

RL78/G13 群

R01AN1023CC0101

使用 DMA 生成多重 PWM

Rev. 1.01

2015.03.31

要点

在单片机应用中，用户对于小型封装的产品有时会提出超出单片机纯硬件所能对应的范围而进行 PWM 输出的要求。本篇应用说明介绍了使用定时器和 DMA 控制器增加 PWM 输出的方法。

对象 MCU

本篇应用说明使用 RL78/G13 目标板 (QB-R5F100LE-TB) 进行测试，同时也适用于其他具有 DMA 单元的 RL78 单片机。

本篇应用说明的示例使用了 TAU (定时器阵列单元) 0 通道 0 和 DMA 通道 0，也可以使用其他定时器和 DMA 通道完成操作。

相关应用说明

使用本应用说明时，请同时参考以下相关的应用说明。

- RL78/G13 Multiple PWM generation using DMA (R01AN0717E) 应用说明

目录

1.	多重 PWM 的生成.....	3
1.1	关于 DMA.....	3
1.2	本应用说明的概要.....	3
1.3	方式.....	4
1.4	PWM 参照表的构成.....	5
1.5	PWM 参照表的计算.....	6
2.	本应用说明中使用的外围功能.....	7
2.1	TAU0 通道 0、间隔定时器模式中的执行时序.....	7
2.2	DMA 操作和设定.....	7
2.3	PWM 分辨率的增大.....	8
2.4	总线负载.....	8
3.	结论.....	8
4.	流程图.....	9
5.	附录：代码列表.....	10
6.	参考文献.....	14
	公司主页和咨询窗口.....	14

1. 多重 PWM 的生成

1.1 关于 DMA

直接存储器存取控制器或 DMA 控制器可以在支持 DMA 的外围硬件的 SFR 寄存器和内部 RAM 之间不经过 CPU 而自动传送数据。因此，可以在进行通常的 CPU 内部运算和数据传送的同时，进行 SFR 和内部 RAM 之间的传送。并且，还可以实现通过通信功能、定时器和 A/D 进行的实时控制。

在本篇应用说明中，共生成了 8 个独立的 PWM 输出，而通过增加 DMA 通道这一操作，还可以生成更多的 PWM 输出。但需要注意的是，由于多个 PWM 输出的基准时间是同一个，因此各个 PWM 输出不可能完全独立。

DMA 通过外围硬件中断启动，然后进行数据的传送。DMA 和 CPU 使用同一个总线，但 DMA 占有总线的优先级高于 CPU。开始使用前，要对 DMA 控制器进行初始化设定。通过初始化设定，在 DMA 控制器寄存器中分配传送源地址、传送目标地址和传送模式。

1.2 本应用说明的概要

在本篇应用说明中，为了生成 PWM 输出，要使用内部 DMA 通道更改端口 7 数据寄存器的设定值。

间隔定时器模式的 TAU（定时器阵列单元）作为 DMA 通道 0 设定的触发源使用。PWM 输出的更新频率通过 TAU 单元 0 通道 0 的周期来确定。DMA 将数据从 RAM 表传送至 P7 端口寄存器。RAM 表通过 MCU 应用软件更新。

