



Ben Gilboa

摘要

本应用报告探讨了无线运动检测器设计面临的主要挑战，以及如何利用 SimpleLink™ 低于 1GHz CC1310/CC1312 和 SimpleLink 双频带 CC1350/CC1352R/CC1352P 无线微控制器 (MCU) 应对这些挑战。首先，本应用手册简要概述了无线运动检测器。然后介绍了支持运动检测器用例所必须满足的无线技术要求，并解释了低于 1GHz 技术非常适用的原因。本应用手册介绍了如何基于 SimpleLink 低于 1GHz CC131x 无线 MCU 或 SimpleLink 双频带 CC135x 无线 MCU 构建系统，同时重点介绍了低功耗、网络和云连接以及低于 1GHz 和低功耗蓝牙®用例。本文档最后介绍了一个潜在用例，包括其状态机以及对功耗的分析。

如需立即开始使用，请访问以下资源：

- [CC1310 产品页面](#)
- [CC1312 产品页面](#)
- [CC1350 产品页面](#)
- [CC1352P 产品页面](#)
- [CC1310 LaunchPad™ 开发套件](#)、[CC1350 LaunchPad 套件](#)、[CC1312 LaunchPad 套件](#)和 [CC1352 LaunchPad 评估套件](#)
- [传感器到云端](#)
- [CC1310 和 CC1350 软件开发套件 \(SDK\)](#)
- [CC1312 和 CC1352 软件开发套件 \(SDK\)](#)

内容

1 概要.....	2
2 无线通信技术.....	3
3 采用 SimpleLink 低于 1GHz 无线 MCU 的运动检测器.....	4
4 测试用例.....	7
5 总结.....	8
6 参考资料.....	8
7 修订历史记录.....	9

插图清单

图 3-1. 运动检测器系统方框图.....	4
图 3-2. 功耗配置.....	5
图 3-3. 采用低功耗蓝牙连接的无线运动检测器系统.....	6
图 4-1. 测试用例状态机.....	7

表格清单

表 4-1. 测试用例的功耗和电池寿命计算方式.....	8
------------------------------	---

商标

SimpleLink™ and LaunchPad™ are trademarks of Texas Instruments.

蓝牙® is a registered trademark of Bluetooth SIG.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 概要

运动检测器是终端器件，用于监视周围是否有人，然后发出某类通知。通知类型可以是声音、灯光，也可以是向其他单元（例如控制面板、警报系统或云应用）发送消息。这种运动检测器广泛应用于家庭、商业楼宇及其他设施中。可将检测器安装在室内或室外，主要用作入侵检测系统。近年来，运动检测器已被应用于其他领域，例如自动门、自动照明、加热和冷却系统的气流控制等。无线运动检测器通过无线媒介将检测状态发送到其他单元，以便进一步采取措施。例如，如果安防系统被破坏，检测器可将其状态传输到控制面板以启动警报。

常见的运动传感技术包括被动红外 (PIR)、超声波发射器和微波发射器，描述如下。

- **PIR** - 感应由菲涅耳透镜确定的视野内红外辐射的变化。PIR 对会产生热量或存在温度变化的任何事物都很敏感。
- **超声波发射器** - 输出信号是对移动目标（多普勒雷达）反射并接收的发射信号所产生的多普勒效应的度量。
- **微波发射器** - 除了载波频率（超声波为 40kHz 至 100kHz，微波为 10GHz 或 24GHz）之外，其他操作与超声波传感器相似。

每种运动传感技术在各种环境中的灵敏度级别不同，因此在平衡漏检和错误警报之间各有优缺点。某些解决方案会使用多种方法，以增强可靠性。

将来，更加智能的运动检测器不仅可以检测运动，还可以检测运动的类型（如需了解此类解决方案的参考资料，请参阅 [TIDA-01069](#)）。这类智能解决方案旨在区分成人、儿童、宠物、壁炉内火焰甚至跌倒之人的移动。这类检测器会分析每种运动类型的不同特征。

运动检测器越智能，就越需要连接性和云连接性。如果检测器可以检测到不同的情况，则它可以做出反应并提供所需的正确操作，这需要采用不同的通信方法。例如，当检测到老年人跌倒时，系统必须通过云端与紧急服务部门进行通信。当检测到成人的运动时，检测器会与安保公司和警报装置进行通信。检测到儿童出现异常时，系统必须向家长的手机发送一条消息。

