

## 引言

割草机器人要实现完全自主操作，必须配备能够检测周围环境的传感器，从而省去人工操作。

必须避免草坪上有异物，因为碰撞可能导致代价高昂的故障。传感技术必须能够在室外可靠地运行，并且能够检测诸如椅子腿之类的薄物体。可以考虑使用非接触式超声波感应进行障碍物检测，因为即使是在恶劣环境条件下它也能高效地执行。

当前的割草机器人需要在所需的操作区域周边安装电线，这可能需要高昂的成本来维持指定路径。如果没有系统来监测机器人在草坪上的位置，机器人可能会进入不需要的区域并造成广泛的损坏。超声波感应可以检测机器人所处的地形类型，从而使机器人能够高效地穿越草地，而无需外部机制。

## 超声波工作原理

超声波传感器使用的高频声波高于人类听觉的上限，可以横向穿过不同的介质（影响声速），以确定物体相对于换能器点的位置。发射的声波反射回换能器所需的时间乘以声速，然后除以 2 得到精确的距离测量。

值得注意的是，随着频率的增加，分辨率、方向性和衰减都会增加，但可测量的距离会减小。图 1 显示了超声波传感器如何使用声波工作。

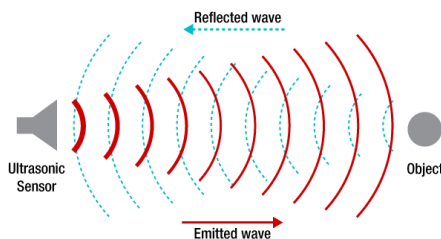


图 1. 超声波传感器工作原理

PGA460 是一款完全集成的超声波换能器驱动器和调节器，用于收集这些实验的准确结果。它与在 30kHz-80kHz 和 180kHz-480kHz 中心频率运行的超声波换能器兼容

## 正确绝缘和安装

割草机器人应用需要将换能器暴露在恶劣环境中，因此建议使用密闭式换能器。必须用柔软材料包住换能器以实现振动，然后使用坚固的材料固定换能器位置，并防止任何外部振动影响换能器。

图 2 显示了必须如何绝缘换能器以优化在 BOOSTXL-PGA460 图形用户界面 (GUI) 上观察到的信号。

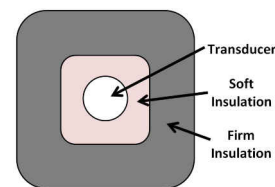


图 2. 正确绝缘

如果换能器安装不当，误报的可能性会增加，这会降低系统的可靠性。

对于障碍物检测，TI 建议将换能器安装在草坪机的前部，朝外并略高于地面，以避免可能产生误报的地面反射。对于地形类型检测，TI 建议将换能器安装在割草机下方，换能器朝下。图 3 显示了用于割草机器人进行障碍物和地形类型检测的换能器建议安装。

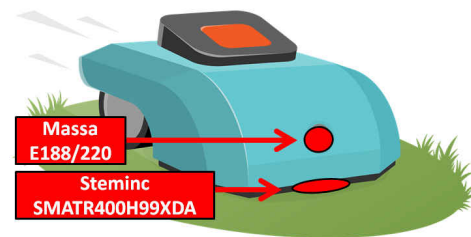


图 3. 换能器安装在割草机上

## 障碍物检测

位于割草机 15 厘米范围内的物体应被视为威胁，系统应指示割草机器人改变方向并找到未堵塞的路径。对于障碍物检测，建议使用 220kHz Massa E188/220 密闭式换能器，因为该器件在 20cm 范围内非常可靠。

图 4 显示了换能器不受障碍物影响时的回波响应。观察到的初始峰值是单基地换能器产生的振铃时间。可以通过外部硬件配置或实现双静态拓扑来缩短振铃时间。有关更多信息，请参阅 [PGA460 超声波模块硬件和软件优化](#)。

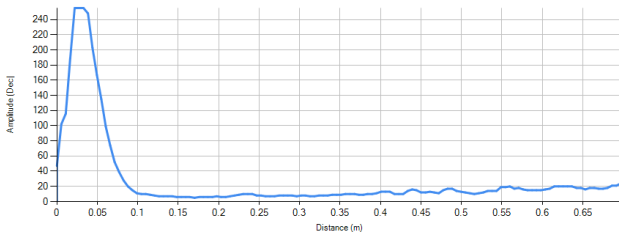


图 4. 开路场回波响应

图 5 显示了使用 Massa E188/220 检测草坪上常见的物体。当物体处于 15cm 阈值范围内时，换能器接收到回波响应。与其他传感技术不同，超声波感应能够在户外条件下可靠地检测目标，包括椅子腿和柱子等细物体。