图 1 所示的操作可以用于生成如驱动控制高亮度 LED 这样的特殊信号。

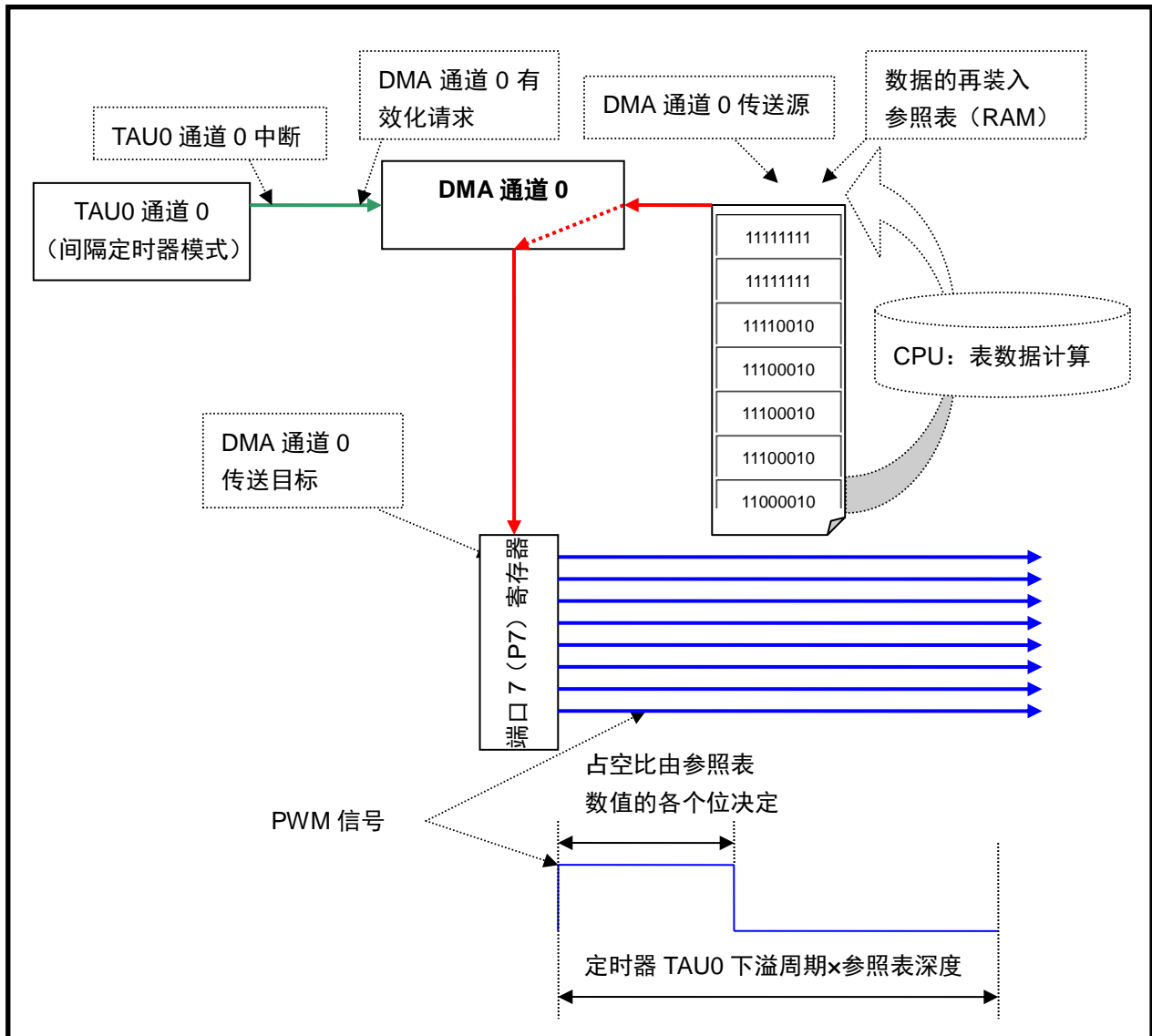


图 1 操作框图

1.3 方式

设定 DMA 通道 0, 使数据能够被自动从 RAM 的 PWM 参照表传送至 I/O 端口。DMA 传送结束中断产生后, 在到达参照表终端的同时, CPU 再次将 DMA 计数器初始化。

PWM 参照表的深度取决于 PWM 的分辨率。各 PWM 输出通过各个 TAU0 通道 0 中断 (以下称为“定时器单元”) 进行更新。在本篇应用说明及参考例程中, 设定端口 7 输出 8 个 8 位分辨率的 PWM。因此, 输出 RAM 数据应为 256 字节。

定时器单元由每次发生下溢时作为 DMA 通道 0 触发源的 TAU0 通道 0 来决定。

因此, PWM 的输出频率由更新频率和用于 P7 端口寄存器输出的 RAM 内部参照表长度决定。

$$\text{PWM 频率} = 1 / ((\text{TAU0 通道 0 周期}) \times (\text{PWM 参照表的字节数}))$$

1.4 PWM 参照表的构成

为了能更好地理解保存在 DMA 通道 0 的存取 RAM 里的 PWM 参照表，假定 P7 端口输出 8 个 PWM，使用 16 个值。也就是说，PWM 为 4 位分辨率。表 1 表示的是定时器周期每一次下溢，TAU0 通道 0 通过 DMA 将 RAM 数据自动传送至 P7 数据寄存器的示例。参照表数值与生成的 PWM 输出值之间的关系，请参见图 2。使用彩色高亮显示的位置，表示 PWM 输出状态发生变化的点。

在以下示例中，位 7 (b7) 为端口 P77 的输出，位 6 (b6) 为端口 P76 的输出，位 1 (b1) 为端口 P71 的输出。

使用参照表这一方式的好处在于，可以在使用同一个基准定时器的情况下，分别允许各个输出通道产生不同的 PWM 频率。基于 PWM 参照表的数据，可以生成非常灵活的 PWM 波形，同时还可以生成功能比基本的 PWM 波形更加强化的波形。

