

## TIM DMA burst 输出变频 PWM 波形

关键字: TIM, GPDMA

### 1. 问题背景

客户需要 MCU 输出一组变频的 PWM 波形来控制外围器件，并且不同频率脉冲的个数也不同。STM32U5 芯片拥有 TIM1/TIM8 高级定时器，还有通用定时器 TIM2/TIM3/TIM4/TIM5 以及 TIM15/TIM16/TIM17。TIM 模块中，可通过修改 ARR 寄存器的值来修改 PWM 的频率。如果使用 TIM1/TIM8 或者 TIM15/TIM16/TIM17，则可以通过修改 RCR 与 CCR 寄存器，来控制脉冲个数及占空比。由于要同时修改多个 TIM 寄存器，需要使用 TIM 的 DMA burst 功能来实现此需求。

### 2. TIM DMA burst

STM32 片内部分 TIMER 在产生单个定时器事件情况下可以基于特定硬件机制触发多个 DMA 请求，这样产生多个连续的 DMA 传输来实现对多个 TIMER 寄存器的批量访问。这就是所谓的 TIM DMA burst 功能，这里有两个专用寄存器：

#### TIMx\_DCR :

DBSS : 触发 DMA burst 的事件源

DBL : DMA burst 传输个数

DBA : DMA burst 传输的 TIM 寄存器基地址索引

#### TIMx\_DMAR :

TIM DMA Burst 时，DMA 访问此寄存器

### 3. 产生 PWM

本文使用 TIM1 来产生 PWM，在 U575 NECLEO 板上测试，MCU 主频为 100MHz。使用两个频率分别对应 TIM 寄存器组的值如下：ARR/ RCR/ CCR1

```
uint32_t pulse1[3] = {1000, 2, 500};
```

```
uint32_t pulse2[3] = {5000, 1, 2500};
```

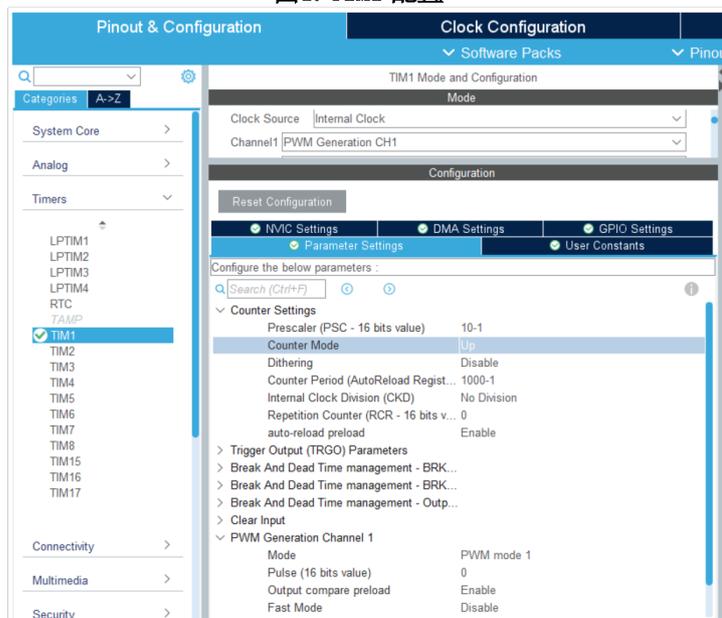
即输出 3 个 pulse1 的脉冲后，再输出 2 个 pulse2 脉冲，这样交替输出。

