁场的百分之一。

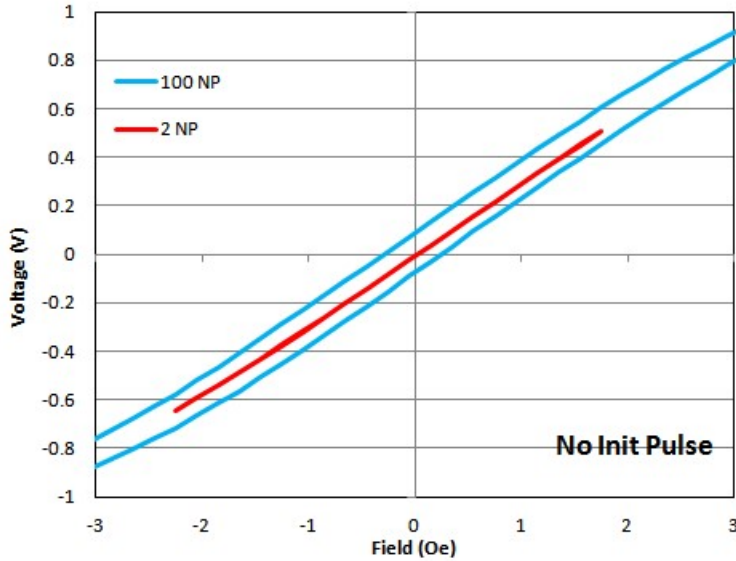


图 5-TMR900x 的磁滞回磁, 在不应用任何初始化脉冲的情况下, 测量了不同值域的不同值。用 ± 100 的流场测量了大滞后的响应曲线。用 ± 2 的方法测量了低磁滞的曲线。在最坏的情况下, 矫顽力是大约 0.25 个 Oe。这不是一个很大的值, 但是当磁场的范围很小的时候, 它会对测量的准确度产生很大的影响。这种效应在所有铁磁材料和所有磁力传感器中都很常见。

为了减少上述描述中对 MDT TMR 传感器的固有滞后问题的影响, 该应用程序描述了将初始化脉冲应用到 MDT TMR91xx 系列传感器的方法, 以使它们的响应独立于磁场历史。【4】TMR91xx 传感器的初始化脉冲是使用一个包含在芯片内的螺旋线圈提供的, 如图 6 所示, 当由微控制器数字输出线或其他数字计时电路启动时, 图 7 的脉冲电路提供双极电流脉冲。内置的螺旋线圈内置在 LGA 衬底上, 传感器由两个芯片组成, 放置在螺旋线圈的两端, 因此更好地利用了线圈所需的面积, 并将传感器芯片的尺寸减小到最小。