无论是 PIR、超声波或微波发射器技术，还是传统的运动检测器或更智能的检测器，系统通信架构以及 MCU 和低功耗要求方面都面临着类似的挑战。

在许多情况下，无线运动检测器系统是更为广泛的安防系统的组成部分，在此系统中，无线运动检测器系统作为入侵检测的数据点，以及监控入口点状态的门窗传感器或玻璃破裂探测器。在此类系统中，运动检测器通常与安防主面板相连。在其他情况下，运动检测器系统是小型系统，包含一个或多个感应单元、一个警报单元，在许多情况下，还具有一个使系统中断的应急按钮。这些系统面向 DIY 用户，并为其他安全措施提供补充性解决方案。在这两种情况下，无线系统都是理想解决方案，因为可避免电线产生的问题且降低了安装和维护成本。

2 无线通信技术

在考虑为运动检测器和安防系统选用哪种无线技术时，相应技术必须满足所有系统要求。常见的一些系统要求如下：

- 范围 - 可将系统安装在大型房屋、办公室、工厂或建筑物内。可能还需要覆盖室外。因此，相应技术必须能够实现大面积覆盖。
- 低功耗 - 对于电池供电的传感器，无线技术是否支持低功耗连接至关重要。
- 安全性 - 无线技术必须能够阻止威胁安全的攻击。
- 稳定性 - 连接必须足够稳定性，以抵抗干扰、干扰器及不同的射频条件。
- 可扩展性 - 相应无线技术必须可扩展，以便根据需要轻松将更多设备添加到网络中。

低于 1GHz 无线技术能够满足上述所有要求，并且凭借其出色的射频性能、低功耗和低成本，已被广泛应用于运动检测器系统及其他安防传感系统。低于 1GHz 频带的射频信号在空气中、穿过墙壁以及拐角周围都能很好地进行传播。因此，能够轻松做到对整栋房屋、整个建筑物或建筑物的大面积楼层实现稳定的无线信号覆盖。此外，该技术还可以实现低功耗，且支持休眠式终端节点（电池供电的终端设备，大部分时间的功耗处于最低状态，可基于外部触发器或计时器将其唤醒以便传输消息）。

TI 低于 1GHz SimpleLink CC13xx MCU 可覆盖较大范围，且具有出色的射频性能，可实现稳定的连接。这些 MCU 的功耗在业内处于较低水平，可使传感器以小型电池（例如纽扣电池）运行多年。使用 [15.4 Stack SDK](#) 时，这些 MCU 还满足前面提到的安全性和可扩展性要求。鉴于这些特质，此类器件非常适合用于构建运动检测器系统。

3 采用 SimpleLink 低于 1GHz 无线 MCU 的运动检测器

低功耗无线 MCU (CC13xx) 充当系统的主 MCU，同时处理感应活动、LED 和按钮控制以及所有网络通信活动（请参阅图 3-1）。在通过 12 位模数转换器 (ADC) 对信号电平进行滤波和放大后，该传感器可以直接连接到 MCU，也可以将传感器连接到比较器并通过中断触发 MCU。CC13xx 器件具有大量的 GPIO、I²C、UART、SPI 及系统所需的其他接口。通过选择无线 MCU 而不是 MCU 和单独的射频收发器，该系统在集成、尺寸和成本方面具有优势，从而加快产品上市速度。通过重复使用无线协议和作为器件 SDK 一部分的示例，可以利用已加速的设计周期来支持所有这些功能。

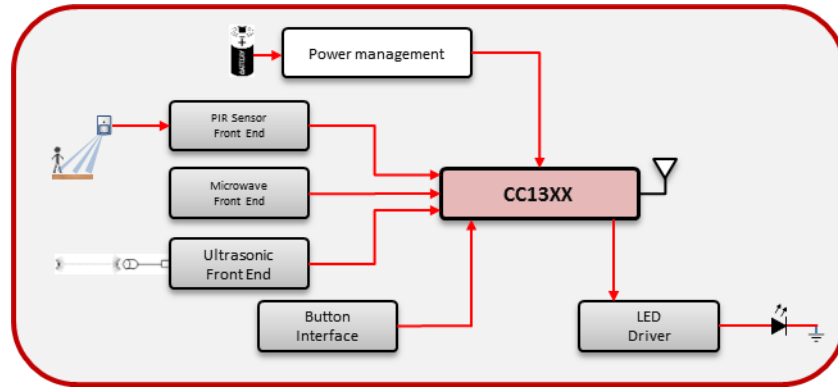


图 3-1. 运动检测器系统方框图

3.1 低功耗

要使电池的寿命达到 10 年或更长时间，系统的功耗必须非常低。例如，使用容量为 240mAh 的纽扣电池时，平均电流消耗约为 2.5μA。在特定用例下（例如，每小时报告 10 个运动事件），必须根据产品生命周期的不同活动、模式和阶段评估能耗，如下所示：

