

使用 MPLAB® Harmony v3 和 MPLAB 代码配置器 (MCC) 在 PIC32CK GC 单片机上创建第一个应用程序

TB3358



简介

MPLAB® Harmony v3 是一个软件开发框架，由兼容且可互操作的模块组成，其中包括外设库 (PLIB)、驱动程序、系统服务、中间件和第三方库。MPLAB 代码配置器 (MPLAB Code Configurator, MCC) 是一款基于 GUI 的工具，可轻松使能和配置 MPLAB Harmony 的各种模块。MCC 是 MPLAB X 集成开发环境 (Integrated Development Environment, IDE) 的插件。

PIC32CK GC 系列单片机 (MCU) 搭载 120 MHz Arm® Cortex®-M33 处理器，可提供最高 2 MB 闪存和 512 KB SRAM 的存储器容量。连接选项包括 10/100 以太网、高速 USB、全速 USB、CAN FD 和可配置串行通信。支持的模拟外设包括一个 32 通道的外设触摸控制器和一个采样率为 3 Msps 的 12 位 ADC。

本文档介绍如何搭配使用 MCC 与 MPLAB Harmony v3 的各种模块在 Arm Cortex-M33 内核的 PIC32CK GC 单片机上创建演示应用程序。该应用程序旨在基于超时切换 LED，并在串行控制台上打印 LED 切换速率。

在本演示中，使用 MPLAB Harmony v3 的以下模块并通过 MCC 进行配置：

- 一个用于切换 LED 的 PORT 引脚。
- 实时时钟 (Real-Time Clock, RTC) PLIB，用于定期采样 LED 切换速率。
- 外部中断控制器 (External Interrupt Controller, EIC) PLIB，用于在开关被按下时更改切换速率。
- 串行通信接口 (SERCOM 配置为通用同步/异步收发器 (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transceiver, USART)) 和直接存储器访问 (Direct Memory Access, DMA) PLIB，用于将 LED 切换速率打印在 PC 机上运行的 COM 端口终端应用程序 (串行控制台)。
- 用于与串行控制台进行通信的 PORT 引脚 (USART 引脚，因为这些引脚负责在收到数据值后将其打印在串行控制台上)。

目录

简介.....	1
1. 在 PIC32CK GC01 MCU 上创建第一个应用程序.....	3
1.1. 创建基于 MPLAB Harmony v3 的项目.....	3
1.2. 使用 MCC 添加和配置 MPLAB Harmony v3 组件.....	6
1.3. 生成代码.....	11
1.4. 向项目中添加应用程序逻辑.....	12
1.5. 编译并编程应用程序.....	14
1.6. 观察电路板和串行终端上的输出.....	16
1.7. 资源.....	17
Microchip 信息.....	18
Microchip 网站.....	18
产品变更通知服务.....	18
客户支持.....	18
Microchip 器件代码保护功能.....	18
法律声明.....	18
商标.....	19
质量管理体系.....	20
全球销售及服务网点.....	21

1. 在 PIC32CK GC01 MCU 上创建第一个应用程序

本演示应用程序使用以下软件和硬件工具：

- [MPLAB X IDE v6.20](#)
- [MCC 插件 v5.5.1](#)
- [MPLAB XC32 编译器 v4.40](#)
- MPLAB Harmony v3 资源库：[csp v3.18.5](#)
- [PIC32CK GC01 Curiosity Ultra 开发板](#)

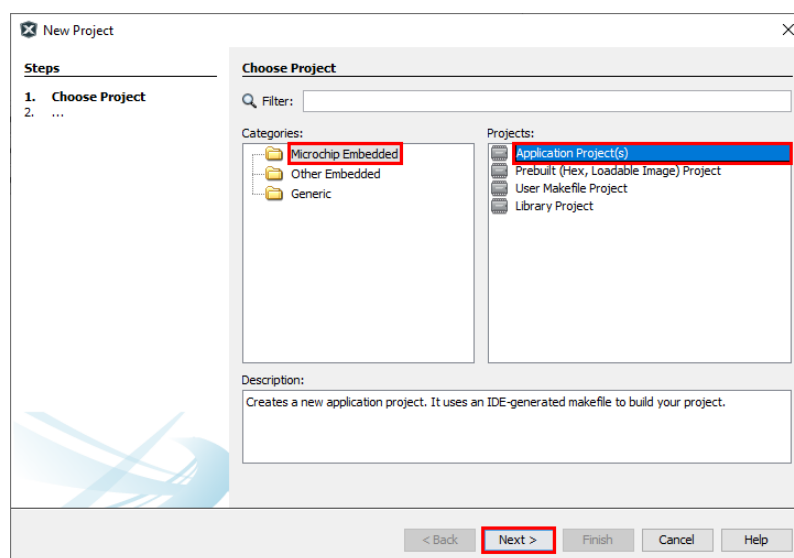
注： 这些工具的最新版本也可用于开发应用程序。

1.1 创建基于 MPLAB Harmony v3 的项目

要创建基于 MPLAB Harmony v3 的项目，请按照以下步骤操作：

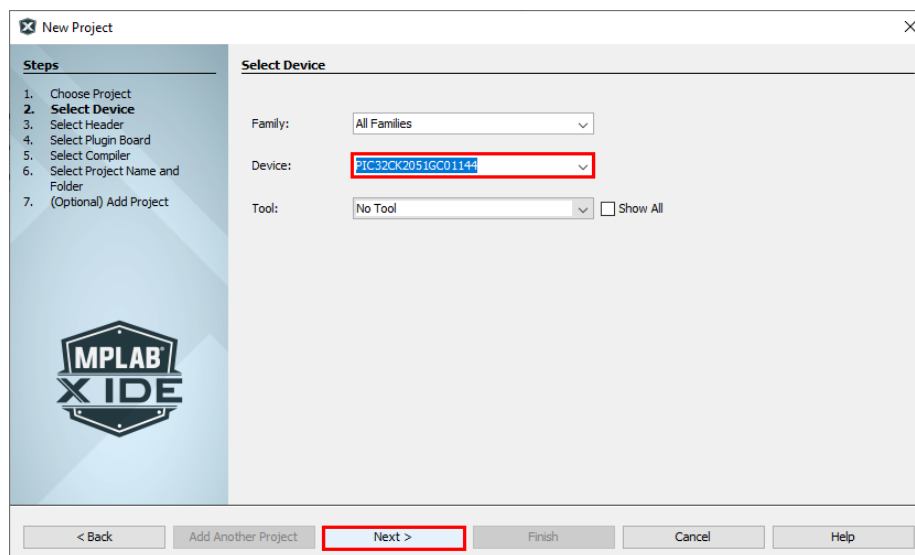
1. 从 **Start**（开始）菜单中启动 MPLAB X IDE。
2. 单击 **File**（文件）菜单中的 **New Project**（新建项目）或单击 *New Project* 图标。
3. 在 **New Project** 窗口左侧导航栏中的 **Steps**（步骤）下单击 **Choose Project**（选择项目）。
4. 在 **Choose Project** 属性页面上，选择以下选项：
 - a. **Categories**（类别）：Microchip Embedded（Microchip 已安装工具）。
 - b. **Projects**（项目）：Application Project(s)（应用程序项目）。

