

如何设置并校准基于 **OPT3101** 的系统以进行接近感应

本文档介绍了启动新构建的 PCB 设计和进行校准的分步过程。在 OPT3101EVM 等现有电路板上交换光学组件后更新校准也与这些步骤（特别是关于校准的步骤）相关。

内容

| | | |
|---|-----------------|----|
| 1 | 简介 | 1 |
| 2 | 首次启动 | 2 |
| 3 | 按设计校准过程 | 5 |
| 4 | 逐单元工厂校准 | 11 |
| 5 | 现场的系统模式运行 | 14 |

附图目录

| | | |
|---|---------------------------|----|
| 1 | 照明串扰测量设置 | 4 |
| 2 | 照明串扰温度系数生成设置 | 6 |
| 3 | 照明串扰系数确定 | 7 |
| 4 | 用于相位偏移温度系数估算的热处理室设置 | 8 |
| 5 | 相位偏移与内部温度传感器间的关系 | 9 |
| 6 | 相位环境系数测量设置 | 10 |
| 7 | 相位偏移与环境数据间的关系 | 11 |
| 8 | 相位偏移校准设置 | 12 |
| 9 | 相位偏移校准设置 | 13 |

商标

All trademarks are the property of their respective owners.

1 简介

1.1 OPT3101 系统

基于 **OPT3101** 的系统可应用于各种应用中，如自主机器人领域的远距离测距、宽视野接近检测和防撞等等。**OPT3101** 兼容可分布在各种配置中的各种发射器和光电二极管。基于 **OPT3101** 的系统需要进行校准以补偿各种环境因素。每个单元都需要做某些校准，每项设计也需要做某些校准。每个设计的系数对所有单元来说都是通用的。需要将通过这些校准所得到的系数编程到 **OPT3101** 的寄存器中。本文档旨在帮助读者了解各个硬件启动阶段的校准过程和校准的重要性。

1.2 启动校准过程

这些系统的启动和校准对于了解系统在各种环境条件下的特性来说，是一个重要的里程碑。在校准过程中进行的测量用于对 **OPT3101** 器件中的系数进行编程，以便对由环境条件改变所导致的不准确情况进行补偿。为了了解和估算这些系数，务必应控制实验室环境中的环境因素并将 **OPT3101** 的敏感度特性描述为这些因素。本文档旨在帮助读者了解可对基于 **OPT3101** 的系统构成影响的各种环境条件、功能以及方法

（**OPT3101** 器件随附），以及如何使用 **OPT3101SDK** 来补偿这些影响。本文档假定用户熟悉 **OPT3101** 器件并且阅读了 **OPT3101** 数据表、**OPT3101** 校准文档和系统设计指南。**OPT3101SDK** 和 **OPT3101** 配置工具在启动和校准方面发挥着至关重要的作用。强烈建议用户熟悉 [TI.com](http://www.ti.com) 上提供的这些工具

2 首次启动

本章介绍 OPT3101 系统启动的分步过程。本章还介绍常见问题、提示和可帮助用户快速启动硬件的解决方案。

2.1 所需的设置和工具

OPT3101 启动需要对 OPT3101 系统加电并执行初始检查，以确保硬件和光学器件正常工作。强烈建议使用以下现成工具在启动时获得帮助。

- 用于检测电压的数字万用表
- 用于调试 I2C 事务波形和其他开关网络的示波器
- 不同反射率的目标：甚至每天白皮书和深色地毯等物体都能正常使用
- 对系统所用波长不透明的屏蔽胶带。例如：有些屏蔽胶带看起来可能是深色的，但是红外光（大约 850nm）可以透过，不能有效屏蔽红外发射器。
- 能够检测系统中所用发射器的波长的摄像头。例如，如果系统使用红外发射器，那么使用近红外光 (NIR) 摄像头可提供最佳的灵敏度，并可检测透过屏蔽胶带的红外光泄露。

2.2 初步检查

当硬件做好启动和加电准备后，建议在启动与硬件的通信之前，探测 PCB 上的几个节点。下面列出了建议用于探测的节点和预期的电压。

- 所有电源电压符合预期
 - 如果使用了内部 LDO，则需要检查 AVDD 和 VDD 电源上的 OPT3101 生成的电压。这两种电源应测得 1.8V 电压
 - INP 和 INM 引脚测得 1V 电压
 - I2C 从属线路 SDA_S 和 SCL_S 所测得的电压与通过上拉电阻器上拉的 IOVDD 相同
 - 模拟和数字接地相连接，所测得的相互之间的电压为 0V。
- 组装过程中会出现一些常见错误，需要仔细检查。
- 发射器和光电二极管互换
 - 尤其在使用表面是深色的通孔组件时，这个问题很难检测。
 - 一个或多个发射器或光电二极管组件的极性接反了
 - 可以使用标准手持万用表在二极管模式下验证这个问题。
 - 未附带接地隔离磁珠
 - 未附带 I2C 上拉电阻器

2.3 与硬件通信

使用 **OPT3101SDK** 是与硬件通信的最佳方式。SDK 提供了一个用于连接硬件的简单接口，在代码中可以获取寄存器名称。SDK 还提供了几种用于执行各种校准任务的方法和例程。SDK 是通信和控制的支柱性基础架构，但物理 I2C 写入和环境控制的实际实施需要由用户写入。默认情况下，SDK 提供了 **OPT3101EVM** 固件的实施示例。在使用空方法进行 SDK 例程中指示的评估之前，需要设置一些环境因素。用户可以用这些方法实施自己的自动化操作。

务必应根据硬件连接配置 SDK。例如，需要在 SDK 上设置 SDA_M 和 SCL_M 引脚上的电气连接。根据引脚上连接的硬件，硬件可能无法工作，除非 SDK 的配置与硬件匹配。**OPT3101 配置工具** 有一个名为 **SDA_M/SCL_M** 连接的输入字段，用于确定生成的配置，以便在初始化序列中设置一个特定寄存器。

