请注意赛普拉斯已正式并入英飞凌科技公司。
此封面页之后的文件标注有“赛普拉斯”的文件即该产品为此公司最初开发的。请注意作为英飞凌产品组合的部分，英飞凌将继续为新的及现有客户提供该产品。

文件内容的连续性
事实是英飞凌提供如下产品作为英飞凌产品组合的部分不会带来对于此文件的任何变更。未来的变更将在恰当的时候发生，且任何变更将在历史页面记录。

订购零件编号的连续性
英飞凌继续支持现有零件编号的使用。下单时请继续使用数据表中的订购零件编号。

AN211293

PSoC®模拟协处理器入门

作者： **Rajiv Badiger**

相关器件系列：CY8C4Axxx

相关代码示例：CE211283

相关应用笔记：AN211294

更多代码示例？我们明白。

如需寻找包含上百 PSoC 代码示例并有不断更新的网上资源，请浏览我们的代码示例网页。您还可以在此处观看 PSoC 视频库。

AN211293 对 PSoC®模拟协处理器进行详细说明，有助于您实现自己的第一个设计。PSoC 模拟协处理器是一个单芯片的解决方案，它集成了各模拟前端模块（AFE）、带信号处理引擎的各模数转换器（ADC）和数模转换器（DAC）以及一个主机处理器的通信接口。本应用笔记为您提供了额外资源的概览，以便加快您熟悉该设备的过程。

目录

1 简介 2
2 PSoC 资源 3
3 PSoC Creator 3
3.1 PSoC Creator 帮助 4
3.2 技术支持 4
4 代码示例 5
5 PSoC 模拟协处理器功能集 6
5.1 PSoC Creator 组件定义 7
6 我的第一个 PSoC 模拟协处理器设计 8
6.1 设计前准备 8
6.2 设计概述 8
6.3 第一部分：创建设计 9
6.4 第二部分：编程器件 22
6.5 第三部分：测试设计 24
7 总结 24
8 相关应用笔记和代码示例 25
文档修订记录 27
全球销售和设计支持 28
产品 28
PSoC®解决方案 28
赛普拉斯开发者社区 28
技术支持 28

1 简介

PSoC 模拟协处理器提供了集成可编程的模拟前端（AFE）的可升级且可重新配置的架构，从而简化了基于传感器的设计。通过使用信号处理引擎（32 位 ARM® Cortex®-M0+），您可以校准和调校软件中的 AFE。

另外，通过 PSoC 模拟协处理器还可使各种设计通过串行通信接口将聚集、预处理和格式化的传感器数据发送给各主机处理器。

一般情况下，根据模拟传感器的输出电信号，可将其分成五种类型：电压、电流、电阻、电容和电感传感器。其中，每一个传感器类型都需要一个特定的 AFE 设计。例如：

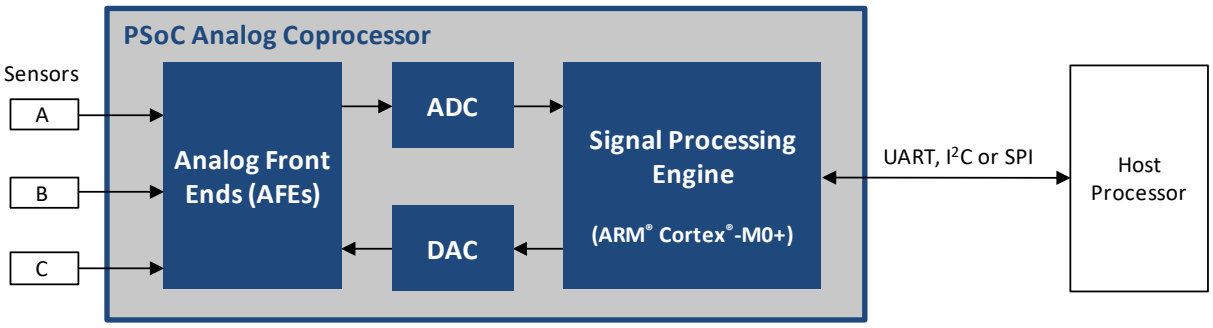
- 热电偶（即电压输出温度传感器）需要一个仪表放大器
- 光度传感器（即电流输出传感器）需要一个互阻放大器（TIA）

使用多个传感器的系统经常需要多个特定的 IC 来实现 AFE，这加大了物料清单（BOM）费用和 PCB 的尺寸。IoT 应用的系统设计必须组合多个传感器中的数据，以创建新的感应能力（通常称为传感器融合）。传感器融合的解决方案通常需要多个定制的 AFE。PSoC 模拟协处理器减少了对特定 IC 的需求，进而允许您在单芯片的解决方案中创建定制的 AFE。

图 1 显示的是一个基于传感器系统的通用模块框图。该手册包括：

1. 一个模拟前端（AFE）电路，通过放大和过滤信号来调理传感器输出。
2. 一个模数转换器（ADC）或比较器（图中未显示），用于将调理的传感器输出转换为数字数据。
3. 一个带有串行通信接口的可编程的信号处理引擎，用于格式化传感器数据并将其发送给主机处理器。

图 1. 基于传感器的系统



本应用笔记为您介绍了 PSoC 模拟协处理器的性能，并提供了一个简单的设计，便于您熟悉该器件。在赛普拉斯的 CY8CKIT-048 套件中，该设计便是代码示例 CE211283。

相关应用笔记和代码示例一节提供了一套丰富的文件，用于加快您的学习过程。它也包括高级应用笔记 AN211294 — 使用 PSoC 模拟协处理器实现 AFE。

2 PSoC 资源

赛普拉斯的网站 www.cypress.com 上提供了大量资料，这些资料有助于您正确选择 PSoC 器件用于设计，并使您能够快速和有效地将器件集成到设计中。有关资源的完整列表，请参考 KBA86521 — 如何使用 PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 和 PSoC 模拟协处理器的资源进行设计。下面提供了一个简要的列表：

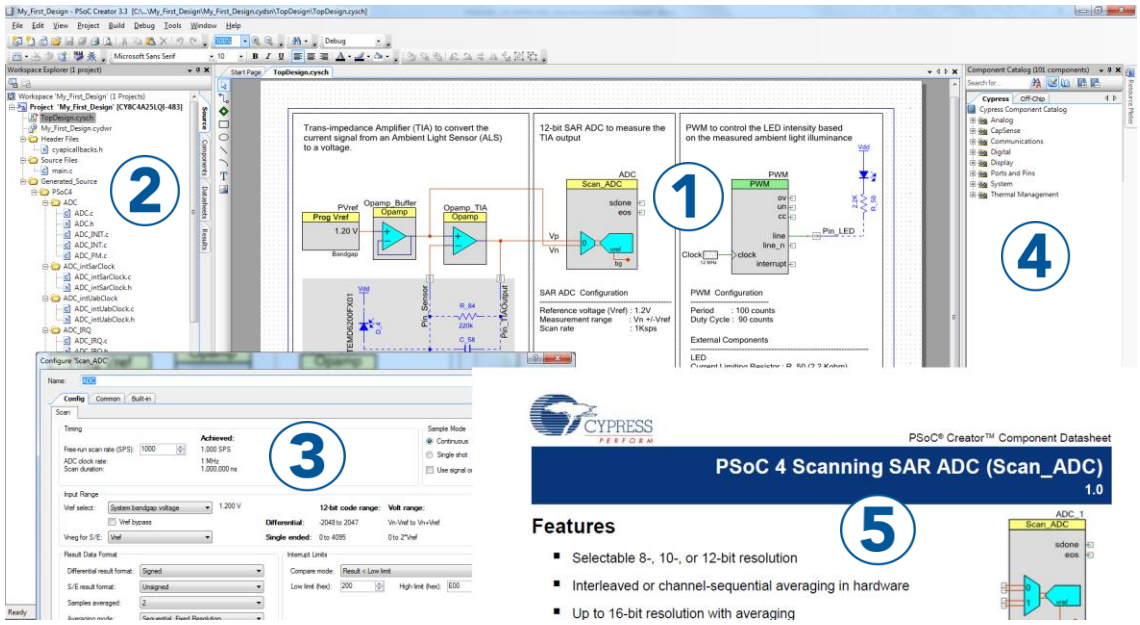
- **概况：** PSoC 产品系列、PSoC 产品路线图
- **产品选型：** PSoC 1、PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 或 PSoC 模拟协处理器。此外，PSoC Creator 还包含了一个器件选择工具。
- **数据手册** 说明并提供了适用于 PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 和 PSoC 模拟协处理器系列的电气规格。
- **CapSense®设计指南：** 了解如何使用 PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 和 PSoC 模拟协处理器系列器件的资源设计电容式触摸感应应用。
- **应用笔记**和**代码示例**：包含了从基本到高级的广泛主题。许多应用笔记还提供了代码示例。
- **技术参考手册（TRM）：** 对每种 PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 和 PSoC 模拟协处理器系列中所使用的架构和寄存器进行了详细说明。
- **开发套件：** CY8CKIT-048 PSoC 模拟协处理器 Pioneer 套件是一种易于使用且廉价的开发平台。该套件可作为独立的套件或 Arduino 屏蔽使用。

3 PSoC Creator

PSoC Creator 是一个基于 Windows 的免费集成开发环境（IDE）。通过它可以同时对 PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 或 PSoC 模拟协处理器系统进行硬件和固件设计。如图 2 所示，通过 PSoC Creator，您可以进行以下操作：

1. 将组件图标拖放到主要设计工作区中，以进行您的硬件系统设计。
2. 对您的应用固件和 PSoC 硬件进行协同设计。
3. 使用配置工具配置各组件。
4. 了解包含一百多个组件的库。
5. 查看组件数据手册

图 2. PSoC Creator 特性



3.1 PSoC Creator 帮助

请访问 PSoC Creator 主页下载 PSoC Creator 的最新版本。启动 PSoC Creator，并导航到下列各项：

- **Quick Start Guide**（快速入门指南）：依次选择 **Help** > **Documentation** > **Quick Start Guide**。本指南提供了开发 PSoC Creator 工程的基本知识。
- **System Reference Guide**（系统参考指南）：依次选择 **Help** > **System Reference** > **System Reference Guide**。该指南列出并描述了 PSoC Creator 所提供的系统功能。
- **Component datasheets**（组件数据手册）：右键点击某个组件，然后选择 **Open Datasheet** 项。请访问 PSoC 模拟协处理器组件数据手册网页，以获取 PSoC 模拟协处理器组件的数据手册列表。
- **文档管理器**：PSoC Creator 提供了一款文档管理工具，有助您寻找和查看文档资源。要想打开文档的管理工具，请选择菜单项：**Help** >**Document Manager**。