CPU 的主要工作是初始化以及修正参照表的数值。一旦开始执行任务，DMA 就开始独立地从 PWM 参照表向端口传送数据。

表 1 RAM 中的 PWM 参照表的构成

索引 (每个基准时间的地址)	参照表数据 (RAM)							
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
0	1	0	X	X	X	X	1	X
1	1	0	X	X	X	X	1	X
2	1	0	X	X	X	X	1	X
3	1	0	X	X	X	X	1	X
4	1	1	X	X	X	X	1	X
5	1	1	X	X	X	X	1	X
6	1	1	X	X	X	X	1	X
7	0	1	X	X	X	X	1	X
8	0	0	X	X	X	X	1	X
9	0	0	X	X	X	X	1	X
10	0	0	X	X	X	X	1	X
11	0	0	X	X	X	X	1	X
12	0	1	X	X	X	X	1	X
13	0	1	X	X	X	X	0	X
14	0	1	X	X	X	X	0	X
15	0	1	X	X	X	X	0	X

图 2 显示了 DMA 传送结束后引脚输出与 PWM 参照表数值之间的对应关系。为了便于理解，与 PWM 参照表表 1 中彩色数值相对应的输出的变化，使用了同样颜色的竖线加以表示。

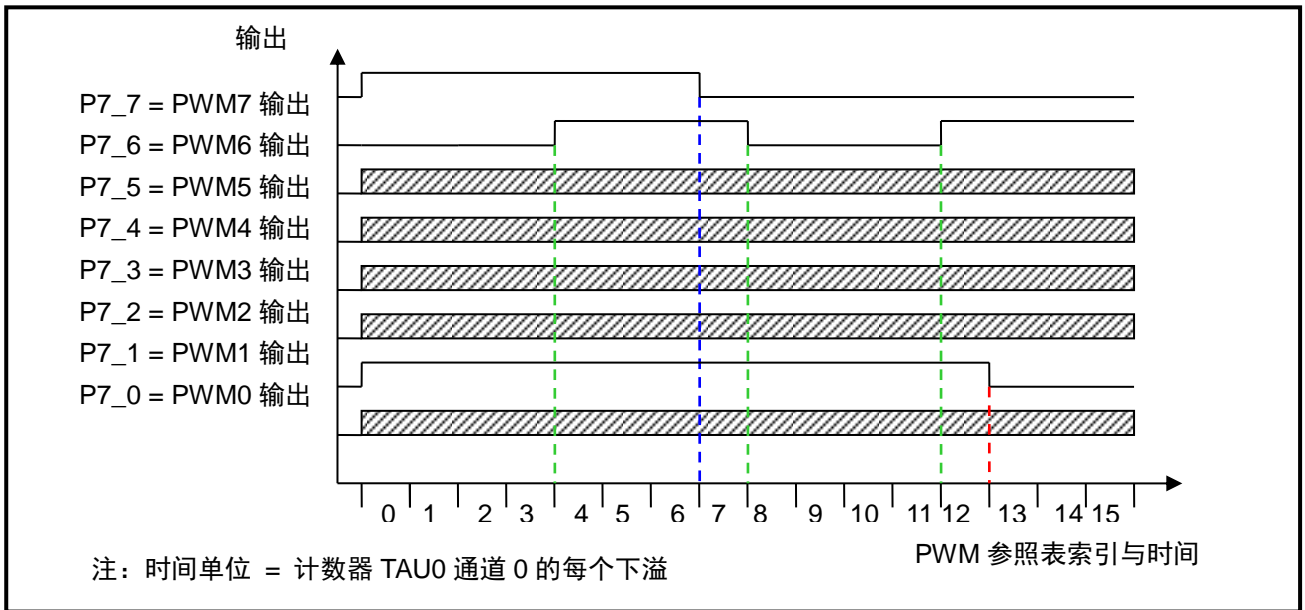


图 2 DMA 传送中的引脚输出状态与 PWM 参照表的关系

1.5 PWM 参照表的计算

PWM 参照表的初始化可以直接进行。在本应用软件中，必须将每一个 PWM 通道的从索引 0 到索引 N 为止的 PWM 参照表设定为 1（表示各 PWM 的高电平），将从索引 N+1 到索引最大值为止的 PWM 参照表清除为 0。然后，取 PWM 输出编号 7 通过新数值“156”被设定为 1 这一操作为例。在该示例中，假定 PWM 分辨率为 8 位，PWM 参照表为 256 个输入或需要索引，则该例的 PWM 参照表按如下方式初始化。