- 当 MCU 处于低功耗模式时，传感器的能耗 - 如果传感器始终处于开启状态，则消耗的电流恒定。如果传感器仅在特定时间段内运行（例如，每天晚上仅运行 14 小时），则必须考虑到这一点。
- 假设每小时或每天有 x 个事件，无线 MCU 在接收到来自传感器的触发信号以进行唤醒和传输时的能耗。
- 假设每小时的事件数，发送和接收确认的能耗，包括假设冲突或其他原因导致失败并重新传输的概率。如果没有任何检测，请考虑保持活动消息以确认传感器状态和电池电量。
- 初始系统设置过程中的能耗 - 取决于设置类型，可忽略不计。
- 如果在系统设置之前组装或连接了电池，则在安装之前在仓库中以及在使用期间该器件的能耗。
- 系统支持的其他活动的能耗（例如，软件更新、报告状态、记录生产情况等）。

低于 1GHz SimpleLink 无线 MCU 的功耗在业内处于较低水平，因为前文介绍的每个器件和元件都已经过优化。活动时间和活动期间的电流消耗均得到了优化。MCU 的关断和待机电流非常低（分别为 0.185μA 和 0.7μA）。此外，MCU 具有较低的 MIPS/MHz (51μA/MHz) 电流消耗，从而使计算、决策和管理活动也变得高效。最后，RX 模式 (5.4mA) 和 TX 模式（在 10dbm 时为 13.4mA）以及模式之间的快速优化型转换时间有助于降低总电流消耗（请参阅图 3-2）。

除了特定活动的功耗模式和低电流消耗外，CC13xx 器件还配备了独特的传感器控制器引擎。这个附加的小型微控制单元具有极低的功耗，且能够在器件的其余部分处于低功耗模式时运行。传感器控制器单元可用于进行中的活动，例如控制传感器、等待中断甚至是简单的计算和决策。例如，传感器控制器可监视 ADC 并以每秒 0.95μA 的平均电流消耗捕获 ADC 采样。

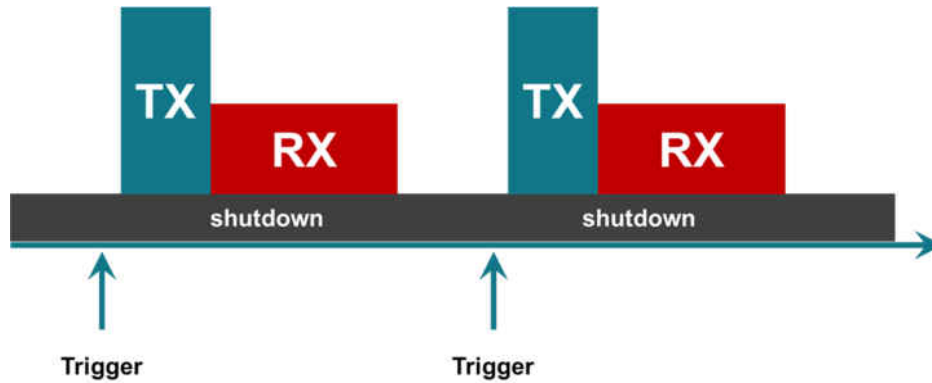


图 3-2. 功耗配置

3.2 低于 1GHz 网络

最适合运动检测器系统或任何其他典型安全系统的网络类型通常是具有休眠式终端节点的星形网络。星形网络中有一个连接到所有其他节点的集中器。这种集中器有以下几种选择：

- 在一个简单的网络中，集中器可作为其中一个节点。例如，在由运动检测器、警报单元和紧急按钮组成的运动检测器系统中，集中器可能是警报单元。
- 在由多个传感器组成的更为复杂的安全系统中，集中器很可能是系统的控制面板。
- 如果系统还必须连接到互联网，便需要用到网关。在这种情况下，网关还将充当集中器。