图 1-1. 创建基于 MPLAB® Harmony v3 的项目——选择项目



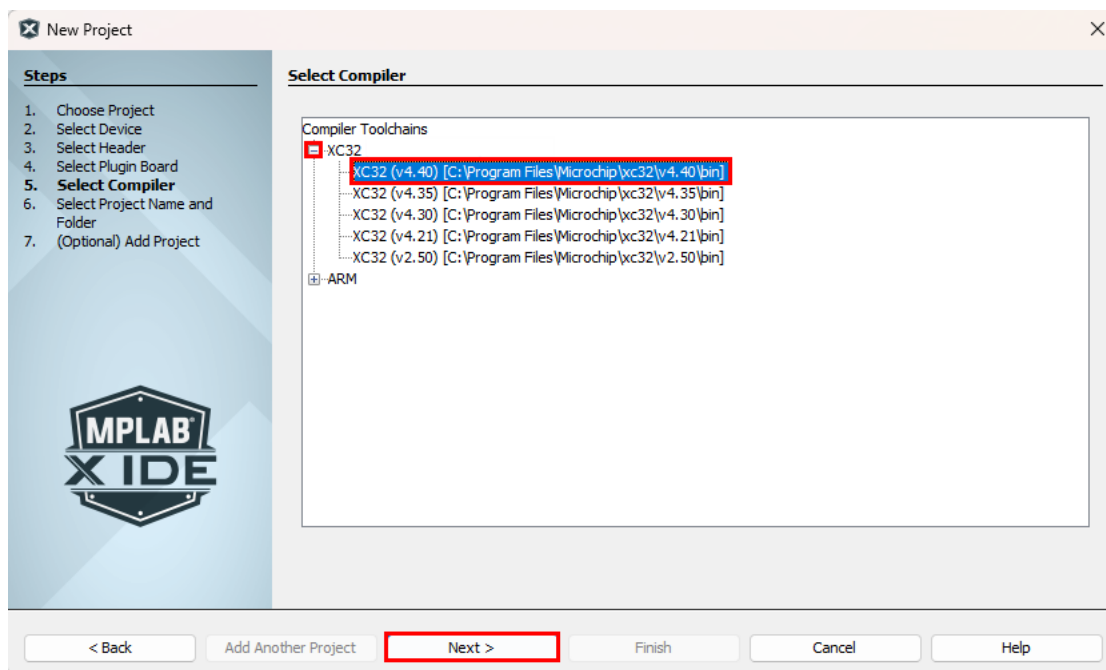
5. 单击 **Next**（下一步）。
6. 在左侧导航栏中，单击 **Select Device**（选择器件）。
7. 在 **Select Device** 属性页面的 **Device**（器件）框中，输入或选择器件 **PIC32CK2051GC01144**。

图 1-2. 创建基于 MPLAB® Harmony v3 的项目——选择器件



8. 单击 **Next**。
9. 在左侧导航栏中，单击 **Select Compiler**（选择编译器）。
10. 在 **Select Compiler** 属性页面中，单击展开 XC32，然后选择最新的编译器版本 **XC32 (v4.40)**。

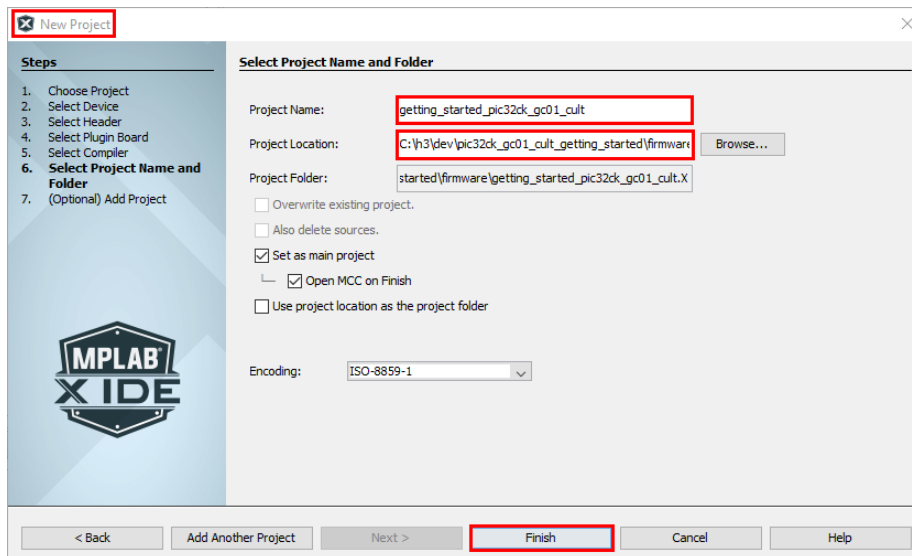
图 1-3. 创建基于 MPLAB® Harmony v3 的项目——选择编译器



11. 单击 **Next**。
12. 在左侧导航栏中单击 **Select Project Name and Folder**（选择项目名称和文件夹），然后在 **Select Project Name and Folder** 属性页面中输入以下详细信息：
 - **Project Name**（项目名称）：输入 *getting_started_pic32ck_gc01_cult* 以设置项目名称并创建 *getting_started_pic32ck_gc01_cult.X* 文件夹（指示将在 MPLAB X IDE 中显示的项目的名称，即指示 MPLABX .X 文件夹的名称）。

- **Project Location (项目位置)**：单击 **Browse** (浏览)，然后选择 `C:\microchip\h3\Tech_Brief` (指示新项目根文件夹的路径)。所有项目文件均将置于该文件夹中。项目位置可以是任何有效路径。
- **Project Folder (项目文件夹)**：默认选项，在其他条目发生更改时更新。