## 3.1. TIM 与 GPDMA 配置

### 3.1.1. TIM1 配置

TIM1 配置如下，使能寄存器预装载功能。

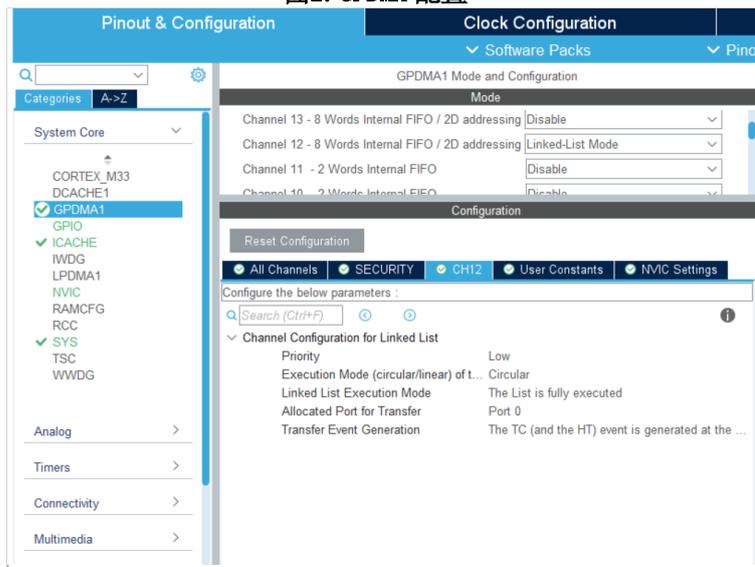
图1. TIM1 配置



### 3.1.2. GPDMA 配置

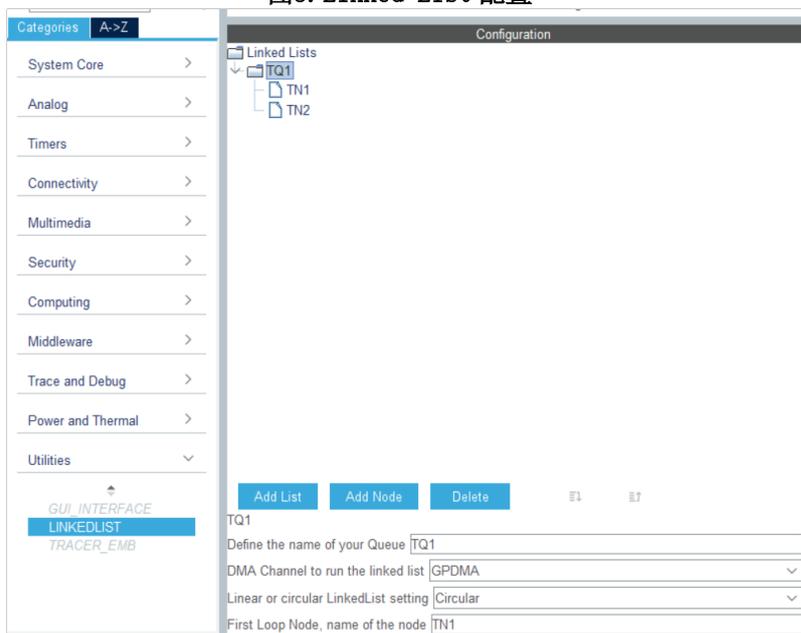
使用 GPDMA 通道 12 的 linked list 模式，并配置为循环模式：

图2. GPDMA 配置



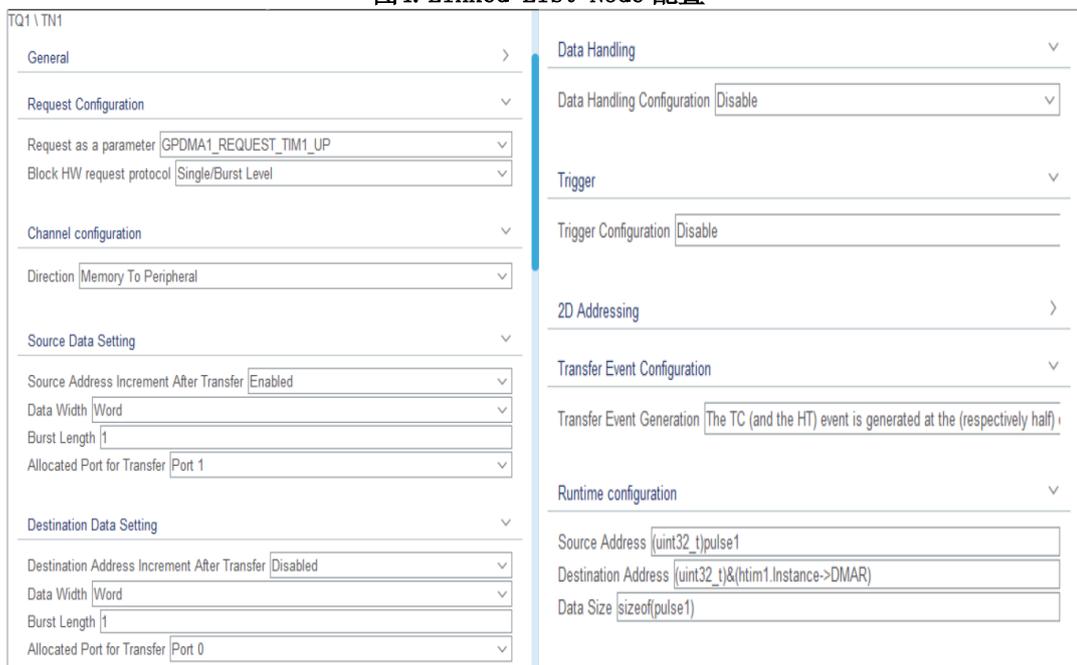
Linked List 配置中，创建一个 list queue，并添加两个 list node，选择 GPDMA 来执行此 list queue，同样配置为循环模式，指定循环起始节点为 TN1，如下图。

