

## Application Note

## 基于 MSPM0 MCU 的投影仪激光斑点抑制解决方案



Helic Chi, Zoey Wei, and Rocky Chen

## 摘要

作为通用 MCU 产品，MSPM0 具有完整的外设和高性价比，从而使激光斑点抑制更灵活、成本更低。本应用手册为基于 MSPM0 实现激光斑点抑制提供指导，包括生成所需 PWM 波形和测试结果的几种方法。此外，该文档还提供了一种校准外设之间的事件和中断延迟的方法。

## 内容

<b>1 引言</b> .....	<b>2</b>
1.1 激光斑点抑制.....	2
1.2 MSPM0 要求.....	2
<b>2 PWM</b> .....	<b>4</b>
2.1 PWM 实现.....	4
2.2 PWM 测试结果.....	5
<b>3 PWM 和 GPIO</b> .....	<b>6</b>
3.1 PWM 和 GPIO 实现.....	6
3.2 中断时间校准.....	6
3.3 PWM 和 GPIO 测试结果.....	8
<b>4 计时器和 GPIO</b> .....	<b>9</b>
4.1 计时器和 GPIO 实现.....	9
<b>5 总结</b> .....	<b>10</b>
<b>6 参考资料</b> .....	<b>10</b>

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

投影仪采用多种光源技术。其中，三色激光是一种具有高亮度、宽色域和长使用寿命的投影仪光源技术。激光固有较高的一致性。当激光照射到光学粗糙的表面上时，相干光线会干扰并产生颗粒斑点，从而产生明暗转换。激光斑点会影响图像对比度和分辨率。因此，在三色投影仪应用中需要采用激光斑点抑制技术。

### 1.1 激光斑点抑制

激光斑点抑制 (LSR) 是一种减少激光斑点的技术。在三色投影仪中，有多种方法可以减少激光斑点，

- 在光源处理激光。
- 在光学路径中，叠加随机斑点以减少斑点的强度。

常见的斑点叠加方法是振动。在光学路径中，一般有两个位置可以施加振动，

- 光学机器振动。
- 屏幕振动。

家用和便携式投影仪很难给屏幕增加振动，而且会增加投影仪的安装成本。因此，向投影仪光学机器添加振动是降低斑点噪声的低成本方法。

振动通常使用线圈或电机产生。本应用手册介绍了使用 MSPM0 生成控制 PWM 波形的线圈的方法。

### 1.2 MSPM0 要求

在本应用手册中，使用 DRV8847 控制两个线圈，每个线圈分别控制光学机器在 X 轴和 Y 轴上产生振动。通过控制每个线圈的振动强度和相位，DRV8847 可以控制 X-Y 平面中光学机器的振动方向和距离。

DRV8847 是具有电流调节和独立半桥控制的双路 H 桥电机驱动器。图 1-1 是两组用于驱动两个线圈的 PWM 波形信号。有关 DRV8847 处理这些 PWM 信号的过程，请参阅 DRV8847 方框图和 DRV8847 双路 H 桥电机驱动器数据表。

