

Application Note

超声波泄漏检测



Leo Estevez

MSP430 Applications

摘要

本文档介绍了超声波泄漏检测解决方案。该解决方案能够以非常低的流速感应单个水滴。

此外，文中还提供了演示源代码和原理图，用以加快超声波传感应用的开发。可以从 [USSWLib_Water_02_40_00](#) 下载相关文件。

有关本应用报告中使用的示例代码和 GUI 的更多信息，请参阅 [适用于水流量测量的超声波感应子系统参考设计](#)。本应用报告使用无修改的标准示例和 GUI。

[2MHz Jiakang 换能器](#) 可提供足够的灵敏度来检测管中的单个水滴。

内容

1 引言	2
2 设置和配置	3
2.1 EVM430-FR6043 GUI 配置	3
3 测试结果	4
4 OpenSCAD 3D 测试装置	5

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

目前，泄漏检测器依赖于机械叶轮和底层表面感应。但这两项技术都无法感应微小泄漏，而这些微小泄漏可能演变成机柜和地板上发生的严重水损害事件。

超声波技术非常适合泄漏检测，因为水管中声速的差异可提供足够的分辨率来检测少量泄漏。这是机械仪表无法检测到的。公用事业公司正逐步采用超声波水表取代机械水表，以实现对此种微小泄漏的检测。

TI 的超声波感应技术包括一种基于模数的交叉相关方法，使用频率信息来确定超声波飞行时间，其精度比现有的基于阈值的技术高得多。如需详细了解此独特算法的工作原理以及 TI 的超声波感应子系统 (USS)，请参阅 [TIDM-02005](#)。

TI 的超声波感应子系统支持单芯片泄漏检测解决方案，该解决方案可直接连接到超声波换能器，从而进行高分辨率泄漏检测测量。TI 的 USS 与低功耗加速器 (LEA) 和 MSP CPU 集成在一起，可实现平均电流消耗小于 3 μ A (每秒测量一次) 的自主低功耗运行。

TI 的超声波感应子系统 (请参阅图 1-1) 包括一个可编程脉冲发生器 (PPG) 和一个带有可编程增益放大器 (PGA) 的高速 Σ - Δ 模数转换器，该放大器可以自主激发和捕获超声波波形，以便通过集成式 LEA 进行后续处理。

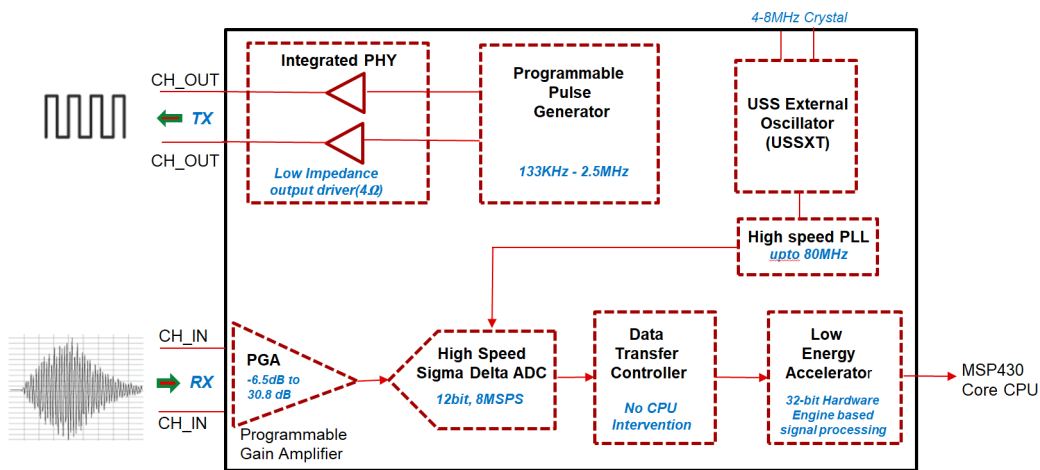


图 1-1. TI 的超声波子系统

该超声波子系统 (请参阅图 1-2) 首先激发连接到 CH0_OUT 的“上行”换能器，同时捕获来自连接到 CH0_IN 的“下行”换能器的波形。随后，它激发连接到 CH1_OUT 的“下行”换能器，同时捕获来自连接到 CH1_IN 的“上行”换能器的波形。然后，LEA 处理这些波形，以确定上行飞行时间与下行飞行时间之间的差值。

