

### 摘要

当前的占位检测解决方案往往采用诸如毫米波雷达之类的复杂系统来检测静止物体。无源红外 (PIR) 技术虽然更简单，但能够可靠地检测运动，不过却难以检测静止物体。本应用手册探讨了如何使用镜片来仿真运动，从而创建能够进行占位检测的基于 PIR 的系统。

### 内容

1 引言.....	1
2 技术概述.....	2
3 方框图.....	3
4 器件选择.....	4
5 静止目标检测.....	5
6 功耗.....	7
7 结论.....	7

### 插图清单

图 2-1. PIR 传感器前方运动的电压响应.....	2
图 2-2. 用旋转镜扫描静止物体时的红外图像.....	3
图 3-1. 系统方框图.....	3
图 5-1. 正常角度 (左) 和广角 (右).....	5
图 5-2. 基线测试电压响应.....	5
图 5-3. 物体位于 FOV 中间, 从左到右的距离依次为 4、8 和 10 英尺.....	5
图 5-4. 受试者位于 FOV 边缘, 从左到右的距离依次为 5 英尺和 8 英尺.....	6

### 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

由于具有低功耗和低成本，无源红外 (PIR) 技术目前广泛用于运动检测应用。但是，在占位检测方面，大多数系统往往采用更复杂的解决方案，例如毫米波雷达，因为毫米波雷达能够可靠地检测静止物体。

PIR 技术面临的挑战是依赖于物体的运动，因为传感器无法独自检测静止物体。基于 PIR 的占位检测器通过使用电动镜系统来假装静止目标的移动，以提供可靠的占位检测，从而解决了这一问题。

## 2 技术概述

基于 PIR 的技术依赖于视场中的热量移动。当物体在两个以相反方向排列的热电元件前面移动时，这两个元件会产生交流电压响应。

图 2-1 演示了检测运动的 PIR 传感器产生的交流信号。当物体从第一个传感器前面经过时，会产生一个负响应，当物体从第二个传感器前面经过时，会产生一个正响应。受试者的方向会改变首先生成的响应。此外，物体的距离会改变信号的振幅，受试者距离越远，产生的信号越小，从而有效地限制了传感器的范围。物体在传感器前方通过的速度决定了信号的频率，物体移动速度越快，信号的频率就越高。

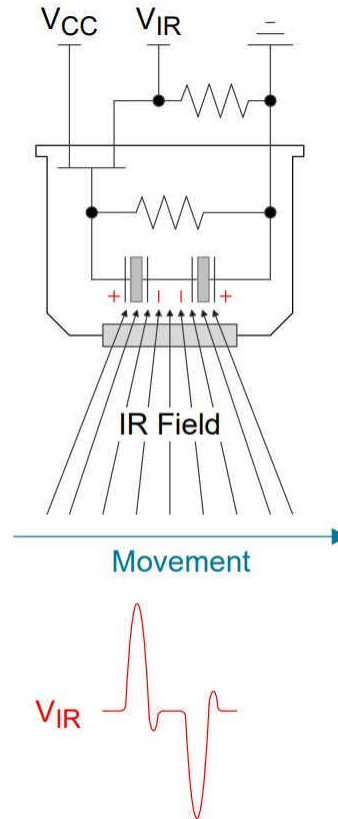


图 2-1. PIR 传感器前方运动的电压响应

由于 PIR 传感器有效地使用两个独立的传感器来生成随运动变化的电压响应，因此使用 PIR 传感器检测运动物体非常经济高效。但是，尝试检测静止物体会面临巨大挑战。也就是说，静止物体无法生成任何可检测的响应。但是，使用镜片可以假装运动，欺骗 PIR 传感器将静止物体检测为正在运动。