在此步骤中会出现一些常见问题。

- 未接收到 I2C 通信 ACK
 - 这可能是由于 SDK 实施和硬件之间的地址不匹配所导致的。OPT3101 器件具有可配置的从器件地址，有关详细信息请参阅 [OPT3101 数据表](#)。
- 接收到 I2C 通信 ACK，但器件寄存器未更新，仍是默认值
 - 当 SDA_M/SCL_M 线路处于浮动状态或拉至接地时，会出现这个问题。需要设置特定寄存器，以强制将器件用作 I2C 从器件。当它根据用户输入产生初始化序列时，由 [OPT3101 配置工具](#) 处理这个问题。
- 寄存器读取和写入不可靠且不一致。
 - 这可能是由于 I2C 总线上的时序违规（由上拉电阻器的阻值选择不当所导致）所引发的。可以根据 I2C 规范按照估算的总线电容，通过调节电阻值来减少这个问题。

2.4 串扰和性能

下面列出了第一次启动过程中所需的项目列表

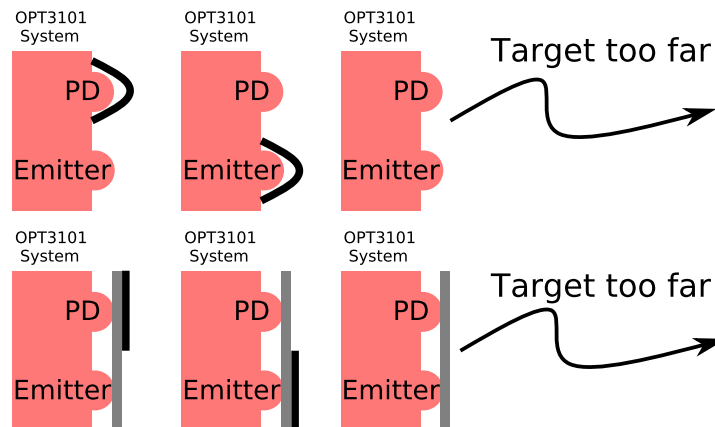
- 对系统所用波长不透明的屏蔽胶带。
- 具有不同反射率的各种不同目标。

[OPT3101SDK](#) 提供了 `OPT3101::device::calibrationSession_firstTimeBringUp()` 方法，建议在第一步中使用。关于此方法所执行的操作的详细信息，请参阅 [OPT3101SDK](#) 中的详细文档

此方法会重置器件并执行初始化寄存器写入。

- 内部串扰校准和校正
 - 此步骤可以帮助估算从 OPT3101 的内部开关网络到 OPT3101 的输入引脚/电路的串扰。在此估算过程中，OPT3101 会自动关闭发射器通道，以预估内部网络的单纯影响。
 - 通过 `OPT3101::device::measureAndCorrectInternalCrosstalk()` 方法（[OPT3101SDK](#) 附带）估算串扰振幅
 - 此测量的振幅预计低于 30 个振幅码。
 - 如果观察到更高的振幅，可能表示以下任一种情况
 - INP 和 INM 引脚需要电容与模拟 GND 匹配。电容的任何不匹配可能表示内部串扰振幅升高。
 - 模拟和数字接地之间的隔离不良。用于隔离模拟和数字电源与接地的铁氧体磁珠可能有问题。铁氧体磁珠在 10MHz 下的阻抗至少应达到 500 欧姆，这需要核对铁氧体磁珠数据表。
 - 电源中的去耦电容器可能性能不良。建议使用在 10MHz 时 ESR 较低的电容器。
 - [OPT3101SDK](#) 校正了内部串扰，为后续步骤做好了准备。
 - 务必应了解，每次器件复位和初始化时，建议执行内部串扰，这样就无需在非易失性存储器中存储内部串扰。

图 1. 照明串扰测量设置



- 照明串扰校准
 - 此步骤可以帮助估算开关照明网络的串扰以及发射器和接收器之间的光泄漏。需要针对每个 TX 通道和每个电流设置执行估算。由于 OPT3101 支持基于用户配置的多个通道和电流设置，因此 [OPT3101SDK](#) 针对这些设置逐一进行估算。
 - 为了准确地估算，需要在光电二极管或发射器上缠绕屏蔽胶带。关于此类屏蔽的示例，请参阅图 1。在有保护玻璃的系统中，建议在保护玻璃顶部（在光电二极管或发射器的正上方）使用屏蔽胶带。如果将光电二极管置于深色保护玻璃后的做法不切实际，建议使系统朝向超出测量距离或尽可能远的目标。此步骤用 `environmentalController::setTargetToInfinity_OR_coverPhotodiode()` 方法（在 [OPT3101SDK](#) 中）表示。
 - 所有 TX 通道和电流设置的串扰振幅应低于几百个振幅码。如果值低于 200 个振幅码，则视为良好。[OPT3101 系统设计文档](#) 在 8.1 节中说明了串扰的意义以及串扰对系统性能的影响。
 - 需要将前一步中获取的串扰寄存器值存储在非易失性存储器中，以供将来使用。如果是 [OPT3101SDK](#)，默认实施会将这些值存储在文件中。
 - 此过程中出现的常见问题包括：
 - 报告的串扰振幅很高。这可能由多个原因造成。
 - 从发射器到光电二极管的光泄露。这是串扰振幅过高的常见原因，尤其是在原型设计阶段。发射器和光电二极管之间的光学隔离至关重要，有关详细信息请参阅 [OPT3101 系统设计文档](#) 7.2 节。请务必记住，很多肉眼看起来是深色或不透明的物体对于红外波长可能是透明的。这时，建议的红外摄像头（NIR 摄像头）可以提供帮助。使用 NIR 摄像头，可以轻松确定光泄露和其他潜在问题。
 - PCB 布局样式不佳：OPT3101 设计对 PCB 布局很敏感，[OPT3101 数据表](#) 第 10 节和 [OPT3101 系统设计文档](#) 第 8 节中都提供了相关指南。诸如通孔组件等一些组件需要屏蔽隔离结构来实现低串扰振幅，如 [OPT3101 系统设计文档](#) 8.5 节中所述。采用不同隔离结构进行实验有助于寻找这种高串扰的根本原因。
 - 如果测得的串扰振幅等于或高于 843 个振幅码，则需要设置一个寄存器来进行校正。[OPT3101 校准文档](#) 4.2.3 节介绍了关于这方面的更多详细信息。可以使用 `OPT3101::device::initialize()` 方法将寄存器设置为合适的值。
 - 解决高串扰问题的提示：做一个实验，以针对各种不同 TX 通道电流水平获取串扰值，这样可以帮助排除问题。电流耦合和光耦合串扰振幅往往与 TX 通道的电流选择呈线性关系，而电压耦合往往具有高度非线性关系。这个特性可用于确定高低 TX 通道电流设置下的串扰振幅。按照 TX 通道电流和串扰振幅之间的关系，可以了解如何确定主要串扰现象。可以在电路板设计中增加屏蔽或解决问题时使