图 1-4. 创建基于 MPLAB® Harmony v3 的项目——选择项目名称和文件夹



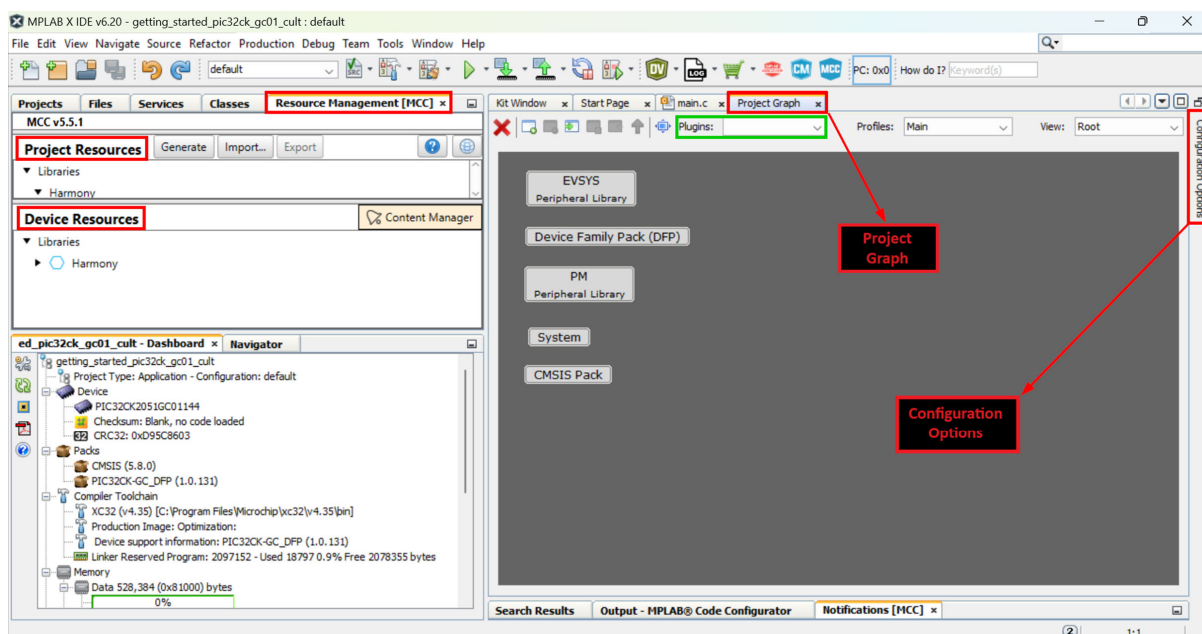
注：对于该演示应用程序，需要下载 MPLAB Harmony v3 软件包 `csp`。使用 MCC 内容管理器可以轻松下载 MPLAB Harmony v3 软件包。如果未下载这些软件包，请观看[如何安装 MPLAB® Harmony v3 和 MCC 入门所需的工具](#)。

13. 单击 **Finish** (完成) 以启动 MCC。

注：默认情况下，启动 MCC 时会将该项目设置为主项目。

14. MCC 插件将在新窗口中打开，如下图所示。

图 1-5. MPLAB® X IDE 代码配置器窗口

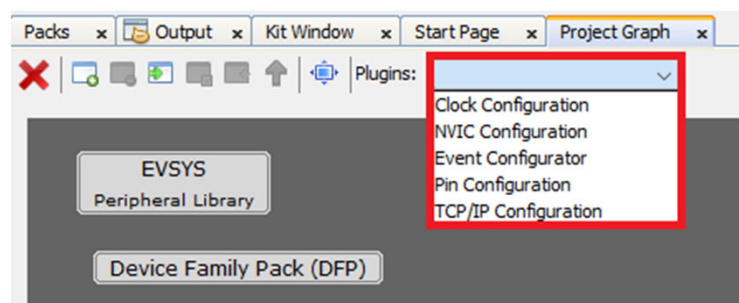


1.2 使用 MCC 添加和配置 MPLAB Harmony v3 组件

要使用 MCC 添加和配置 MPLAB Harmony v3 组件，请按照以下步骤操作：

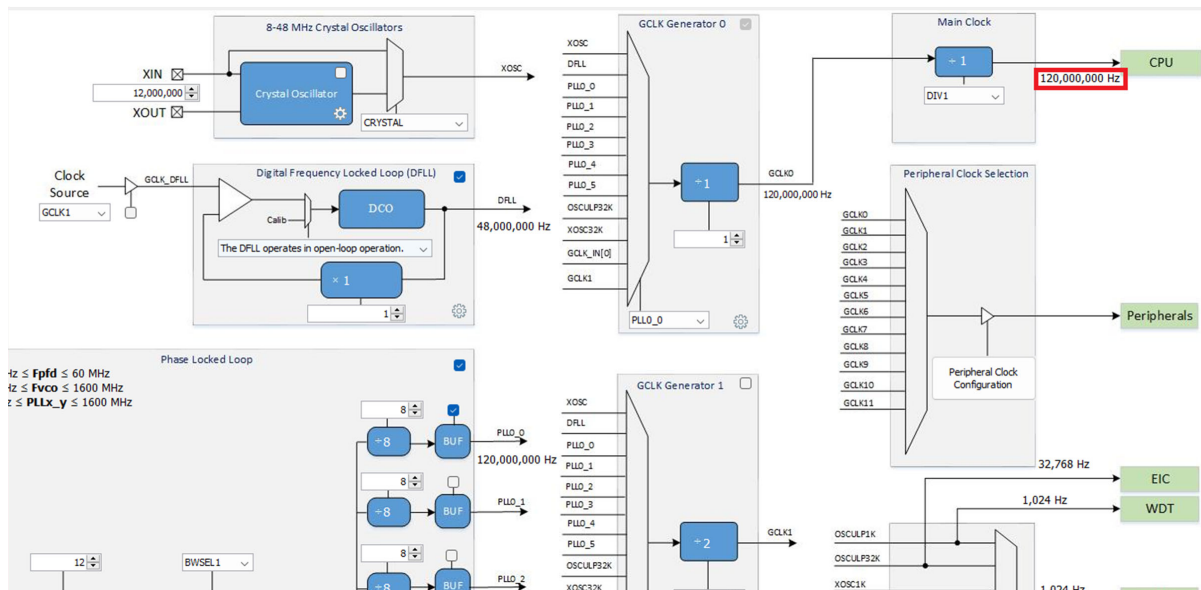
1. 在 **MCC** 窗口中，单击 **Project Graph**（项目图）。
2. 从 **Plugins**（插件）下拉列表中选择 **Clock Configuration**（时钟配置）。