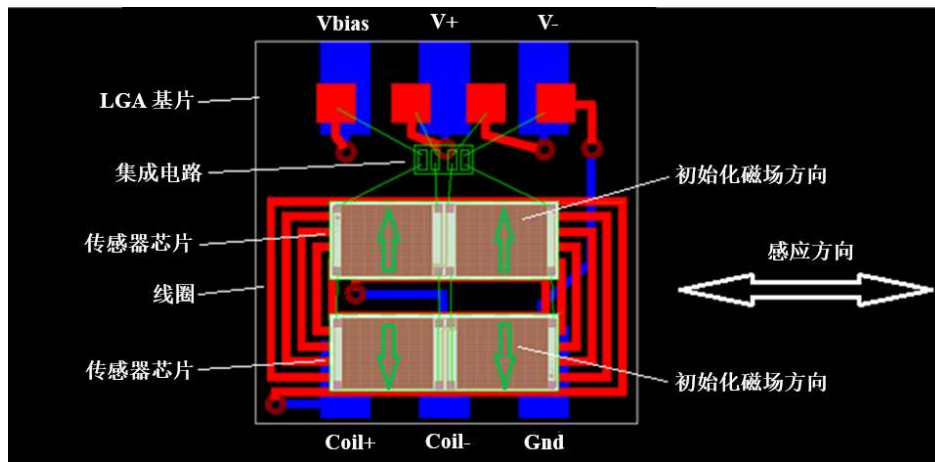


图 6-LGA 封装 TMR900x 传感器的代表性布局

提供快速电流脉冲的可靠电路如图 7 所示。时钟信号是一个 5 V 的逻辑信号，它可能是一个重复的数字时钟信号，或者是一个由微控制器发出的信号。15 V 输入电源可以从 5 V 的 USB 端口供应源中使用，使用的是一个 MAX1683 级的移位电路，配置为一个三倍压器，如图 8 所示。该电路能够提供 2.5 个脉冲，持续时间为几微秒，这足以在磁通量集中器中重新调整磁域。尽管初始化电流脉冲有很大的峰值振幅，但在短时间内将电流损耗降低到足够低的值，整个系统可以通过 USB 端口或电池供电。

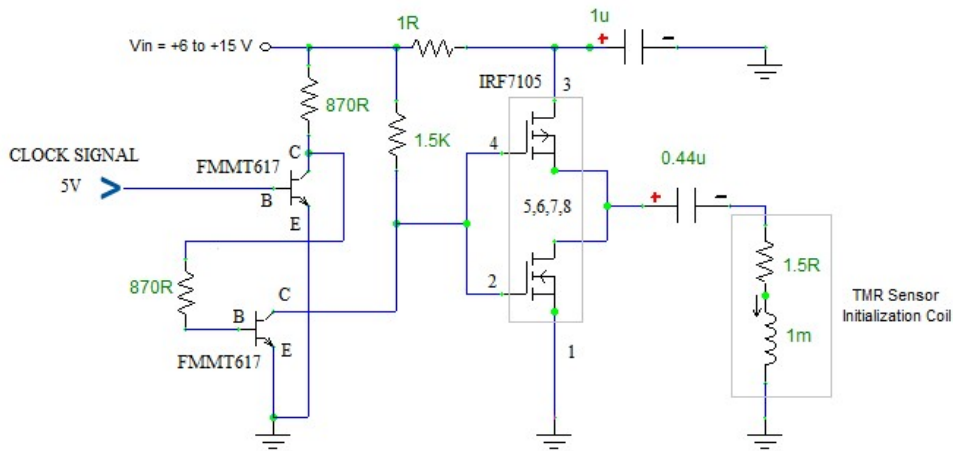


图 7-一种可能的初始化脉冲电路，用于提供各种振幅的初始化脉冲。这个电路提供了一个正电流脉冲，接着是一个负电流脉冲，在时钟信号的上升和下降的过程中。时钟信号可以由微控制器或其他逻辑电路提供。15V 输入产生 2.5 个初始化脉冲，但是如果想要降低当前的初始化脉冲，则可以使用较低的电压。