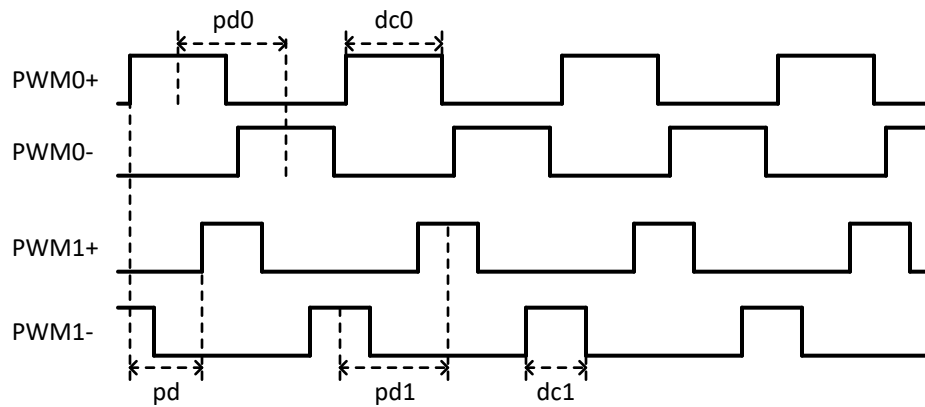


图 1-1. PWM 波形

- *PWM0+* 和 *PWM0-* 用于驱动 coil0。
- *PWM1+* 和 *PWM1-* 用于驱动 coil1。
- *pd0* 是 *PWM0+* 和 *PWM0-* 之间的相位差，固定值 180°。
- *pd1* 是 *PWM1+* 和 *PWM1-* 之间的相位差，固定值 180°。
- *pd* 是 *PWM0* 和 *PWM1* 之间的相位差，可调范围为 -90° 至 90°。
- *dc0* 是 *PWM0+* 和 *PWM0-* 的占空比，可调范围为 0% 至 100%。
- *dc1* 是 *PWM1+* 和 *PWM1-* 的占空比，可调范围为 0% 至 100%。

根据所选器件，可以通过多种方法生成上述 PWM 波形。使用的主要外设包括计时器、事件和 GPIO。表 1-1 介绍了不同方法所使用的外设。有关详细说明，请参阅每种方法对应的部分。

表 1-1. LSR 控制方法总结

方法	外设	MSPM0 器件支持	说明
PWM	计时器 * 4	MSPM0 L 和 G 系列	硬件方法。
PWM 和 GPIO	计时器 * 3 GPIO * 1	MSPM0 C 系列	硬件和软件混合控制。
计时器和 GPIO	计时器 * 1 GPIO * 4	MSPM0 C、L 和 G 系列	软件方法，高 CPU 时钟更适合精确控制。

**备注**

硬件实现需要在事件发布者和事件订阅者之间触发事件通道，事件延迟会触发各种外设电源域和外设类型的事件。这种事件延迟是固定的，如果需要高精度控制，可以考虑将固定偏移添加到计时器的 CC (捕获和比较) 值中。该建议适用于两个计时器之间以及 GPIO 和计时器之间的事件。

**备注**

通过使用具有 PWM 或软件 IO 控制的硬件计时器，MSPM0 可以基于计时器外设输出各种 PWM 信号。MSPM0 的计时器支持四个或两个 CC (捕获和比较通道)，每个 CC 均可用于输出 PWM 波形或通过事件通道触发固定延迟。硬件事件功能支持 PWM 之间的硬件相位控制和 PWM 的占空比控制。每个计时器有两个事件发布者和一个事件订阅者。事件发布者可用于生成事件通道的触发信号，事件订阅者可用于接收来自事件通道的触发信号。有关详细信息，请参阅 MSPM0 器件的数据表和技术参考手册的“计时器”部分。

## 2 PWM

### 2.1 PWM 实现

PWM 方法是全硬件实现，使用计时器输出 PWM 和事件来支持计时器控制器和计时器目标之间的硬件触发。

在 MSPM0 G 系列中，PWM 方法需要四个计时器，其中包括一个具有四个 CC 的计时器和三个具有两个 CC 的计时器。以 MSPM0G3507 为例。图 2-1 显示了该方法中计时器和事件的内部硬件控制链。