图 1-6. MCC 窗口——选择时钟配置



3. 随后将显示 **Clock Easy View**（时钟简化视图）窗口，查看其中的主时钟是否已设置为 120 MHz。

图 1-7. MPLAB® 代码配置器——GCLK 发生器 0



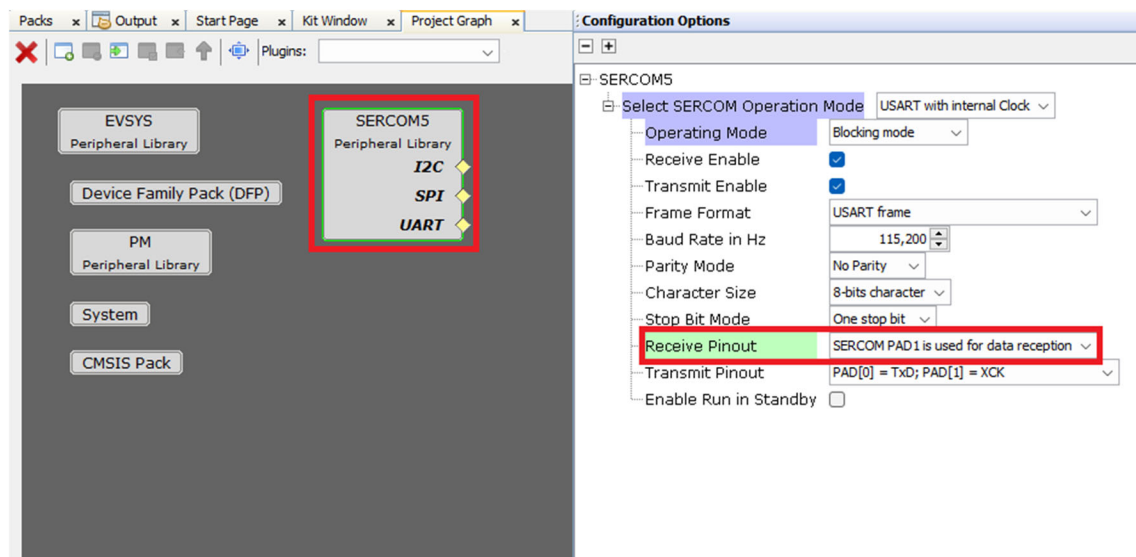
4. 在 MPLAB X IDE 中，在左侧 **Resource Management (MCC)**（资源管理 (MCC)）导航窗格中转到 **Device Resources**（器件资源）部分。
5. 单击展开选项列表 *Harmony > Peripherals > SERCOM*（Harmony > 外设 > SERCOM）。
6. 单击 **SERCOM5**，随后可观察到 SERCOM5 外设库模块已添加到 Project Graph 窗口中。

图 1-8. MPLAB®代码配置器——外设选择



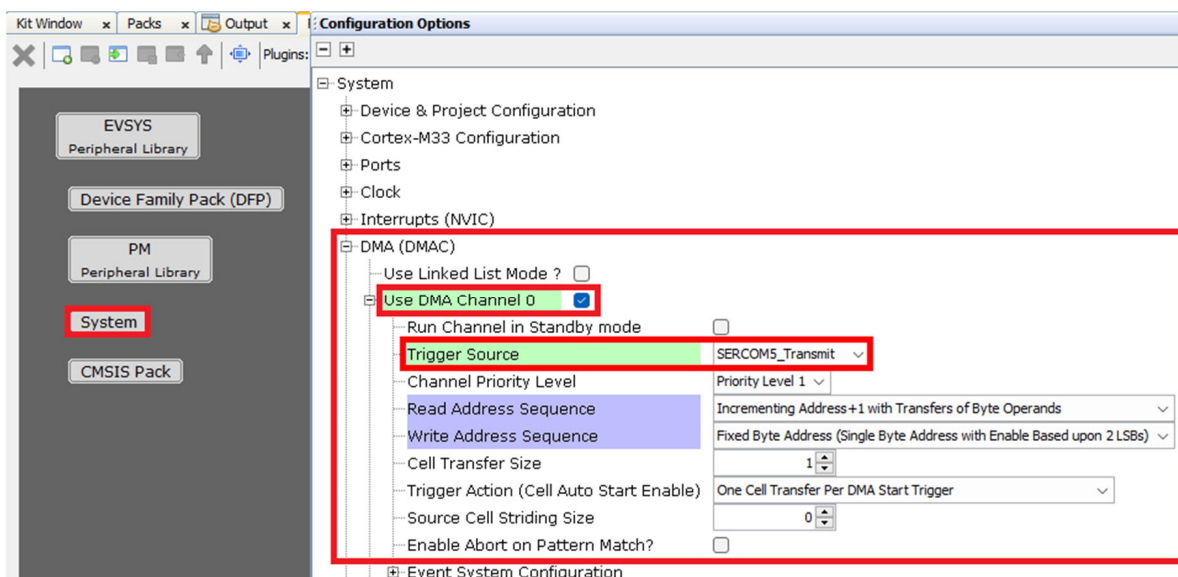
7. 在 **Project Graph** 窗口的左侧导航栏中，选择 **SERCOM5 Peripheral Library**（SERCOM5 外设库）。在右侧 **Configuration Option**（配置选项）属性页面中，进行如下配置以将 LED0 切换速率打印在串行控制台上。
 - a. 对于 Receive Pinout（接收引脚分配），请从下拉列表中选择 **SERCOM PAD[1]**，其余参数保留默认设置，如下图所示：

图 1-9. MPLAB®代码配置器——SERCOM5 配置



8. 在 **Device Resources** 部分下展开选项列表 *Harmony* > *Peripherals* > *System* (*Harmony* > 外设 > 系统)。单击 **System** (系统)，随后可观察到系统模块已添加到 Project Graph 窗口中。
9. 在 **Project Graph** 窗口的左侧导航栏中选择 **System**。在右侧 **Configuration Options** (配置选项) 属性页面中，双击展开 DMA (DMAC)。
 - a. 选中 **Use DMA Channel 0** (使用 DMA 通道 0) 以将应用程序缓冲区的内容发送到 USART TX 寄存器。
 - b. 每次触发时，DMA 都会将 1 个字节的用户缓冲区内容传输到 USART 发送缓冲区。

