

Application Note

利用基于 MSPM0 的 PGA460 控制实现距离检测



Jingguo Wang and Eason Zhou

摘要

本应用手册介绍了基于 PGA460 和 MSPM0C1104 的距离检测解决方案。此解决方案包括相关评估步骤和示例代码。

本应用手册中讨论的工程配套资料可从以下 URL 下载：<https://www.ti.com/cn/lit/zip/slaaem0>。

内容

1 简介.....	2
2 硬件简介.....	2
3 软件简介.....	4
3.1 MCU 初始化.....	5
3.2 PGA460 初始化和配置.....	6
3.3 距离检测.....	7
4 评估步骤.....	8

插图清单

图 2-1. 系统方框图.....	2
图 2-2. 硬件设置.....	3
图 3-1. 软件工程视图.....	4
图 3-2. 简要软件流程图.....	4
图 3-3. Sysconfig 中的 SPI 配置.....	5
图 3-4. 配置文件.....	6
图 3-5. PGA460 检测阈值初始化.....	6
图 3-6. PGA460 默认配置函数.....	7
图 3-7. PGA460 运行操作.....	7
图 3-8. UltrasonicCmd 函数.....	7
图 3-9. 数字延迟配置.....	8
图 4-1. PGA460-Q1 EVM GUI.....	9
图 4-2. PGA460-Q1 GUI 检测结果.....	10
图 4-3. GUI 中的存储器映射.....	11
图 4-4. 运行结果.....	11

表格清单

表 2-1. 硬件连接.....	3
------------------	---

商标

LaunchPad™ and Code Composer Studio™ are trademarks of Texas Instruments.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.

Windows® is a registered trademark of Microsoft Corporation in the United States and other countries.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

PGA460 器件是一款高度集成的片上系统超声波传感器驱动器和信号调节器，配备先进的 DSP 内核。MSPM0C110x 属于 MSP 高度集成的超低功耗 32 位微控制器单元 (MCU) 系列，该 MCU 系列基于增强型 Arm® Cortex®-M0+ 内核平台，工作频率最高可达 24MHz。MSPM0C110x 可用作 PGA460 的主控制器，通过串行外设接口 (SPI) 通信为其提供配置参数和工作模式，并将 PGA460 的测量结果传输到 PC。

本应用报告提供了适用于 MSPM0C1104 和 PGA460 的评估步骤和示例代码 (<https://www.ti.com/cn/lit/zip/slaaem0>)。您也可以通过下述地址在 SDK 下找到：

C:\ti\mspm0_sdk_x_xx_xx_xx\examples\nortos\LP_MSPM0C1104\demos\pga460_control_spi。

2 硬件简介

要评估基于 PGA460 和 MSPM01104 的解决方案，需要使用以下硬件元件：

- BOOSTXL-PGA460 (带有传感器的 PGA460-Q1 超声波传感器信号调节评估模块)
- LP-MSPM0C1104 (适用于 24MHz Arm® Cortex®-M0+ MCU 的 MSPM0C1104 LaunchPad™ 开发套件)
- 装有 Windows® 7 或更高版本和 .NET Framework 4.5 的计算机
- Micro-USB 转 USB 电缆 (购买 LP-MSPM0C1104 时附带)