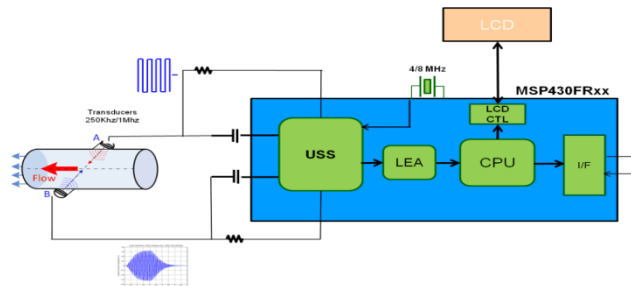


图 1-2. 完整的泄漏检测系统

2 设置和配置

EVM430-FR6043 与两个 Jiakang 2MHz 换能器搭配使用。此处描述的测试也适用于 **EVM430-FR6047**。本实验采用 3D 打印装置来安装换能器（请参阅图 2-1）。该测试装置由三个不同的管和一根园艺胶管组成，可以采用不同几何形状的管进行实验。将蓝色管的超声波角度和路径缩小，从而让蓝色管尺寸更小。由于这种修改，蓝色管的灵敏度大约是红色管的一半。虽然本文档重点介绍非常灵敏的管，但还提供了参数化 3D 设计源，可实现更小尺寸的管。将 3D 打印测试装置插入一杯水中，然后将单个水滴释放到浸入水的管中。

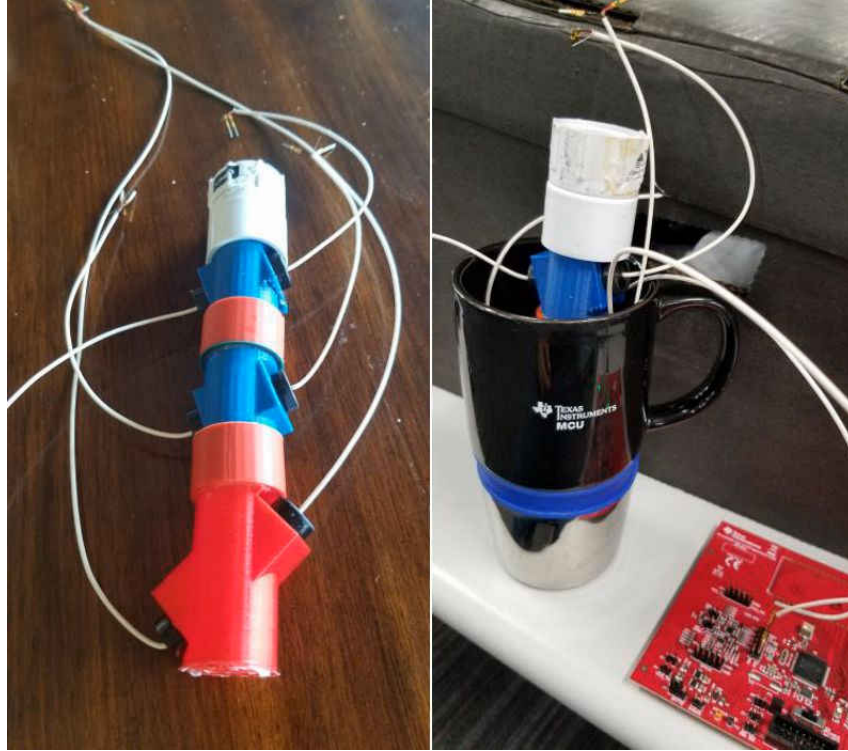


图 2-1. 3D 打印装置和 EVM



图 2-2. Jiakang 2MHz 超声波配置

2.1 EVM430-FR6043 GUI 配置

图 2-3 显示了用于此管的超声波 GUI 配置。在此配置中，**MSP430FR6043** 配置有 2MHz 激发和 8MHz 信号采样频率。换能器在管中的组装会影响它们的共振（和理想激发频率），因此应进行频率扫描来确定提供最高振幅响应的激发频率。