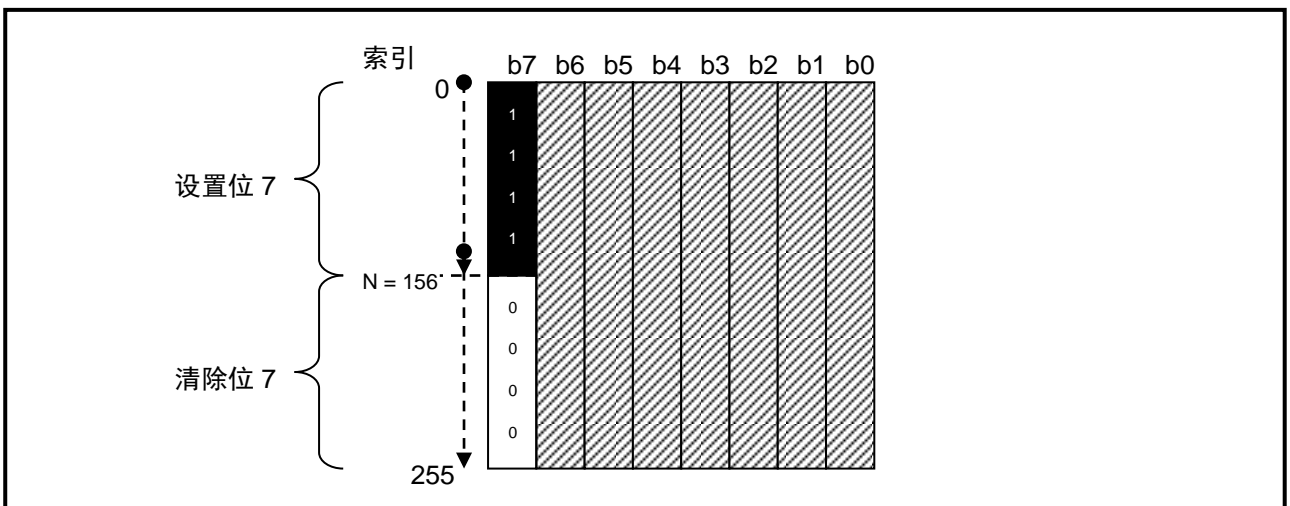


图 3 用于 PWM 生成的 PWM 参照表初始化

通过修改 PWM 参照表的数值，可以生成其他的信号波形。比如在本示例中，单触发信号生成的等待可以使用程序进行更改。

2. 本应用说明中使用的外围功能

2.1 TAU0 通道 0、间隔定时器模式中的执行时序

RL78/G13 具备多个定时器。定时器阵列单元包含了 8 个 16 位定时器。每一个 16 位定时器被称作一个通道，可以作为独立的定时器使用。定时器阵列单元 0 通道 0 在间隔定时器模式下被选择为 DMA 的触发源。在间隔定时器模式下，TAU 计数内部生成的计数源，并且可以作为每隔一定间隔生成 INTTM00（定时器中断）的基准定时器使用。当定时器下溢时，TDR00 寄存器的值被复制到定时器计数寄存器中，如图 4 所示，再次开始计数。