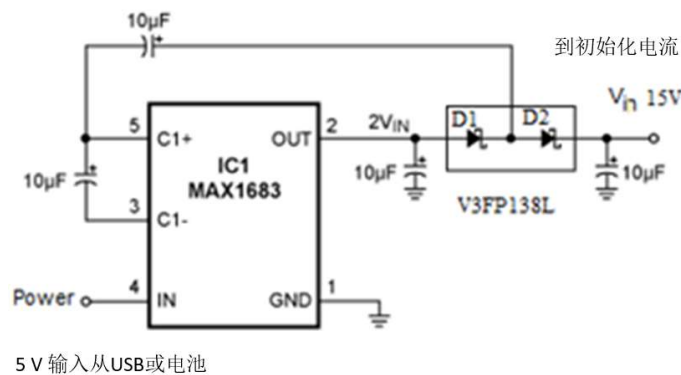


图 8-一种低功率的 5 到 15 伏电压转换电路，它可以从 USB 端口 5 V 电源线上显示图 6 所示的初始脉冲。

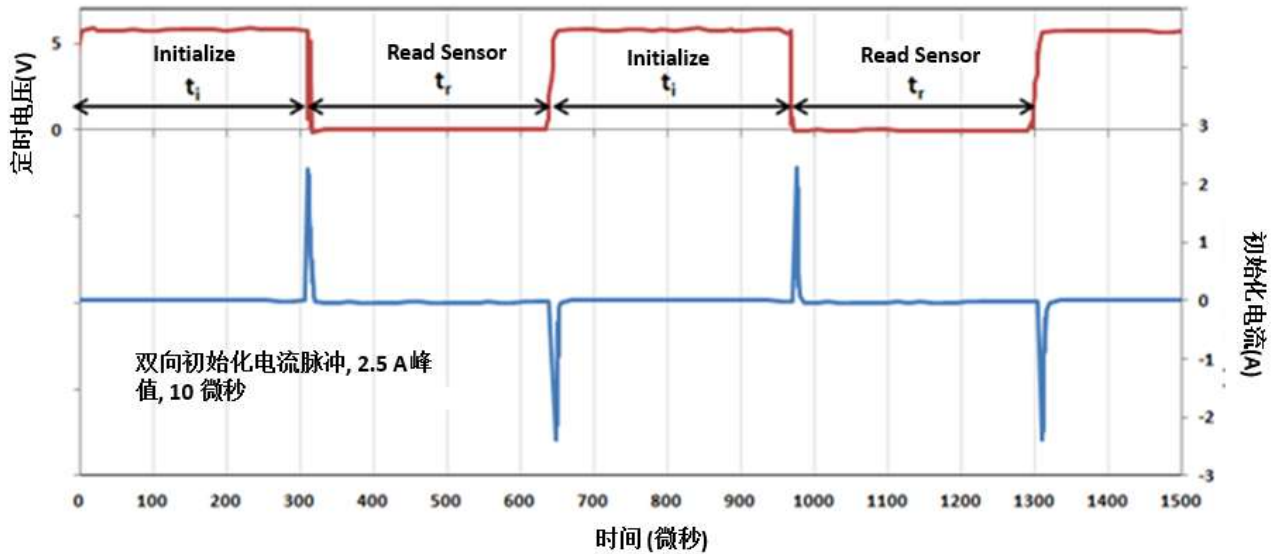


图 9-微控制器数字定时信号, 并产生双极电路初始化脉冲波形。 t_i 和 t_r 时间不需要相等, 但它们必须比电容充电时间长。同时, 读取也可以在积极和消极的脉冲之后完成。TMR 传感器输出的极性不会被初始的脉冲极性改变。

图 10 显示了可以使用这个初始化脉冲方案实现的滞后回缩的一个例子。用于获取图 5 所示的数据的传感器和磁场序列用于获取图 10 中所示的数据, 但是传感器在使用图 9 所示的 t_i+t_r 脉冲序列读取每个数据点之前接收到一个初始化脉冲。结果表明, 磁场分布范围从 100Oe 到 10e 不等, 但 TMR91xx 反应不再显示磁场历史诱发的不可约性。通过适当的初始化脉冲电路和实现, 强制作用在全尺度应用磁场中所占的比例不到 0.05%。而且, 由于初始化脉冲速度快, 所以可以使用 kHz 的采样速度, 即使在读取每个数据点之前应用了脉冲序列。

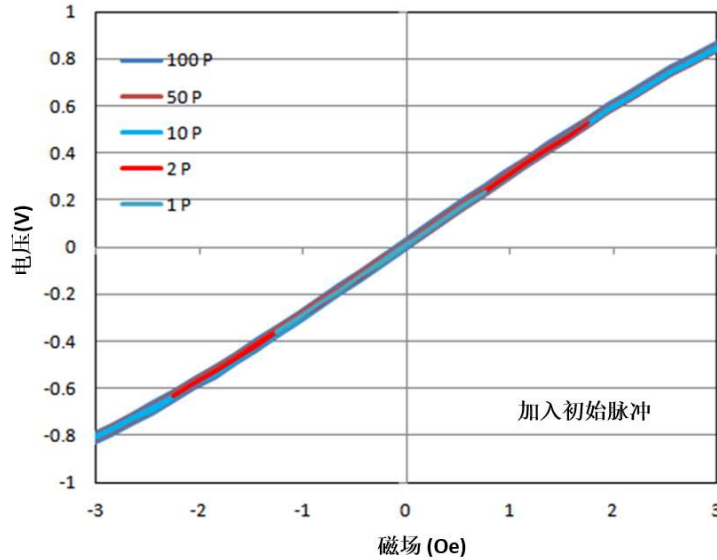


图 10-用于获取图 5 中所示的数据的低滞后响应, 当使用图 7 和 8 的电路生成初始化脉冲时, 在读取每个数据点之前, 应用于初始化传感器。“1 P”是指在 10e 的峰值场磁滞测量中应用初始化脉冲。“100 P”意味着在 100Oe 峰值磁场磁滞测量中应用初始化脉冲。请注意, 根据字段的历史, 偏移量没有改变, 而在最坏的情况下, 强制转换为小于 50mOe 的极小值。由于初始化脉冲磁场历史的不可约性, 有效地消除了磁场历史。