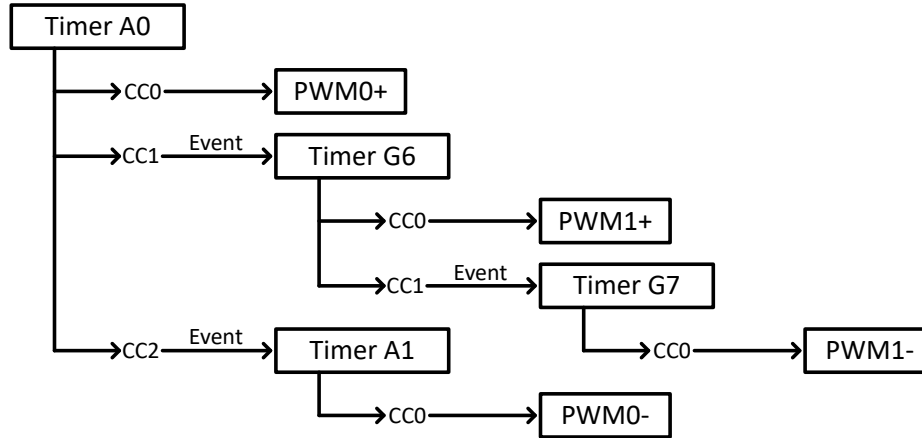


图 2-1. PWM 方法控制链 - G 系列

而在 MSPM0 L 系列中，由于没有带有四个 CC 的计时器，因此可以使用四个带有两个 CC 的计时器来输出 PWM 波形，并使用由事件串行触发四个计时器。以 MSPM0L1306 为例。图 2-2 显示了该方法中计时器和事件的内部硬件控制链。

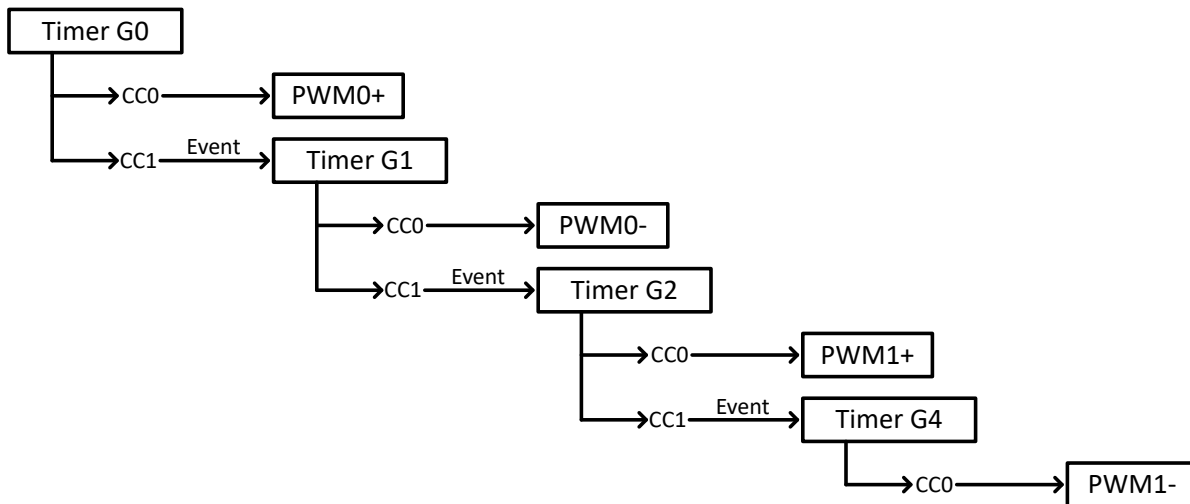


图 2-2. PWM 方法控制链 - L 系列

## 2.2 PWM 测试结果

图 2-3 显示了 PWM 方法的测试结果。

相位差可通过调整每个计时器的 CC 值来控制：

- 计时器 A0 CC1 控制  $pd$  值，即  $PWM0$  和  $PWM1$  之间的相位差。
- 计时器 A0 CC2 控制  $pd0$  值，该值固定在  $180^\circ$ ，即  $PWM0+$  和  $PWM0-$  之间的相位差。
- 计时器 G6 CC1 控制  $pd1$  值，该值固定在  $180^\circ$ ，即  $PWM1+$  和  $PWM1-$  之间的相位差。