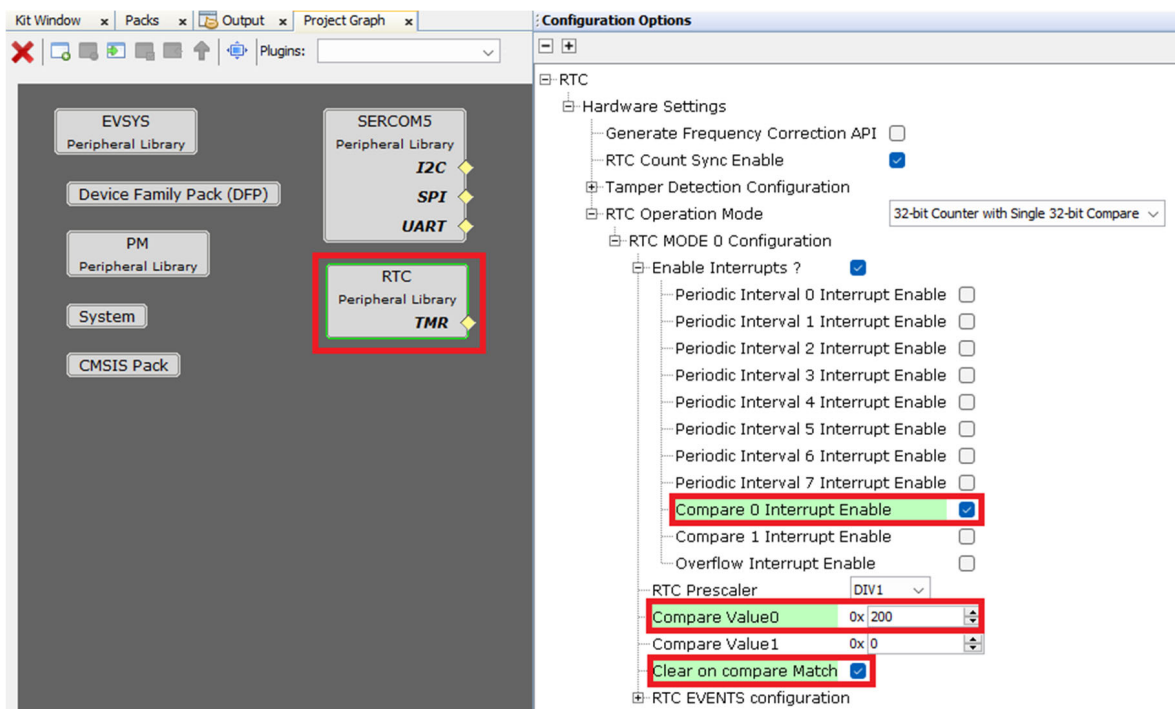
图 1-10. MPLAB®代码配置器——DMA 配置



注：SERCOM5 和 DMA 配置为从应用程序获取 LED0 切换速率，然后将 LED0 切换速率打印在 PC 上运行的串行控制台上。

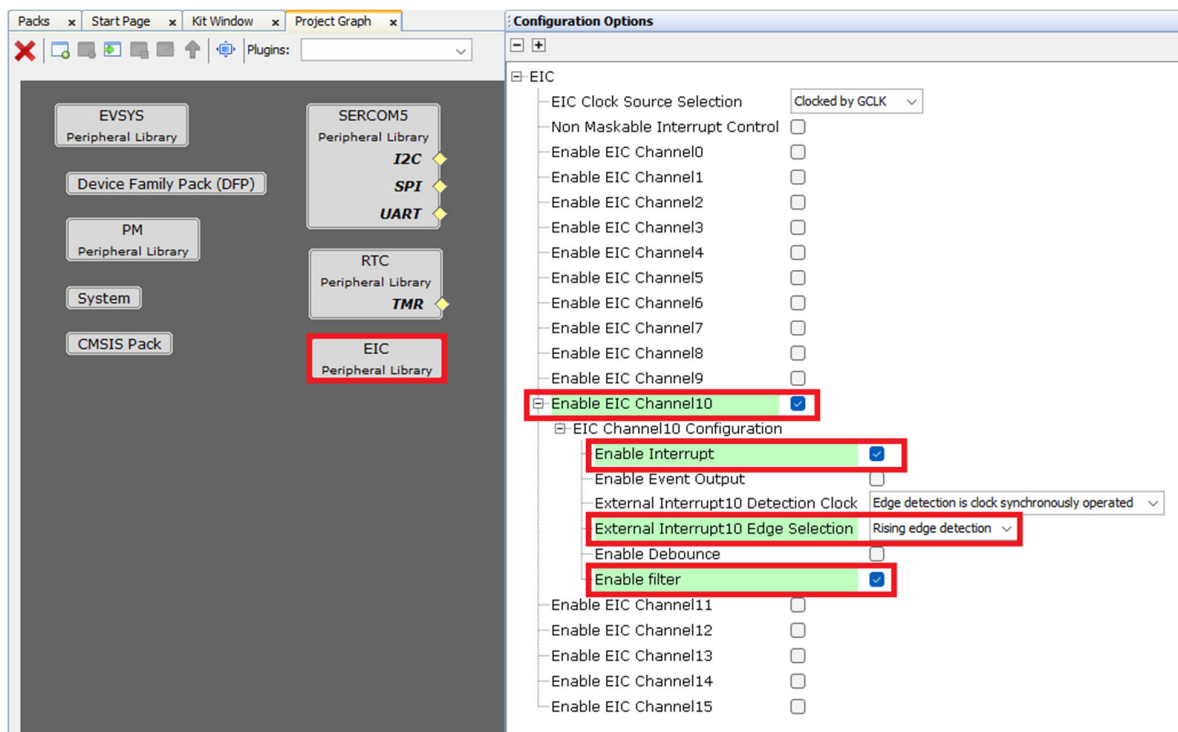
10. 在 **Device Resources** 部分下展开选项列表 *Harmony* > *Peripherals* > *RTC* (Harmony > 外设 > RTC)。单击 **RTC**，随后可观察到 RTC 外设库模块已添加到 Project Graph 窗口中，每 500 毫秒产生一次比较中断。

图 1-11. MPLAB® 代码配置器——RTC PLIB 配置



11. 在 **Device Resources** 下选择 *Harmony* > *Peripherals* > *EIC* (Harmony > 外设 > EIC)。单击 **EIC**，随后可观察到 EIC 外设库模块已添加到 Project Graph 窗口中。
12. 按下图所示配置 EIC 引脚。单击展开 **Enable EIC Channel 10** (使能 EIC 通道 10) 并进行以下配置。

图 1-12. MPLAB® 代码配置器——EIC PLIB 配置



13. 从 **Plugins** 下拉列表中，选择 **Pin Configuration**（引脚配置），然后单击 **Pin Settings**（引脚设置）。
 - a. 在 Order（排序）框中，选择 **Ports**（端口）。根据下面所示的应用程序要求编译配置。对于本演示应用程序，更改引脚 ID PA24 和 PB26 的 Custom Name（自定义名称），如下图所示。

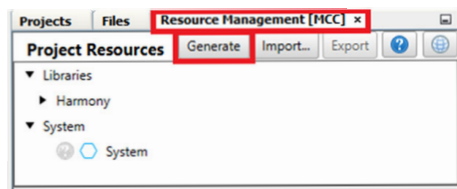
图 1-13. MCC 引脚配置

Pin Number	Pin ID	Custom Name	Function	Mode	Direction	Latch	Pull Up	Pull Down	Open Drain	Slew Rate
9	PA21		Available	Digital	High Impedance	Low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAST
10	PA22		Available	Digital	High Impedance	Low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAST
11	PA23		Available	Digital	High Impedance	Low	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAST
17	PA24		SERCOM5_PAD0	Digital	High Impedance	n/a	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAST
20	PA25		SERCOM5_PAD1	Digital	High Impedance	n/a	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAST
133	PD20	LED0	GPIO	Digital	Out	High	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAST
64	PB26	SW0	EIC_EXTINT10	Digital	In/Out	n/a	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAST

1.3 生成代码

配置外设后，单击 **Resource Management [MCC]**（资源管理[MCC]），然后单击 **Generate**（生成）。

图 1-14. 生成代码



注:

1. 生成的代码会将文件和文件夹添加到 32 位 MCC Harmony 项目中。在生成的代码中，请注意针对项目中的实时时钟（RTC）、外部中断控制器（EIC）、PORT、SERCOM5（作为 USART）和 DMA 外设生成的外设库文件。MCC 还会生成 main.c 文件。
2. MCC 提供了一个选项来更改生成的文件名，如果不使用此选项，则生成的文件名默认为 main.c。

1.4 向项目中添加应用程序逻辑

要开发和运行该应用程序，请按照以下步骤操作：

1. 打开项目的 main.c 文件并添加以下对缓冲区和应用程序逻辑的初始化。在 main() 函数中添加以下代码。

```

/在 main() 函数中声明并定义数组:
uint8_t uartLocalTxBuffer[100] = {0};

DMA0_ChannelCallbackRegister(DMA_CHANNEL_0, UARTDmaChannelHandler, 0);
RTC_Timer32CallbackRegister(rtcEventHandler, 0);
EIC_CallbackRegister(EIC_PIN_10, SW0_eventHandler, 0);

RTC_Timer32Start();

```

图 1-15. 将应用程序逻辑添加至注册回调事件处理程序

```

int main ( void )
{
    uint8_t uartLocalTxBuffer[100] = {0};

    /* Initialize all modules */
    SYS_Initialize ( NULL );

    DMA0_ChannelCallbackRegister(DMA_CHANNEL_0, UARTDmaChannelHandler, 0);
    RTC_Timer32CallbackRegister(rtcEventHandler, 0);
    EIC_CallbackRegister(EIC_PIN_10, SW1_eventHandler, 0);

    RTC_Timer32Start();
}

```

2. 通过在 main() 函数之前添加以下代码来实现针对外设的注册回调事件处理程序。

```

static void SW0_eventHandler(uintptr_t context)
{
    changeTempSamplingRate = true;
}
static void rtcEventHandler (RTC_TIMER32_INT_MASK intCause, uintptr_t context)
{
    if (intCause & RTC_TIMER32_INT_MASK_CMP0)
    {
        isRTCTimerExpired = true;
    }
}
static void UARTDmaChannelHandler(DMA_TRANSFER_EVENT event, uintptr_t contextHandle)
{
    if (event == DMA_TRANSFER_EVENT_BLOCK_TRANSFER_COMPLETE)

```

```

    {
        isUARTTxComplete = true;
    }
}

```

3. 声明预处理器伪指令、宏、局部变量和标志。

```

#include <stdio.h>
#include <stddef.h> // 定义 NULL
#include <stdbool.h> // 定义 true
#include <stdlib.h> // 定义 EXIT_FAILURE
#include <string.h>
#include "definitions.h" // SYS 函数原型
#include "device_cache.h"

/* 1 kHz 输入时钟对应的 RTC 时间周期匹配值 */
#define PERIOD_500MS 512
#define PERIOD_1S 1024
#define PERIOD_2S 2048
#define PERIOD_4S 4096

static volatile bool isRTCTimerExpired = false;
static volatile bool changeTempSamplingRate = false;
static volatile bool isUARTTxComplete = true;
static uint8_t __attribute__((aligned(16))) uartTxBuffer[100] = {};

typedef enum
{
    TEMP_SAMPLING_RATE_500MS = 0,
    TEMP_SAMPLING_RATE_1S = 1,
    TEMP_SAMPLING_RATE_2S = 2,
    TEMP_SAMPLING_RATE_4S = 3,
} TEMP_SAMPLING_RATE;

static TEMP_SAMPLING_RATE tempSampleRate = TEMP_SAMPLING_RATE_500MS;
static const char timeouts[4][20] = {"500 milliseconds", "1 Second", "2 Seconds", "4 Seconds"};

```

4. 当两个标志均检测到事件完成时，添加应用程序逻辑。例如，while() 超级循环中的 (isRTCTimerExpired) 和 (isUARTTxComplete)。

```

while ( true )
{
    if ((isRTCTimerExpired == true) && (true == isUARTTxComplete))
    {
        isRTCTimerExpired = false;
        isUARTTxComplete = false;
        LED0_Toggle();
        sprintf((char*) (uartTxBuffer), "Toggling LED at %s rate
\r\n",
&timeouts[(uint8_t)tempSampleRate][0]);
DCACHE_CLEAN_BY_ADDR(uartTxBuffer, sizeof(uartTxBuffer));
DMA0_ChannelTransfer(DMA_CHANNEL_0, uartTxBuffer, \
(const void *)&(SERCOM5_REGS->USART_INT.SERCOM_DATA), \
strlen((const char*)uartTxBuffer));
    }
}

```

图 1-16. 添加应用程序逻辑

```

while ( true )
{
    if ((isRTCTimerExpired == true) && (true == isUARTTxComplete))
    {
        isRTCTimerExpired = false;
        isUARTTxComplete = false;
        LED0_Toggle();
        sprintf((char*) (uartTxBuffer), "Toggling LED at %s rate \r\n", &timeouts[(uint8_t)tempSampleRate][0]);
DCACHE_CLEAN_BY_ADDR(uartTxBuffer, sizeof(uartTxBuffer));
DMA0_ChannelTransfer(DMA_CHANNEL_0, uartTxBuffer, \
(const void *)&(SERCOM5_REGS->USART_INT.SERCOM_DATA), \
strlen((const char*)uartTxBuffer));
    }
}