用此知识来改善串扰问题。

- 可以使用 `OPT3101::device::loadIllumCrosstalkSet()` 方法读取存储的串扰寄存器值并将其加载到 OPT3101 中。将其加载到器件并覆盖光电二极管后，从系统中读取的振幅应接近 0。未更正的非零振幅被视为残留串扰，对于确定系统的绝对准确性至关重要。
 - 典型的残留串扰值小于 10 个振幅码。
 - 将光电二极管的屏蔽去除后，可以记录在各种不同目标相隔不同距离时系统的振幅读数。
 - 可以在相似条件下将记录的振幅值与 [OPT3101 系统估算器工具](#) 进行比较。这是一种出色的针对系统光学效率的完整性检查，有助于确定系统在各种条件下的性能。

3 按设计校准过程

本文档中的本节介绍根据设计需要执行的各种校准操作。根据 5 至 10 个电路板的样本大小，需要估算一些校准系数。如果逐个单元来确定这些校准系数，可能需要很长时间。估算完成后，可以在各单元间利用这些系数，将每个单元的工厂校准时间降至最低。

3.1 要估算的系数

确定系数的顺序非常重要。确定每个系数之后，在确定下一个系数之前需要将其应用于器件。这样可确保确定过程只隔离目标系数。下面列出了要确定的系数的顺序。

- 照明串扰温度系数
- 相位偏移温度系数
- 相位环境系数

3.2 设置要求

下面列出了估算这些系数所需的工具和设置。

- 大小足以安装 OPT3101 系统和目标的热处理室，以便针对不同发射器设置实现良好振幅。下面各节将详细介绍。
- 前面建议使用的屏蔽胶带，以覆盖光电二极管。
- 卤素灯等明亮的环境光源。
- 能够通过 SDK 生成的数据分析、绘制和计算最佳拟合线的软件工具。

3.3 热处理室的使用

在测量之前，使处理室保持在热量稳定的状态至关重要（尤其在空气流动方面）。建议将处理室加热或降温到所需温度，温度达到后，关闭气流，待处理室处于稳定状态后再进行测量。为了尽可能准确地估算，需要在每个稳定的温度点测量数据，测量涵盖一系列温度点。采集的温度点数目越多，采集的温度范围越大，则估算的系数准确性越高。这个过程通常会耗费大量时间。但是，还有一种更快却不够完美的方法，在大多数情况下也可以接受。这种方法就是，使用热处理室中的 OPT3101 系统通过强制气流将处理室加热到 70C 或 80C。达到所需的温度后，可以关闭气流，然后等待几分钟让处理室达到稳定状态。在持续从系统中读取串扰或相位偏移等所需数据时，可以将处理室的门稍微打开一点，让热处理室自然降温。这样可以在尽可能减少与室温空气对流的情况下，对处理室进行降温。根据室温条件，可以在几分钟内获取温度从 80C 或 70C 降至大约 20 或 25C 所对应的数据。

3.4 环境光源

要估算环境相位偏移系数，需要诸如卤素灯等明亮的环境光源。此处的目标是建立不同的环境亮度条件并测量 OPT3101 系统的响应。可根据测量的响应来调整分段线性函数以补偿这种影响，从而估算这些系数。

3.5 数据分析和系数估算

SDK 使用简单的 2 点数据斜率估算方法来估算所有系数。这只是一个为了简单起见的估算示例。在现实中，建议使用能够绘制和直线拟合的工具进行更详尽的估算。如果要估算温度系数，则需要简单的线性拟合，而如果要估算环境系数，则需要使用更为复杂的 4 段分段线性拟合。在后面的章节中，将显示一些图和最佳线性拟合示例。

3.6 确定系数

3.6.1 照明串扰温度

照明串扰随温度变化。未更正的串扰（残留串扰）会导致测量不准确。此过程对串扰随温度的变化进行估算。需要对此过程中获得的数据进行绘制、分析，并需要确定系数。将这些系数编程到 OPT3101 器件时，会针对温漂进行校正，从而将残留串扰降至最低。

3.6.1.1 数据生成

此过程与 2.4 节中描述的过程相同，不同之处在于采集数据的温度条件不同。3.3 节中描述的方法可用于在温度范围内采集数据。`OPT3101::device::calibrationSession_perDesignCalibrationCrosstalkTemp()` 方法中包含一个例程，可用于配置器件以采集所需数据。始终使用经过屏蔽的发射器（如图 1 中所述）执行照明串扰。