图3. Linked List 配置



Linked List 节点配置中，使用 TIM1 update 事件来产生 DMA 请求，指定 DMA 目的地址为 TIMx\_DMAR 寄存器，源地址为 pulse1 数组地址。TN2 只需将 pulse1 修改为 pulse2 即可。

图4. Linked List Node 配置



### 3.1.3. TIMx\_DCR 寄存器配置

在 CubeMX 生成代码后，添加以下代码，将 TIM 与 DMA 通道绑定，并配置 TIMx\_DCR 寄存器：

```

MX_TQ1_Config();

/* Link created queue to DMA channel #####*/
if (HAL_DMAEx_List_LinkQ(&handle_GPDMA1_Channel12, &TQ1) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}

__HAL_LINKDMA(&htim1, hdma[TIM_DMA_ID_CC1], handle_GPDMA1_Channel12);
__HAL_TIM_ENABLE_DMA(&htim1, TIM_DMA_UPDATE);
HAL_DMAEx_List_Start_IT(&handle_GPDMA1_Channel12);

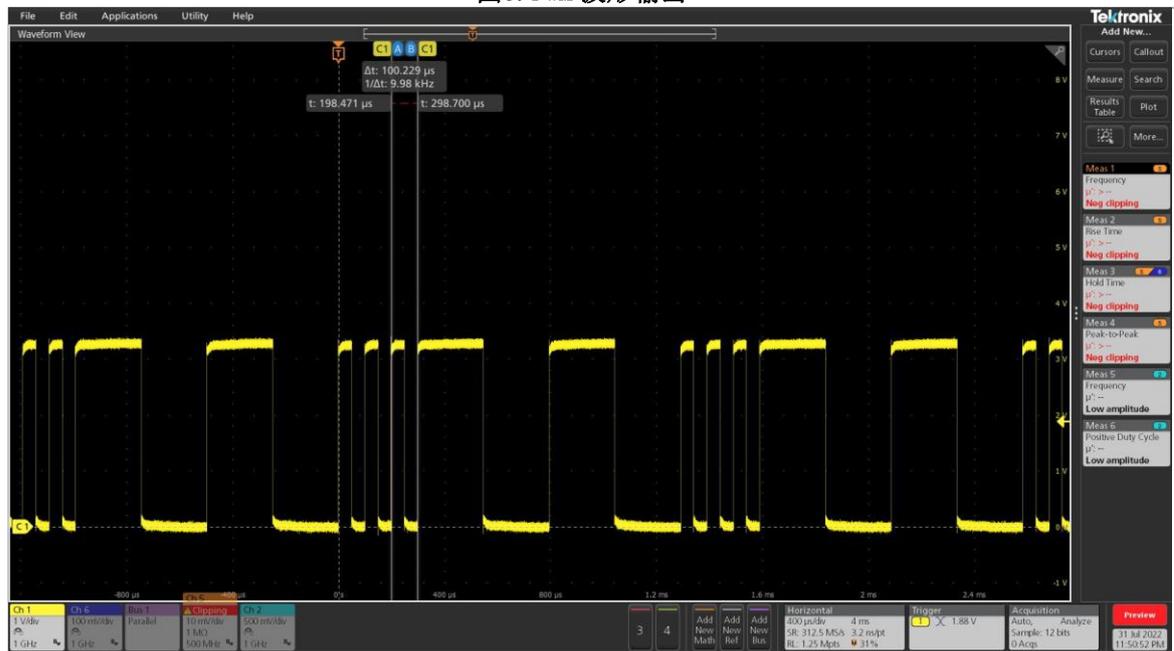
// update 事件触发 DMA burst
// 3 个 DMA transfer, 分别修改 ARR/ RCR/ CCR1 寄存器
// TIM 寄存器作为基地址的索引, ARR 寄存器索引为 11
htim1.Instance->DCR = (1<<16) | ((3-1)<<8) | (11<<0);

HAL_TIM_PWM_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);
    
```