中断生成间隔可以使用如下算式进行计算。

$$\text{INTTM0n (定时器中断) 的生成间隔} = \text{计数时钟周期} \times (\text{TDR0n 设定值} + 1)$$

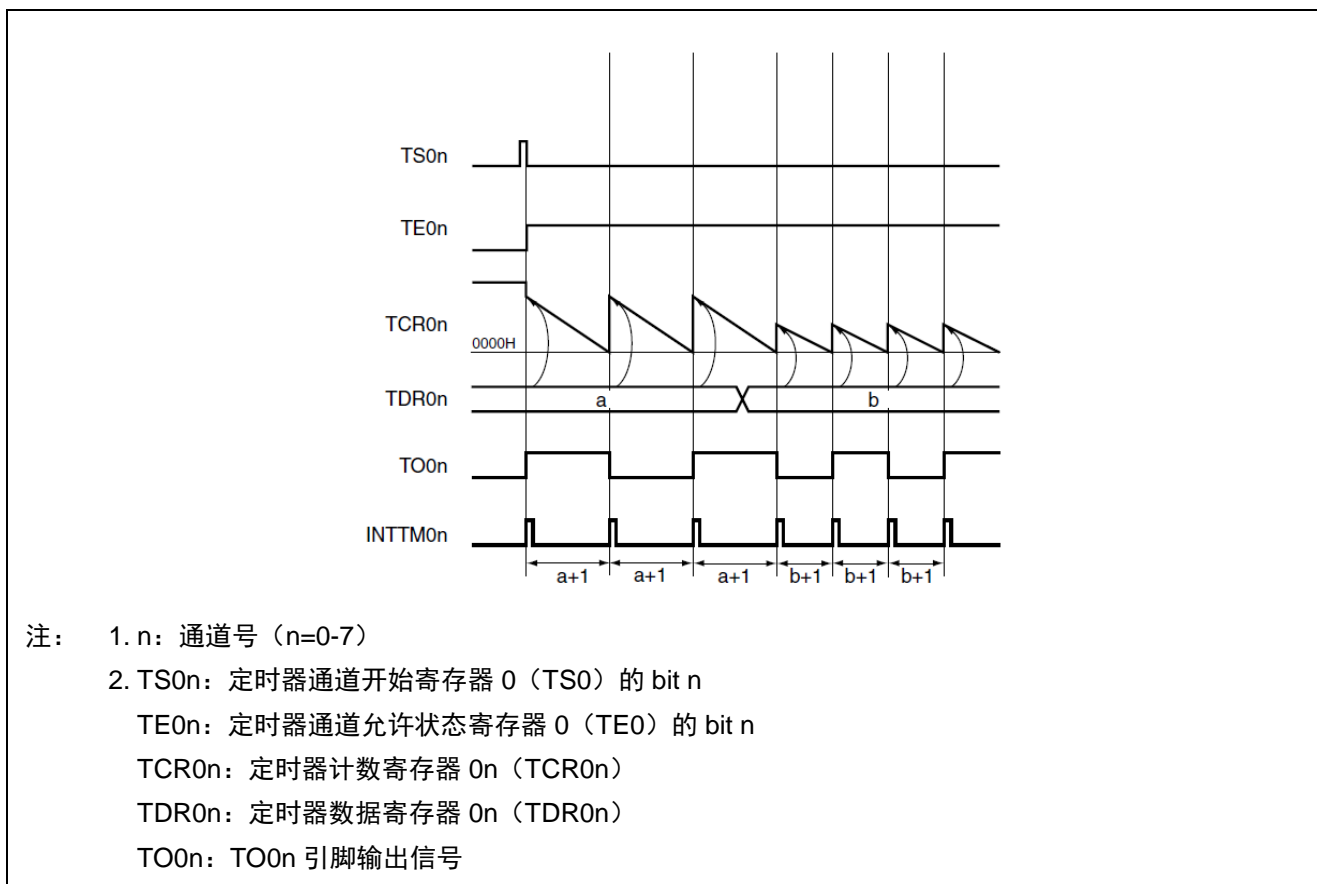


图 4 计数器值 (TDR0n) 在计数期间被再次写入时的 TAU 运行示例

在本篇应用说明中，TAU 的下溢周期是为了产生 PWM 而启动 DMA 的基准。并且，由于内部总线负载中具有冲突，所以在设定 TAU 时必须考虑下溢的频率。换句话说，传送的频率越高，在 CPU 动作中可用的总线使用量就越少。

2.2 DMA 操作和设定

软件触发（用于 DMA 通道 0 的 STG0）或由 IFC03 位到 IFC00 位指定的触发源触发被输入时，开始 DMA 传送。在各触发即 TAU0 通道 0 下溢时，DMA 根据 DMC0 寄存器（DMA 通道 0 模式控制）、DRC0 寄存器（DMA 通道 0 运行控制），和 DBC0 寄存器（DMA 通道 0 计数）的设定，从源地址向目标地址传送数据。

RL78/G13 产品的 DMA 的主要特征，以及它在本篇应用说明中的影响，如下所示。

- 传送单位为 8 位或者 16 位。在本篇应用说明中，PWM 生成的输出端口为端口 7，传送数据的大小为 8 位。
- 最大传送单位为 1024 次。每执行一次 DMA 传送，代表该数值的寄存器，即 DBC0 寄存器都会自动递减。通过读取 DBC0 寄存器，可以确认剩余的传送次数。在 DMA 传送过程中，该寄存器无法使用应用软件进行修改。在本篇应用说明的示例中，传送次数选择为 256 次。
- 由于通过 2 个时钟进行一次传送，因此传送类型为 2 个周期传送。并且在传送期间，CPU 停止运行。
- RL78/G13 可使用的 DMA 传送模式为单次传送模式。换句话说，是通过每一次触发传送数据（8 位或者 16 位）的。
- 传送请求可以选择 A/D 转换器、串行接口，以及本篇应用说明示例中的 TAU0 通道 0 等多个外围硬件。
- 在内部 RAM 和 SFR 之间进行传送。

2.3 PWM 分辨率的增大

本篇应用说明示例的传送次数选择为 256 次。与各个 PWM 输出的 8 位分辨率相对应。

PWM 的最大分辨率为 10 位，对应的 DMA 的最大传送次数为 1024 次。

由于会受到内部总线占有率和 PWM 生成能力的影响，因此必须考虑 DMA 的运行和时序。

2.4 总线负载

每一次 TAU0 通道 0 下溢，传送都需要进行 2 个周期。并且，每一次总传送结束，都必须对 DMA 通道 0 进行重新设定。使用 DMA 通道 0 中断服务函数对 DMA 进行再一次的初始化。