在读取每个数据点之前, 不需要应用初始化脉冲序列, 根据应用程序和电源约束, 可以根据字段暴露、长时间时钟信号或每个数据点之前发送脉冲。这些可能性如图 11 到 13 所示。

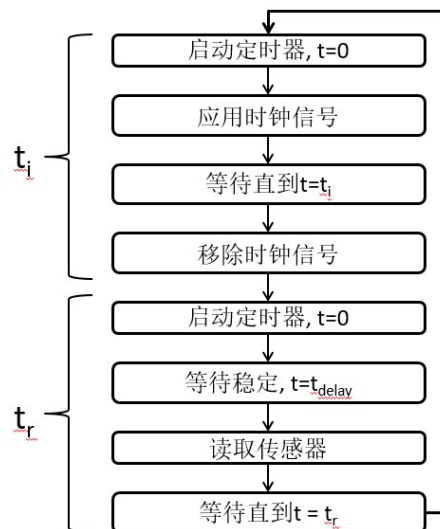


图 11-在每个数据点之前读取一个带有初始化脉冲的传感器, 如图 8 脉冲序列所示。每个数据点的总时间是 $t_i + t_r$

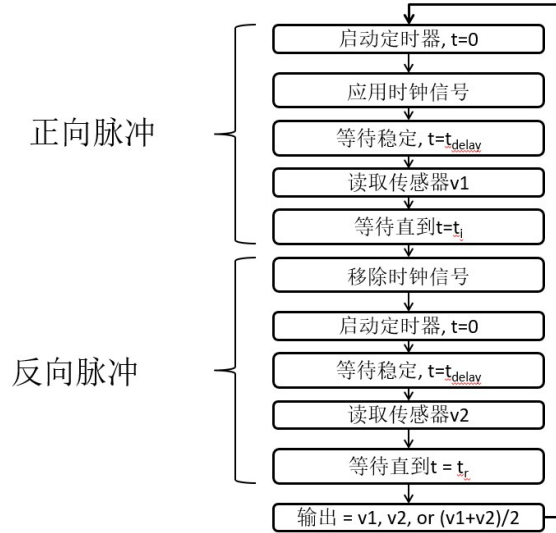


图 12-由于初始化脉冲的极性不会影响传感器的极性，因此可以将读取速度提高一倍，或者使用上述方法进行平均计算。

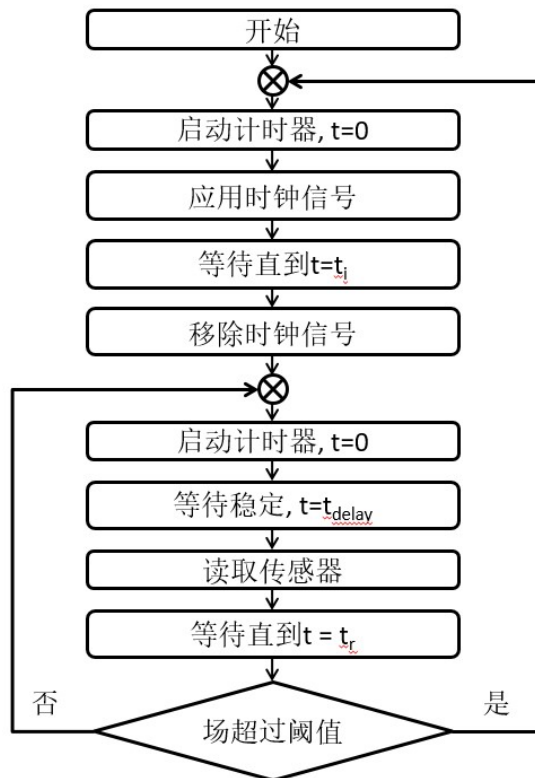


图 13-在许多应用程序中，在读取每个数据点之前可能不需要应用初始化脉冲。在某些条件触发后，传感器可以根据需要进行初始化，如大磁场读取或长时间延迟。这样可以节省电能并进一步提高读取速度。