3.2 技术支持

若有任何疑问，我们的技术支持团队很乐意为您提供帮助。您可以在赛普拉斯技术支持页面上创建一个技术支持请求。

如果您在美国，可以通过拨打我们的免费电话，直接与技术支持团队联系：+1-800-541-4736。选择提示符处的第 8 项。

若想获得快速支持，您同样也可以使用下面的支持资源：

- 自助
- 所在地销售办事处

4 代码示例

PSoC Creator 包含了大量的代码示例工程。可以从 PSoC Creator 的“Start Page”（起始页）上获取这些工程，如图 3 所示。

这些示例工程通过向您提供完整的设计（并非一个空白设计），从而加快您的设计进程。示例工程还介绍了如何将 PSoC Creator 组件使用于不同应用中。此外，您还可以找到各代码示例、数据手册（在 **Documentation** 选项卡中）和相应的样品代码，如图 4 所示。

在图 4 显示的 Find Example Project（查找示例工程）对话框中现在有几个选项：

- 根据 architecture（架构）或 device family（器件系列）（例如： PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 或 PSoC Analog Coprocessor）、category（类型）或 keyword（关键词）等选项对示例进行筛选
- 从 Filter Options（滤波选项）的示例菜单中进行选择
- 通过 **Documentation**（文档）选项卡，查看选出的数据手册。
- 查看所选的代码示例。您可以复制该窗口中的代码然后将其粘贴到您的工程内，从而加快代码的开发过程，或
- 根据已选工程创建一个新的工程（若需要可添加新的工作区）。通过为您提供一个完整的基本设计，它可以加快您的设计过程。然后，您可以根据自己的应用更改该设计。

图 3. PSoC Creator 中的代码示例

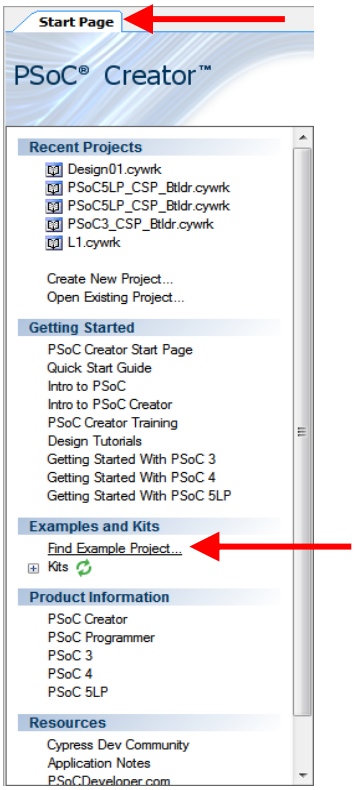
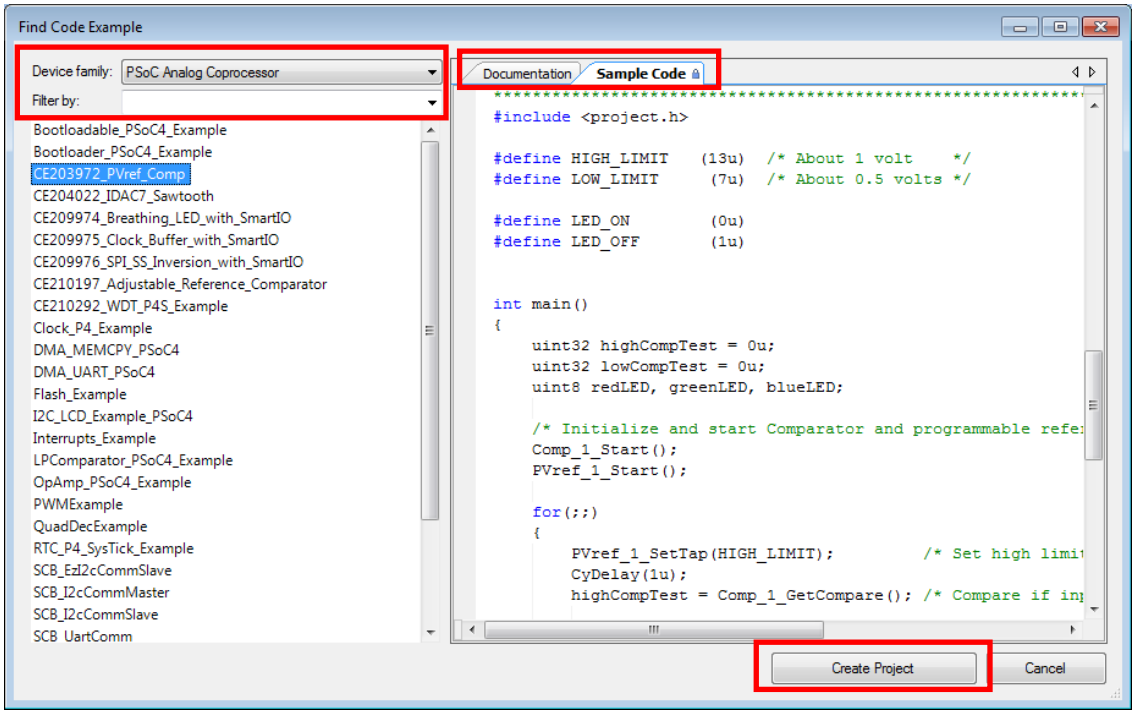


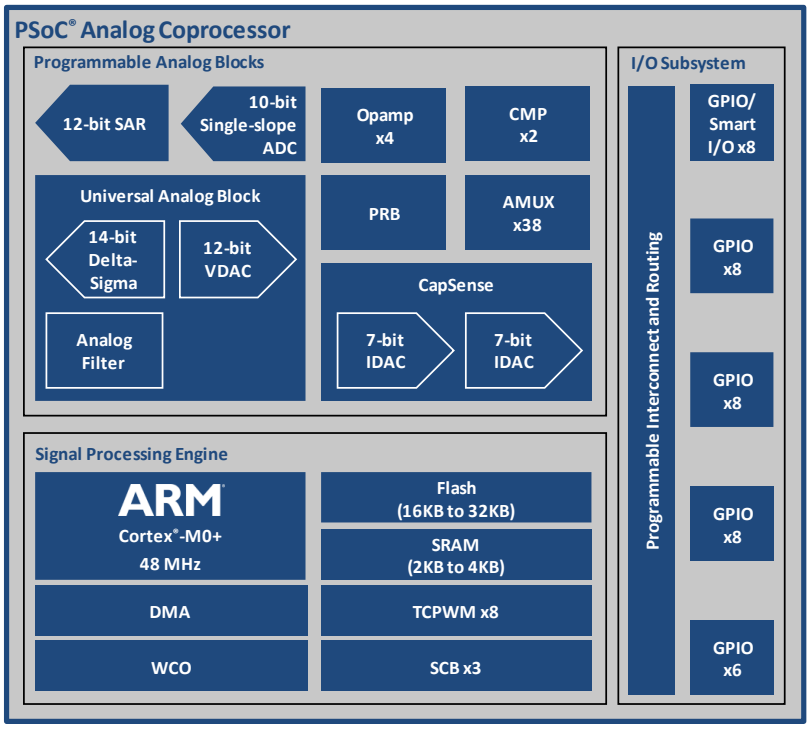
图 4. 附带代码的代码示例工程



5 PSoC 模拟协处理器功能集

PSoC 模拟协处理器包含丰富的模拟功能和其他资源，如图 5 所示：

图 5. PSoC 模拟协处理器框图



下面的内容列出了 PSoC 模拟协处理器的主要特性。更多有关信息，请参考器件数据手册、技术参考手册（TRM）、相关应用笔记和代码示例的内容。

工作电压范围和可用的低功耗模式

- 宽工作电压范围：1.71 V 到 5.5 V
- 睡眠模式断开各时钟与 CPU 的连接。时钟频率为 12 MHz 时，电流典型值为 3.1 mA。
- 深度睡眠模式可支持模拟系统正常操作。电流典型值为 2.5 µA。

可编程模拟模块

- 通用模拟模块（UAB）
  可以将 UAB 配置为以下配置类型：
  - 12 位缓冲电压的数模转换器（VDAC），采样率为 500 kHz
  - 二阶双二阶滤波器，如带通、高通、低通和陷波滤波器
  - 12 位 delta-sigma 模数转换器（ADC），采样率为 7.8 Ksps，微分非线性误差（DNL）为±1 LSB[1]
  - 14 位增量型 Delta-Sigma ADC，采样率为 100 sps，DNL 为±2 LSB [1]
- 4 个可编程的运算放大器
  - 90 dB 的开漏增益，轨对轨运放
  - 可跟外部组件一同使用，组成标准的运算放大器电路
  - 可以使用一个内部电阻阵列来组成一个可编程增益放大器（PGA），支持增益高达 32
  - 驱动各个外部 I/O（高达 10 mA）时，可获得 6 MHz 的增益带宽
  - 驱动各个内部节点（如 SAR ADC）时，可获得 8 MHz 的增益带宽
  - ±1 mV 的输入偏移电压
  - 深度睡眠模式下的工作电流为 15 µA
- 两个低功耗的比较器（CMP）
  - 从低功率模式唤醒器件：

[1] 支持该特性的组件将在 2016 年的下半年上市。

- 12 位 SAR ADC
  - 高达 1 Msps 的采样率
  - 可选的 8 位、10 位和 12 位分辨率
  - 支持 16 个输入通道的自动硬件定序器
  - 可以将每个通道设置为差分或单端
  - 每个通道上均有自己的集成硬件
  - 可编程输入通道，如外部引脚、运算放大器和 UAB
- 单斜率 ADC
  - 可选的 8 位和 10 位分辨率
  - 采样率高达 11.6 ksps（10 位分辨率）
  - 所有 GPIO 引脚上的输入测量范围为 V_{SS} 到 V_{DDA}
  - 在 CapSense 模块中实现
- 可编程的参考模块（PRB）
  - 四个参考电压，可在 16 个步长的范围内独立对它们进行调整：从 V_{DDA} 到 V_{SS} 或从 1.2 V 到 V_{SS}
  - 可以将这些参考电压布线到内部高阻抗的模拟资源：ADC、VDAC、比较器和运算放大器。
  - 另外，如果通过运算放大器缓冲参考电压，那么还可以将其布线到某个 GPIO 上。
- CapSense®
  - 用于测量电容；可将它和电容式传感器（如液位或触摸感应应用）一同使用
  - 包括两种：自电容和互电容的感应方法
  - 通过使用扩频时钟和可编程的转换速率控制来降低电磁干扰（EMI）
- IDAC
  - 用于 CapSense 或其他通用目的的应用场合的两个 7 位电流 DAC（IDAC）
  - 通过并行结合两个 IDAC，可创建一个 8 位的 IDAC
  - 37.5 nA LSB 的电流，用于精确的电容测量
  - 在拉电流和灌电流配置中，可以选择六个输出电流范围中的一个（从 4.76 µA 到 609 µA）

32 位信号处理引擎

- ARM Cortex-M0+ CPU，最高 48 MHz
- 高达 32 KB 并带有读取加速器的 Flash
- 高达 4 KB 的 SRAM
- 8 通道的直接存储器访问（DMA）控制器
- 时钟晶体振荡器（WCO），用于实时时钟（RTC）应用
- 三个串行通信模块（SCB），可配置为 SPI、I^2C 或 UART
- 八个 16 位定时器/计数器脉冲宽度调制器（TCPWM）模块