### 3.1.4. 测试结果

测试结果如下图，可以看到两个频率的 PWM 波形交替输出，且脉冲个数也符合需求：

图5. PWM 波形输出



## 3.2. TIM 无 RCR 寄存器情况

### 3.2.1. TIM2/TIM3/TIM4/TIM5 无 RCR 寄存器

当使用的 TIM 无 RCR 寄存器时，上述方式无法配置每个频率的 PWM 脉冲个数。而在 U5 系列上，GPDMA 的 12-15 通道具有 2D 寻址能力，同时也有 repeat 功能。利用 repeat 特性同样可以实现上述需求，下面以 TIM2 为例。

在前面配置基础上，使能 DMA 通道的 2D 功能，并添加 2D 寻址配置：

图6. GPDMA 通道 2D 功能

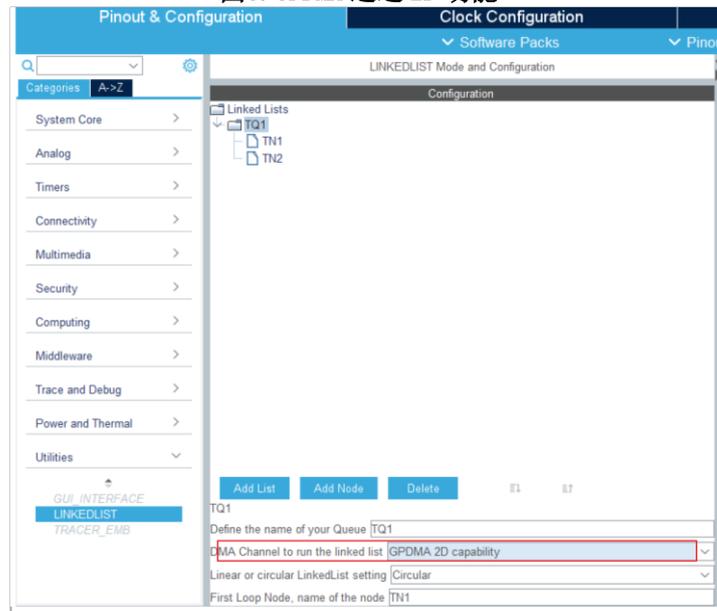
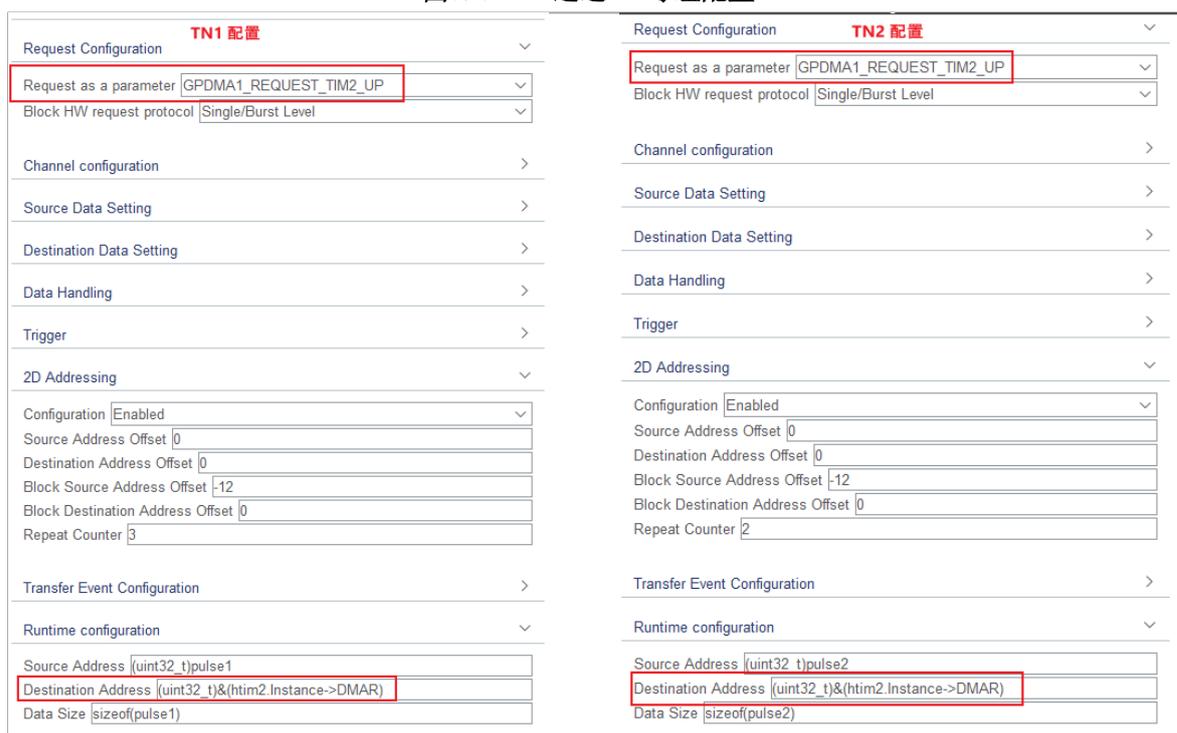