TI 15.4 Stack 是适用于 CC13xx 器件的网络解决方案，它为基于 802.15.4g 标准的星形网络提供了完整解决方案，其中包括跳频机制和安全功能。安全功能会对数据包进行加密，并托管加入该网络所需的凭据，从而防止他人对系统进行攻击和窃听。跳频功能还有助于保护系统免受拒绝服务或射频干扰器之类的攻击。此外，如果某些信道被其他网络占用，跳频功能还有助于确保网络的稳定性。为便于在高输出功率下发送数据，FCC 规定也要求使用跳频。15.4 Stack 支持 50kbps 数据速率模式和远距离 5kbps 数据速率模式。15.4 标准实现了先听后讲机制，可最大限度地减少冲突次数并允许最大带宽容量。还会发送确认消息以确认传输成功。

在运动检测器星形网络中，节点在大多数时间都处于低功耗模式。可将其唤醒以发送定期的保持活动消息，或者在检测到运动时向集中器发送通知。如果集中器要将某消息发送到终端节点，它会保存此消息并将其作为对终端节点发起通信的响应进行发送。示例消息可以是关闭检测或更改设置的命令，也可以是通知系统已有可用的软件更新的命令。

除 15.4 Stack 外，SDK 还包含适用于专有射频实现的简单解决方案，即 Easylink。Easylink 层公开了一组用于控制射频的简单 API。Easylink 随附了几个简单的发送和接收示例。此选项有助于设计人员灵活构建网络协议。如要将自有协议用于运动检测器网络系统，或者要开发必须连接到现有系统的运动检测器，Easylink 便是理想之选。

3.3 连接到云端的运动检测器

安防系统可从云端连接中受益。云端连接使安防系统具备在必要时调度安保公司或消防部门的能力。借助云端连接，住户还能远程监视和控制系统。一旦运动检测器成为大型安防系统的组成部分，便很可能需要访问互联网。

低于 1GHz 技术需要通过网关连接到互联网。网关将低于 1GHz 网络中的消息缓冲并转换为以太网数据包，并通过以太网或 Wi-Fi® 接口与互联网进行通信。TI 提供了两种传感器到云解决方案，用于将低于 1GHz 网络连接到云：

- 适用于 Linux 系统的低于 1GHz 传感器到云工业物联网网关参考设计 (<http://www.ti.com/tool/cn/tidep0084>)。该解决方案使用 TI 的 Sitara AM335x 处理器作为 Linux 系统的网关。
- 适用于 TI-RTOS 系统的 SimpleLink™ 低于 1GHz 传感器到云网关参考设计 (<http://www.ti.com/tool/cn/tidc-01002>) 该解决方案基于 SimpleLink CC3220 (Wi-Fi 无线 MCU) 和 RTOS。

这两种解决方案均提供双向通信功能：传感器向云报告，然后云端将命令和控制指令发送给传感器。最终用户可以接收运动检测器的警报通知，以及从云端启用或禁用运动检测器。

3.4 低于 1GHz 和低功耗蓝牙双模式系统

CC1350 和 CC1352 器件是无线 MCU 平台的组成部分，支持低于 1GHz 和低功耗蓝牙技术。低功耗蓝牙的采用为构建功能更强大的运动检测器或运动检测器系统奠定了基础。低功耗蓝牙技术以极低的成本为运动检测器系统添加了一个本机用户界面。这是目前可将器件连接到手机的最简单的无线技术。假设可在一个简单的手机应用上通过触控操作来使用运动检测器的任一功能。无需再使用器件背面的跳线对灵敏度级别或监管限制等设置进行编程。以下各节介绍了一些更高级的用例，可通过将低功耗蓝牙技术应用到安防系统中的典型终端节点来实现。

3.4.1 系统设置

使用智能手机及移动应用即可轻松对系统进行配置并了解最新状态。在系统设置过程中，手机将连接到运动检测器，并通过低功耗蓝牙技术为低于 1GHz 网络传输网络属性和安全凭据。网络配置完成后，运动检测器将切换至低于 1GHz 模式并连接到低于 1GHz 网络。