I/O 子系统

- 多达 38 个 GPIO，可用于模拟、数字、CapSense 或段式 LCD 功能
- 可编程驱动模式和转换速率
- 8 个智能 I/O，用于在各引脚信号上实现 Boolean 运算

5.1 PSoC Creator 组件定义

对于成功的 PSoC 设计，最关键的就是 PSoC Creator IDE。PSoC Creator 将 PSoC 外设和其他资源组织为各个图形元素（又称组件）。将各组件拖放到原理图内并将其连接起来，这样会使硬件设计过程显得更加简单，并能够缩短设计时间。只用点击几下就可以快速更改设计。

以下组件都适用于使用可编程模拟模块的设计:

- 可编程增益放大器（PGA）和运算放大器
- 电压数模转换器（VDAC），在 UAB 中实现
- 扫描的 SAR ADC，通过 SAR ADC 实现
- 可编程的 Vref（PVref），在 PRB 中实现
- CapSense ADC，通过单斜率 ADC 实现

每个组件都包含数据手册。因此，要想了解组件的详细信息，请参考其数据手册中的内容。请访问 PSoC 模拟协处理器组件数据手册网页，以获取 PSoC 模拟协处理器组件的数据手册列表。

6 我的第一个 PSoC 模拟协处理器设计

本节帮助您实现一个简单的基于传感器的 AFE 设计，并将其烧写到开发套件中。另外，也介绍了快捷了解使用 PSoC Creator IDE 来设计 PSoC（的技术）的详细步骤

6.1 设计前准备

6.1.1 您是否已经安装了 PSoC Creator？

从 PSoC Creator 主页上下载并安装 PSoC Creator。PSoC Creator 3.3 SP2 和更高版本都支持 PSoC 模拟协处理器系列器件

6.1.2 您是否拥有一个开发套件？

该设计是针对 CY8CKIT-048 PSoC 模拟协处理器的 Pioneer 套件设计的。该套件提供了与 Arduino™屏蔽和基板相兼容的插座。它指定了五个板上传感器的特性， 包括一个 RGB LED、两个按键开关、一个赛普拉斯的 F-RAM™和 KitProg2 （即板上编程器/调试器和 USB-UART/I2C 桥接器）。

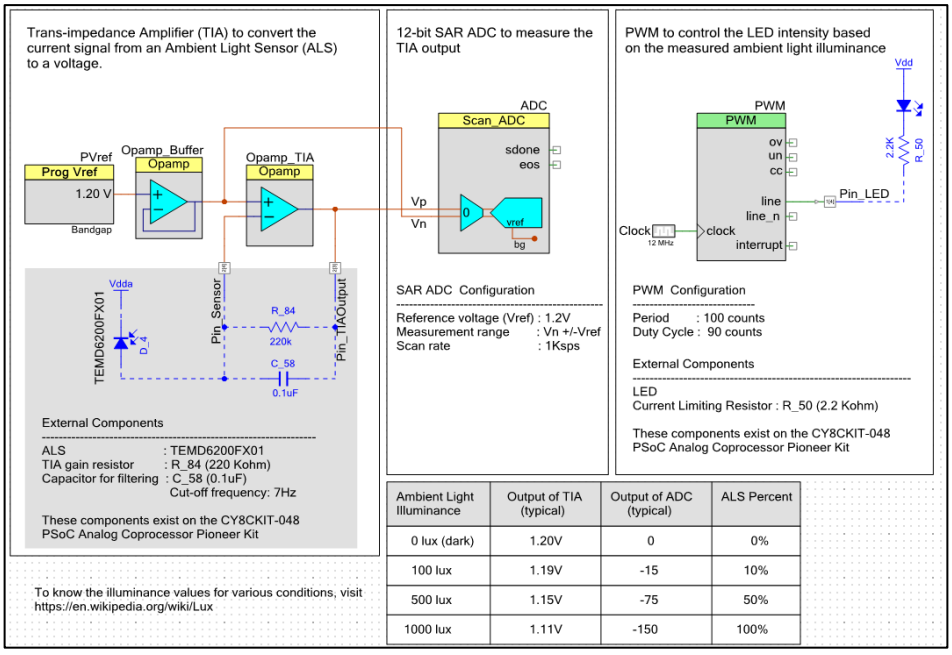
6.1.3 您是否想查看正在操作的工程？

若不想进行整个设计过程，则可以在 http://www.cypress.com/CE211283 网站上下载完整的代码示例工程。这样您可以跳转到编译和编程步骤。

6.2 设计概述

该设计实现了一个简单的模拟调节电路，用于光度传感器。光度传感器的输出是一个较弱的电流信号，它与光照强度成正比。图 6 显示的是用于调节和测量该电流信号的 PSoC Creator 原理图。

图 6. 我的第一个 PSoC 模拟协处理器设计



Ambient Light Illuminance	Output of TIA (typical)	Output of ADC (typical)	ALS Percent
0 lux (dark)	1.20V	0	0%
100 lux	1.19V	-15	10%
500 lux	1.15V	-75	50%
1000 lux	1.11V	-150	100%

该设计通过使用互阻放大器（TIA， 它由一个运算放大器和各外部的无源组件组成）将光度传感器的电流输出转换为电压信号。您可以在 PRB 模块中将 TIA 的参考电压设置为 1.20 V。使用 12 位 SAR ADC 测量 TIA 的输出，然后进行百分比校准，以符合在 0 到 1 Klux 范围中的光照强度。校准后的百分比值便是 PWM 的占空比。连接到 PWM 输出的一个 LED 用于表示与光照强度相对应的的亮度变化。

注意： CY8CKIT-048 PSoC 模拟协处理器的 Pioneer 套件的电路板上已经装有所需光度传感器，并且它被连接到 PSoC 模拟协处理器上。因此，进行设计测试时，便不再使用额外的组件。

6.3 第一部分：创建设计

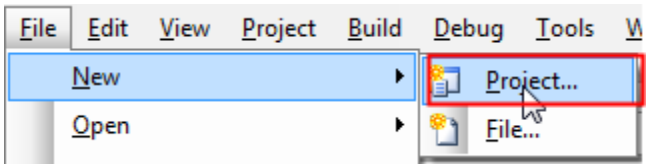
本节将向您逐步介绍设计流程。本节内容指导您通过硬件和软件进行设计。

注意： 这些指导假设您正在使用 PSoC Creator 3.3 SP2 或更高版本。整个开发过程与 PSoC Creator 后续版本的相同，但是一些对话框可能不一样的。

1. 创建一个新的 PSoC Creator 工程。
   a. 启动 PSoC Creator。
   b. 依次选择 **File** > **New** > **Project**，如图 7 显示。

   将出现创建工程窗口。

图 7. 创建一个新的 PSoC Creator 工程



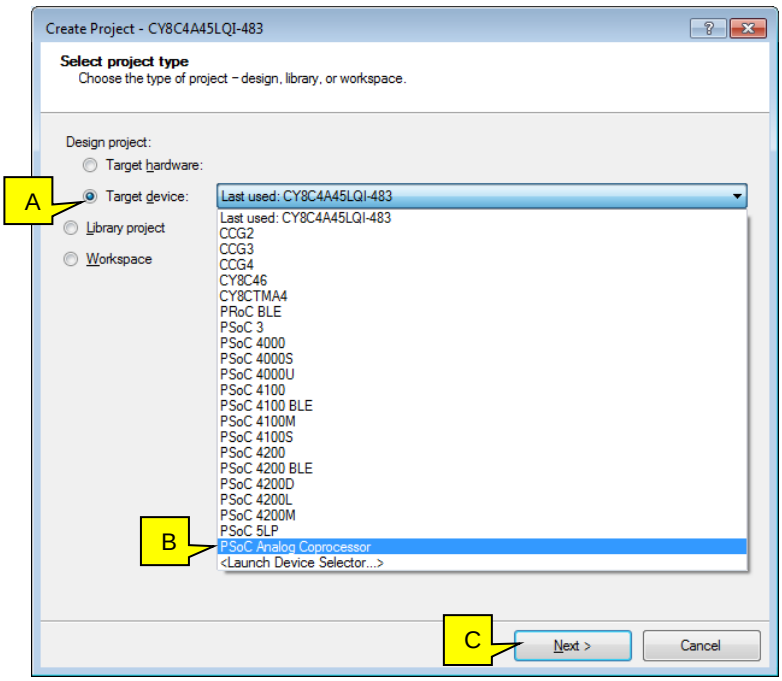
2. 将 **PSoC 模拟协处理器**设置为目标器件，如图 8 所示。

   PSoC Creator 通过自动对指定开发套件或目标器件设置各种工程选项，从而加快开发过程。

   A. 点击 **Target device**（目标器件）。
   B. 在下拉框中选择 **PSoC Analog Coprocessor** 项。
   C. 然后点击 **Next** 按键。

   PSoC Creator 将 CY8C4A45LQI-483 选为 PSoC 模拟协处理器器件中的默认器件。该器件在 CY8CKIT-048 PSoC 模拟协处理器的 Pioneer 套件上。

图 8. 选择目标器件



3. 选择 Empty Schematic，如图 9 所示。
   A. 点击 **Empty Schematic** 项。
   B. 然后点击 **Next** 按键。
   C. 在下一个对话框的 **Workspace name** 框中，输入工作区名称，如图 10 所示。一个工作区名称中包含了一个或多个工程。
   D. 指定您工作区和工程的**位置**。
   E. 在 **Project name** 框中输入工程名称。工程名称与工作区名称可以相同，也可以不同。
   F. 点击 **Finish**。