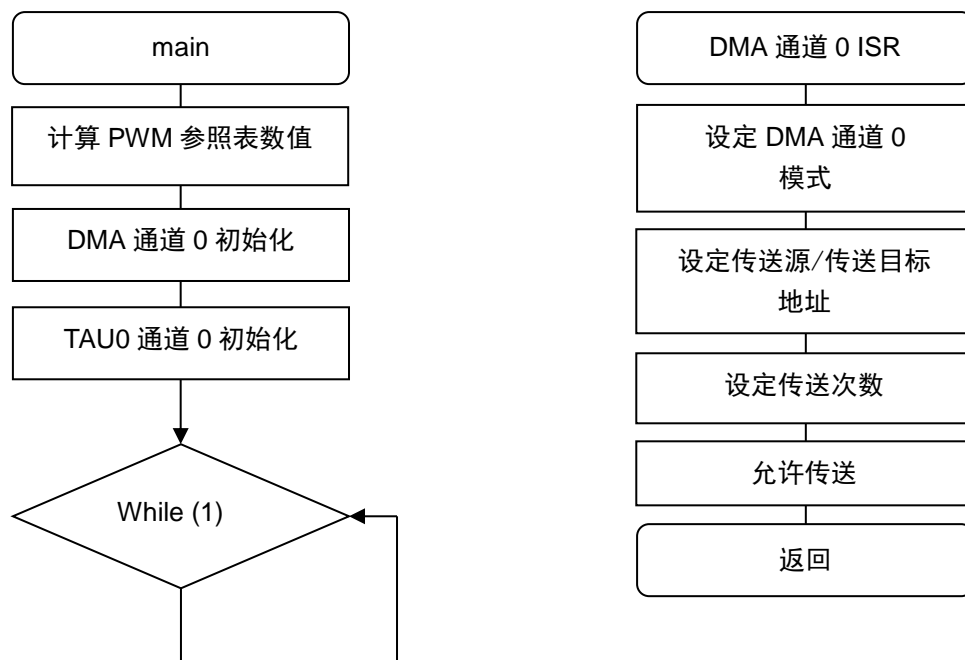
3. 结论

使用 DMA、I/O 端口和 PWM 参照表，可以在不增加成本的情况下增加 PWM 通道。

使用 DMA 单通道、8 位 I/O 端口、1 个定时器，和不到 10% 的 CPU 总线占有率，可以很容易生成 8 个 8 位分辨率的 2kHz 的 PWM。（所有的定时器 TAU0 通道 0 的下溢和 256 次传送的 DMA 通道 0 再设定传送都需要进行 2 个周期。）

但是，为了使 CPU 能具有充分的总线占有率来执行应用软件，必须要注意 PWM 的频率。

4. 流程图



5. 附录：代码列表

```
void main(void)
{
    unsigned char i;
    int bit_number,k;

    __low_level_init();
    EI();//enable interrupt

    /* Set initial values for the 8 PWM channels */
    pwm_dutycycle[0] = 1;
    pwm_dutycycle[1] = 64;
    pwm_dutycycle[2] = 96;
    pwm_dutycycle[3] = 128;
    pwm_dutycycle[4] = 160;
    pwm_dutycycle[5] = 192;
    pwm_dutycycle[6] = 224;
    pwm_dutycycle[7] = 250;

    /* Scan 8 PWM channels */
    for (i=0,bit_number=1;i<8;i++)
    {
        /* Start at high value */
        k = MAX_TABLE-1;
        /* if PWM register content is different from highest value */
        if(pwm_dutycycle[i] < MAX_TABLE-1)
        {
            for(;k>=pwm_dutycycle[i];k--)
            {
                /* Clear bit to zero (0) from Max-table to PWM value */
                PWM0_7[k] &= ~bit_number;
            }
        }
        if(pwm_dutycycle[i]>0)
        {
            for(;k>=0;k--)
            {
                /* Set bit to one (1) from PWM value to 0 */
                PWM0_7[k] |= bit_number;
            }
        }
        /* Next bit position */
        bit_number <<= 1;
    }
}
```

```

DMA0_Init();
TAU00_Init();

while(1);
}
/*****
* Function Name : DMA0_Init
* Description : DMA Channel 0 initialization
* Argument : none
* Return Value : none
* Calling Functions : none
*****/
void DMA0_Init(void)
{
    /* DMA operation enable
    b7 DMA operation enable bit
    b6:b1 Reserved set to 0
    b0 DMA transfer mode bit */
    DRC0 = 0x80;

    NOP();// no operation
    NOP();// no operation

    /* Disable INTDMA0 interrupt */
    DMAMK0 = 1U;
    /* Set INTDMA0 low priority */
    DMAPR10 = 1U;
    DMAPR00 = 1U;
    /* Configure DMA
    b7 DMA transfer start software trigger
    b6 Selection of DMA transfer direction : RAM to SFR
    B5 Specification of transfer data size for DMA transfer : 8 bits
    B4 Pending of DMA transfer
    b3:b0 Selection of DMA start source (IFC03-0) : INTTM00 */
    DMC0 = 0x42;
    /* Configure DMA Channel 0 SFR address register : Port 7 */
    DSA0 = 0x07;
    /* Configure DMA Channel 0 RAM address register : PWM0_7[MAX_TABLE] look-up table
    */
    DRA0 = (unsigned short)&PWM0_7;
    /* Configure DMA Channel 0 byte count register : 256 */
    DBC0 = 0x0100;
    /* Clear INTDMA0 interrupt flag */
    DMAIF0 = 0U;