在该解决方案中，MSPM0C1104 充当主控制器，通过 SPI 配置 PGA460，并通过通用/异步接收器/发送器 (UART) 将测量结果发送到 PC。

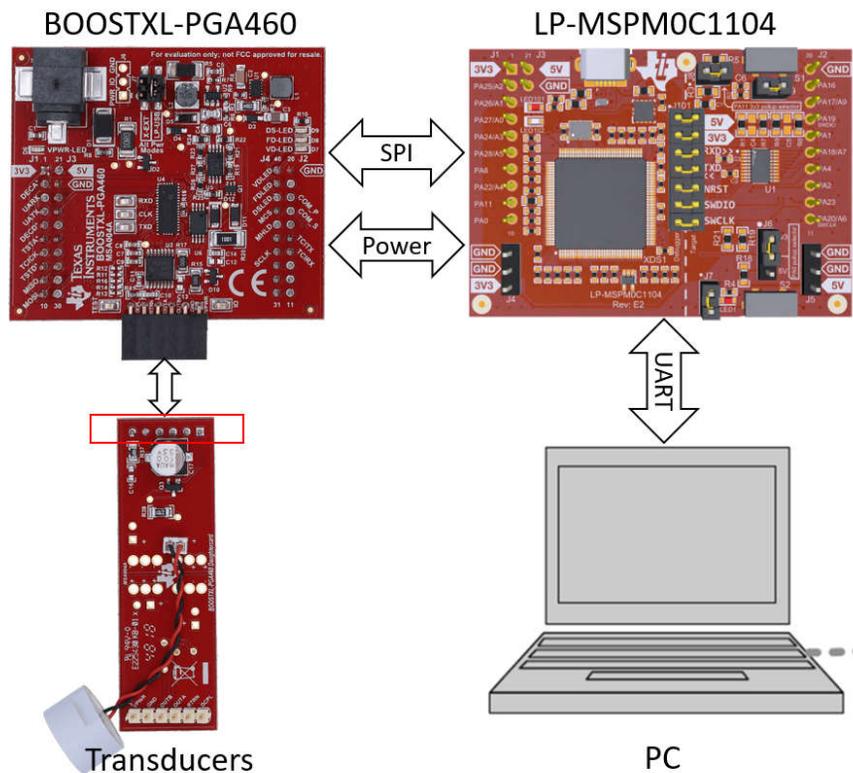


图 2-1. 系统方框图

PGA460-Q1 支持多种通信接口，包括 USART、TCI、SPI 和单线 UART。USART 同步模式与不带片选的 SPI 相同，因为寻址由三位 UART_ADDR 值处理，可在一条总线上支持多达八个器件。在此解决方案中，MSPM0C1104 使用了三线 SPI 通信接口来控制 PGA460。要启用 PGA460 中的 SPI 通信模块，请在 PGA460 上将 P18(COM_P) 拉低并将 P17(COM_S)、P37(MHLD) 和 P36(MCS) 拉高。这是通过控制 MSPM0C1104 上的 PA2、PA17 和 PA23 来实现的。可以相应地连接电源 (5V、3V3、GND) 和 SPI (MOSI、MISO、时钟)。表 2-1 显示了 PGA460 EVM 与 LP-MSPM0C1104 之间的所有硬件连接。

表 2-1. 硬件连接

连接类型	接头名称	LP-MSPM0C1104 引脚编号：引脚名称	BOOSTXL-PGA460 引脚编号：引脚名称
SPI	SPI : MOSI	PA18 : SPI_PICO	P10 : MOSI
	SPI : MISO	PA4 : SPI_POCI	P9 : MISO
	SPI : 时钟	PA11	P34 : SCLK_LP
SPI 使能	COM_PD	GND	P18 : COM_P
	COM_SEL	PA2	P17 : COM_S
	MEM_HOLD	PA17	P36 : MHLD
	MEM_CS	PA23	P37 : MCS
电源连接	电源 : 3.3V	J1:3V3	P1 : 3V3
	电源 : 5V	J3:5V	P21 : 5V
	电源 : 地	GND	P22 : GND

最终设置如图 2-2 所示。

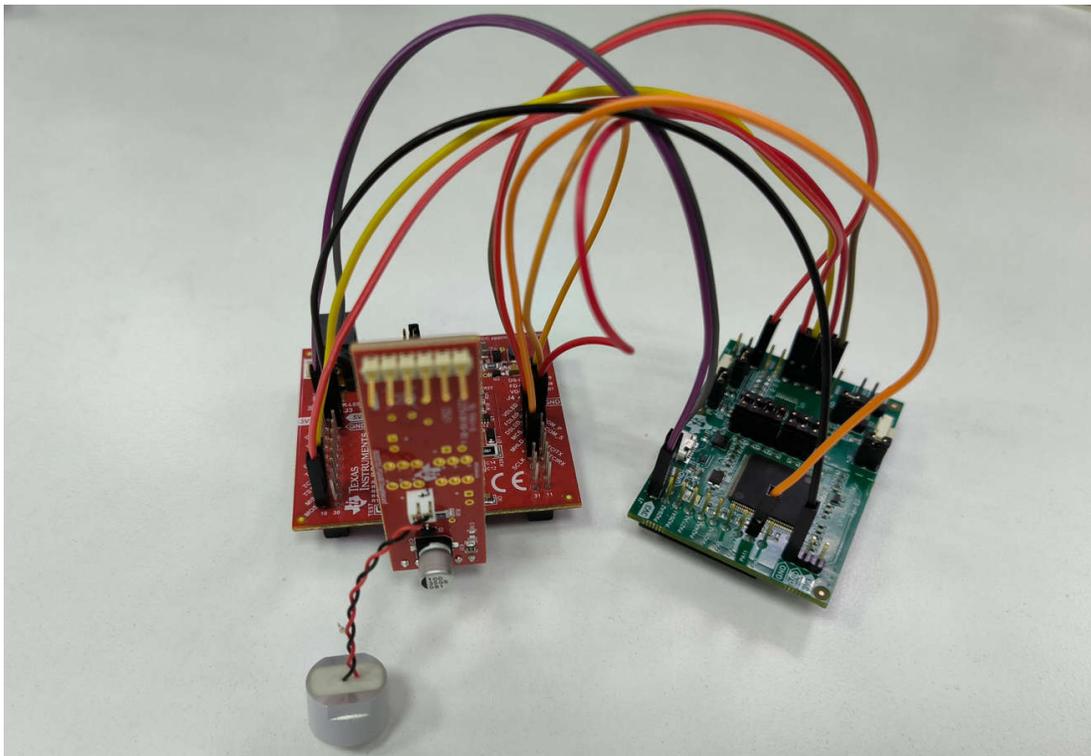


图 2-2. 硬件设置

3 软件简介

软件工程如图 3-1 所示，是在 Code Composer Studio™ (CCS) 软件中开发的。它主要包括三个部分。其他文件是 MSPM0 工程的默认文件。