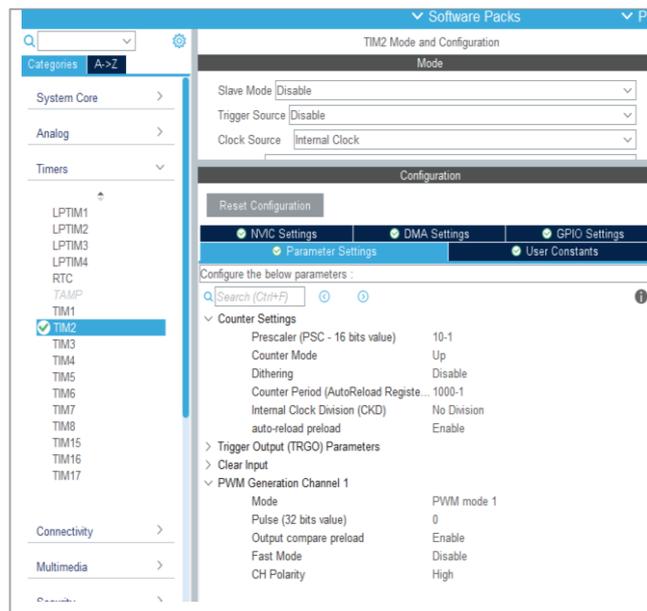
图7. GPDMA 通道 2D 寻址配置



### 3.2.2. 配置 TIM2

配置 TIM2 CH1 输出 PWM，使用 PA5 引脚：

图8. TIM2 配置



### 3.2.3. 修改代码

在 CubeMX 生成代码后，修改 pulse1/pulse2 的值，将 TIM2 与 DMA 通道绑定，并配置 TIMx\_DCR 寄存器，这样也可实现两个频率，不同脉冲个数 PWM 交替输出的需求。

```
uint32_t pulse1[3] = {1000, 0, 500};
uint32_t pulse2[3] = {5000, 0, 2500};
```

```
MX_TQ1_Config();

/* Link created queue to DMA channel #####*/
if (HAL_DMAEx_List_LinkQ(&handle_GPDMA1_Channel12, &TQ1) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}

__HAL_LINKDMA(&htim2, hdma[TIM_DMA_ID_CC1], handle_GPDMA1_Channel12);
__HAL_TIM_ENABLE_DMA(&htim2, TIM_DMA_UPDATE);
HAL_DMAEx_List_Start_IT(&handle_GPDMA1_Channel12);

// update 事件触发 DMA burst
// 3 个 DMA transfer, 分别修改 ARR/ CCR1 寄存器, RCR 寄存器值被忽略
// TIM 寄存器作为基地址的索引, ARR 寄存器索引为 11
htim2.Instance->DCR = (1<<16) | ((3-1)<<8) | (11<<0);

HAL_TIM_PWM_Start(&htim2, TIM_CHANNEL_1);
```

## 4. 小结

使用 TIM DMA burst 功能，结合 STM32U5 的 GPDMA Linked list 模式及 2D 寻址特性，能灵活的输出 PWM 波形满足客户需求。

## 文档中所用到的工具及版本

- 1, STM32CubeMX 6.6.1
- 2, IAR 9.20.2

## 版本历史

日期	版本	变更
2022年10月17日	1.0	首版发布

### 重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司 (“ST”) 保留随时对 ST 产品和 / 或本文档进行变更的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。若需 ST 商标的更多信息，请参考 [www.st.com/trademarks](http://www.st.com/trademarks)。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档是 ST 中国本地团队的技术性文章，旨在交流与分享，并期望借此给予客户产品应用上足够的帮助或提醒。若文中内容存有局限或与 ST 官网资料不一致，请以实际应用验证结果和 ST 官网最新发布的内容为准。您拥有完全自主权是否采纳本文档（包括代码，电路图等信息），我们也不承担因使用或采纳本文档内容而导致的任何风险。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。