```

5. 添加应用程序逻辑以在用户按下电路板上的开关时按照 500 ms、1s、2s 和 4s 的不同速率切换 LED0，DMA 传输逻辑在 main.c 文件的 main() 函数中。

```

/* 维护所有已轮询 MPLAB Harmony 模块的状态机。*/
    if(changeTempSamplingRate == true)
    {
        changeTempSamplingRate = false;
        if(tempSampleRate == TEMP_SAMPLING_RATE_500MS)
        {
            tempSampleRate = TEMP_SAMPLING_RATE_1S;
            RTC_Timer32Compare0Set(PERIOD_1S);
        }
        else if(tempSampleRate == TEMP_SAMPLING_RATE_1S)
        {
            tempSampleRate = TEMP_SAMPLING_RATE_2S;
            RTC_Timer32Compare0Set(PERIOD_2S);
        }
        else if(tempSampleRate == TEMP_SAMPLING_RATE_2S)
        {
            tempSampleRate = TEMP_SAMPLING_RATE_4S;
            RTC_Timer32Compare0Set(PERIOD_4S);
        }
        else if(tempSampleRate == TEMP_SAMPLING_RATE_4S)
        {
            tempSampleRate = TEMP_SAMPLING_RATE_500MS;
            RTC_Timer32Compare0Set(PERIOD_500MS);
        }
    }
else
    {
        ;
    }
    RTC_Timer32CounterSet(0);
    sprintf((char*)uartLocalTxBuffer, "LED Toggling rate is changed to
    %s\r\n", &timeouts[(uint8_t)tempSampleRate][0]);
    DCACHE_CLEAN_BY_ADDR(uartLocalTxBuffer, sizeof(uartLocalTxBuffer));
    DMA_ChannelTransfer(DMA_CHANNEL_0, uartLocalTxBuffer, \
        (const void *)&(SERCOM5_REGS->USART_INT.SERCOM_DATA), \
        strlen((const char*)uartLocalTxBuffer));
}

/* 正常工作期间应该不会执行到此处 */
return ( EXIT_FAILURE );
}

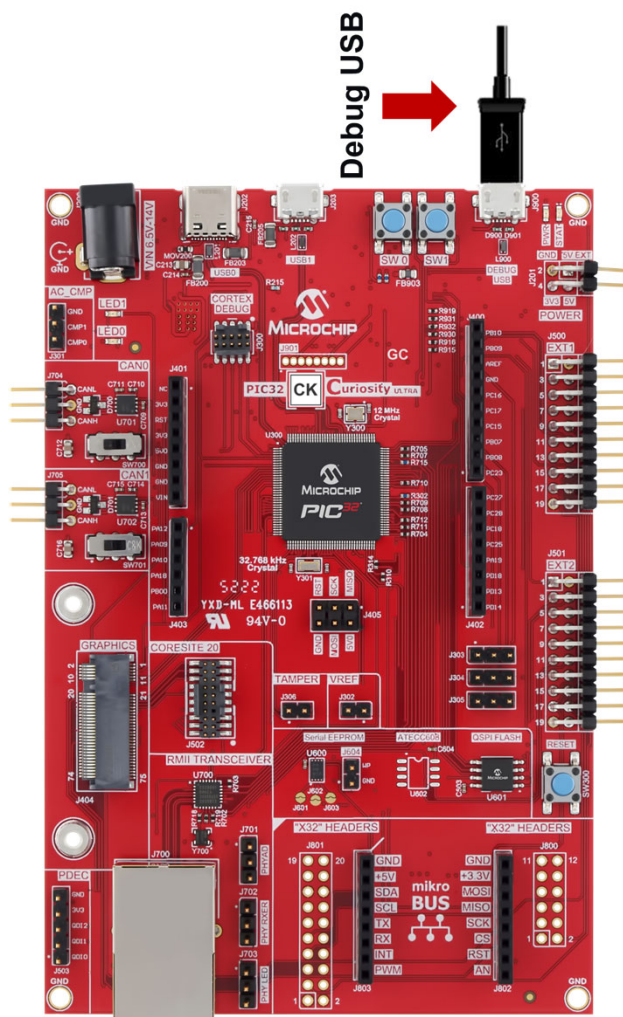
```

1.5 编译并编程应用程序

要编译并编程应用程序，请按照以下步骤操作：

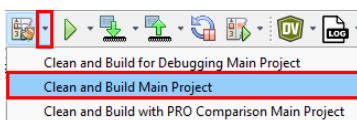
1. PIC32CK GC01 Curiosity Ultra 开发板支持使用 PICKIT™ 4 进行调试。连接 micro-B 调试 USB 端口，以便对 PIC32CK GC01 Curiosity Ultra 开发板进行供电和调试。

图 1-17. 硬件设置



2. 将该项目设置为主项目。从 **Project Properties**（项目属性）窗口中选择最新的编译器版本（v4.40）。
3. 通过单击红框部分的图标或从下拉菜单选项中选择 **Clean and Build the Project**（清理并编译项目）来清理并编译项目。

图 1-18. 编译项目



4. 单击下图中红框部分的图标以编程应用程序。

图 1-19. 编程器件

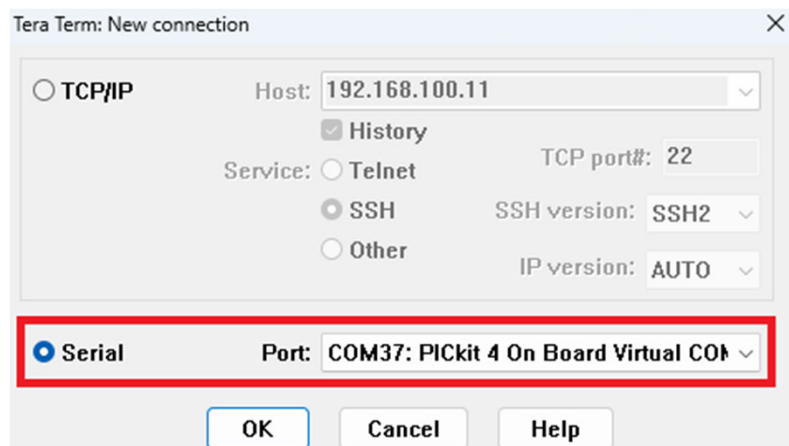


1.6 观察电路板和串行终端上的输出

编译和编程演示应用程序后，执行以下操作：

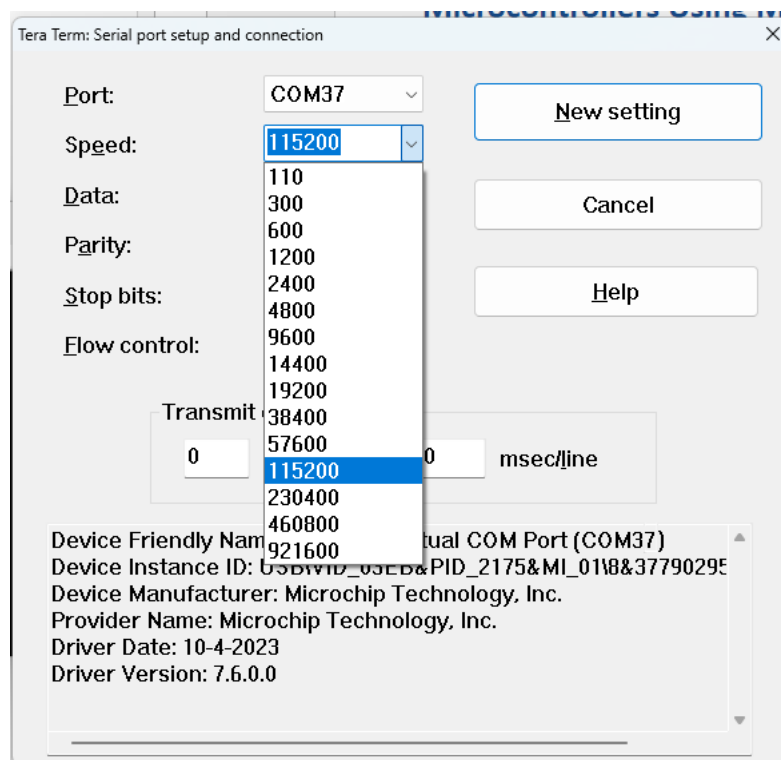
1. 转到 **Start** 菜单，然后按下 **Start** 按钮以打开 Tera Term 工具。在 Serial Port（串行端口）中进行选择，然后单击 **OK**（确定）。