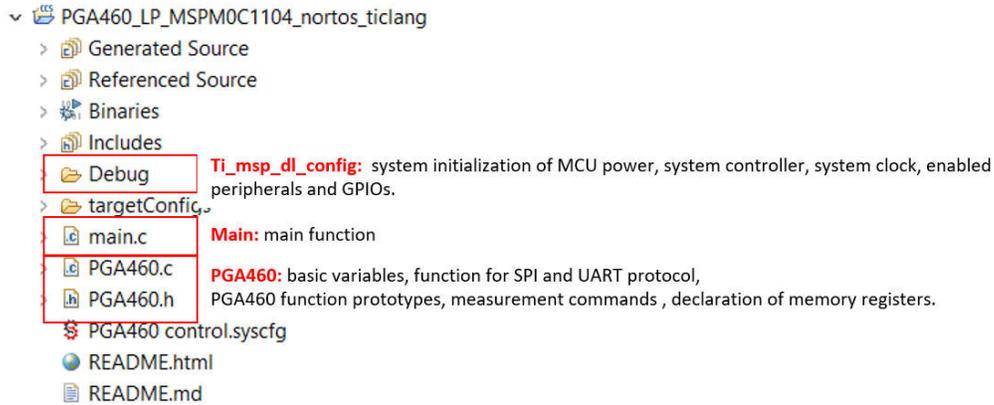


图 3-1. 软件工程视图

ti_msp_dl_config 部分由 sysconfig (图形代码生成工具) 生成，而 MSPM0 初始化则用于 MCU 电源、系统控制器、系统时钟、启用的外设和通用输入/输出 (GPIO) 的系统初始化。

PGA460 部分声明了 [PGA460 超声波信号处理器和传感器驱动器数据表](#) 中的所有存储器寄存器、基本变量和直接命令。此外，它还包含一些用于 SPI 和 UART 协议的基本功能。

主要部分包括系统中最重要的功能代码。在系统初始化后，系统持续向 PGA460 发送操作命令，并将测量结果传回 PC。

PGA460 器件只能作为从器件运行，并且必须与用作主器件的外部微控制器单元 (MCU) 配对。主器件负责 PGA460 器件的初始化、配置和定期轮询操作。图 3-2 展示了标准 PGA460 操作的软件流程概览和相应的代码。