可以通过调整每个计时器 CC0 的 CC 值来控制占空比：

- 计时器 A0 CC0 和计时器 A1 CC0 控制  $dc0$ ，即  $PWM0+$  和  $PWM0-$  的占空比。
- 计时器 G6 CC0 和计时器 G7 CC0 控制  $dc1$ ，即  $PWM1+$  和  $PWM1-$  的占空比。

此外，通过更改这些计时器负载值，MSPM0 可以输出不同的周期控制 PWM 波形。

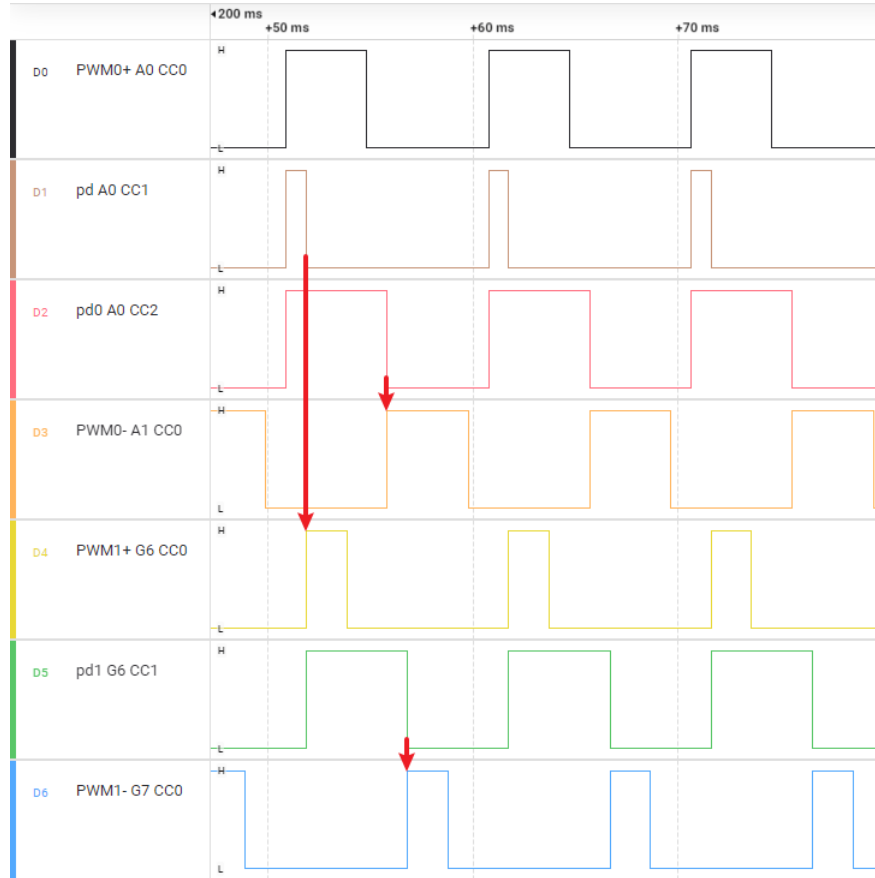


图 2-3. PWM 方法测试结果

### 3 PWM 和 GPIO

#### 3.1 PWM 和 GPIO 实现

在 MSPM0 C 系列 ( 如 [MSPM0C1104](#) ) 中, 只有三个计时器可用, 即计时器 A0、计时器 G14 和计时器 G8。MSPM0 需要另一个 GPIO 来输出最后一个通道 PWM。图 3-1 显示了该方法的计时器、事件和中断的内部硬件控制链。

在计时器之间, 仍会使用一个事件作为同步控制计时器的硬件触发方法。一组 GPIO ( 例如 GPIO A ) 支持一个事件来订阅通道, 以及一个通道来支持一个 GPIO 操作 ( 设置、清除或切换 )。在使用事件设置 GPIO 时, MSPM0 需要额外的计时器中断来清除 GPIO。