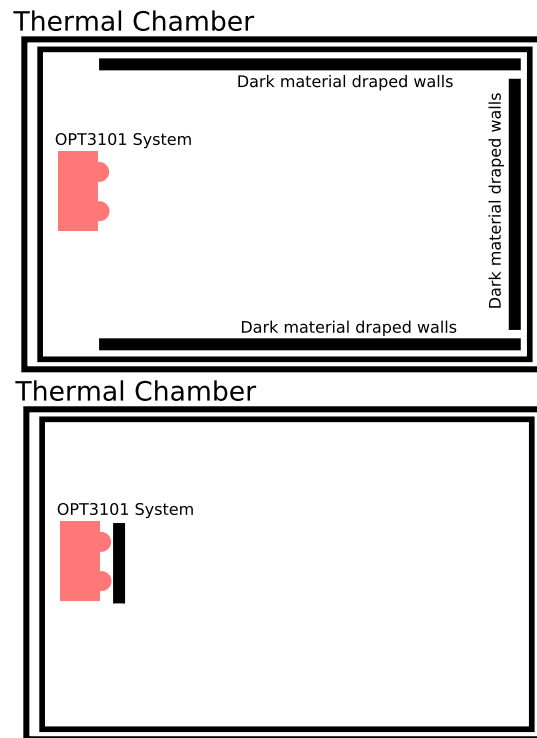


图 2. 照明串扰温度系数生成设置

仔细阅读 SDK 文档可以了解

`OPT3101::device::calibrationSession_perDesignCalibrationCrosstalkTemp()` 方法执行的步骤。SDK 中的默认实施只针对 2 个温度点生成数据。处理室的温度通过 `environmentalController::setChamberTemperature()` 方法（这是一个空方法）来设置。用户可以在此方法中执行自己的处理室控制指令。这些方法只是不同温度下照明串扰数据生成的实施示例。实际目的是能够使用 `OPT3101::device::measureIllumCrosstalk()` 生成照明串扰寄存器值，并将其存储为文件以供日后进行处理和分析。由于需要为所有 TX 通道和电流设置生成系数，因此 SDK 会针对每个温度设置生成。

图 2 中显示的示例说明了如何设置系统，以测量热处理室中的系数。这些只是物理设置的示例，并不是绝对要求。最重要的方面是能够隔离 2.4 节 中所述的单纯照明串扰。

3.6.1.2 数据分析和系数确定

`OPT3101::crosstalkC::storeToFile()` 方法用于存储每个温度的串扰值以及基于配置的 TX 通道和电流设置。SDK 显示了使用 `OPT3101::calibrationC::illumCrosstalkTempCoff()` 方法进行系数估算的简化版本。按照最佳做法，需要对串扰寄存器数据执行最佳线性拟合，以分别获取 I 值和 Q 值。建议使用 OPT3101 器件内部温度传感器作为线性拟合的 X 轴。每个 TX 通道和电流都要存储两个斜率值。一个是 I，另一个是 Q。`OPT3101::crosstalkTempCoffC` 类提供了用于存储这些系数的数据结构。此类中有些成员函数可将这些系数存储在文件中，以后日后检索。`OPT3101::device::loadIllumCrosstalkTempCoff()` 和 `OPT3101::device::loadIllumCrosstalkTempCoffSet()` 方法提供了一种将校准系数加载到硬件的方法。OPT3101 SDK 中随附的文档详细介绍了这些方法。当温度串扰值非常低时，可能很难将一条线拟合到数据并获取系数。在这种情况下，可将系数设置为零，并可使用此应用手册中提供的公式 (1) 来计算残留串扰所产生的影响。

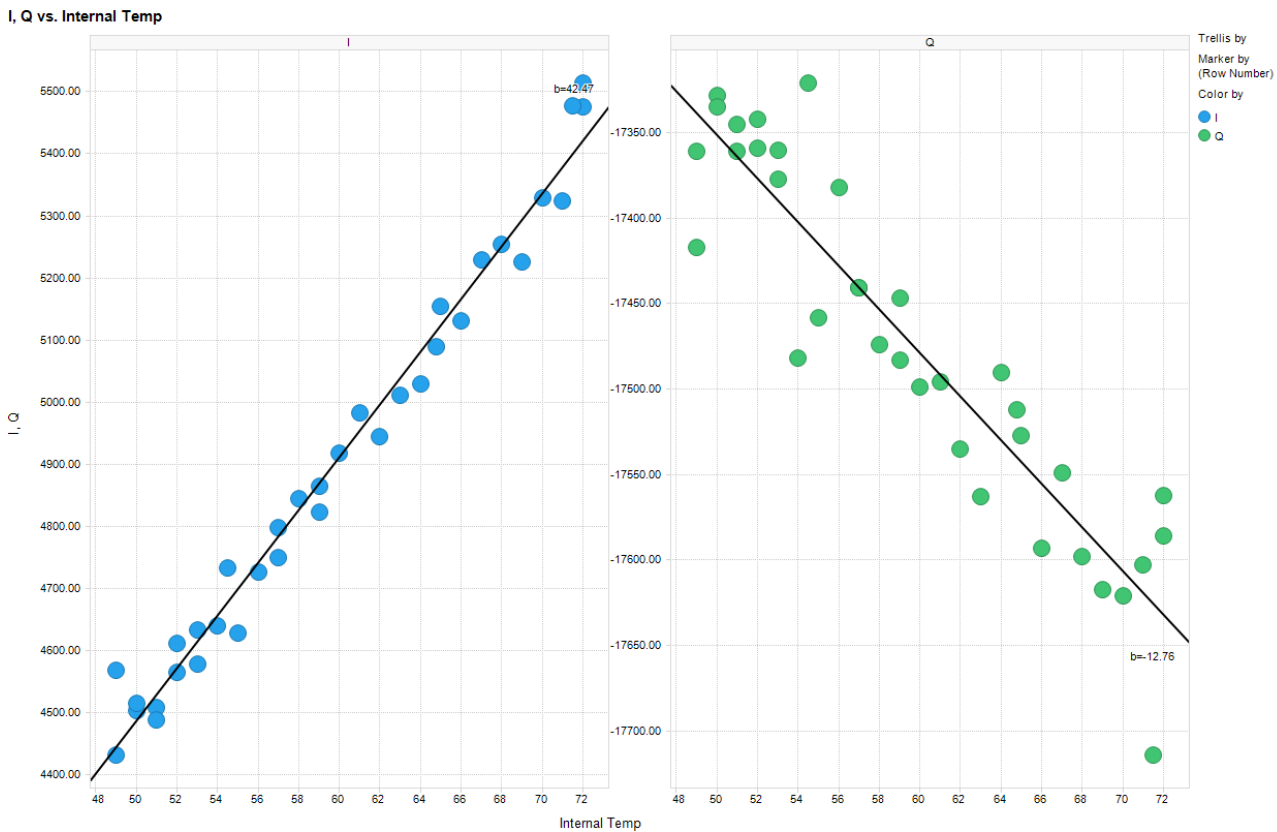


图 3. 照明串扰系数确定

3.6.2 相位偏移温度系数

OPT3101 系统以连续波飞行时间为基础，需要在工厂校准过程中对相位偏移进行编程。相位偏移随温度变化。可使用这些系数对 OPT3101 进行编程，对这种现象做出补偿。由于这主要由发射器特性导致，因此每个 TX 通道、每个电流设置都需要一个系数。