图 9. 选择原理图模板

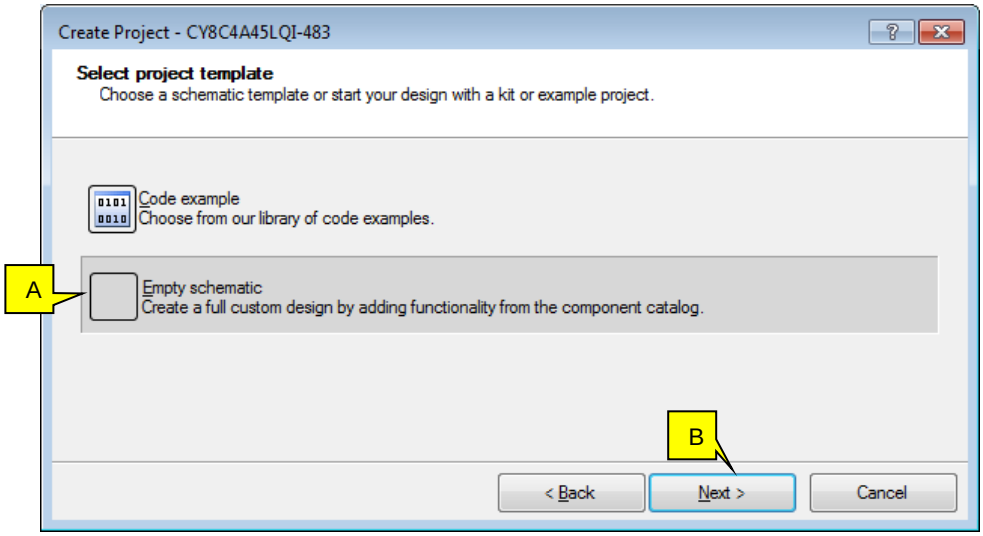
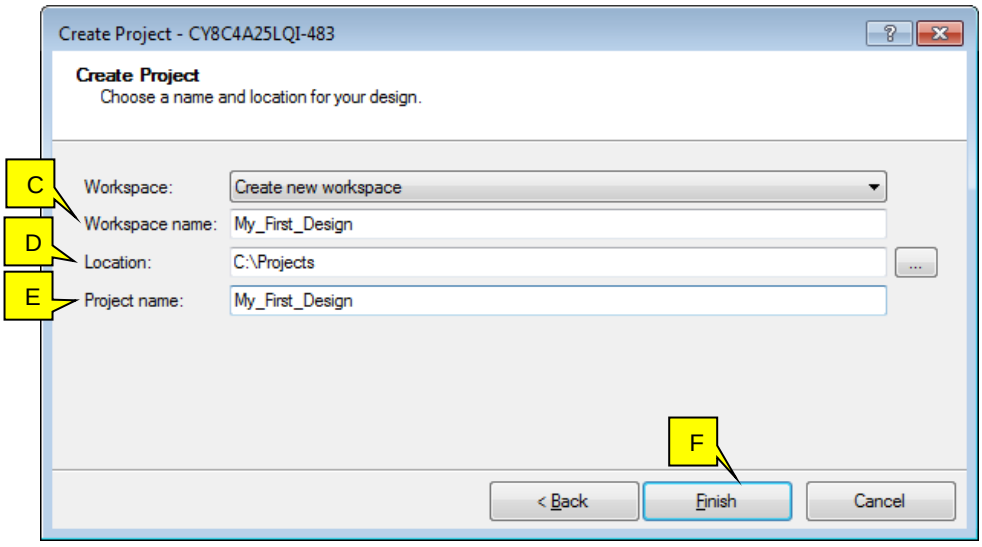
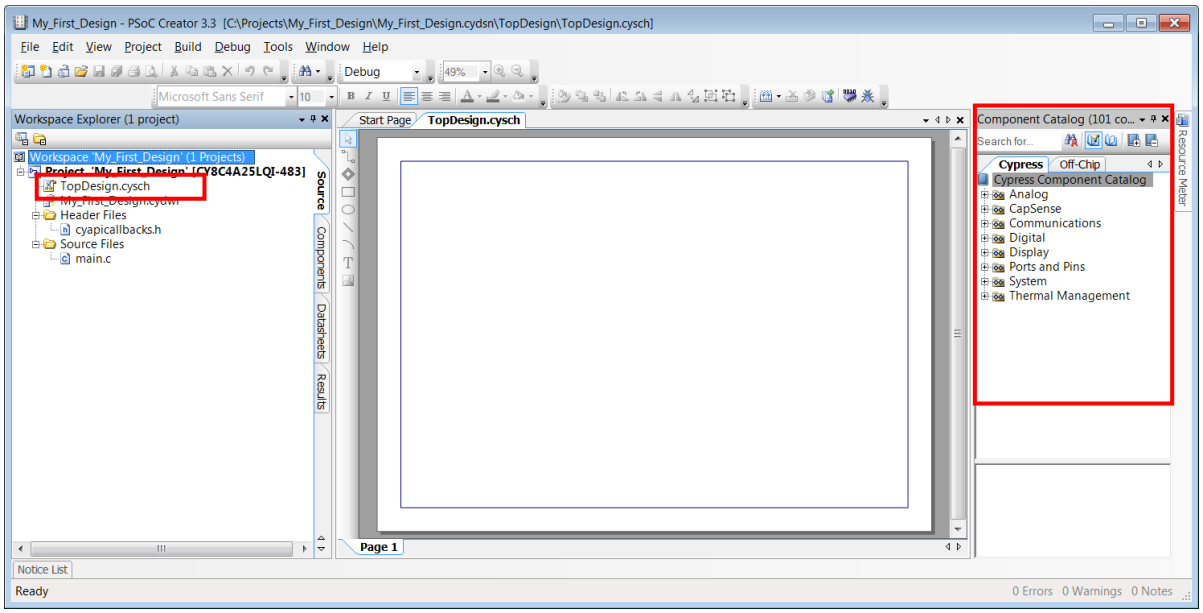


图 10. 工程命名和定位



4. 工程的原理图默认打开，如图 11 所示。您可以在该原理图中实现硬件设计。请注意 **Workspace Explorer** 窗口中的相关文件 *TopDesign.cysch* 。如果没有显示原理图，那么请双击该文件打开它。

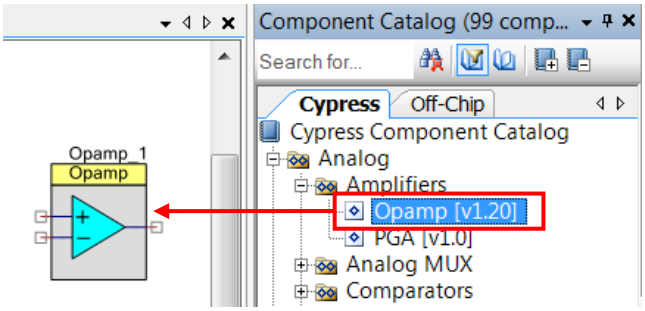
图 11. 原理图



5. 由于您在步骤 3 中已经选中了“Empty Schematic”项，因此 Top Design 中没有数据。Component Catalog（组件目录）窗口位于原理图画布的右侧，如图 11 所示。如果不显示组件目录，那么请依次选择 **View > Component Catalog** 以打开它。现在，您可以开始进行组件放置。

6. 首先，请在原理图中创建一个互阻放大器（TIA）。从 Component Catalog 中选择某个运算放大器并放置（拖放）到原理图中，如图 12 所示。您可以在 Analog 组，Amplifiers 子组中查找运算放大器。

图 12. 运算放大器选择



默认情况下，该组件的示例名称为 Opamp_1。使用各个默认属性（如中等功耗设置）来配置该组件。下一步，请针对该应用更改配置。

7. 双击运算放大器组件以配置它。请按照图 13 配置该组件。

   A. 将组件改名为“Opamp_TIA”。

   B. 请确保已经选择了 **OpAmp** 模式（默认设置）。

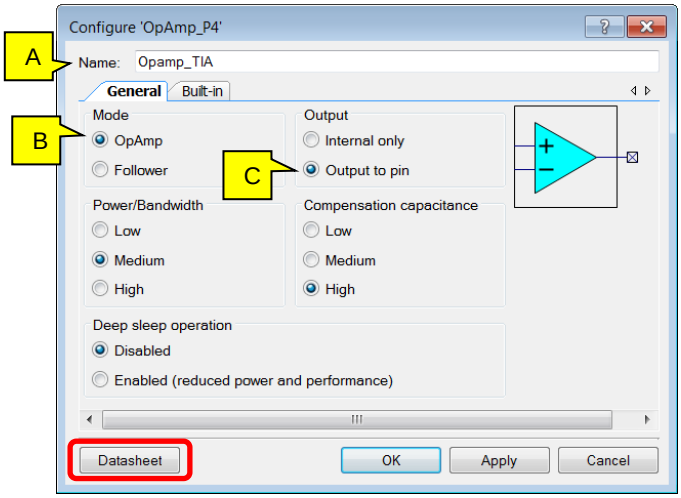
   C. 选择 **Output to pin** 选项，从而将运算放大器输出连接到某个引脚上。

   每个组件都有包含相关的数据手册，您可以在配置窗口中查看它，如图 13 所示。组件的数据手册提供了更多有关组件配置、应用编程接口（API）和电气规格的详细信息。

   保留其他设置为其默认值。请参考组件数据手册以了解各种设置的作用。

   点击 **OK** 来使能这些设置的内容，并关闭该窗口。

图 13. 运算放大器的组件配置



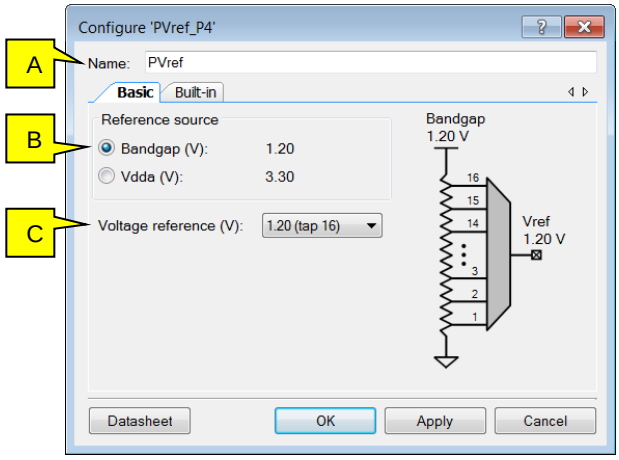
8. 同样，放置 PVref 组件（位于组件目录的 Analog 组中）并配置它的参数，如图 14 所示。该组件指定 TIA 的参考电压并将 SAR ADC 的负极输入设置为 1.20 V。

   A. 将组建改名为“PVref”。

   B. 将 Reference source 设置为 **Bandgap (V) 1.20**（默认值）。

   C. 将 Voltage reference (V)设置为 **1.20 (tap 16)**（默认值）。

图 14. 可编程参考配置

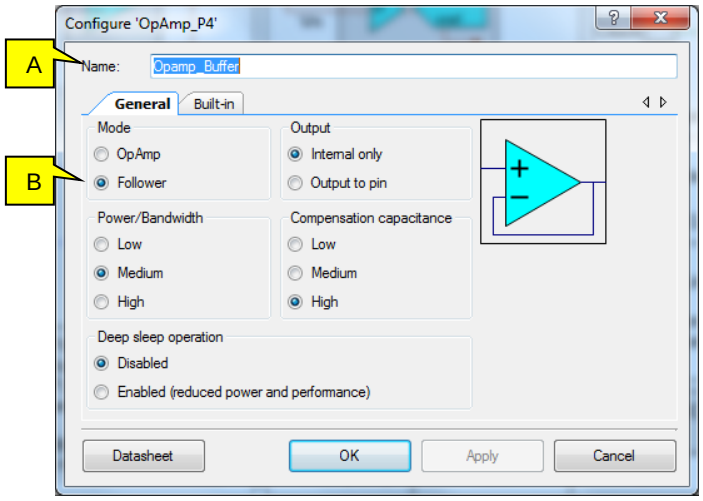


9. 放置 Opamp 组件（位于组件目录的 Analog 组，Amplifiers 子组中）并配置它的参数，如图 15 所示。通过该组件，可以触发由 PVref 组件生成的参考电压。