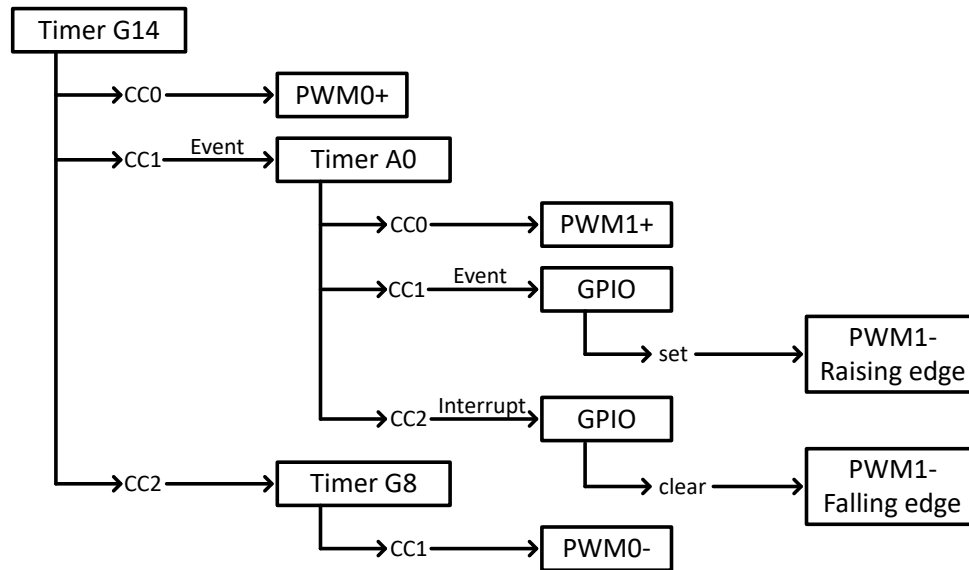


图 3-1. PWM 和 GPIO 方法控制链

#### 3.2 中断时间校准

在图 3-1 中, 计时器 A0 CC2 和 GPIO 之间有一个中断控制。中断是一种软件控制方法, 与事件硬件控制方法相比, 使用中断存在较大的延迟。

图 3-2 展示了计时器 A0 CC2 PWM 下降沿和 GPIO 下降沿之间的延迟。红色阴影区域是 PWM 和 GPIO 之间的延迟时间。下方代码显示了中断处理过程, 如果此计时器中断是系统中唯一最高优先级的中断, 则该延迟为固定值。计时器 A0 CC2 的值需要设置为:

$$CC2 = CC2th - delay \quad (1)$$

其中  $CC2th$  是计时器 A0 CC2 的理论值,  $延迟$  是图 3-2 中所示的红色阴影区域。根据计时器时钟配置,  $延迟$  需要转换为计时器 CC 值。



图 3-2. PWM 和 GPIO 之间的延迟

```
void PWM_1_P_INST_IRQHandler(void)
{
    switch(DL_Timer_getPendingInterrupt(PWM_1_P_INST)){
        case DL_TIMER_IIDX_CC2_UP:
            DL_GPIO_clearPins(PWM_1_N_PORT, PWM_1_N_PIN_0_PIN);
            break;
        default:
            break;
    }
}
```

备注

同样的方法也适用于事件延迟校准。

### 3.3 PWM 和 GPIO 测试结果

图 3-3 展示了 PWM 和 GPIO 方法的测试结果。

相位差可通过调整每个计时器的 CC 值来控制：

- 计时器 G14 CC1 控制  $pd$  值，即  $PWM0$  和  $PWM1$  之间的相位差。
- 计时器 G14 CC2 控制  $pd0$  值，该值固定在  $180^\circ$ ，即  $PWM0+$  和  $PWM0-$  之间的相位差。
- 计时器 A0 CC1 控制  $pd1$  值，该值固定在  $180^\circ$ ，即  $PWM1+$  和  $PWM1-$  之间的相位差。

可以通过调整每个计时器 CC0 的 CC 值来控制占空比：

- 计时器 G14 CC0 和计时器 G8 CC1 控制  $dc0$ ，即  $PWM0+$  和  $PWM0-$  的占空比。
- 计时器 A0 CC0、A0 CC1 和 A0 CC2 控制  $dc1$ ，即  $PWM1+$  和  $PWM1-$  的占空比。