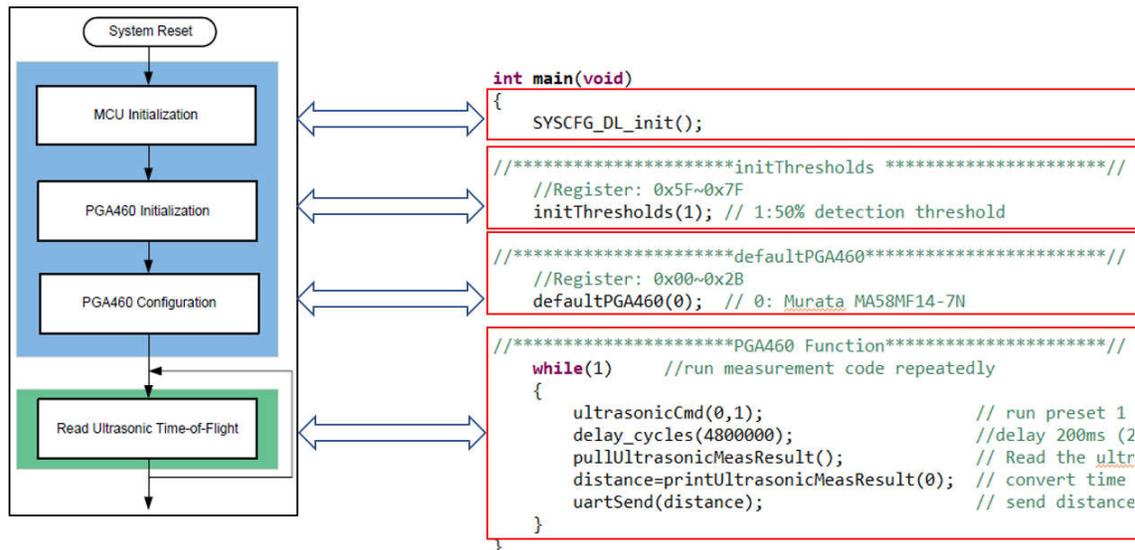


图 3-2. 简要软件流程图

3.1 MCU 初始化

简要软件流程图的第一步是 MCU 初始化。在此步骤中，使用 **sysconfig** 可以方便快捷地设置外设参数并初始化 MCU。

以 SPI 配置为例，主控制器的 SPI 端子必须适应与 PGA460 兼容的格式和波特率。在该解决方案中选择控制器模式，并指定主控制器时钟以支持指定波特率的源和频率为基准。该解决方案将波特率设置为 1MHz，客户可以在合理的限制范围内进行调整。对于帧格式，MCU 配置必须满足 PGA460 的要求，该器件采用 Motorola 3 线帧格式。时钟极性为高电平 (SPO = 1)，数据在第一次时钟边沿转换 (SPH = 0) 时捕获。帧大小为 8 位，位顺序为 LSB 优先。这些参数可以在 **sysconfig** 中轻松配置，如图 3-3 所示。