   A. 将组件改名为“Opamp_Buffer”。

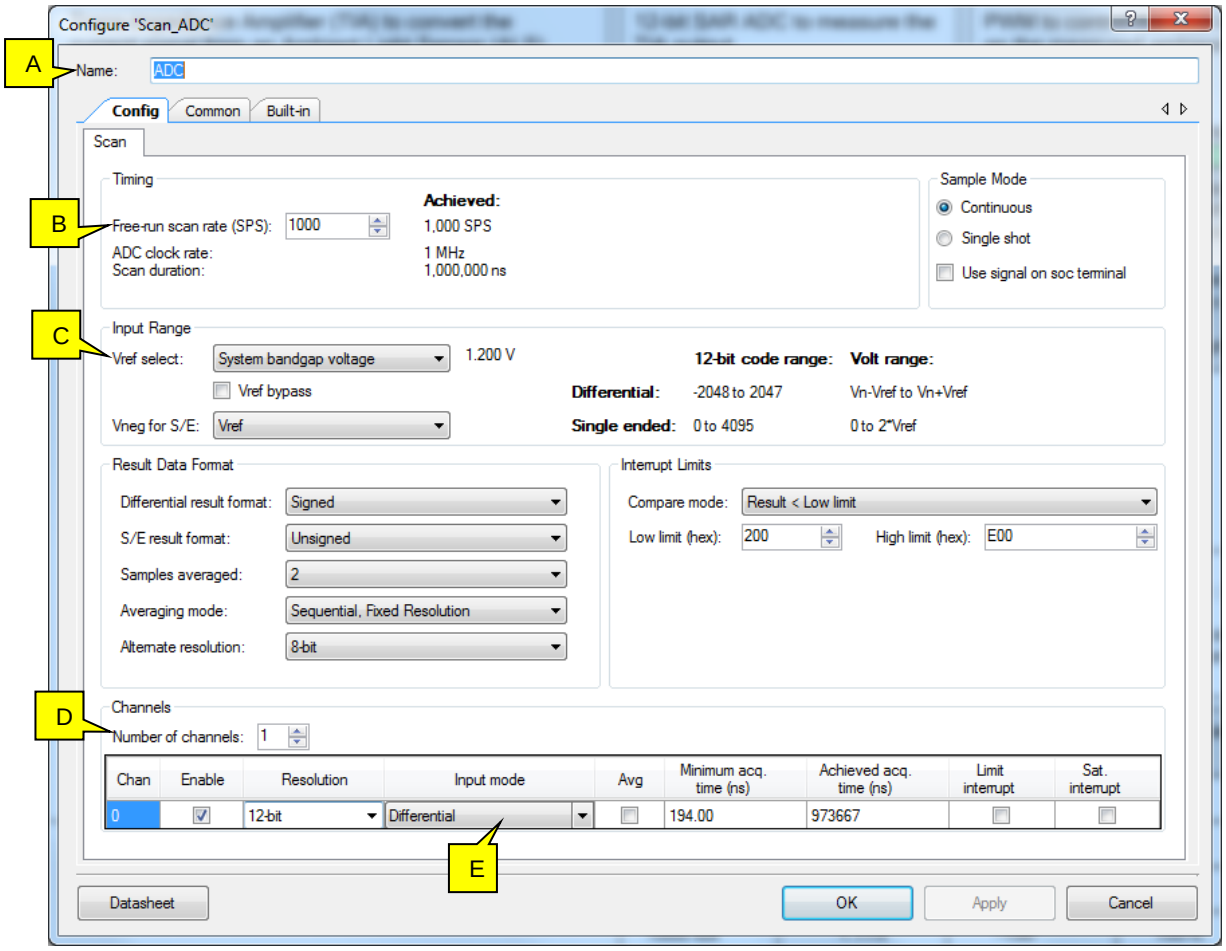
   B. 将 Mode 设置为 **Follower**。

图 15. Opamp_Buffer 配置



10. 放置 Scanning SAR ADC（位于组件目录的 Analog 组，ADC 子组中）并配置它的参数，如图 16 所示。
    A. 将组件改名为“ADC”。
    B. 将 Free-run scan rate (SPS)设置为 **1000**。
    C. 在“Vref select”框中选择 **System bandgap voltage** 项（1.200V）。测量范围为±1.2 V，同 SAR ADC 负极输入上的电压相对应。
    D. 将 Number of channels 设置为 **1**，因为您只需测量 TIA 输出的值。
    E. 将 Input mode 设置为 **Differential**（默认）。

图 16. SAR ADC 配置 — Configuration 选项卡



11. 放置 PWM 组件（位于组件目录的 Digital 组，Functions 子组中）。通过该组件，可以驱动 LED。请按照图 17 配置该组件。

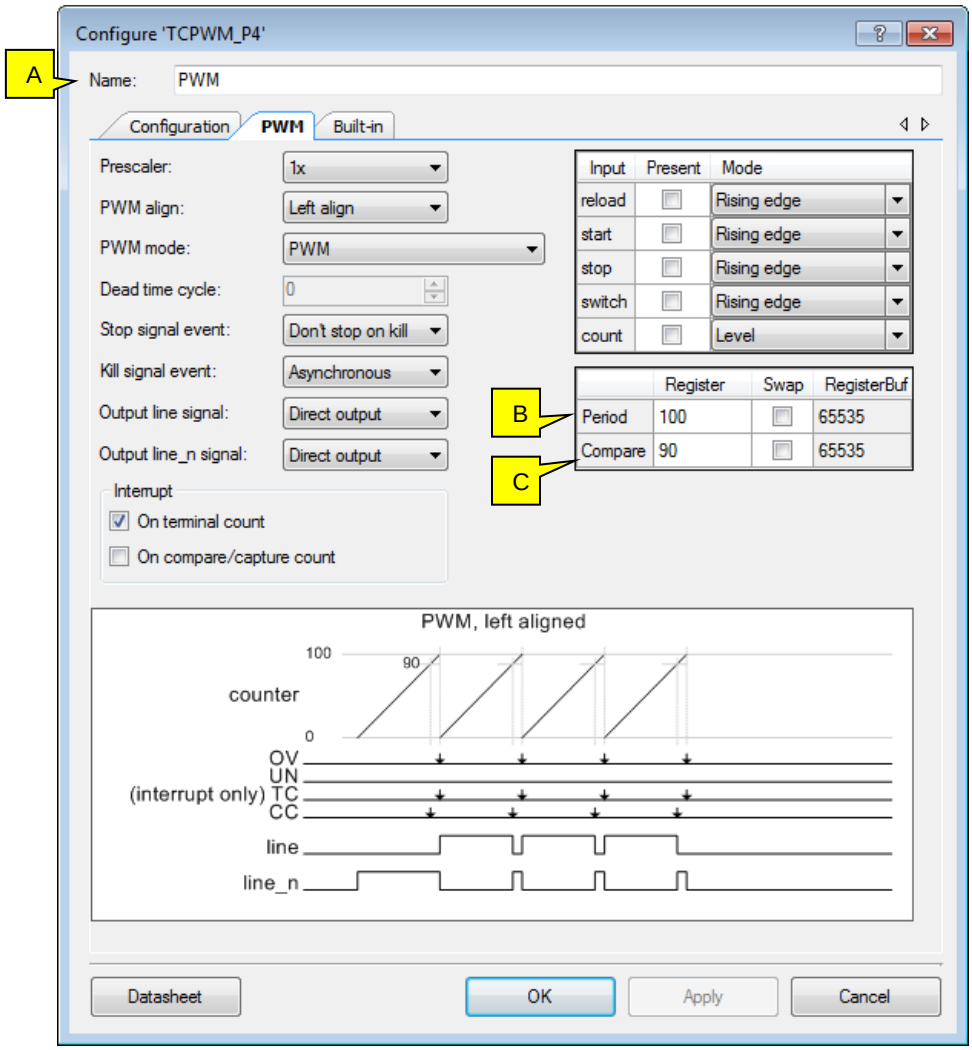
    A. 将组件改名为“PWM”。

    B. 将 Period value 中的值 选为 **100**。这样，您可以直接将 PWM 输出占空比的百分比的控制范围从 0 到 100%。

    C. 将 Compare 值设置为 **90**，以获得 90%的初始输出占空比。在运行过程中，您可以通过固件修改该值。

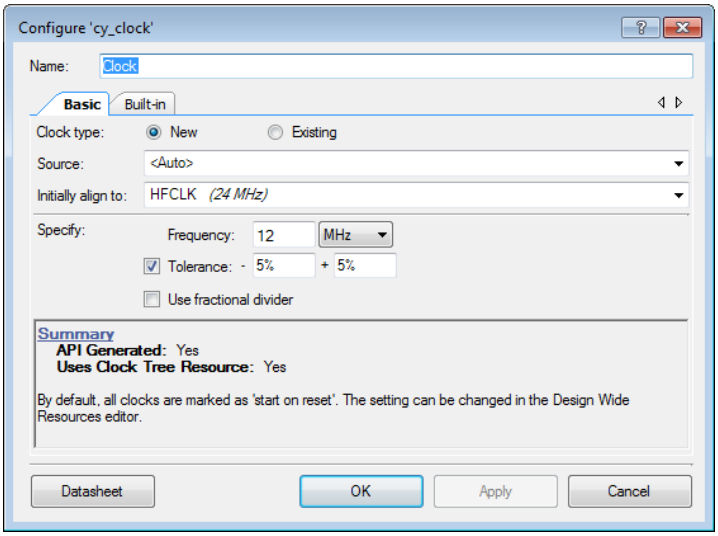
    PWM 输出的频率取决于时钟输入，更多有关它时钟输入的配置，请参考下一步。

图 17. PWM 组件配置



12. 放置 Clock 组件（位于组件目录的 System 组中）。通过该组件，可以为 PWM 组件提供时钟脉冲。将组件改名为“Clock”，并保留默认频率为 MHz，如图 18 所示。由于上一步已经将 PWM 周期设置为 100，因此 PWM 的输出频率将为 120 kHz。

图 18. 时钟组件配置



13. 放置和配置各引脚：

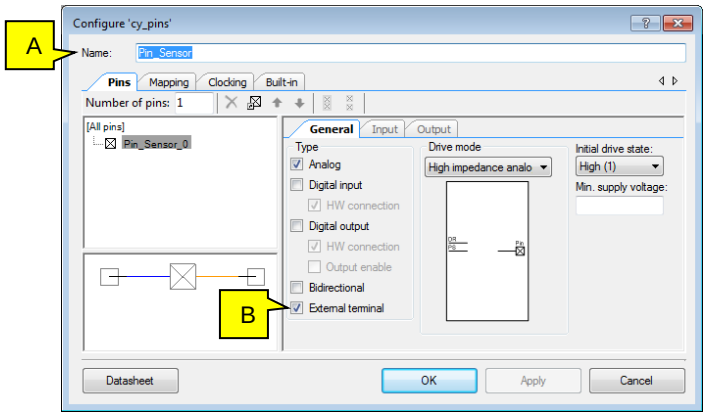
首先，请放置并配置 TIA 输入的引脚。由于 TIA 是一个模拟输入，因此需要选择相应的模拟引脚组件（其位于组件目录的 Ports and Pins 组中）。