3.6.2.1 数据生成

在测量相位偏移之前，对照明串扰温度系数进行编程并执行照明串扰校正至关重要。建议的步骤也可在 SDK 方法 `OPT3101::device::calibrationSession_perDesignCalibrationPhaseTemp()` 中找到。

`OPT3101::device::loadIllumCrosstalkSet()` 方法会从初始启动例程

(`OPT3101::device::calibrationSession_firstTimeBringUp()` 的一部分) 中存储的文件中加载串扰值。

建议使用非常高的信号振幅（16000 到 24000 之间）来测量相位偏移，以最大限度地减小残留串扰导致的误差。目标的颜色或距离并不重要，因为我们的目标是测量相位偏移随温度的变化，而不是相位偏移本身。由于不同 TX 通道和不同电流设置可能产生不同的振幅等级，因此可能需要针对每个 TX 通道和电流设置使用相隔不同距离的不同目标。

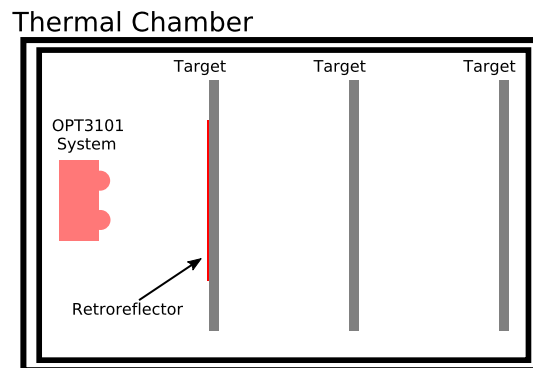


图 4. 用于相位偏移温度系数估算的热处理室设置

图 4 显示了典型设置示例，在此示例中，可能要根据 TX 通道和电流设置将目标置于不同位置，从而获得最合适的测量振幅（16000 到 24000 之间）。在此阶段，我们可能需要面对一些挑战。

- 在电流设置非常低的情况下，如果无法获得足够高的振幅，可以在目标上粘贴传统的反光带，以提供振幅增益。
- 如果热处理室不够大，无法容纳可避免 OPT3101 系统出现饱和的较远目标，可使用深色的低反光目标来缩小工作范围。
- 可使用部分白色/黑色或白色/传统反光目标来均衡工作距离和振幅。

仔细阅读 SDK 文档可以了解

`OPT3101::device::calibrationSession_perDesignCalibrationPhaseTemp()` 方法执行的步骤。SDK 中的默认实施只针对 2 个温度点生成数据。处理室的温度通过

`environmentalController::setChamberTemperature()` 方法（这是一个空方法）来设置。用户可以在此方法中执行自己的处理室控制指令。这些方法只是不同温度下相位偏移生成的实施示例。实际目的是能够使用 `OPT3101::device::calibrationSession_perDesignCalibrationPhaseTemp()` 生成相位偏移值，并将其存储为文件以供日后进行处理和分析。由于可能需要针对每个 TX 通道和电流设置改变目标距离，因此可能需要根据设置修改 SDK 方法。

3.6.2.2 数据分析和系数确定

OPT3101::phaseOffsetC::storeToFile() 方法用于存储每个温度的相位偏移值以及基于配置的 TX 通道和电流设置。SDK 显示了使用 **OPT3101::calibrationC::illumCrosstalkTempCoff()** 方法进行系数估算的简化版本。在实践中，需要对串扰寄存器数据执行最佳线性拟合，以分别获取 I 值和 Q 值。建议使用 OPT3101 器件内部温度传感器作为线性拟合的 X 轴。每个 TX 通道和电流都要存储两个斜率值。一个是 I，另一个是 Q。**OPT3101::crosstalkTempCoffC** 类提供了用于存储这些系数的数据结构。此类中有些成员函数可将这些系数存储在文件中，以后检索。**OPT3101::device::loadIllumCrosstalkTempCoff()** 和 **OPT3101::device::loadIllumCrosstalkTempCoffSet()** 方法提供了将系数加载到硬件的方法。**OPT3101SDK** 中包含的文档详细介绍了这些方法。当串扰值（温度）非常低时，可能很难将一条线拟合到数据中并获取系数。在这种情况下，可将系数设置为零，并可使用 [此应用手册](#) 中提供的公式 (1) 来计算残留串扰所产生的影响。相位偏移与温度间的关系呈线性拟合。根据是否使用外部温度传感器，可以使用内部温度传感器或外部温度传感器获取斜率。图 5 显示了用最佳拟合线绘制的示例图。曲线的斜率用于确定系数。SDK 中的 **OPT3101::calibrationC** 类包含多个方法，用于将每个 TX 通道和电流设置的系数存储到文件中并进行检索。