最后，利用较低的初始脉冲幅度可以获得良好的性能，甚至单个脉冲也能产生良好的效果。图 14 显示了电场脉冲幅度对矫顽力的影响。1 A 之后，额外的减少是很小的。同样，图 15 显示了重复脉冲的效果。重复脉冲可以进一步降低，但是大部分的减少发生在第一次脉冲被应用之后。

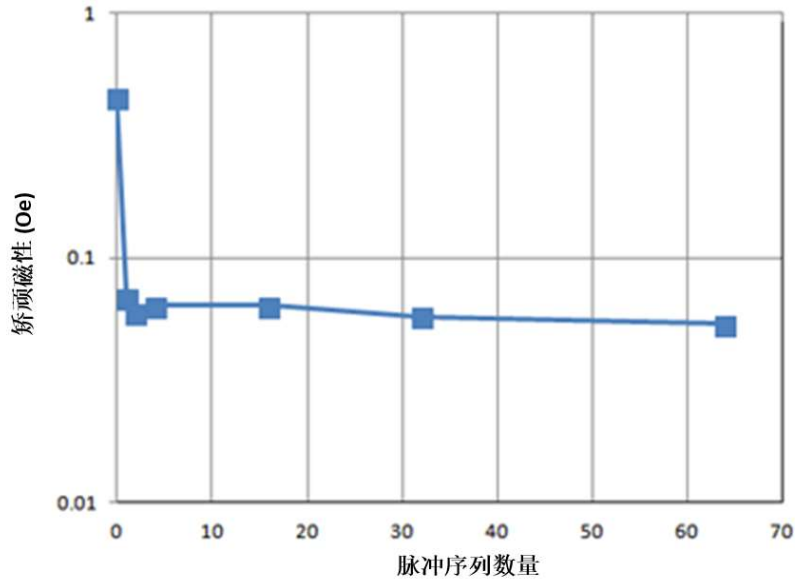


图 14- 在读取数据点前应用的双相脉冲序列的数量，以矫顽力减少作为一个函数。矫顽性是在对数尺度上绘制的。尽管多个脉冲序列进一步降低了矫顽力作用，但在每个数据点之前，单个应用的初始化脉冲对于大多数应用程序来说可能已经足够了。

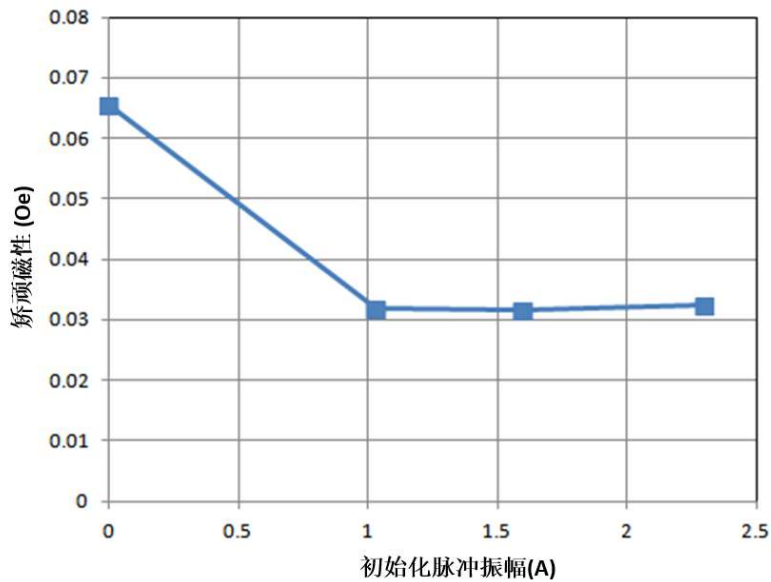


图 15- 在最大 100Oe 大范围内，矫顽力还原为一个 TMR9xx3 传感器的初始脉冲振幅的函数。对于大多数应用程序来说，单双双极的初始脉冲序列和峰值电流小于 1 的脉冲序列是足够的。