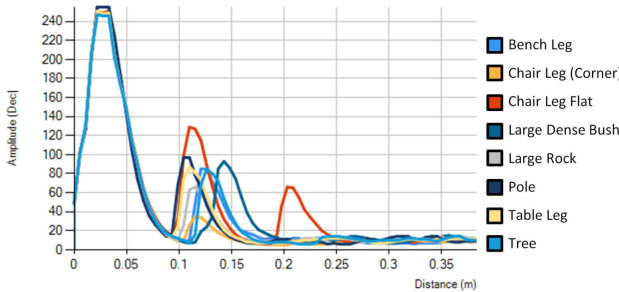


图 5. 15cm 范围内的障碍物检测

### 地形类型检测

图 6 显示了当传感器距离地面 5cm 时，400kHz Steminc SMATR400H99XDA 密闭式换能器如何进行地形类型检测。此应用使用频率更高的换能器来缩短振铃时间，从而实现更短的最小检测范围。由于表面硬度较高，水泥具有较大的回波响应，而由于随机图案表面类型的漫反射，草几乎没有回波响应。

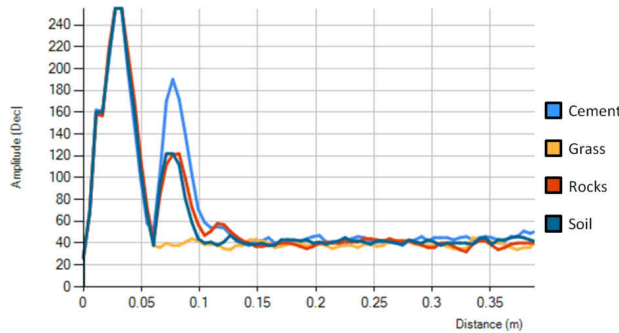


图 6. 地形类型检测

### 器件建议

由于割草机器人暴露在包括水和污垢在内的恶劣环境中，因此必须采用密闭式换能器。为了实现可靠的短距离检测，换能器必须能够发出高频声波。

对于地形类型检测，这些实验中的最小可测量距离为 5cm。因此，使用了 400kHz 换能器来进行低范围检

测。由于障碍物检测需要进行中低范围检测，因此使用了 220kHz 换能器。

PGA460 器件是高度集成的片上系统超声波换能器驱动器和信号调节器，配备先进的 DSP 内核。表 1 包含一个配套资料资源列表，以帮助确保 BOOSTXL-PGA460 以及可用的不同换能器的正确使用。有关更多信息，请访问 [ti.com/ultrasonic](http://ti.com/ultrasonic)。

表 1. 推荐的配套资料

配套资料	说明
应用手册	<a href="#">PGA460 超声波模块硬件和软件优化</a>
快速入门指南	<a href="#">PGA460-Q1 EVM 快速入门指南</a>
Excel 电子表格	<a href="#">PGA460：空气耦合超声波换能器和变压器列表</a>
应用手册	<a href="#">超声波感应基础知识</a>
视频系列	<a href="#">TI 高精度实验室 - 超声波感应</a>

表 2. 其他器件注意事项

器件	特征	注意事项
TUSS4440	具有集成对数放大器的变压器驱动超声波传感器	该器件用于变压器驱动，以提高换能器电压，从而提高突发声压级。TUSS4440 支持 40kHz 至 400kHz 的换能器频率范围
TUSS4470	具有集成对数放大器的直接驱动超声波传感器	该器件能够直接驱动超声波换能器，也可以配置为用于外部 FET 的前置驱动器。TUSS4470 支持 40kHz 至 1MHz 的宽范围换能器频率
TDC1000	用于液位检测且具有可配置低功耗模式的超声波感应模拟前端	如果与 MSP430 或 C2000 MCU 配合使用，则可提供完整的超声波感应解决方案。TDC1000 支持 31.25kHz 至 4MHz 的换能器频率范围。

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司