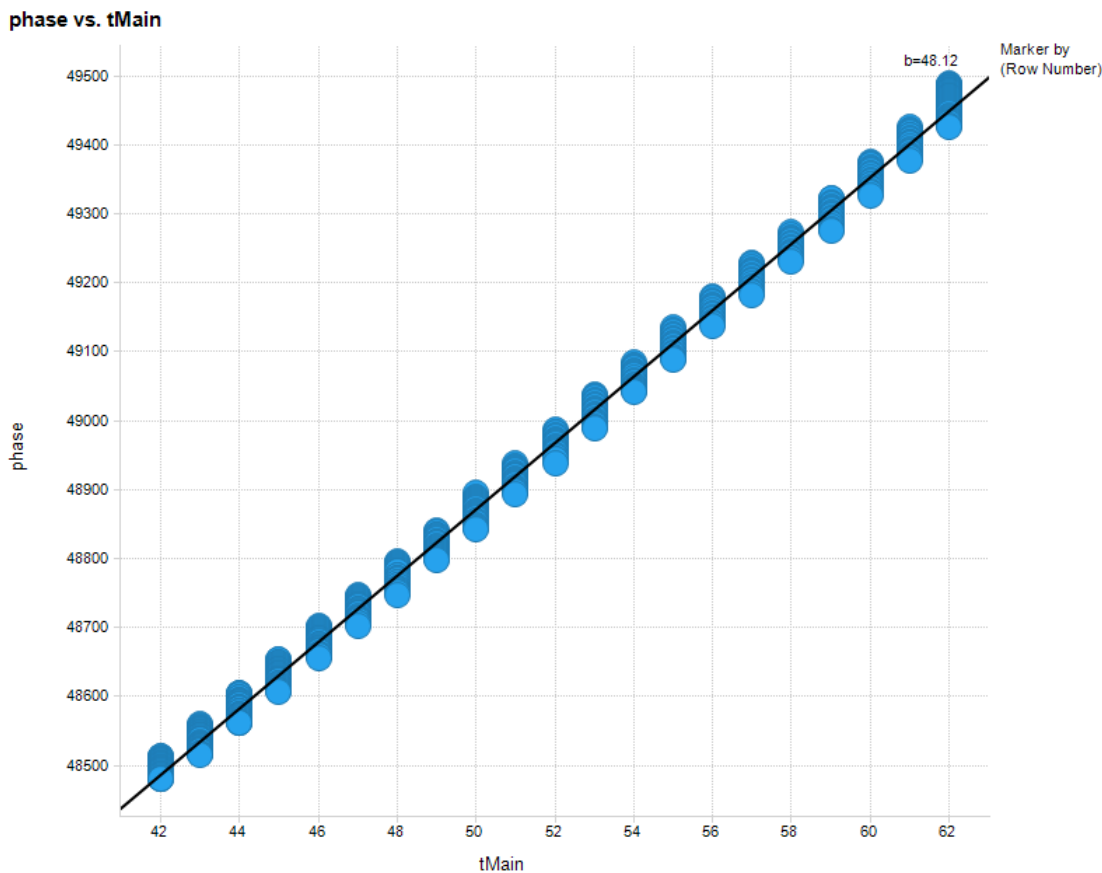


图 5. 相位偏移与内部温度传感器间的关系

3.6.3 相位偏移环境系数

OPT3101 系统以连续波飞行时间为基础，需要在工厂校准过程中对相位偏移进行编程。相位偏移随环境光线变化，具体取决于光电二极管的特性，需要对这种现象进行补偿。可使用系数对 OPT3101 进行编程，对这种现象做出补偿。由于这主要由光电二极管特性导致，因此一组系数适用于所有 TX 通道和电流设置。

3.6.3.1 数据生成

在测量相位偏移环境系数之前，对照明串扰温度系数和相位温度系数进行编程并执行照明串扰校正至关重要。建议的步骤也可在 SDK 方法

`OPT3101::device::calibrationSession_perDesignCalibrationPhaseAmbient()` 中找到。

`OPT3101::device::loadIllumCrosstalkSet()` 方法会将在初始启动例程（包含在

`OPT3101::device::calibrationSession_firstTimeBringUp()` 中）过程中存储的文件中加载串扰值，并从节 3.6.2.2 中存储的文件中加载相位温度系数。

与相位温度系数相似，建议使用非常高的信号振幅（16000 到 24000 之间）来测量相位偏移，以最大限度地减小残留串扰导致的误差。目标的颜色或距离并不重要，因为我们的目标是测量相位偏移随环境的变化，而不是相位偏移本身。为了使特定环境灯达到最高的环境光线，建议使用最低的电流设置来执行测量。在最低的电流设置下执行测量有助于将目标移至更靠近 OPT3101 系统的位置，以便轻松地用环境光线为目标照明。

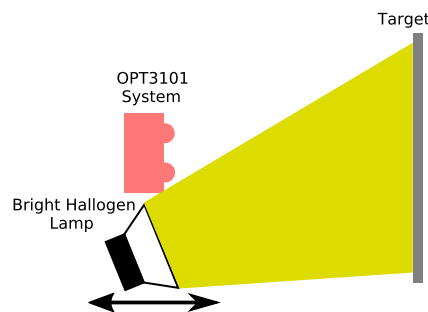


图 6. 相位环境系数测量设置

图 6 显示了一个设置示例，在此示例中使用卤素灯为目标提供环境光。可将灯移至更靠近或远离目标的位置，以提供所需的环境光。可使用 SDK 方法 `environmentalController::setAmbientLight()`（这是一个空方法）来执行此操作。用户可以实施这些方法来自动执行此过程，或暂停程序进行人工干预。要进行数据绘制和分析，需要比较相位测得的数据与环境测得的数据。一种生成所需数据的简单快捷的方法是设置 OPT3101 系统，以不断向文件发送相位数据和环境数据，同时将环境光源移至更靠近目标的位置。

3.6.3.2 数据分析和系数确定

需要使用分段线性 (PWL) 曲线拟合以拟合生成的相位偏移与环境数据间的关系。图 7 显示了相位偏移和环境光线间的示例数据图。在此图中，需要注意几点。蓝色的线是由传感器系统生成的数据。从环境数据中减去在环境光源关闭的情况下在数据生成步骤中捕获的参考数据，即可获得从 0 开始的干净 X 轴。同样的过程适用于相位偏移，该过程会生成一张干净的图，原点是其中一个数据点。