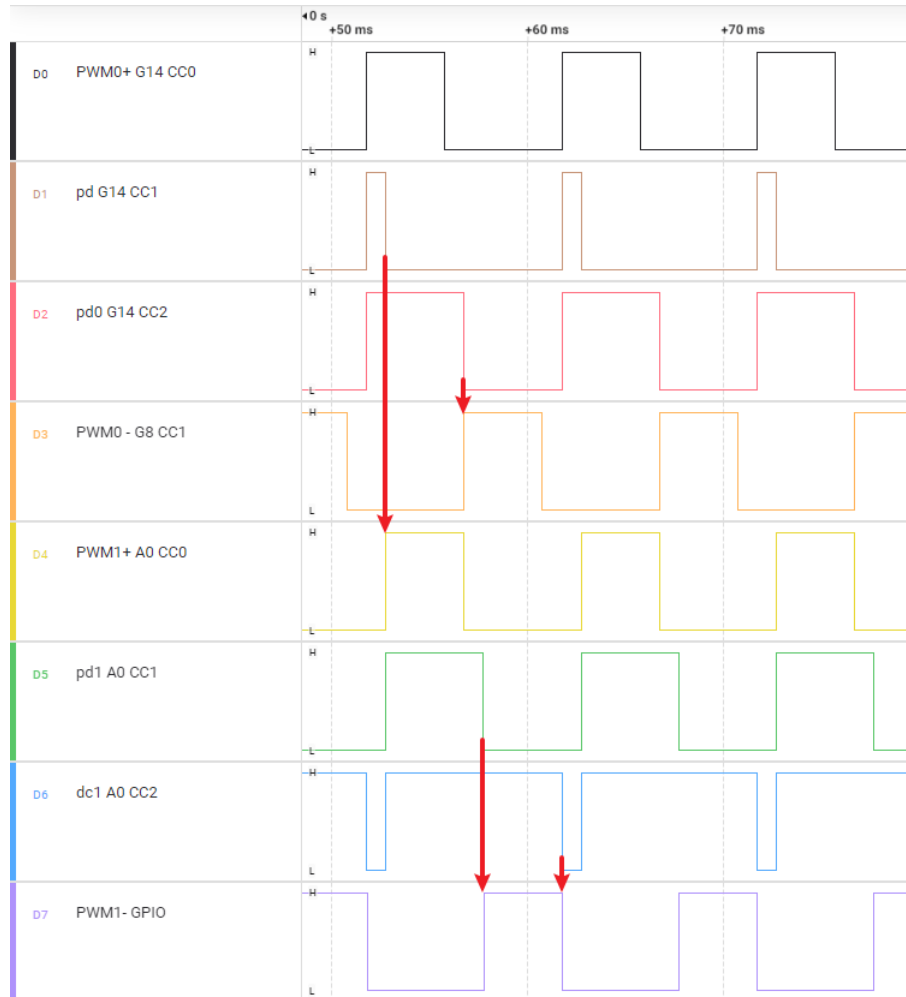


图 3-3. PWM 和 GPIO 方法测试结果



## 4 计时器和 GPIO

### 4.1 计时器和 GPIO 实现

计时器和 GPIO 方法是软件方法，可用于不需要 PWM 精度的应用。计时器中断用于控制 GPIO 设置和清除。使用四个计时器来控制四个 GPIO 更佳，因为 MSPM0 在每个 PWM 周期中只能输入八个中断时间。

