

LEM 漏电流传感器 CTSR 系列自检功能浅析

莱姆电子（中国）有限公司 深圳分公司 赵苏晋

一：CTSR 系列简介

CTSR 系列是 LEM 在 2011 年发布的一款用于漏电流检测的传感器，该系列传感器基于 Fluxgate 原理，目前可实现对 300ma, 600ma, 1A 漏电流的检测，可应用于光伏，电力等需要漏电流检测的行业。在进行测量时候，将承载漏电流的接地线通过传感器中间的圆孔，通过测量传感器的输出推算出漏电流值。



由于漏电流检测涉及到安全因素，因此不但要保证测量的精确性，同时也要保证器件本身是否正常。基于这个原因，LEM 在该系列产品上增加了器件的自我检测的功能。目前该功能是市场上大部分同类产品所不具备的，本文即阐述这一功能的具体用法。

自检的实现有 2 个级别，简单的自检是对传感器内部 ASIC 的检测，而更完善的自检则是对整个传感器输出测试电流，进而检测漏电流传感器精度的方式。

二：简单自检功能用法

CTSR 系列的副边共有 4 个管脚，分别是 VCC（电源），0v（地），Ref（参考脚），Out（输出脚）。

自检功能是配合使用 Ref 和 Out 两个管脚来完成的：

首先，需要将 Ref 拉低至 0v 到 1v 范围内的低电平并持续至少 30ms，此时传感器进入自检模式；

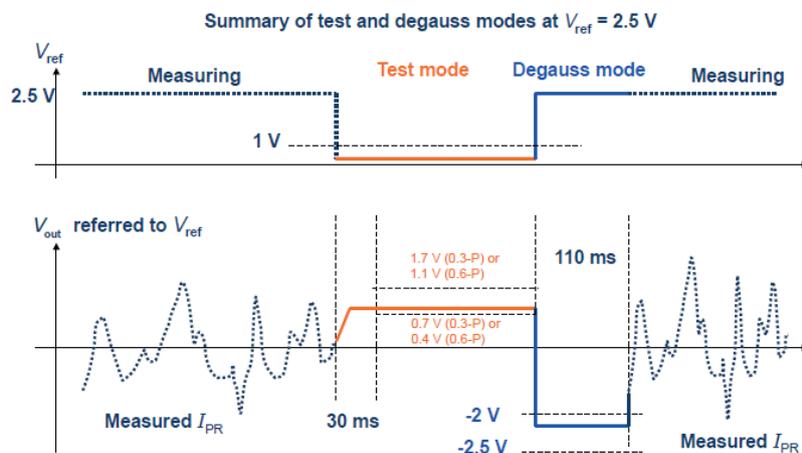
然后，对 Out 管脚的输出电平 V_{out} 进行检测，如果在表 1 所述范围，说明传感器正常，否则说明该传感器已经失效；

表 1 自检模式下的 V_{out} 输出范围：

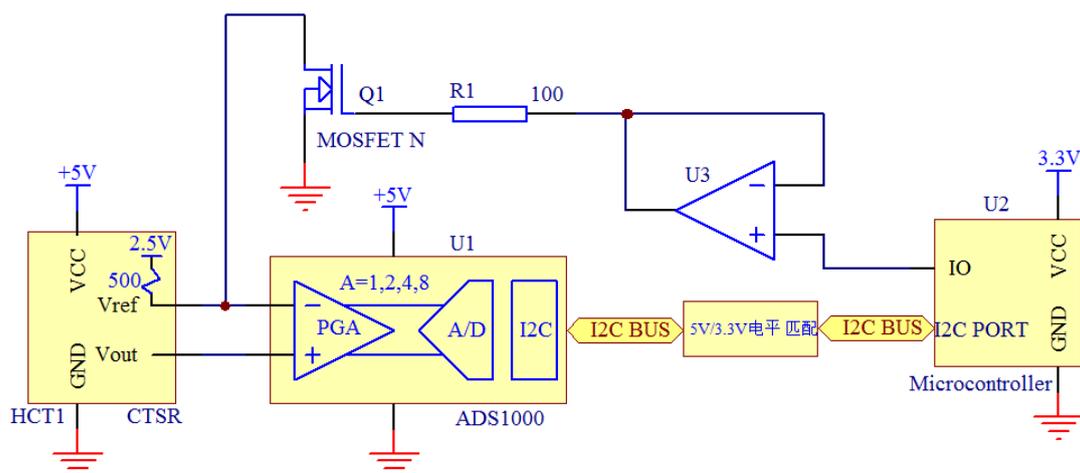
型号	最小值	典型值	最大值
CTSR 0.3-P	$V_{ref}+0.7v$	$V_{ref}+1.2v$	$V_{ref}+1.7v$
CTSR 0.6-P	$V_{ref}+0.4v$	$V_{ref}+0.75v$	$V_{ref}+1.1v$
CTSR 1-P	$V_{ref}+0.2v$	$V_{ref}+0.35v$	$V_{ref}+0.5v$