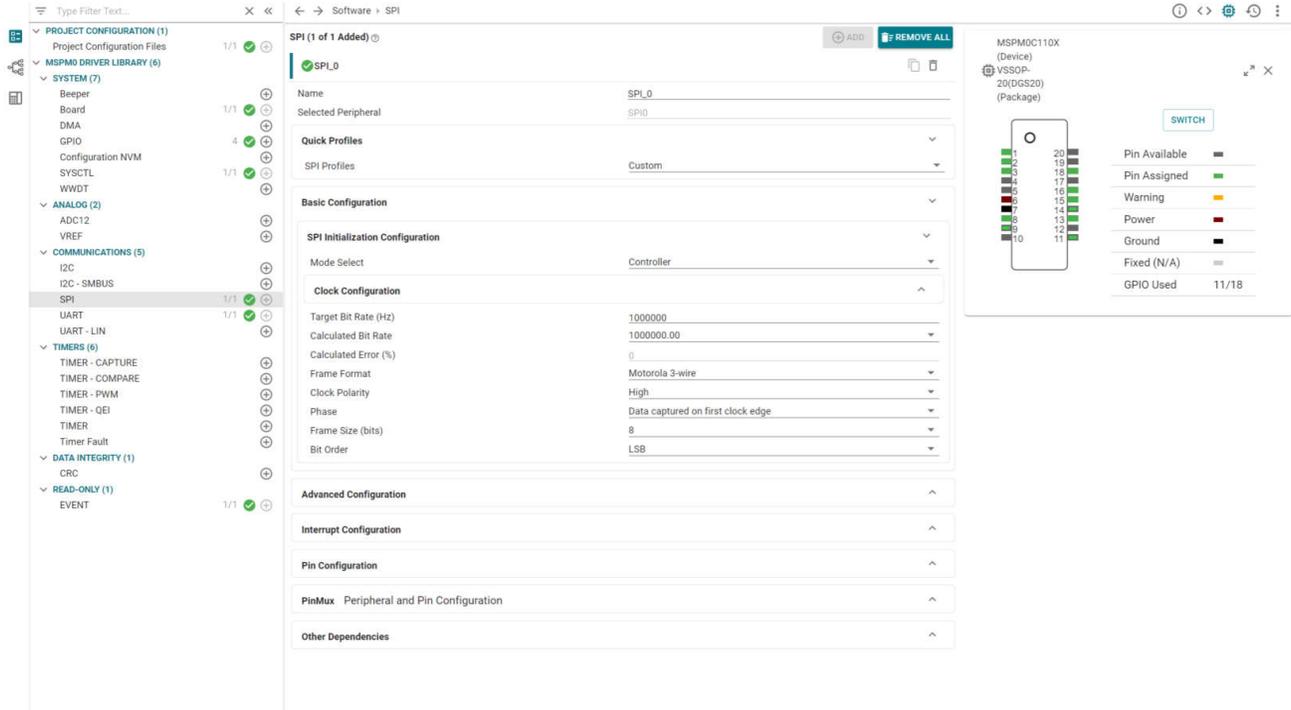


图 3-3. Sysconfig 中的 SPI 配置

配置外设参数后，可以通过调试生成配置文件，如图 3-4 所示。

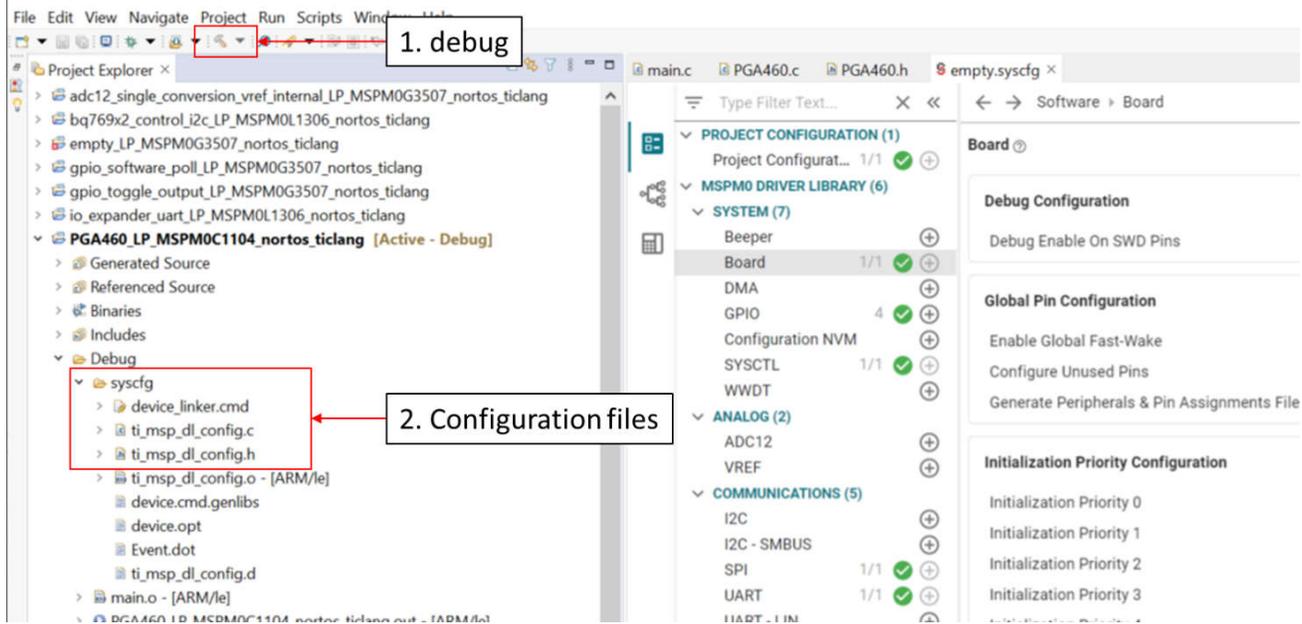


图 3-4. 配置文件

3.2 PGA460 初始化和配置

可使用两个函数初始化和配置 PGA460，如图 3-2 所示。

第一个函数是 `initThresholds()`，如图 3-5 所示。它更新两个预设的阈值映射，并执行批量阈值写入。有两种参数，一种是根据最大电平的特定百分比将所有阈值电平更新为固定电平，当输入参数为 0 到 2 时可以激活该配置。另一种是自定义配置，当输入参数为 3 时，可以激活该配置。在这里，我们选择 50% 作为检测阈值（参数 = 1），这是在 GUI 下调整阈值后获得的。

```

/*----- initThresholds -----*/
Function initThresholds

Purpose: Updates threshold mapping for both presets, and performs bulk threshold write

Parameters:
    thr (IN) -- updates all threshold levels to a fixed level based on specific percentage of the maximum level.
    All times are mid-code (1.4ms intervals).
    Modify existing case statements, or append additional case-statement for custom user threshold configurations.
    â€¢ 0 = 25% Levels 64 of 255
    â€¢ 1 = 50% Levels 128 of 255
    â€¢ 2 = 75% Levels 192 of 255
    â€¢ 3 = customized

Returns: none
*/
void initThresholds(byte thr)
    
```

图 3-5. PGA460 检测阈值初始化

更新阈值后，系统现在可以连续运行突发和监听命令来获取得到的测量数据。但是，为了实现正确的系统配置，需要设置更多参数，以便超声波模块可以按预期运行，例如时变增益 (TVG)、突发频率等。PGA460 默认配置函数用于根据所用的传感器设置合适的参数，如图 3-6 所示。有四种推荐的配置适用于不同的传感器，最后一种是自定义配置。为 Murata 传感器 MA58MF14-7N 选择参数系列 0。

```

/*----- defaultPGA460 -----
Function defaultPGA460
Purpose: Updates user EEPROM values, and performs bulk EEPROM write.
Parameters:
  xdcr (IN) -- updates user EEPROM based on predefined listing for a specific transducer.
  Modify existing case statements, or append additional case-statement for custom user EEPROM configurations.
  â€¢ 0 = Murata MA58MF14-7N
  â€¢ 1 = Murata MA40H1S-R
  â€¢ 2 = PUI Audio UTR-1440K-TT-R
  â€¢ 3 = Customized
Returns: none
*/-----*/
void defaultPGA460(byte xdcr)
  