```

```

/* Enable INTDMA0 interrupt */
DMAMK0 = 0U;
/* Start DMA Channel 0 operations */
DST0 = 1U;
}
/*****
* Function Name : TAU00_Init
* Description : TAU Unit 0 Channel 0 initialization
* Argument : none
* Return Value : none
* Calling Functions : none
*****/
void TAU00_Init(void)
{
/* Supplies input clock to TAU Unit 0 */
TAU0EN = 1U;
/* Configure format of Timer Clock Select register : fClk */
TPS0 = 0x0000;
/* Stop all channels */
TT0 = 0x0AFF;
/* Configure TAU0 Channel 0 in Interval timer mode */
TMR00 = 0x0000;
/* Configure TAU0 Channel 0 period for PWM frequency around 2kHz */
TDR00 = 0x003E;
/* Enable operation (start) trigger of channel 0 */
TS0 |= 0x0001;
}

/*****
* Function Name : DMA0_isr
* Description : DMA Channel 0 interrupt service routine, relaunch each PWM period
* Argument : none
* Return Value : none
* Calling Functions : none
*****/
__interrupt void DMA0_isr(void)
{
/* Configure DMA
b7 DMA transfer start software trigger
b6 Selection of DMA transfer direction : RAM to SFR
B5 Specification of transfer data size for DMA transfer : 8 bits
B4 Pending of DMA transfer
b3:b0 Selection of DMA start source (IFC03-0) : INTTM00 */
DMC0 = 0x42;
/* Configure DMA Channel 0 SFR address register : Port 7 */

```

```
    DSA0 = 0x07;
    /* Configure DMA Channel 0 RAM address register : PWM0_7[MAX_TABLE] look-up table
    */
    DRA0 = (unsigned short)&PWM0_7;
    /* Configure DMA Channel 0 byte count register : 256 */
    DBC0 = 0x0100;
    /* Start DMA Channel 0 operations */
    DST0 = 1U;
}
```

6. 参考文献

RL78/G13 用户手册 硬件篇 (R01UH0146C)

RL78 family User's Manual: Software (R01US0015E)

(最新版本请从瑞萨电子网页上取得)

技术信息/技术更新

(最新信息请从瑞萨电子网页上取得)

公司主页和咨询窗口

瑞萨电子主页

- <http://cn.renesas.com/>

咨询

- <http://www.renesas.com/inquiry>
- contact.china@renesas.com

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	要点
1.00	2014.07.31	—	初版发行
1.01	2015.03.31	3	将“DAM 通道 0 传送源”修改为“DMA 通道 0 传送源”
		6	将 8 处“PW”修改为“PWM”
		9	将“DMA 通道 0 子函数”修改为“DMA 通道 0 ISR”

所有商标及注册商标均归其各自拥有者所有。

产品使用时的注意事项

本文对适用于单片机所有产品的“使用时的注意事项”进行说明。有关个别的使用时的注意事项请参照正文。此外，如果在记载上有与本手册的正文有差异之处，请以正文为准。

1. 未使用的引脚的处理

【注意】将未使用的引脚按照正文的“未使用引脚的处理”进行处理。

CMOS产品的输入引脚的阻抗一般为高阻抗。如果在开路的状态下运行未使用的引脚，由于感应现象，外加LSI周围的噪声，在LSI内部产生穿透电流，有可能被误认为是输入信号而引起误动作。未使用的引脚，请按照正文的“未使用引脚的处理”中的指示进行处理。