注： V_{ref} 是参考脚 Ref 此时的输入值

将 Ref 管脚的低电平释放后 40us，传感器结束自检模式，然后进入持续时间长约 110ms 的去磁模式，去磁结束之后才进入正常测量模式。整个时序详见下图：



三：简单自检功能的实际使用



在实际应用中，由于传感器的 Ref 和 Out 可能会传输比较长的距离，因此可能引入共模干扰，为了减少共模干扰以及温漂的影响，通常会将 Ref 与 Out 接成差分输入的方式。本文采用了 TI 公司的 ADS1000 作为 AD 转换器，该器件内置有 PGA 环节，可对差分输入量放大之后再行 AD 转换。

当 CTSR 的 Ref 用于输出模式时，Vout 的输出范围可达 $2.5V \pm 2V$ ，因此如果需要得到整个测量范围的值，需设置 $PGA=1$ 。

实现自检模式时，将微控制器的 IO 口置为高电平，经 U3 跟随之后驱动 Q1，此时 Q1 导通，由传感器内部的 2.5V 基准经过内部的 500ohm 电阻给 Q1 灌电流，将 Ref 拉低，当这一过程持续超过 30ms，传感器开始自检，此时将 AD 采集得到的数据与表 1 中的数据进行比对。由于 U1 将 Ref 和 Out 接成差分模式，因此应该是将 AD 值与 Vout 和 Vref 的差值进行对比。



例如采用 CTSR 0.3-P 时，如果发现 AD 采集值在[0.7, 1.7v]的范围，则表明传感器自检成功，否则失败。

自检结束之后，将微控制器的 IO 口置为低电平，此时 Q1 截止，Vref 输出 2.5v 基准电压，40us 后传感器进入去磁模式，去磁过程将持续 110ms，之后传感器进入测量模式。

如 CTSR 0.3-P 在测量 300ma 时，U1 的输入差值为
 $V_{out}-V_{ref}=0.3*4=1.2v$, ADS1000 的理论输出 CODE 为： $2048*1*1.2/5=492$ 。