用户可通过手机接口和手机来配置运动检测器传感器的许多其他功能。运动检测器的许多最终用户都需要费力设置该系统，以覆盖所需范围且不会出现误报。通过低功耗蓝牙连接及智能手机接口，用户可启用更多配置选项，例如检测模式、灵敏度、夜间模式、日间模式、周末模式等。如前所述，在考虑使用更智能的运动检测器时，这一点变得更重要。如果希望运动检测器检测到特定事件，则需要进行更多的系统测试和设置，以及更多的配置和校准，从而确保更复杂的系统能够顺畅运行。通过低功耗蓝牙连接及智能手机接口，可以设计出外型小巧的运动检测器，操作简单且仍具有成本竞争优势（请参阅图 3-3）。

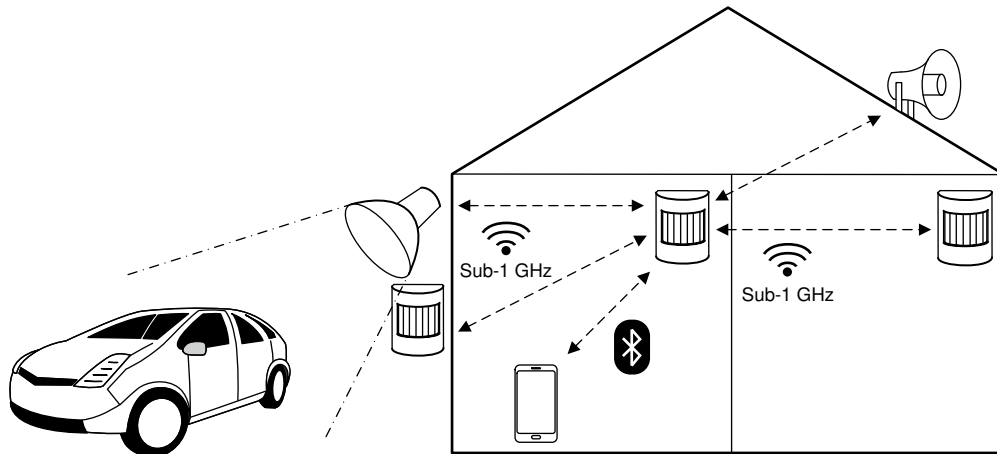


图 3-3. 采用低功耗蓝牙连接的运动检测器系统

3.4.2 软件更新

将低功耗蓝牙技术引入移动应用中，可轻松将软件更新推送到系统的任何部分。用户将使用不存在错误的最新系统。只需发布更新，并将更新推送给移动应用用户，他们便会收到与升级系统相关的通知。