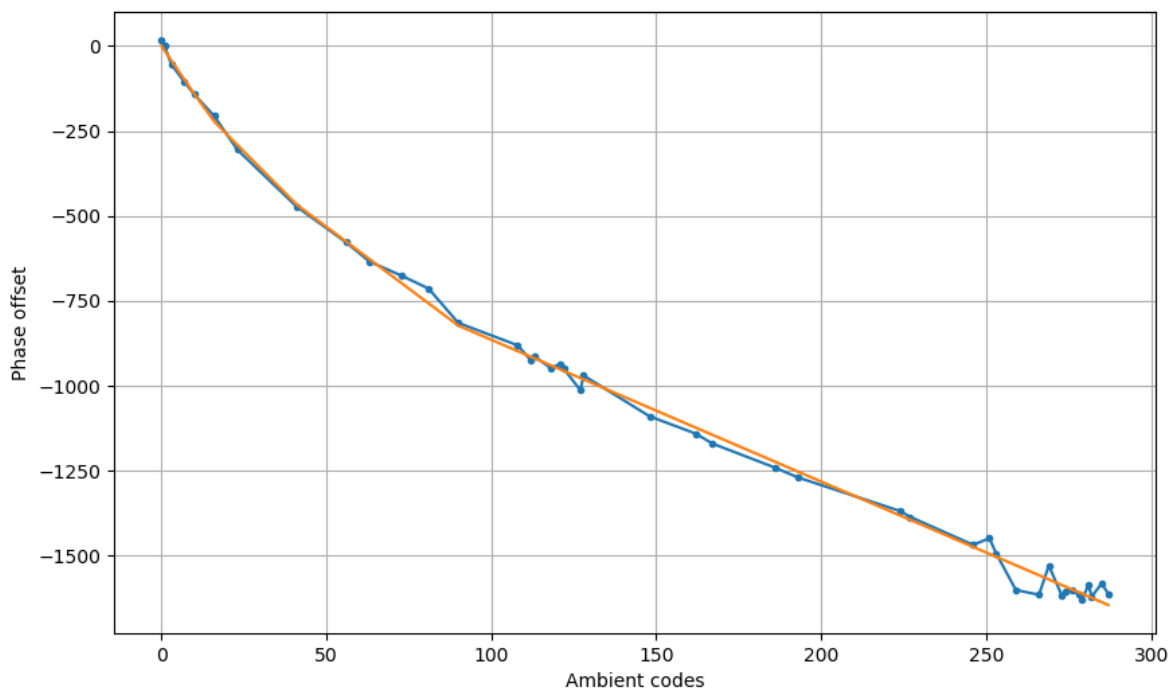


图 7. 相位偏移与环境数据间的关系

可以根据性能曲线和所需准确性来选择 PWL 的分割点。计算完斜率后，需要使用 `OPT3101::device::calibration_perDesignCalibrationPhaseAmbientSetCoffAfterCurveFit()` 方法将其编程到 SDK 中。SDK 会将这些系数转换为合适的寄存器写入。通过将目标保持在一段恒定的距离，隔离和测量仅相对于环境的相位偏移变化非常重要。常见的挑战是使用此设置实现充足的环境范围。传统反光带还可用于增强环境光线。对于视场较窄的系统，可让环境光从侧面直接照向系统（在视场外）。这还有助于收集更多的环境光。

4 逐单元工厂校准

本文档中的本节介绍在工厂生产环境下需要针对每个单元执行的各种校准操作。需要针对 OPT3101 系统的每个单元执行一些校准步骤，然后才能生成准确的数据。根据所需的准确性、制造公差和校准数据在一段时间内的变化，无需对每个单元进行校准，并可使用通过一大组单元样本获取的常用值对所有单元进行编程。这会受到上面所述因素的影响，由用户自行决定。

4.1 所需的设置和工具

执行逐个单元工厂校准需要两步。首先是确定照明串扰，然后进行相位偏移测量。

- 测量照明串扰的设置：
 - 这通常需要屏蔽光学组件或朝向 OPT3101 系统测量距离之外的目标。详细要求请参阅 2.4 节。
 - 如果由操作人员执行校准设置，可以在光电二极管上使用屏蔽胶带或朝向足够远的目标（如远处的墙或天花板）（如图 1 中所示），这样做非常实用。
 - 如果由机器人自动执行校准设置，可以让系统朝向足够远的目标或专门设计的深色盒子（盒壁用反射率非常低的材质覆盖），这样做非常实用。

- 测量偏移的设置：
 - 需要在已知距离放置目标，以校准相位偏移。
 - 目标选择根据 OPT3101 系统配置进行。如果每个 TX 通道都朝向不同方向，可能需要自己的目标。
 - 需要确定每个 TX 通道和电流设置的相位偏移。建议将目标置于可代表系统中实际用例场景的位置。例如，如果一个或多个通道朝向某个角度，且预计会在某个角度上检测到一个平面目标并报告距离，则建议在相似位置对目标进行校准。
 - 需要根据 OPT3101 系统生成的振幅确定与目标之间的距离和反射率。建议在信号振幅为 16000 到 24000 之间时确定相位偏移，以获得最佳效果。
 - 这不是一项严格的要求，只是一项建议。本指南显示了可最大限度地减小残留串扰误差的振幅范围。如果对于 TX 通道和电流设置，残留串扰小于 10 个振幅码，则可在较低的信号振幅下执行相位偏移。距离误差会按比例增加，具体取决于此应用手册中指定的公式 (1)。
 - 实现此振幅的距离可能取决于 TX 通道和电流设置。如果用一个目标来满足所有电流设置和 TX 通道的要求，往往不太现实。例如，如果 TX0 上的电流设置为 170mA，相距 0.5 米的目标能够产生一个 24000 个码的信号振幅，而对于 42.5mA 的电流，相距 0.25 米的同一目标将产生一个 24000 个码的振幅。

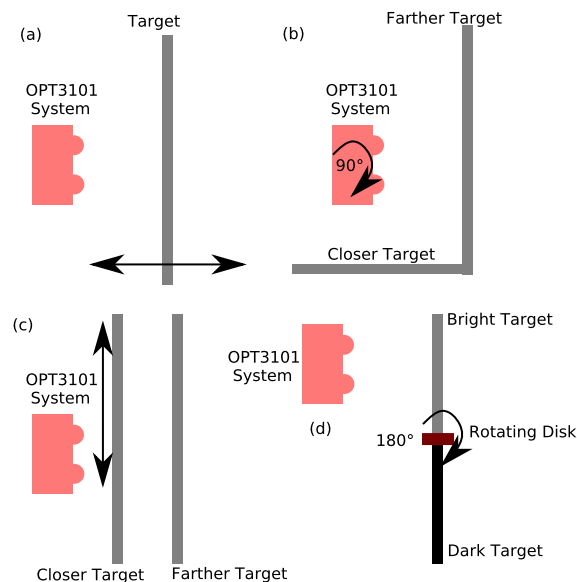


图 8. 相位偏移校准设置

图 8 显示了用多个目标进行相位偏移工厂校准的几个设置示例。

- a. 显示了一个设置示例，在此示例中，将目标移至不同距离，根据 TX 通道和电流设置实现最合适的振幅。
- b. 显示了一个设置示例，在此示例中，将两个目标放置在与 OPT3101 系统呈正交的不同距离。OPT3101 系统安装在旋转外壳上，外壳可根据校准后的电流设置朝向其中一个目标。
- c. 显示了一个设置示例，在此示例中，较近的目标位于较远目标和 OPT3101 系统之间，像一个屏障。此设置使两个目标与系统相隔不同距离。
- d. 显示了一个设置示例，在此示例中，将两个不同反射率的目标置于旋转的轮子上。轮子根据所需的目标旋转。