图 4-1 显示了该方法的计时器和 GPIO 的内部软件控制链。该应用使用计时器的交叉触发器功能来同步启动四个计时器。

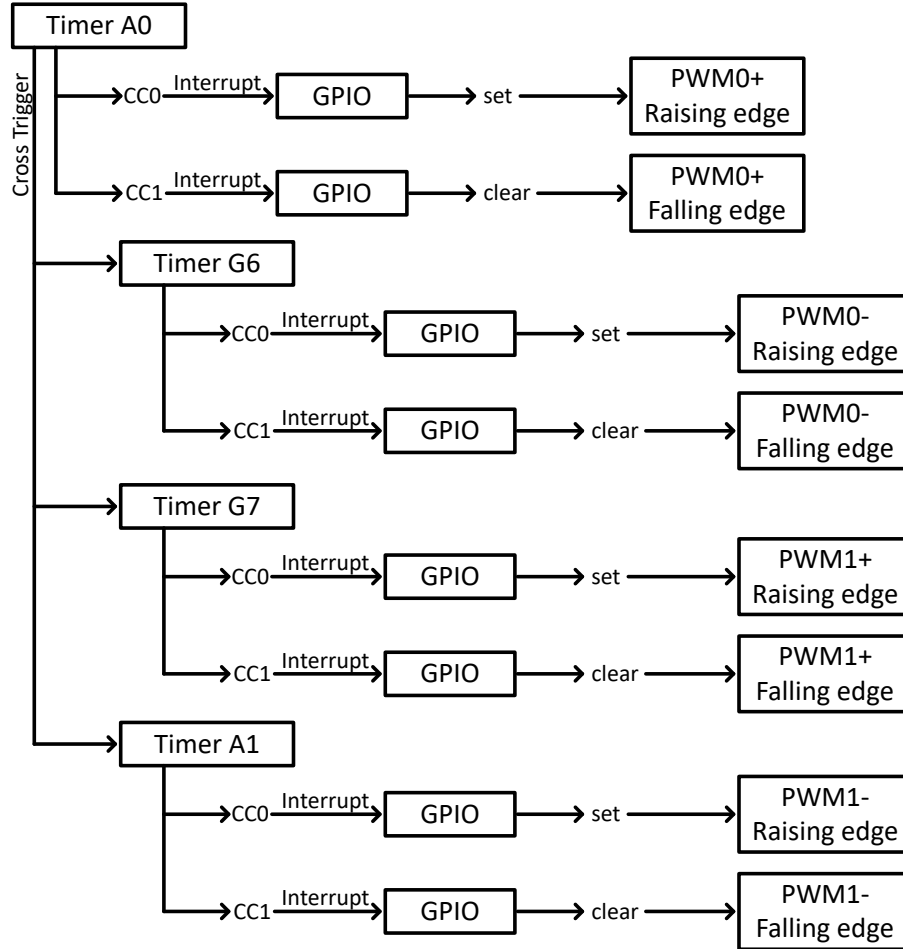


图 4-1. 计时器和 GPIO 方法控制链

## 5 总结

本应用手册介绍了 LSR 的基本信息，并阐述了一种减少光路中的斑点噪声的方法。根据 MSPM0 的硬件特性，介绍了三种 LSR 方法，以及这些方法对 MSPM0 的硬件要求。

本文档介绍了三种方法的实现以及 MSPM0 的控制链。PWM 方法是一种硬件方法，使用事件控制计时器的启动。PWM 和 GPIO 方法是一种硬件和软件混合控制方法，可在 MSPM0 C 系列器件中启用 LSR 功能。计时器和 GPIO 方法是软件方法。

## 6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [MSPM0 G 系列 80MHz 微控制器技术参考手册](#), 技术参考手册
- 德州仪器 (TI), [MSPM0 L 系列 80MHz 微控制器技术参考手册](#), 技术参考手册
- 德州仪器 (TI), [MSPM0 C 系列 80MHz 微控制器技术参考手册](#), 技术参考手册
- 德州仪器 (TI), [MSPM0G350x 具有 CAN-FD 接口的混合信号微控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [MSPM0L130x 混合信号微控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [MSPM0C110x、MSPS003 混合信号微控制器数据表](#)

## 重要通知和免责声明

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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  
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司