这可通过将 PIR 传感器指向镜片并在视场中旋转镜片来实现，类似于图 2-2。

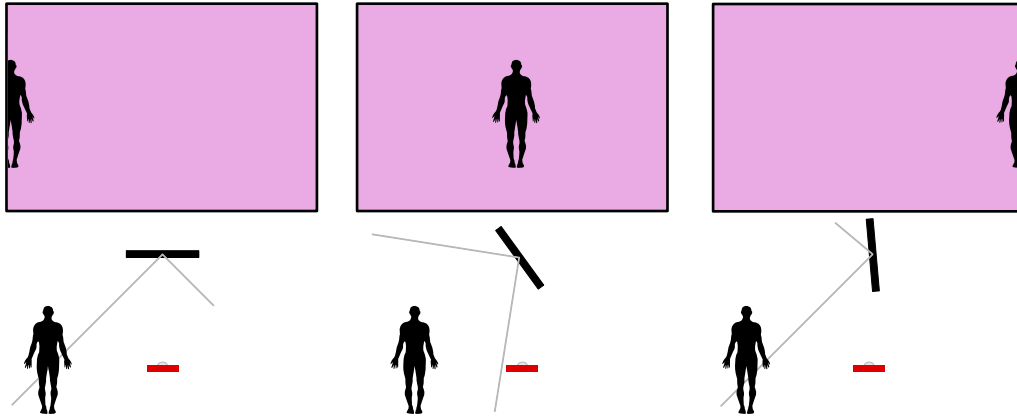


图 2-2. 用旋转镜扫描静止物体时的红外图像

图 2-2 演示了通过这种方法，PIR 传感器检测到在视场上平移的静止物体。这足以触发传感器的差分响应，可用于检测静止受试者。

### 3 方框图

图 3-1 显示了基于 PIR 的占位检测器系统的主要元件；PIR 传感器本身、用于移动镜片的电机、用于控制两者的 MCU 以及一种供电方式。器件选择部分描述了所选器件背后的原因。

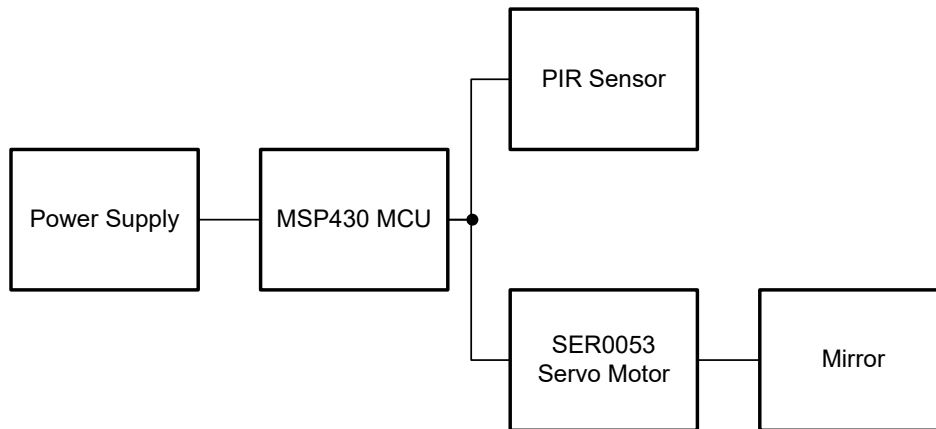


图 3-1. 系统方框图

## 4 器件选择

虽然系统由相对较少的器件组成，但必须考虑到组件的成本和功耗。首先，选择的 MCU 是 MSP-EXP430G2ET。MSP430 平台成本低且易于使用，被认为是此应用的理想选择。选择 DFRobot SER0053 作为电机是因为它具有 PWM 接口，并且功耗和成本较低。此外，电机的低电流消耗意味着无需专用电机驱动器，从而进一步降低了系统的成本和复杂性。

PWM 接口可通过改变占空比实现精确定位。在该电机上，一个占空比对应于一个位置。例如，1% 的占空比对应于 0° 的旋转，而 50% 的占空比对应于 150° 的旋转。所考虑的其他伺服电机是通过向电机上的两个引脚之一施加电压进行控制。施加到顺时针引脚的高电压会导致顺时针快速旋转，而施加到逆时针引脚的较低电压会使该方向的运动变慢。这虽然简单，但会使精确定位电机、从而精确定位镜片的难度大大增加。

为器件供电时，有两种选择：线路和电池。可充电电池提高了设备的价格并带来了电池寿命问题，但会显著提高设备的便携性，使其更易于供家庭使用。功耗部分中的电池寿命计算选择了 3.2V、1.5Ah 可充电磷酸铁锂电池。这以经济实惠的价格提供了较长的电池寿命。

## 5 静止目标检测

使用的测试程序侧重于不同距离的两种不同场景。器件的视场 (FOV) 受限。这是因为当镜片在传感器前方旋转时，镜片的可见部分会因镜片角度而变小。因此，测试了两种场景，一种场景的目标直接位于器件 FOV 的中间，另一种场景的受试者位于边缘。

在所有测试中，镜片以 3.24 秒的速率在镜片的整个范围内不断旋转，旋转到镜片的最大范围并返回。

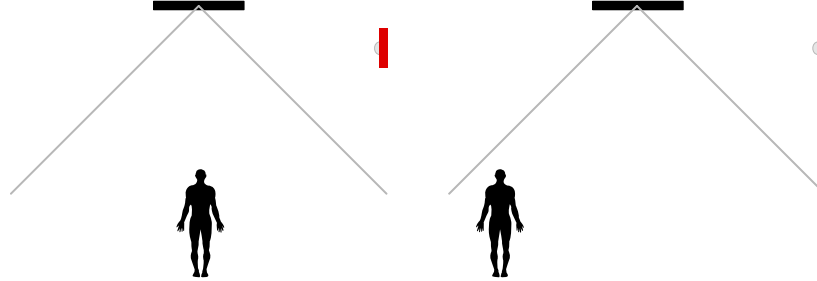


图 5-1. 正常角度 (左) 和广角 (右)