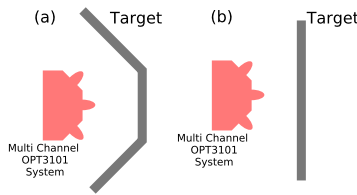


图 9. 相位偏移校准设置

图 9 显示了多 TX 通道配置的设置示例。根据应用要求，需要选择贴近实际工作用例的设置。

4.2 工厂校准

组装单元的工厂校准由 `OPT3101::device::calibrationSession_perUnitFactoryCalibration()` 方法执行。关于此方法实际执行的详细步骤，请参阅 SDK 文档。系统加电、重置并初始化后，执行内部串扰校正。系统现在准备好进行工厂校准了。

将通过 3 节确定的系数编程到器件中。`OPT3101::device::loadIllumCrosstalkTempCoffSet()` `OPT3101::device::loadPhaseOffsetTempCoffSet()` `OPT3101::device::loadPhaseAmbientCoffSet()` 等几个方法可在每个设计校准过程中存储的文件中将系数加载到器件。然后确定所有 TX 通道和电流设置的照明串扰。对所有系数和串扰寄存器进行编程后，系统就准备好进行相位偏移校准了。

4.2.1 每个单元的照明串扰

如设置一节中所述，将使用屏蔽的光学组件对所有 TX 通道和电流设置执行照明串扰。SDK 运行 `OPT3101::device::measureIllumCrosstalk()` 方法对所有 TX 通道和电流设置逐一测量照明串扰值并将其存储在寄存器中。建议对测量的串扰振幅进行质量控制检查。在初始生产批次，限制可以放宽，然后根据制造公差收紧限制。还建议记录由 SDK 生成的串扰文件，以便对将来的限制变化进行批次跟踪和统计分析。`OPT3101::device::loadIllumCrosstalkSet()` 和 `OPT3101::device::loadIllumCrosstalkTempCoffSet()` 会将串扰校正寄存器的内容加载到器件中。运行这些方法后，对于所有 TX 通道和电流设置（依然放置屏蔽），从 OPT3101 系统中读取的振幅预计小于 10 个振幅码。在此步骤中测得的振幅还可用于质量控制。

4.2.2 每个单元的相位偏移

系统现在完成了全部校准并补偿了串扰，可以测量相位偏移了。SDK 的 `OPT3101::device::measurePhaseOffset()` 会针对每个 TX 通道和电流设置产生相位偏移。由于每个 TX 通道和电流设置可能需要更改目标设置，因此会运行 `environmentalController::setTargetDistance()`（这是一个空方法）。用户可以实施自己的硬件控制，以便根据需要相对于目标进行移动。由 SDK 测量的相位偏移和其他相位偏移相关系数都存储在文件中，由 `OPT3101::device::loadPhaseOffsetSet()`、`OPT3101::device::loadPhaseOffsetTempCoffSet()` 和 `OPT3101::device::loadPhaseAmbientCoffSet()` 方法将这些文件加载到器件中。系数现在完成了全部校准，并对所有需要的系数和补偿进行了编程。

4.2.3 逐单元将校准数据存储在非易失性存储器中

OPT3101 没有非易失性存储器，而需要将校准数据存储在非易失性存储器中。一个方法是把这些设置存储在外部 EEPROM 中，EEPROM 可以直接连接到 OPT3101 I2C 主引脚。OPT3101 数据表 7.4.2 节详细介绍了关于外部 EEPROM 的使用。另一个方法是把校准数据存储在主机的非易失性存储器中。如果外部 EEPROM 与 OPT3101 连接，则 OPT3101 能够在加电时自动加载校准数据。如果系统的校准数据存储在主机的非易失性存储器中，则主机需要在加电初始化后将校准数据显式加载到 OPT3101。

4.2.3.1 非易失性存储器的数据和格式

OPT3101 的寄存器字大小为 3 个字节（24 位），具有 8 位寄存器地址。存储在非易失性存储器中的地址列表由 [OPT3101 配置工具](#) 生成。`OPT3101::calibrationC::registerAddressList` 是一系列需要存储的寄存器地址。`OPT3101::device::calibrationSession_perUnitFactoryCalibrationWriteRegisterDataToNonVolatileMemory()` 方法可将这些寄存器存储到外部 EEPROM 中。如果系统没有外部 EEPROM，则需要由用户实施此方法，以便从器件中读取寄存器数据，并将其存储在主机非易失性存储器中。存储的数据格式显示在 [OPT3101 数据表](#) 的表 27 中。

5 现场的系统模式运行

5.1 系统运行

在现场，下面列出了加电和高效系统运行的建议步骤。

- 系统加电
- OPT3101 器件复位
- 使用 `OPT3101::device::initialize()` 进行 OPT3101 器件初始化
- 使用 `OPT3101::device::measureAndCorrectInternalCrosstalk()` 校正内部串扰
- 如果将外部 EEPROM 连接到 OPT3101 I2C 主引脚，并用 [4 节](#) 中所示校准数据进行了编程，那么系统已经准备好，并已完成全部校准，可以正常工作了。
- 如果没有连接外部 EEPROM，那么主机需要将存储在非易失性存储器中的校准数据加载到 OPT3101 器件中。将 `OPT3101::calibrationC::registerAddressList` 所列的校准寄存器加载到器件中后，系统已经准备好，并已完成全部校准，可以正常工作了。

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