A. 将组件改名为“Pin_Sensor”

B. 使能**外部终端**。这时， 您可以进行放置，并连接各个外部（片外）组件。原理图上的外部组件只用于说明目的，并不影响您的设计。

图 19 显示的是 Pin_Sensor 的配置。

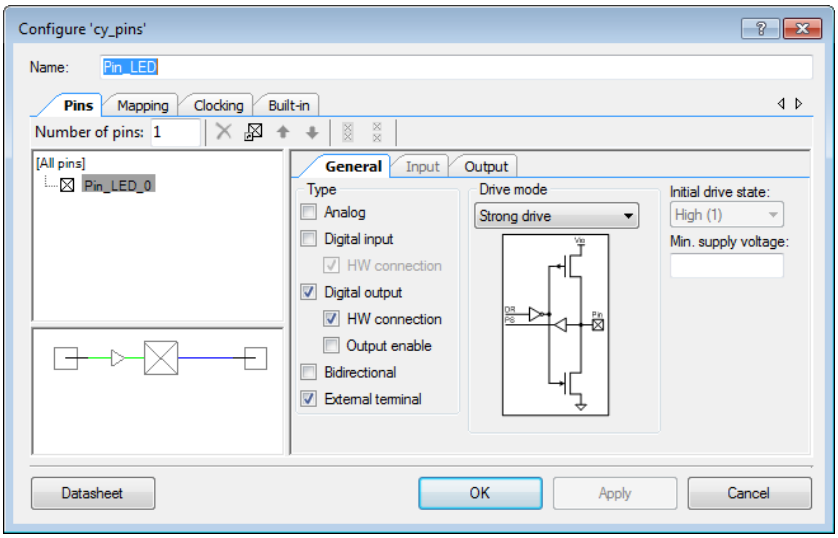
图 19. Pin_Sensor 组件配置



接下来，放置其他模拟引脚组件，用于 TIA 输出（与 Pin_Sensor 组件相同）。将组件改名为“Pin_TIAOutput”，并使能 **External terminal**（外部终端）项。

放置一个数字输出引脚，用于驱动 LED。将引脚改名为“Pin_LED”并使能 **External terminal** 项，如图 20 所示。保留其他默认设置。

图 20. Pin_LED 配置



14. 如上一步所述，原理图中各个片外组件都是可选的。您可以在组件目录的 Off-Chip 选项卡中查询这些组件，如图 21 所示。若想使用这些片外组件，请进行相应的放置，并设置其数值，如表 1 所示。

图 21. 片外组件

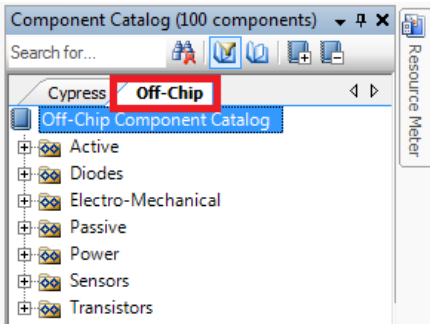


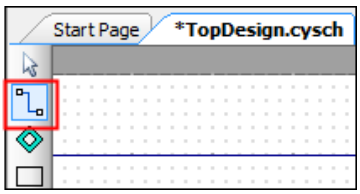
表 1. 引脚和外部组件配置

组件	组件目录		
	选项卡	参数组	数值
光电二极管	片外	二极管	–
电阻	片外	无源	220 K
电容	片外	无源	0.1 µF
电阻	片外	无源	2.2 K
LED	片外	二极管	–
Vdd	片外	电源	–
接地	片外	电源	–

这样便完成了组件放置和配置。下一步是将各组件连接在一起。

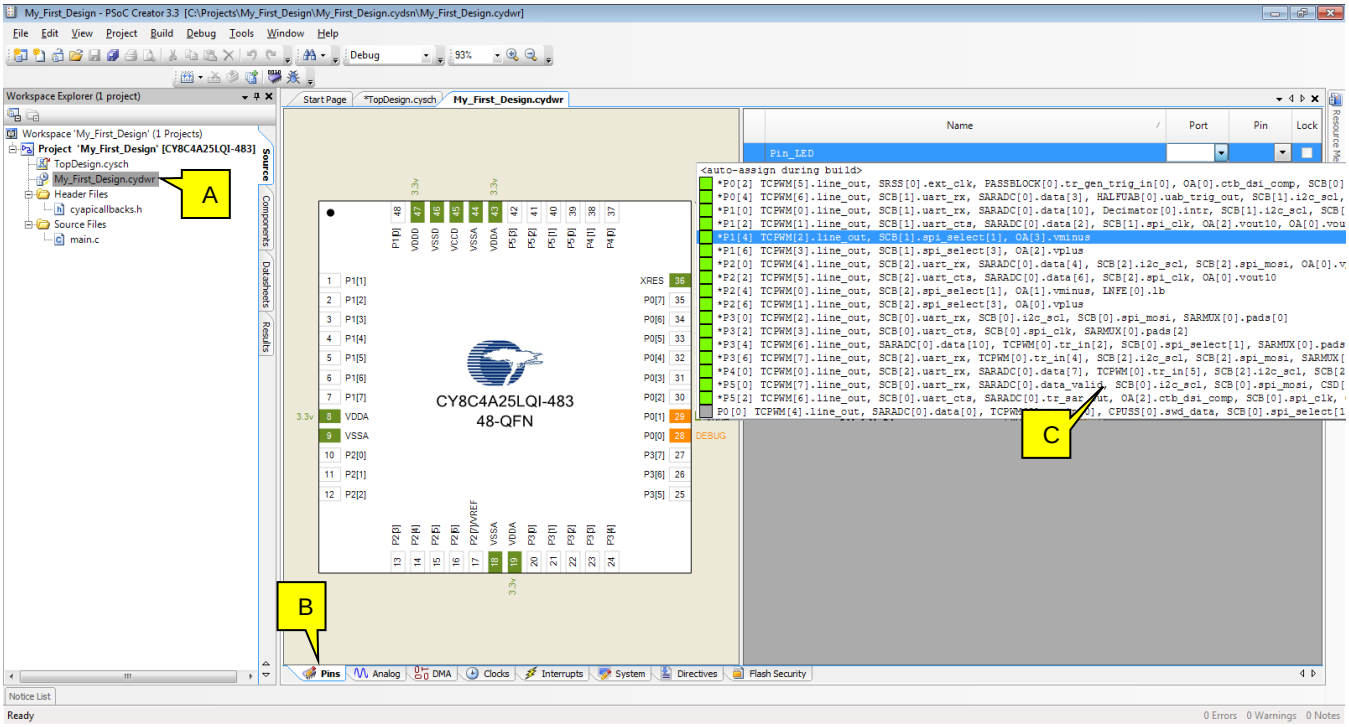
15. 选择连线工具（图 22），
（也可以按‘w’作为快捷键）。
将各组件终端互连在一起，如图 6 所示。

图 22. 连线工具



16. 这时便完成了硬件设计，但还需要为引脚组件分配一个物理引脚。为您的开发套件选择物理引脚。
    A. 在 Workspace Explorer 窗口中，双击文件 *My_First_Design.cydwr*。
    B. 选择 **Pins** 选项卡。设计中所使用的各引脚出现在列表中。
    C. 为设计中的每个引脚组件选择您需要的物理引脚，如图 23 所示。

图 23. 引脚分配



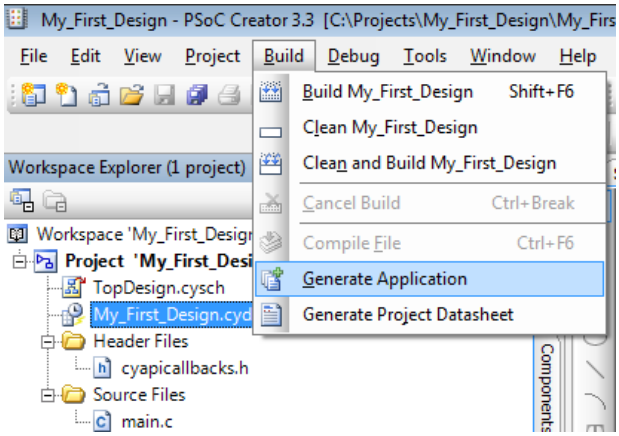
如果您正在使用 CY8CKIT-048 PSoC 模拟协处理器的 Pioneer 套件，那么请按照表 2 设置引脚：

表 2. CY8CKIT-048 的物理引脚

引脚组件名称	物理引脚
Pin_Sensor	P2[4]
Pin_TIAOutput	P2[3]
Pin_LED	P1[4]

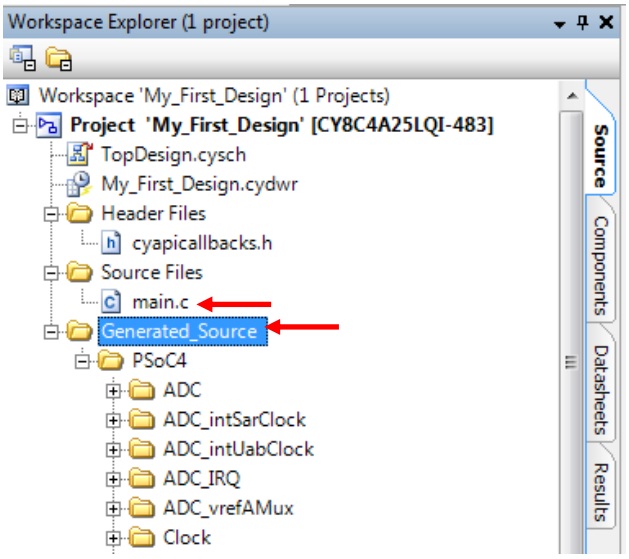
17. 完成硬件配置设置后，您可以继续添加固件代码。但，编写固件前，PSoC Creator 最好要生成所有与组件相应的 API 代码。请依次选择 **Build > Generate Application**，如图 24 所示。如果没有出现错误，则 PSoC Creator 会生成几个代码文件，这些文件位于 *Generated_Source* 文件夹中，如图 25 所示。

图 24. 生成应用



在工作区中打开自动生成文件 *main.c*，如图 25 所示。

图 25. 所生成的源文件



将代码 1 中的代码编写到您工程的 *main.c* 文件中。该代码将实现以下操作：

- 通过使用组件的 API 函数（如 Opamp_TIA_Start()）来初始化各组件，
- 读取并筛选 ADC 转换结果
- 将筛选出的 ADC 结果转换为百分比值
- 使用计算出的百分比值更新 PWM 的占空比