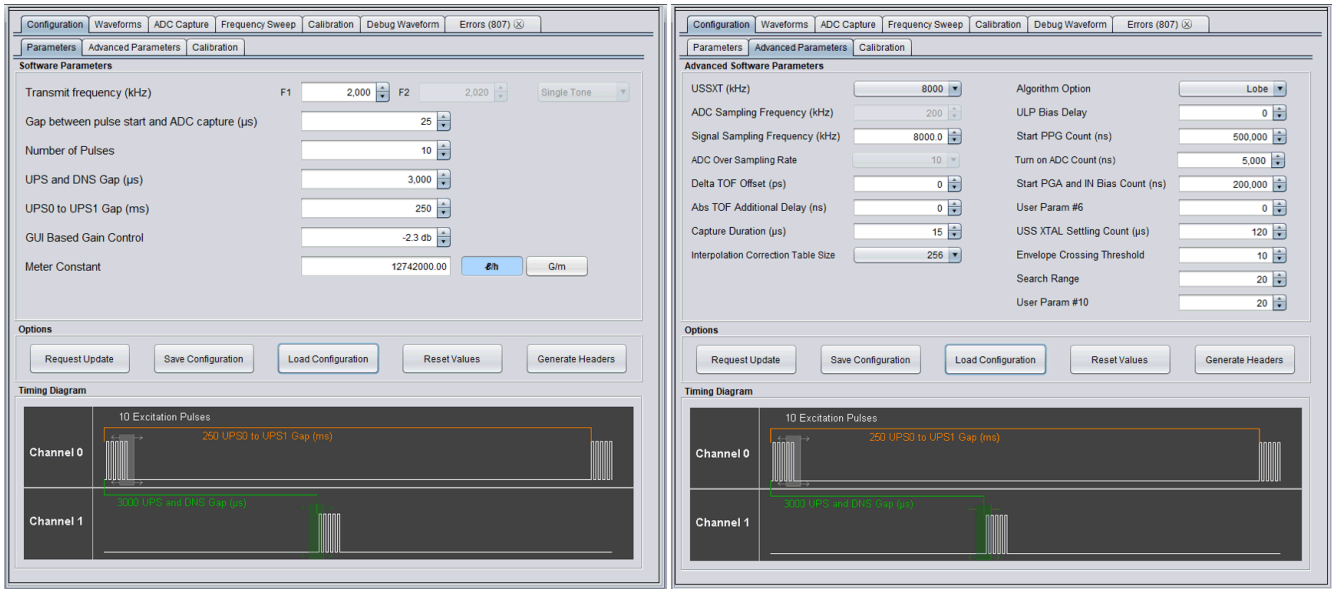


图 2-3. EVM430-FR6043 GUI 配置

3 测试结果

图 3-1 中的测试结果显示了捕获的 ADC 波形以及在将水滴释放到浸入管后飞行时间增量发生的变化。此测试是在室温下进行的。

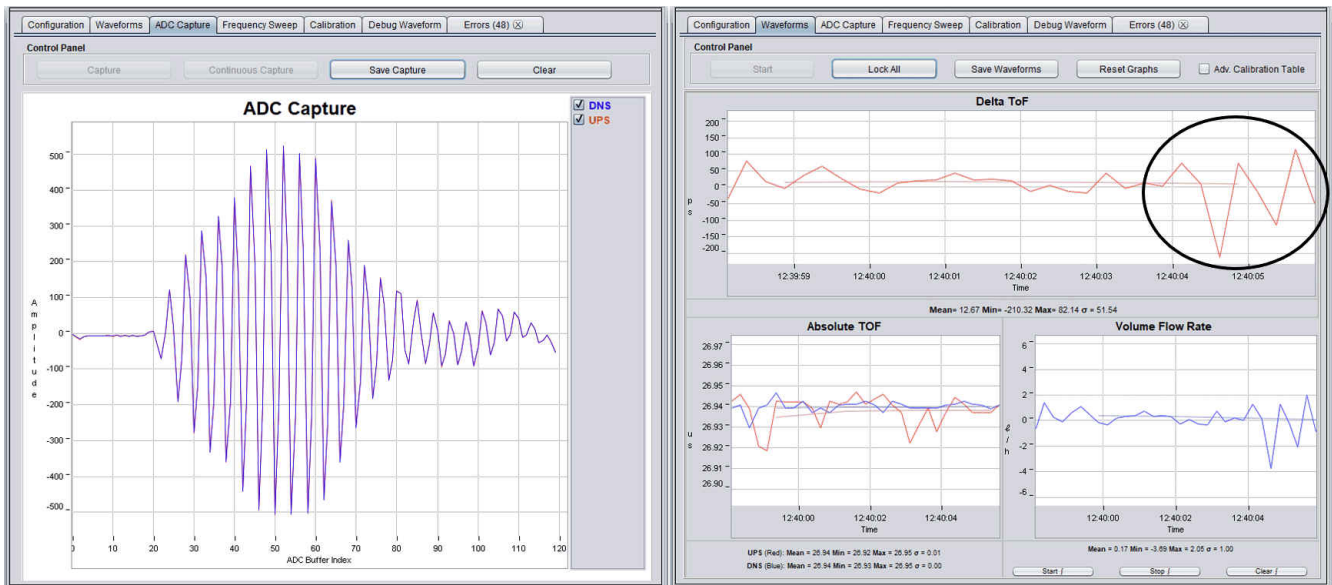


图 3-1. ADC 捕获和实验结果

在图 3-1 右上角看到飞行时间增量的振荡，这是水滴产生的管内液体运动所致。

在第二个实验中，管在注满水之前从底部固定，然后缓慢释放管底部的压力，直到水从管底部以大约每秒 1 滴的速度滴落。在本例中，飞行时间增量从 15ps 的平均值变为 30ps，如图 3-2 所示。



图 3-2. 每秒滴落一个水滴时的测试结果

4 OpenSCAD 3D 测试装置

OpenSCAD () 是一款免费提供的 CAD 工具，可以参数化生成 3D 模型，并将其导出以用于 3D 打印。本报告中使用的 3D 测试装置如下。

```

PIPE_RADIUS = 13.4;
PIPE_LENGTH = 60;
TRANSDUCER_RADIUS = 5.1;
ULTRASONIC_ANGLE = 135;

difference() {
  union() {
    translate ([0, 0, -10])
    rotate([0, 0, 0])
    cylinder (h = PIPE_LENGTH, r = PIPE_RADIUS);

    translate ([-10, -10, 42])
    rotate([0, ULTRASONIC_ANGLE, 0])
    cube ([20,20,47]);
  }
  union() {
    translate ([-13, -10, 42])
    rotate([0, ULTRASONIC_ANGLE, 0])
    cube ([20,20,5]);

    translate ([23, -10, 10])
    rotate([0, ULTRASONIC_ANGLE, 0])
    cube ([20,20,8]);

    translate ([-8, -8, -10])
    rotate([0, 0, 0])
    cube ([16,16,60]);

    translate ([-30, 0, 46])
    rotate([ULTRASONIC_ANGLE, 0, 90])
    cylinder (h = 150, r = TRANSDUCER_RADIUS);
  }
}

```


重要声明和免责声明

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司