```

图 3-6. PGA460 默认配置函数

3.3 距离检测

在 PGA460 的初始化和默认配置更新后，系统能够连续执行突发和监听命令来检索得到的测量数据。图 3-7 展示了 PGA460 的操作过程。

```

//*****PGA460 Function*****//
while(1) //run measurement code repeatedly
{
  ultrasonicCmd(0,1); // run preset 1 (short distance) burst+listen for 1 object
  delay_cycles(4800000); //delay 200ms (24MHz) wait for distance detection finish
  pullUltrasonicMeasResult(); // Read the ultrasonic measurement result data based on the
  distance=printUltrasonicMeasResult(0); // convert time to distance
  uartSend(distance); // send distance to COM through UART
}
}
  
```

图 3-7. PGA460 运行操作

操作过程包括四个步骤，第一步是将运行命令从 MCU 发送到 PGA460，如图 3-8 所示。在该函数中，如果发出突发和监听命令或仅监听命令，则可以选择预设 1 (P1) 或预设 2 (P2)。这里选择了预设 1 (P1)。

```

/*----- ultrasonicCmd -----
Function ultrasonicCmd
Purpose: Issues a burst-and-listen or listen-only command based on the number of objects to be detected.
Parameters:
  cmd (IN) -- determines which preset command is run
  â€¢ 0 = Preset 1 Burst + Listen command
  â€¢ 1 = Preset 2 Burst + Listen command
  â€¢ 2 = Preset 1 Listen Only command
  â€¢ 3 = Preset 2 Listen Only command
  â€¢ 17 = Preset 1 Burst + Listen broadcast command
  â€¢ 18 = Preset 2 Burst + Listen broadcast command
  â€¢ 19 = Preset 1 Listen Only broadcast command
  â€¢ 20 = Preset 2 Listen Only broadcast command
  numObjUpdate (IN) -- PGA460 can capture time-of-flight, width, and amplitude for 1 to 8 objects.
  TCI is limited to time-of-flight measurement data only.
Returns: none
*/-----*/
void ultrasonicCmd(byte cmd, byte numObjUpdate)
  
```

图 3-8. UltrasonicCmd 函数

第二步是等待一段时间，直到距离检测完成。我们决定等待 200ms。在这里，一个周期指的是一个 CPU 周期，运行频率为 24MHz。

第三步是将时间转换为距离。当阈值被触发时，PGA460 器件会捕获中断时间，并输出返回回波的等效距离、宽度和峰值幅度。在该解决方案中，只需要距离测量结果。要计算飞行时间，请使用速度 = 距离/时间。由于室温下的声速通常为 343m/s，并且 PGA460 器件会在突发后以 1 μs 的分辨率输出阈值被触发的往返时间。到物体的距离计算为速度与单程时间的乘积。使用 [方程式 1](#) 作为 PGA460 特定公式来求解以米为单位的距离。

$$distance(m) = \left[\frac{343m/s}{2} * (objMSB[1] \ll 8 + objLSB[2]) * 0.000001 \right] + \left[\frac{343m/s * Pulses * 1}{Frequency} \right] \quad (1)$$

由于本演示仅展示 PGA460 的基本功能，因此请务必将 digitalDelay 保持为 0，如 [图 3-9](#) 所示。要进行更精确的距离检测，您应根据实际设置更改其值。

```
double printUltrasonicMeasResult(byte umr)
{
    int speedSound = 343; // speed of sound in air at room temperature
    double objReturn = 0;
    double digitalDelay = 0; // TODO: compensates the burst time calculated as number_of_pulses/frequency.
    uint16_t objDist = 0;
    uint16_t objWidth = 0;
    uint16_t objAmp = 0;
}
```

图 3-9. 数字延迟配置

最后一步是将双精度型测量结果转换为字符串类型，并使用 9600 波特率通过 uartSend 函数发送到 PC。

4 评估步骤

以下步骤用于通过 MSPM0 评估 PGA460 的功能：

1. 准备 [节 2](#) 中所述的必要硬件设备，并按 [表 2-1](#) 中所示连接必要的电线。所使用 muRata MA58MF14-7N 传感器的检测距离范围约为 0.2m 至 6m。为了获得更好的测试结果，测试环境中的障碍物应该是耐用且范围较宽的，例如一堵墙。
2. 在计算机上安装 CCS 并准备如 [节 3](#) 中所示的代码示例。
3. 使用 PGA460 GUI 执行系统参数设计，如 [图 4-1](#) 所示。有关 GUI 操作过程，请参阅以下 URL 中的 [PGA460-Q1 EVM 快速入门指南](#) 和 [PGA460-Q1 带传感器的超声波信号调节器 EVM 用户指南](#)：[BOOSTXL-PGA460 评估板 | 德州仪器 Ti.com.cn](#)。

The screenshot displays the PGA460-Q1 EVM GUI. The central area features a detailed block diagram of the device, including components like Control Logic, Interface, Pulse Generator, EEPROM, Diagnostics, TOF Capture, Temperature Sense, Analog to Digital Converter, Mux, Low-Noise Amplifier, Output Driver, and various regulators. Parameters such as Burst Frequency (58.6 kHz), Current Limit Select (16 Pulses), Gain Select (250 mA), LPF Cutoff (2 kHz), and BPF BW (4 kHz) are adjustable. The right sidebar shows diagnostic status for DEV_STATE0 and DEV_STATE1, with all error indicators set to 0. The bottom left shows EVM Status, including USB Controller and Firmware version (2.7.0.0). The bottom right indicates the software version (Rev.1.0.2.0) and build date (2019-07-22).