代码 1. *main.c*

```
#include <project.h>
#include "stdio.h"

/* IIR Filter Coefficient */
#define FILTER_COEFFICIENT_ALS 8

/* ADC Channel for ALS - Channel 0 */
#define ALS_CHANNEL 0x00

/* ADC Counts at 1K lux illuminance, calculated based on the sensor TEMD6200FX01 datasheet */
#define ADCCOUNTS_1K_LUX 0x96

int main()
{
    /* Variables */
    int ADCResult, ADCFiltOut=0, ALSPercent;

    /* Enable global interrupt */
    CyGlobalIntEnable;

    /* Start the TIA */
    Opamp_TIA_Start();

    /* Start the Reference Voltage */
    PVref_Start();

    /* Start the Opamp buffer */
    Opamp_Buffer_Start();

    /* Start the SAR ADC; continuous conversions */
    ADC_Start();
    ADC_StartConvert();

    /* Start the PWM */
    PWM_Start();

    for(;;)
    {
        /* ADC scan rate is set to 1ksps */
        /* Check if the ADC result is ready */
        if(ADC_IsEndConversion(ADC_RETURN_STATUS))
        {
        /* Get the sign extended 16 bit result with 11 bits of magnitude */
        ADCResult = ADC_GetResult16(ALS_CHANNEL);

        /* IIR Filter - sample rate: 1 ksps */
        /* Weight on the new sample is 1/8, and weight on the previous filter output is 7/8 */
        ADCFiltOut = (ADCResult + (FILTER_COEFFICIENT_ALS - 1) * ADCFiltOut) /
                     FILTER_COEFFICIENT_ALS;

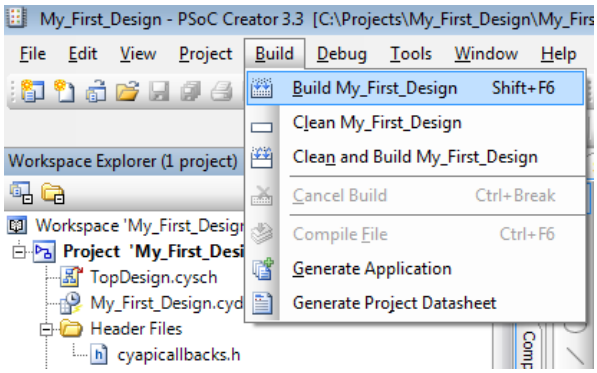
        /* Convert filtered data into percentage. Filter output is multiplied by -1, so that
           the percentage value is directly proportional to the ambient light illuminance */
        ALSPercent = (-1*ADCFiltOut*100) / ADCCOUNTS_1K_LUX;

        /* Limit the values between 0 to 100 to express the ambient light
        illuminance in percentage for a given operating window (0 to 1 Klux)*/
        ALSPercent = (ALSPercent > 100) ? 100 : ((ALSPercent < 0) ? 0 : ALSPercent);

        /* Update PWM duty cycle. The LED has an active low connection on the CY8CKIT-048 kit. */
        PWM_WriteCompare(PWM_PWM_PERIOD_VALUE - ALSPercent);
        }
    }
}
```

18. 如果您没有遵循设计的整个流程而跳到这一步，请执行下列操作：
    A. 在网页 http://www.cypress.com/CE211283 上下载 *CE211283.zip* 代码示例文件，然后将其解压到您的电脑中容易找到的位置。
    B. 下载并安装 PSoC Creator，如第 6.1.1 节的内容所示。
    C. 打开 *CE211283.cywrk* 文件。
    D. 确认该工程引脚分配与您的开发套件（DVK）互相匹配。更多有关 CY8CKIT-048 的信息，请参考表 2。
    E. 依次选择 **Build** > **Build <project name>**，如图 26 所示。如果没有出现错误，则该工程已经编译好，并准备好编程目标 DVK 目标板。

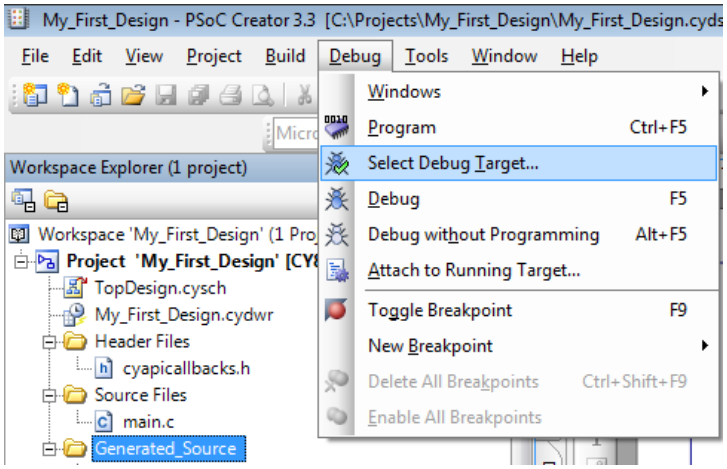
图 26. 编译工程



6.4 第二部分：编程器件

1. 将 DVK 连接到您电脑上的 USB 端口。
2. 确认 PSoC Creator 和您的 DVK 之间的连接状态。为进行这一步骤，请先选择 PSoC Creator 菜单项：依次点击 **Debug** > **Select Debug Target**， 如图 27 所示。

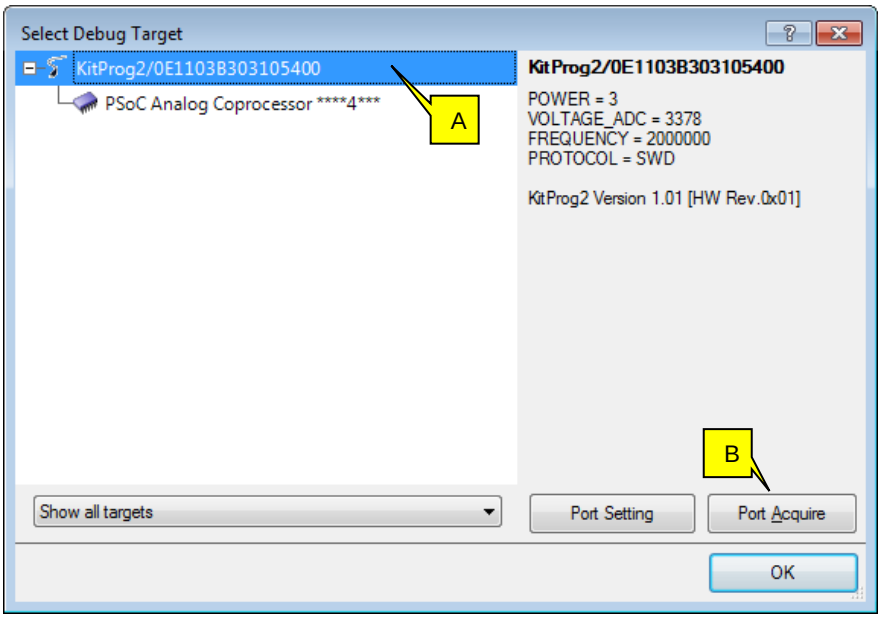
图 27. 选择调试目标



A. 将显示“Select Debug Target”对话框，如图 28 所示。点击您的目标 DVK 板（PSoC Creator 支持多个 DVK 连接）。

B. 点击 **Port Acquire** 项。

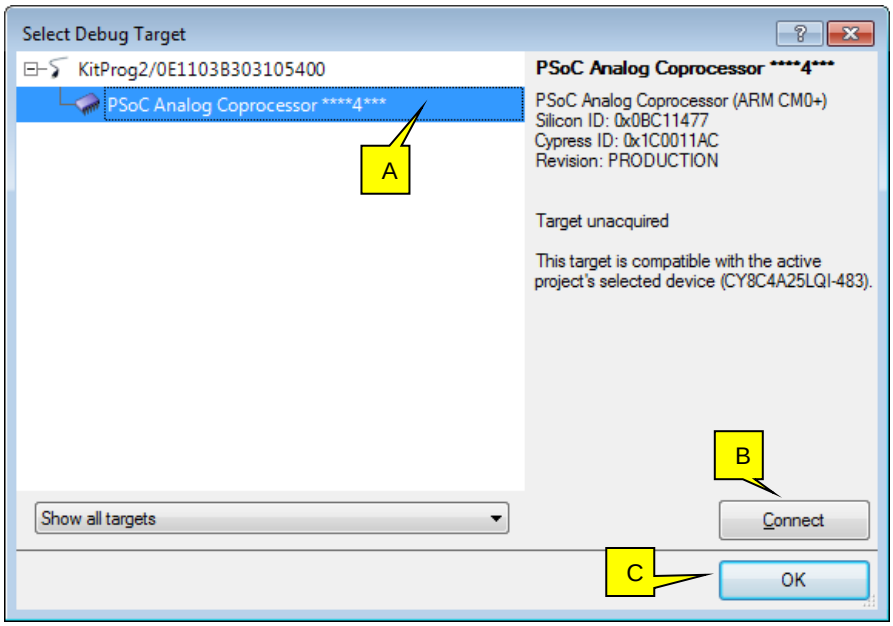
图 28. 配置目标板



3. 将 PSoC 连接到您的目标 DVK 板上。请参见图 29。
   A. 点击 **PSoC 模拟协处理器**。
   B. 点击 **Connect**。“Target unacquired”（未获取调试目标）信息将会更改为“Target acquired”（已获取调试目标），并且按键的标签会更改为“Disconnect”（断开）。
   C. 点击 **OK**，关闭该对话框。

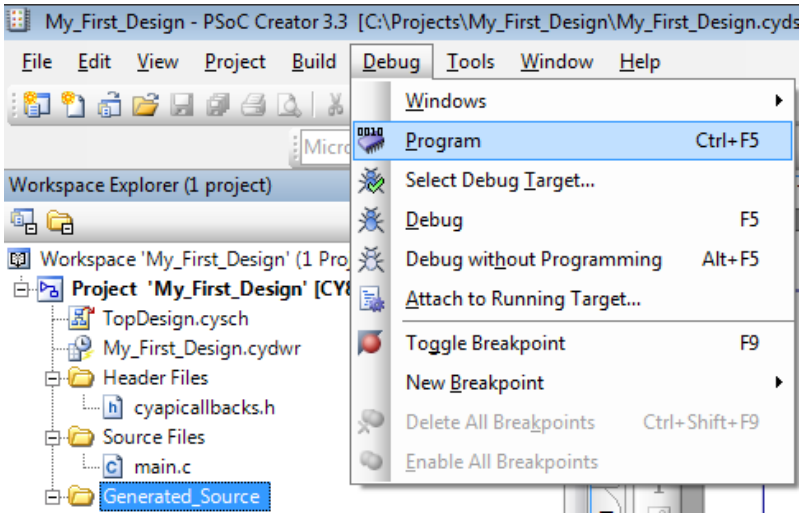
   PSoC Creator 已连接到目标 DVK 和 PSoC 器件，您现在可以对 PSoC 器件进行编程。