四：全面自检功能用法

在 CTSR 系列中，只有几个特定型号的产品具有全面自检功能，这些产品的内部均带有检测线圈。截至发稿为止有下面几个型号：

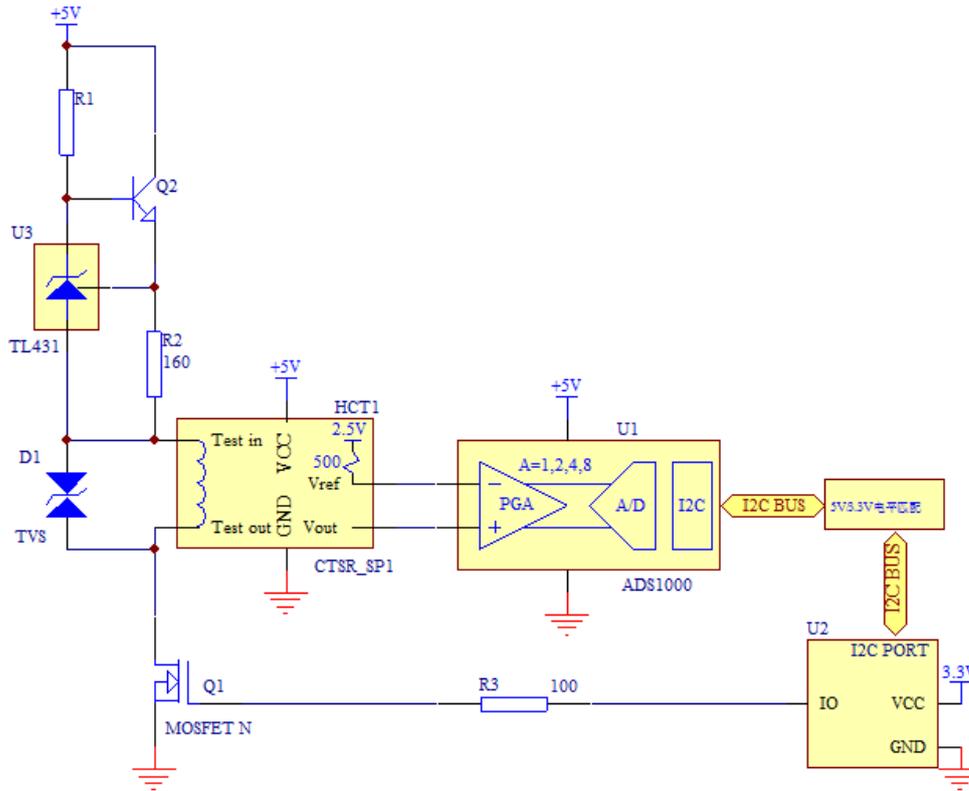
型号	Ipn (mA) 额定值	Ipm (mA) 测量范围	是否带检测线圈	是否带原边导线
CTSR 0.3-P/SP10	300	±500	是	否
CTSR 0.3-P/SP11	300	±850	是	否
CTSR 0.3-TP/SP14	300	±500	是	是
CTSR 0.6-P/SP10	600	±850	是	否
CTSR 0.6-TP/SP12	600	±850	是	是

检测线圈在传感器内的补偿线圈上绕 20 匝，这样就可以模拟原边电流进行检测。因此输出与测试电流的关系为： $V_{out}-V_{ref}=G_{th}*I_t$ (测试电流) *20

根据 IEC 62109-2 标准中 4.4.4.15.1 和 4.8.3.5 规定，每次光伏逆变器在重启时，需利用漏电流传感器的检测线圈验证传感器的精度。此时可以利用恒流源给检测线圈注入测试电流。在测试结束之后，应该断开测试线圈回路，以免对正常测量形成干扰。此时，由于互感原理的作用，当原边电流发生瞬间变化时，开路的测试线圈两端可能会产生高压，因此电路中应该增加相关保护器件。

下图是这一功能的一个测试示例，由 TL431 (U3) 构建恒流源为线圈提供测试电流。当 U2 的 IO 管脚置为高电平时，Q2 将恒流源接通，注入测试线圈的电流为 $2.5v/R_2=2.5v/160=15.6mA$, 相当于给原边通入 $15.6*20=312mA$ 的电流。此时通过读取 AD 值与理论值 312mA 进行比对，对测量精度进行验证。

验证完成之后，将 U2 的 IO 管脚置为低电平，Q2 截止，测试线圈回路断开。此时可进行正常测量。另外在检测线圈两端跨接 TVS 管，当原边电流发生瞬变时，测试线圈耦合产生的能量通过 TVS 管释放。



关于 LEM

莱姆作为电量传感器领域的市场领导者，为客户提供创新的技术和高质量的电量测量解决方案。其核心产品为电流电压传感器，可广泛应用于驱动与焊接、可再生能源与电源、铁路与轨道交通、高精度、传统汽车与新能源汽车等业务领域。莱姆的战略在于发挥其核心业务固有优势的同时，开发新的应用领域并在新的市场中寻求发展机遇。莱姆作为一家中等规模的全球化公司，在北京（中国）、日内瓦（瑞士）、町田（日本）、哥本哈根（丹麦）设有生产中心，各地的销售办事处能够为全球客户提供周到的服务。莱姆（LEM）集团于 1986 年在瑞士证券交易所上市（股市代码：LEHN）。莱姆电子（中国）有限公司是莱姆电子在中国的全资公司，在各地设有销售办事处，为中国客户提供全球化的无缝服务。[更多信息请访问莱姆中国官方网站 www.lem.com.cn。](http://www.lem.com.cn)