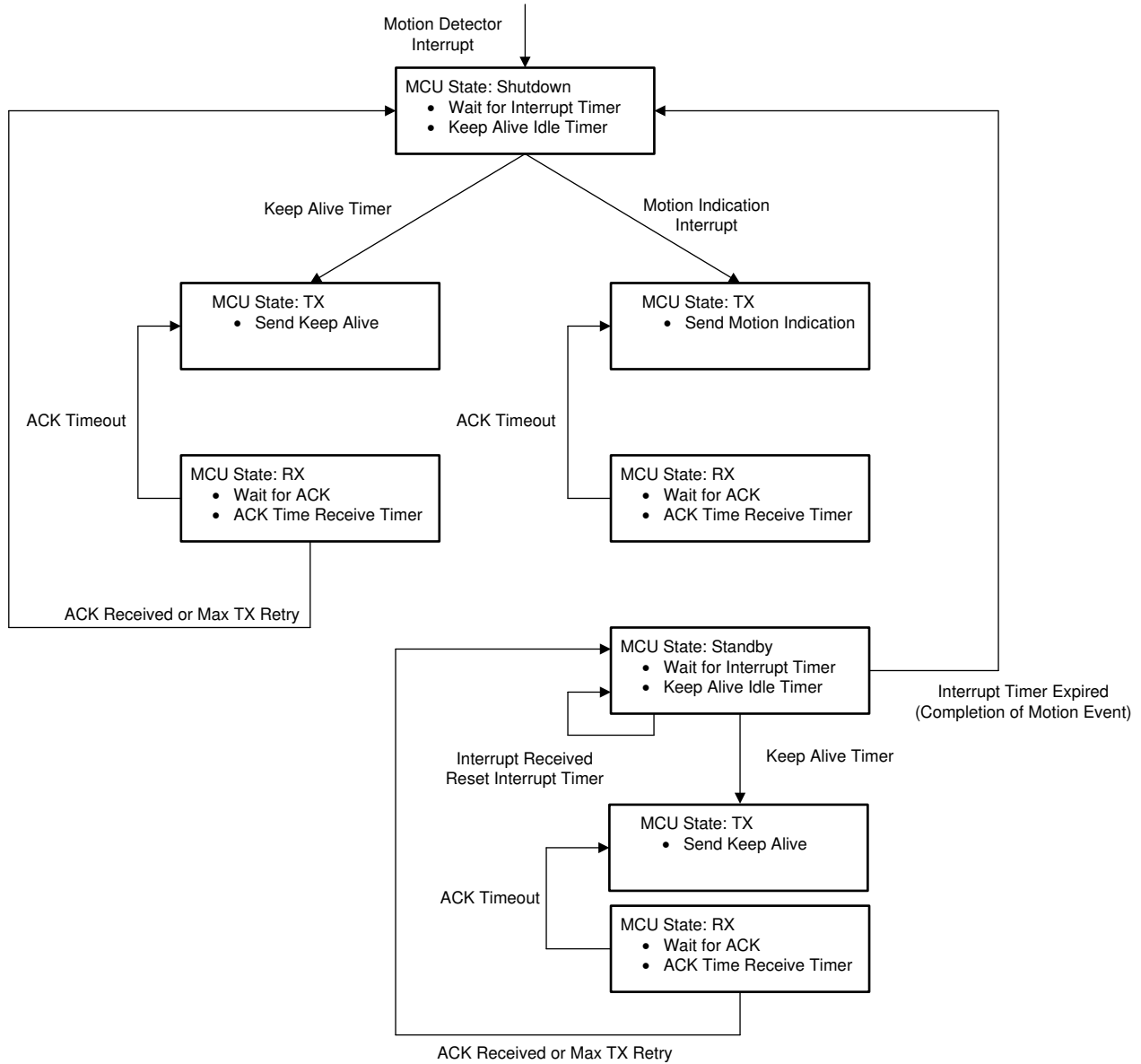
3.4.3 监控状态

低功耗蓝牙的另一项重要功能是无连接式广播或信标。借助该功能，使用低功耗蓝牙的任何器件都可以传输附近手机接收到的广播消息，无需发起连接。借助此功能，用户可以实时接收与电池、网络问题或其他方面相关的状态。

4 测试用例

本节将分析无线运动检测器系统的测试用例、状态机和功耗（遵循 TIDA-00489 中完成的一些计算和设计）。

假设采用 PIR 传感器、放大器、滤波器和比较器的运动检测器系统在检测到运动时会触发无线 MCU 的中断。该运动检测器在接收到中断信号时向集中器发送通知，或定期发送保持活动状态的通知。每次传输后，运动检测器将等待确认，如果未确认，则会重新传输。此外，运动中断后，运动检测器会在一定时间段内处于待机状态，等待更多中断信号。如果相应区域繁忙且出现多次中断，则将其视为单个事件，而非多个事件（请参阅图 4-1）。



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

图 4-1. 测试用例状态机

设置了以下参数：

- 运动检测器每天处于活动状态的时间平均为 12 个小时，在其余时间处于非活动状态。
- 保持活动时间为 30 分钟 - 集中器确认保持活动消息。它可以向运动检测器发送来自云端或集中器的任何待处理下行链路消息的信号，必须将这类消息作为确认消息的一部分发送给运动检测器。从功率预算的角度而言，假设下行链路消息很少出现，则其影响可以忽略不计。

- TX 最大重试次数为 3 次 - 连续 3 次传输失败后，运动检测器将 (通过 LED) 表明网络连接已断开。检测器会在下一个保持活动间隔或运动事件中继续进行尝试。
- 等待中断计时器的时间为 60 秒 - 与运动传感器中断后，如果在接下来的 60 秒内再次触发，则运动检测器不会再次发送消息，而是将其视为同一个事件。只要中断的时间间隔超过 60 秒，首次中断之后便不会再发送消息。此时将发送一条保持活动消息，以表明检测到多次中断。
- 在运行的 12 个小时内，每小时有 10 个事件。5 个事件构成一次中断，5 个事件的平均持续时间为 3 分钟。
- 重新传输的概率为 5%。
- 系统基于 50kbps TI 15.4 Stack，具有安全性和跳频功能。
- 电池 - 纽扣电池 (容量为 240mAh，降额系数为 85%)

根据 TIDA-00489，测得的关断电流为 1.65 μ A，待机模式下的角接电流为 0.65 μ A。

- TX - 20B 消息 (包括标头和前导码的完整消息为 54B)。10.5ms 和 10dBm 时的电流为 13.4mA。
- RX - ACK 数据包 9.5ms (5.5mA)