图 4-1. PGA460-Q1 EVM GUI

4. 对于定制传感器，您需要调整参数并检查检测结果，如图 4-2 所示。

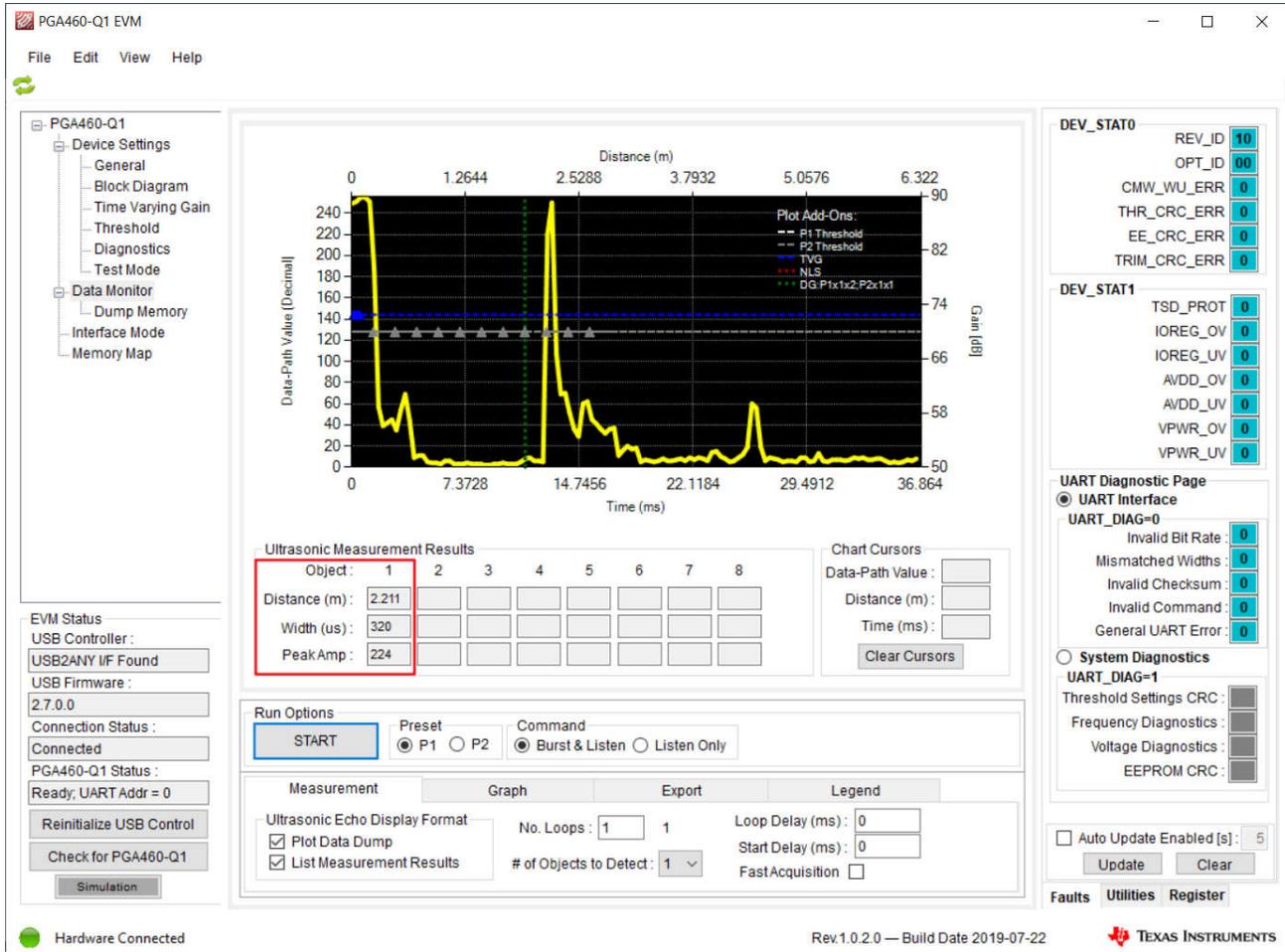


图 4-2. PGA460-Q1 GUI 检测结果

当结果符合预期后，可以导出寄存器配置参数，如图 4-3 所示。然后，在“PGA460.h”中更新阈值和配置。有关更多参数调整，请参阅 [PGA460 超声波模块硬件和软件优化](#)。如果您使用相同的传感器 (muRata MA58MF14-7N)，则可以忽略此步骤。