图 29. 连接到 PSoC 模拟协处理器



4. 为了编程 PSoC 模拟协处理器，请依次选择 **Debug** > **Program**，如图 30 所示。

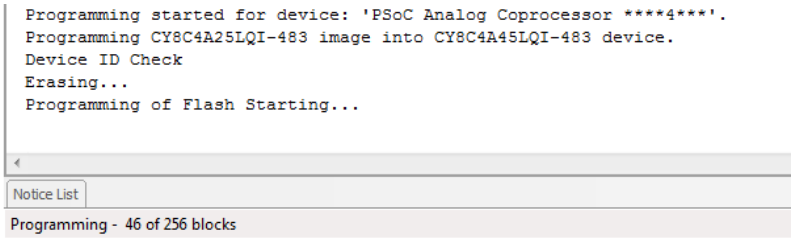
图 30. 编程 PSoC



5. 开始编程。您可以在窗口左下角的 PSoC Creator 状态栏上查看编程的状态，如图 31 所示。

   注意： 您也可能看到以下警报信息：“This programmer is currently out of date”（当前该编程器已过期）。更多有关如何升级您的编程器固件的信息，请参考套件文档中的 KitProg 用户指南。

图 31. 编程状态

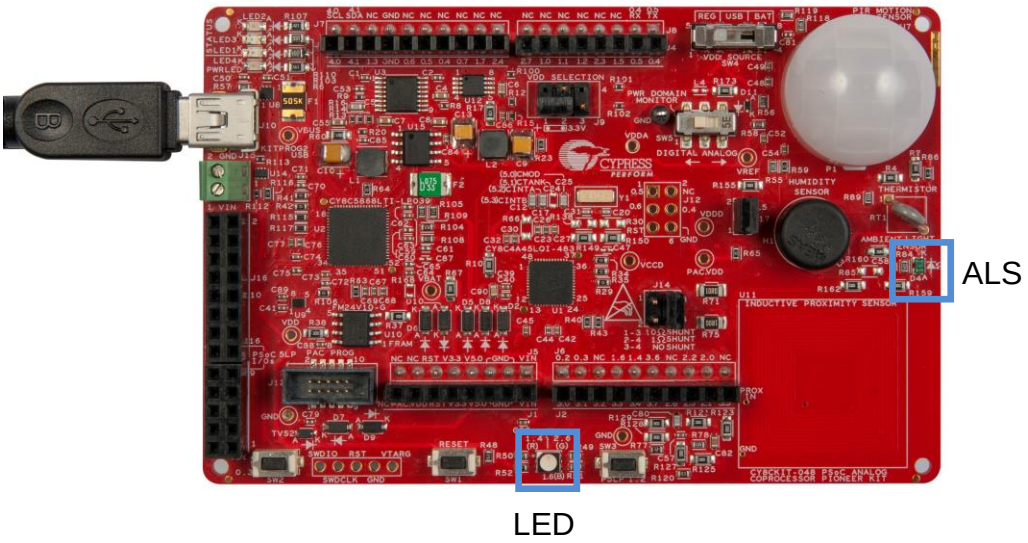


6.5 第三部分：测试设计

请按照以下步骤进行测试设计：

1. 将 CY8CKIT-048 DVK 板的 USB 端口连接到 PC 上，如图 32 所示。

图 32. CY8CKIT-048 DVK



2. 用手遮挡光度传感器（ALS），并观察红色 LED 的亮度变化。建议您在光照充足的地方进行该测试，从而使结果最好。

7 总结

本应用笔记提供了 PSoC 模拟协处理器的详细信息以及创建第一个设计的指导。它还提供了额外资源的概览，以便加快您熟悉该设备的过程。

8 相关应用笔记和代码示例

表 3 列出了选定的系统级和通用的应用笔记，用以进一步了解 PSoC 和 PSoC Creator。

表 3. 通用和系统级应用笔记

文档	文档名称
AN86233	PSoC 4 和 PSoC 模拟协处理器的低功耗模式以及降低功耗的技术
AN88619	PSoC 4 硬件设计的注意事项
AN73854	PSoC 3、PSoC 4 和 PSoC 5LP：Bootloader 的简介
AN89056	PSoC 4 — IEC 60730 Class B 和 IEC 61508 SIL 安全软件库

表 4 针对器件的各种特殊外设和应用列出了相关的应用笔记（AN）和代码示例（CE）。

表 4. PSoC 模拟协处理器特性的相关文档

文档	文档名称
可编程模拟模块	
AN211294	使用 PSoC 模拟协处理器实现 AFE
AN60590	PSoC 3、PSoC 4 和 PSoC 5LP — 使用二极管时的温度测量
AN70698	PSoC 3、PSoC 4 和 PSoC 5LP — 使用电阻温度检测器（RTD）时的温度测量
AN66477	PSoC 3、PSoC 4 和 PSoC 5LP — 使用热阻时的温度测量
CE211252	连接 PSoC 模拟协处理器和光度传感器
CE211301	连接 PSoC 模拟协处理器和 PIR 运动传感器
CE211305	连接 PSoC 模拟协处理器和电感式接近感应传感器
CE211321	连接 PSoC 模拟协处理器和热阻
CE211322	连接 PSoC 模拟协处理器和湿度传感器
CPU 和中断	
AN89610	PSoC 4 和 PSoC 5LP ARM Cortex 代码优化
AN90799	PSoC 4 中断
I/O	
AN86439	PSoC 4 和 PSoC 模拟协处理器 — 使用 GPIO 引脚
CapSense	
AN85951	PSoC 4 和 PSoC 模拟协处理器 CapSense®设计指南
感应	基于 CapSense 的接近感应
Bootloader	
AN86526	PSoC 4 和 PSoC 模拟协处理器 I2C Bootloader
AN68272	PSoC 3、PSoC 4、PSoC 5LP 和 PSoC 模拟协处理器 UART Bootloader
Segment LCD	
AN87391	PSoC 4 Segment LCD 驱动程序
编程工具	
AN84858	使用外部微控制器对 PSoC 4 进行编程（HSSP）

关于作者

姓名： Rajiv Badiger

职务： 应用工程师

背景： 电子与通信工程学士学位

文档修订记录

文档标题：AN21193 - PSoC®模拟协处理器入门

文档编号： 002-12470

版本	ECN	变更者	提交日期	变更说明
**	5255822	WAHY	05/10/2016	本文档版本号为 Rev**，译自英文版 002-11293 Rev**。
*A	6651888	WAHY	08/15/2019	本文档版本号为 Rev*A，译自英文版 002-11293 Rev*A。

全球销售和设计支持

赛普拉斯公司拥有一个由办事处、解决方案中心、厂商代表和经销商组成的全球性网络。要想查找离您最近的办事处，请访问赛普拉斯所在地。

产品

ARM® Cortex®微控制器	cypress.com/arm
汽车级产品	cypress.com/automotive
时钟与缓冲器	cypress.com/clocks
接口	cypress.com/interface
物联网	cypress.com/iot
存储器	cypress.com/memory
微控制器	cypress.com/mcu
PSoC	cypress.com/psoc
电源管理 IC	cypress.com/pmic
触摸感应	cypress.com/touch
USB 控制器	cypress.com/usb
无线连接	cypress.com/wireless

PSoC®解决方案

PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP | PSoC 6

赛普拉斯开发者社区

论坛 | WICED IOT 论坛 | 项目 | s 视频 s | 博客 | 培训 | 组件

技术支持

cypress.com/support

此处引用的所有其它商标或注册商标都归其各自所有者所有。

赛普拉斯半导体公司
198 Champion Court
San Jose，CA 95134-1709

© 赛普拉斯半导体公司，2016-2019 年。本文件是赛普拉斯半导体公司及其子公司，包括 Spansion LLC（“赛普拉斯”）的财产。本文件，包括其包含或引用的任何软件或固件（“软件”），根据全球范围内的知识产权法律以及美国与其他国家签署条约归赛普拉斯所有。除非在本款中另有明确规定，赛普拉斯保留在该等法律和条约下的所有权利，且未就其专利、版权、商标或其他知识产权授予任何许可。如果软件没有附带许可协议且贵方未以其他方式与赛普拉斯签署关于使用软件的书面协议，赛普拉斯特此授予贵方适用于个人的、非独占性、不可转让的许可（无转授许可权）（1）在版权保护下的软件（a）以源代码形式提供的软件,只能是在组织内部为了使用赛普拉斯的硬件去修改和复制。（b）以二进制代码形式从外部发到终端用户（直接或间接通过经销商和分销商）,仅用于赛普拉斯硬件产品单元。（2）在软件（由赛普拉斯公司提供，且未经修改）侵犯赛普拉斯专利的权利主张下，仅许可在赛普拉斯硬件产品上制造、使用、提供和导入软件。禁止对软件的任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。

赛普拉斯不对此材料提供任何类型的明示或暗示保证，包括但不限于针对特定用途的适销性和适用性的暗示保证。没有任何电子设备是绝对安全的。因此，尽管赛普拉斯在其硬件和软件产品中采取了必要的安全措施，但是赛普拉斯并不承担任何由于使用赛普拉斯产品而引起的安全问题及安全漏洞的责任，例如未经授权的访问或使用赛普拉斯产品。此外，本材料中所介绍的赛普拉斯产品有可能存在设计缺陷或设计错误，从而导致产品的性能与公布的规 格不一致。（如果发现此类问题，赛普拉斯会提供勘误表）赛普拉斯保留更改本文件的权利，届时将不另行通知。在适用法律允许的范围内，赛普拉斯不对因应用或使用本文件所述任何产品或电路引起的任何后果负责。本文件，包括任何样本设计信息或程序代码信息，仅为供参考之目的提供。文件使用人应负责正确设计、计划和测试信息应用和由此生产的任何产品的功能和安全性。赛普拉斯产品不应被设计为、设定为或授权用作武器操作、武器系统、核设施、生命支持设备或系统、其他医疗设备或系统（包括急救设备和手术植入物）、污染控制或有害物质管理系统中的关键部件，或产品植入之设备或系统故障可能导致人身伤害、死亡或财产损失其他用途（“非预期用途”）。关键部件指，若该部件发生故障，经合理预期会导致设备或系统故障或会影响设备或系统安全性和有效性的部件。针对由赛普拉斯产品非预期用途产生或相关的任何主张、费用、损失和其他责任，赛普拉斯不承担全部或部分责任且贵方不应追究赛普拉斯之责任。贵方应赔偿并保护赛普拉斯免受所有索赔的损害，包括因人身伤害或死亡引起的索赔、费用、损失和其它责任。

赛普拉斯、赛普拉斯徽标、Spansion、Spansion 徽标，及上述项目的组合，WICED，及 PSoC、CapSense、EZ-USB、F-RAM 和 Traveo 应视为赛普拉斯在美国和其他国家的商标或注册商标。请访问 cypress.com 获取赛普拉斯商标的完整列表。其他名称和品牌可能由其各自所有者主张为该方财产。