执行了视场中无任何东西的基线测试。图 5-2 中的基线测试显示传感器正确识别出视场内没有人，因为未产生电压响应。

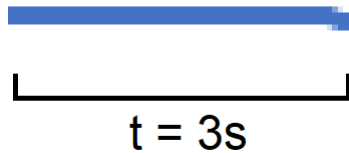


图 5-2. 基线测试电压响应

执行的下一项测试的受试者位于器件 FOV 的中间。图 5-3 显示，10 英尺以内的静止受试者在 PIR 中产生了一致的电压响应。



图 5-3. 物体位于 FOV 中间，从左到右的距离依次为 4、8 和 10 英尺

在传感器 FOV 边缘对受试者进行了两项测试，一项距离为 5 英尺，另一项距离为 8 英尺。

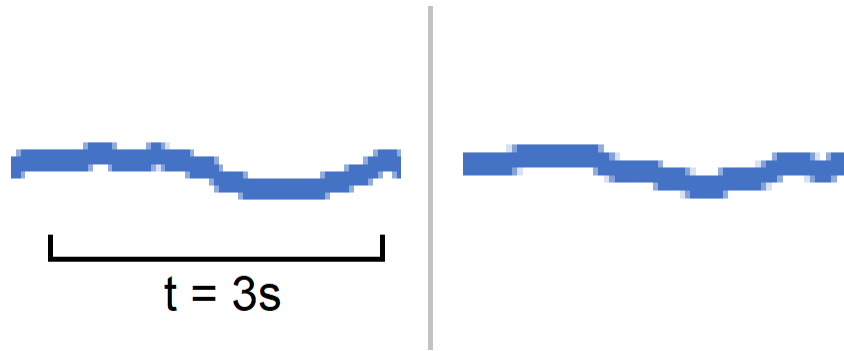


图 5-4. 受试者位于 FOV 边缘，从左到右的距离依次为 5 英尺和 8 英尺

PIR 传感器仍可精确检测视场边缘最远 8 英尺范围内的静止物体。使用较大的镜片可提高系统的精度，但代价是会产生较大的外形尺寸。

## 6 功耗

虽然 PIR 传感器本身的功耗很低，但所需的电机却带来了挑战。对于使用所选电机的系统，测得的功耗为每周期 0.036mAh。一个周期的定义是：镜片沿一个方向旋转到视场范围内，然后再旋转回来。这为 PIR 提供了两次检测假运动的机会。因此，[器件选择](#)部分中讨论的 1.5Ah 电池在理想条件下总共可支持 41,667 个周期。

有两种简单的方法可以显著降低功耗：使用功率较低的电机或降低器件的扫描速率。由于镜片的重量相对较轻且运行条件平坦（也就是说，电机不必以反重力的方式旋转镜片），因此低扭矩电机是理想选择。例如，SER0050 是所选电机 SER0053 的高扭矩计数器器件。该电机的额定扭矩增加了 40%，但代价是在相同电压下电流消耗增加了一倍。

要考虑的另一种解决方案是器件扫描占位的频率。虽然电池可为器件供电的周期数固定，但这些周期的理想间隔可以显著延长一次充电的运行时间。首先要考虑的是何时真正开始扫描占位情况。由于 PIR 的运行基于运动，因此在检测到有人进入房间之前开始扫描占位没有意义。只需将镜片定位在所需角度，关闭电机并让 PIR 传感器照常检测运动，即可完成这项操作。一旦检测到运动，就可以启动电机，并可以继续扫描，直到不再检测到占位为止。

一旦检测到有人进入房间，就可以根据所需的精度和电池寿命来调整器件扫描占位的频率。对于 1.5Ah 电池，使用之前所述的 41,667 个周期，每分钟扫描一次。当每周 7 天、每天 24 小时运行时，电池寿命预计约为 28.5 天。然而，这视为更大限度的使用，因为器件不太可能需要以该频率扫描房间的占位情况。一个更典型的用途是每天扫描约 8 小时的占位情况。这使得电池的预期寿命为 86.5 天。正如预期的那样，使用更大的电池可以显著延长电池电量的使用时间，但也更加昂贵。或者，也可以将该器件连接到电源线上，这样便无需充电，但代价是安装过程更加棘手。由于这些数据是使用基本的原型模型采集的，因此使用定制设计可以进一步延长电池寿命。这可能包括使用低功耗电机或更轻的镜片。

## 7 结论

PIR 传感器提供了一种检测房间占位情况的方法，其成本相比其他技术要低得多。这种方法克服了 PIR 技术的一项关键设计挑战，使设计能够更多地扩展到楼宇安全用途。灵活的系统器件选择可实现各种工业和家庭应用。

## 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