表 4-1 所列为基于上述活动和假设的功耗计算详情。计算结果表明，纽扣电池的寿命为 10.8 年。

表 4-1. 测试用例的功耗和电池寿命计算方式

因数	计算
待机模式每小时所占的分钟数	$5 + 3 \times 5 = 20$
待机模式每天所占的分钟数	$12 \times 20 = 240$ 分钟
每天的保持活动事件数	$24 / 0.5 = 48$
每天的运动检测消息数	$12 \times 10 = 120$
每天的传输次数 (包括重新传输次数)	$(120 + 48) \times 1.05 = 176$
每天处于 TX 模式的时间	$176 \times 10.5\text{ms} = 1848\text{ms}$
每天处于 RX 模式的时间	$176 \times 9.5\text{ms} = 1672\text{ms}$
平均基极关断电流	1.65 μ A
待机时间所增加的电流平均值	$(240\text{min} \times 0.65\mu\text{A}) / 1440\text{min} = 0.108\mu\text{A}$
TX 所增加的电流平均值	$(1848\text{ms} \times 13.4\text{mA}) / 86400\text{secs} = 0.286\mu\text{A}$
RX 所增加的电流平均值	$(1672\text{ms} \times 5.5\text{mA}) / 86400\text{s} = 0.106\mu\text{A}$
总平均电流	$1.65\mu\text{A} + 0.108\mu\text{A} + 0.286\mu\text{A} + 0.106\mu\text{A} = 2.15\mu\text{A}$
电池寿命	$(240\text{mAh} \times 0.85) / 2.15\mu\text{A} = 94883$ 小时 = 10.8 年

5 总结

本应用手册探讨了无线运动检测器设计面临的主要挑战。本应用手册介绍了无线运动检测器相对于有线运动检测器的优势，以及低于 1GHz 技术是运动检测器终端设备理想选择的原因所在，以及使用 SimpleLink 低于 1GHz 无线 MCU 的好处。文中还详细介绍了网络、云连接和功耗方面的具体挑战。本应用手册介绍了运动检测器的高级用例和趋势，例如检测运动和活动的类型，以及如何通过低功耗蓝牙与智能手机进行交互。最后，本应用手册还介绍并分析了一个测试用例，包括对电池寿命的分析。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[TI 设计 TIDA-00489](#)，可实现 10 年纽扣电池寿命的低功耗无线 PIR 运动检测器参考设计
- 德州仪器 (TI)，[TI 设计 TIDA-01069](#)，使用 PIR 传感器避免错误触发的高级运动检测器参考设计
- 德州仪器 (TI)，[TI 设计 TIDEP0084](#)，低于 1GHz 传感器到云工业物联网网关参考设计
- 德州仪器 (TI)，[TI 设计 TIDA-00759](#)，支持蓝牙智能且可实现 10 年纽扣电池寿命的低功耗 PIR 运动检测器参考设计
- 德州仪器 (TI)，[TI 设计 TIDA-01398](#)，适用于成本优化型系统的超低功耗无线 PIR 运动检测器参考设计
- 德州仪器 (TI)，[E2E 博客](#)，如何利用低功耗节点打造一个全面托管且可扩展的远距离网络
- 德州仪器 (TI)，[E2E 博客](#)，设计具有低于 1GHz 功能的无线运动检测器系统
- 德州仪器 (TI)，[白皮书](#)，让智能传感应用获得无线可扩展性
- 德州仪器 (TI)，[利用创新的无线传感网络研讨会高效构建自动化解决方案](#)
- 德州仪器 (TI)，[可避免错误触发的高级运动检测器视频](#)
- ECN 杂志，[使用 PIR 传感器的高级运动检测器支持高级机器学习](#)

- 传感器在线支持论坛，[改变传感器通过双频带无线连接进行通信的方式](#)
- 德州仪器 (TI)，[TI 设计 TIDA-01476](#)，支持传感器到云网络的低功耗无线 PIR 运动检测器参考设计

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (March 2018) to Revision C (May 2021)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	2
Changes from Revision A (February 2018) to Revision B (March 2018)	Page
• 对摘要进行了更新。.....	1

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com.cn](https://www.ti.com.cn) 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。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122

Copyright © 2021 德州仪器半导体技术（上海）有限公司