图 1-20. Serial Port 选择



2. 在 Tera Term Serial port setup and connection（串行端口设置和连接）对话框中，在 **Speed**（速度）框中选择波特率 115200。

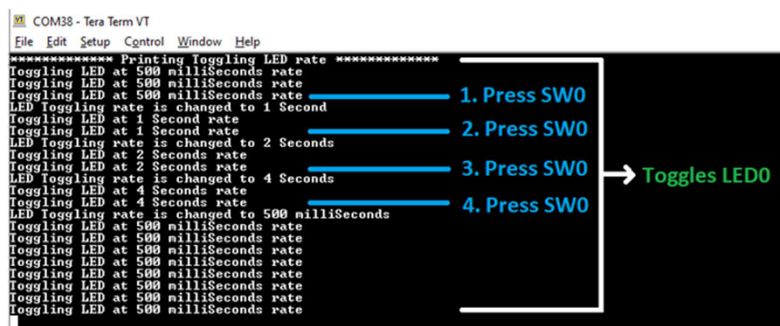
图 1-21. 串行端口设置



3. 按下 PIC32CK GC01 Curiosity Ultra 开发板上的**复位**按钮。

- LED0 默认以 500 ms 的速率切换，后续每次按下 SW0 开关时，LED0 切换速率将依次变为 1s、2s 和 4s。当串行终端上的 LED0 切换速率随着开关每次被按下而发生变化时，可观察到 LED0 的切换速率也随之发生相应的变化。

图 1-22. 串行终端上的 LED0 切换速率



```
COM38 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
***** Printing Toggling LED rate *****
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
LED toggling rate is changed to 1 Second
Toggling LED at 1 Second rate
Toggling LED at 1 Second rate
LED toggling rate is changed to 2 Seconds
Toggling LED at 2 Seconds rate
Toggling LED at 2 Seconds rate
LED toggling rate is changed to 4 Seconds
Toggling LED at 4 Seconds rate
Toggling LED at 4 Seconds rate
LED toggling rate is changed to 500 milliSeconds
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
Toggling LED at 500 milliSeconds rate
```

1. Press SW0
2. Press SW0
3. Press SW0
4. Press SW0

→ Toggles LED0

1.7 资源

- 有关 MPLAB Harmony v3 的更多信息，请访问 Microchip 网站：
<https://www.microchip.com/mplab/mplab-harmony> 和
<https://microchipdeveloper.com/xwiki/bin/view/software-tools/harmony/>
- 有关各种应用的更多信息，请参见：
github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/reference_apps
- 有关 PIC32CK GC01 Curiosity Ultra 开发板的详细信息，请访问：
www.microchip.com/en-us/development-tool/ev44p93a
- 有关应用程序示例，请参见“Software”类别下的 *Getting Started Application with PIC32CX SG41 Curiosity Ultra Evaluation Board*:
<https://www.microchip.com/en-us/development-tool/ev44p93a>
- 有关 32 位单片机资料和解决方案的更多信息，请参见：
<https://www.microchip.com.cn/newcommunity/Uploads/202404/6620805f4a70b.pdf>

Microchip 信息

Microchip 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容:

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时, 收到电子邮件通知。

欲注册, 请访问 www.microchip.com/pcn, 然后按照注册说明进行操作。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助:

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

Microchip 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 产品代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信: 在正常使用且符合工作规范的情况下, Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为, 这种行为可能会违反《数字千年版权法案》(Digital Millennium Copyright Act)。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

法律声明

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品, 包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他任何方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利, 将来可能会发生更新。如需额外的支持, 请联系当地的 Microchip 销售办事处, 或访问 www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services。

Microchip “按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AgileSwitch、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mSiC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、Turing、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 Microchip Technology Inc.在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc.的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2024, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。

ISBN: 979-8-3371-0331-0

质量管理体系

有关 Microchip 质量管理体系的信息，请访问 www.microchip.com/quality。

全球销售及服务网点

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com	澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 中国 - 重庆 电话: 86-23-8980-9588 中国 - 东莞 电话: 86-769-8702-9880 中国 - 广州 电话: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 电话: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 中国 - 苏州 电话: 86-186-6233-1526 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040	印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 印度 - 浦那 电话: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-7651-7906 马来西亚 - 槟榔屿 电话: 60-4-227-8870 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 新加坡 电话: 65-6334-8870 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-577-8366 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 越南 - 胡志明市 电话: 84-28-5448-2100	奥地利 - 韦尔斯 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 丹麦 - 哥本哈根 电话: 45-4485-5910 传真: 45-4485-2829 芬兰 - 埃斯波 电话: 358-9-4520-820 法国 - 巴黎 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 德国 - 加兴 电话: 49-8931-9700 德国 - 哈恩 电话: 49-2129-3766400 德国 - 海尔布隆 电话: 49-7131-72400 德国 - 卡尔斯鲁厄 电话: 49-721-625370 德国 - 慕尼黑 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 德国 - 罗森海姆 电话: 49-8031-354-560 以色列 - 霍德夏沙隆 电话: 972-9-775-5100 意大利 - 米兰 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 意大利 - 帕多瓦 电话: 39-049-7625286 荷兰 - 德卢内市 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 挪威 - 特隆赫姆 电话: 47-72884388 波兰 - 华沙 电话: 48-22-3325737 罗马尼亚 - 布加勒斯特 电话: 40-21-407-87-50 西班牙 - 马德里 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 瑞典 - 哥德堡 电话: 46-31-704-60-40 瑞典 - 斯德哥尔摩 电话: 46-8-5090-4654 英国 - 沃金厄姆 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
亚特兰大 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 512-257-3370 波士顿 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 达拉斯 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 休斯顿, 德克萨斯州 电话: 281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 洛杉矶 米慎维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 631-435-6000 圣何塞, 加利福尼亚州 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			