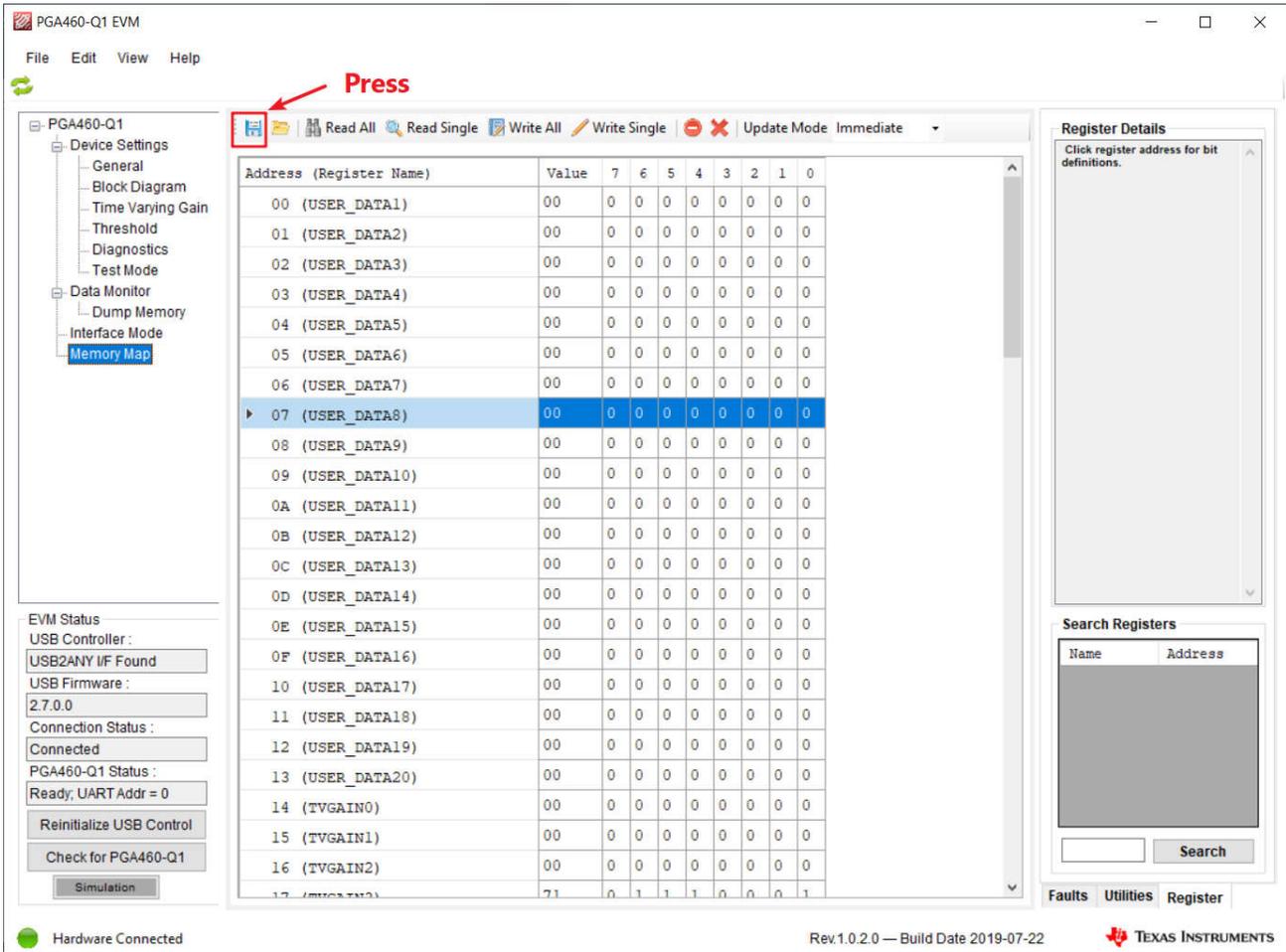


图 4-3. GUI 中的存储器映射

5. 下载代码并检查串行端口中的测量结果是否符合要求。使用 COM 工具捕获通过 UART 转 USB 发送到 PC 的结果，如图 4-4 所示。

```
P1 Obj1 Distance (m): 0.48294
P1 Obj1 Distance (m): 0.48637
P1 Obj1 Distance (m): 0.43389
P1 Obj1 Distance (m): 0.44384
P1 Obj1 Distance (m): 0.43698
P1 Obj1 Distance (m): 0.42669
P1 Obj1 Distance (m): 1.98802
P1 Obj1 Distance (m): 1.98802
P1 Obj1 Distance (m): 1.98562
P1 Obj1 Distance (m): 1.98837
```

图 4-4. 运行结果

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司