2. 通电时的处理

【注意】通电时产品处于不定状态。

通电时，LSI内部电路处于不确定状态，寄存器的设定和各引脚的状态不定。通过外部复位引脚对产品进行复位时，从通电到复位有效之前的期间，不能保证引脚的状态。

同样，使用内部上电复位功能对产品进行复位时，从通电到达到复位产生的一定电压的期间，不能保证引脚的状态。

3. 禁止存取保留地址（保留区）

【注意】禁止存取保留地址（保留区）

在地址区域中，有被分配将来用作功能扩展的保留地址（保留区）。因为无法保证存取这些地址时的运行，所以不能对保留地址（保留区）进行存取。

4. 关于时钟

【注意】复位时，请在时钟稳定后解除复位。

在程序运行中切换时钟时，请在要切换成的时钟稳定之后进行。复位时，在通过使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟开始运行的系统中，必须在时钟充分稳定后解除复位。另外，在程序运行中，切换成使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟时，在要切换成的时钟充分稳定后再进行切换。

5. 关于产品间的差异

【注意】在变更不同型号的产品时，请对每一个产品型号进行系统评价测试。

即使是同一个群的单片机，如果产品型号不同，由于内部ROM、版本模式等不同，在电特性范围内有时特性值、动作容限、噪声耐量、噪声辐射量等不同。因此，在变更不认同型号的产品时，请对每一个型号的产品进行系统评价测试。

Notice

1. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation of these circuits, software, and information in the design of your equipment. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
2. Renesas Electronics has used reasonable care in preparing the information included in this document, but Renesas Electronics does not warrant that such information is error free. Renesas Electronics assumes no liability whatsoever for any damages incurred by you resulting from errors in or omissions from the information included herein.
3. Renesas Electronics does not assume any liability for infringement of patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
4. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copy or otherwise misappropriation of Renesas Electronics product.
5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.
"Standard": Computers, office equipment, communications equipment, test and measurement equipment, audio and visual equipment, home electronic appliances, machine tools, personal electronic equipment, and industrial robots etc.
"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.), traffic control systems, anti-disaster systems, anti-crime systems, and safety equipment etc.
Renesas Electronics products are neither intended nor authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems, surgical implants etc.), or may cause serious property damages (nuclear reactor control systems, military equipment etc.). You must check the quality grade of each Renesas Electronics product before using it in a particular application. You may not use any Renesas Electronics product for any application for which it is not intended. Renesas Electronics shall not be in any way liable for any damages or losses incurred by you or third parties arising from the use of any Renesas Electronics product for which the product is not intended by Renesas Electronics.
6. You should use the Renesas Electronics products described in this document within the range specified by Renesas Electronics, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range, movement power voltage range, heat radiation characteristics, installation and other product characteristics. Renesas Electronics shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of Renesas Electronics products beyond such specified ranges.
7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of its products, semiconductor products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Further, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. Please be sure to implement safety measures to guard them against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a Renesas Electronics product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult, please evaluate the safety of the final products or systems manufactured by you.
8. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. Please use Renesas Electronics products in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. Renesas Electronics assumes no liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
9. Renesas Electronics products and technology may not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations. You should not use Renesas Electronics products or technology described in this document for any purpose relating to military applications or use by the military, including but not limited to the development of weapons of mass destruction. When exporting the Renesas Electronics products or technology described in this document, you should comply with the applicable export control laws and regulations and follow the procedures required by such laws and regulations.
10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, who distributes, disposes of, or otherwise places the product with a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties as a result of unauthorized use of Renesas Electronics products.
11. This document may not be reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products, or if you have any other inquiries.
(Note 1) "Renesas Electronics" as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its majority-owned subsidiaries.
(Note 2) "Renesas Electronics product(s)" means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

以下"注意事项"为从英语原稿翻译的中文译文，仅作参考译文，英文版的"Notice"具有正式效力。

注意事项

1. 本文件中所记载的关于电路、软件和其他相关信息仅用于说明半导体产品的操作和应用实例。用户如在设备设计中应用本文件中的电路、软件和相关信息，请自行负责。对于用户或第三方因使用上述电路、软件或信息而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
2. 在准备本文件所记载的信息的过程中，瑞萨电子已尽量做到合理注意，但是，瑞萨电子并不保证这些信息都是准确无误的。用户因本文件中所记载的信息的错误或遗漏而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
3. 对于因使用本文件中的瑞萨电子产品或技术信息而造成的侵权行为或因此而侵犯第三方的专利、版权或其他知识产权的行为，瑞萨电子不承担任何责任。本文件所记载的内容不应视为对瑞萨电子或其他人所有的专利、版权或其他知识产权作出任何明示、默示或其它方式的许可及授权。
4. 用户不得更改、修改、复制或制作以其他方式部分或全部地非法使用瑞萨电子的任何产品。对于用户或第三方因上述更改、修改、复制或其他方式非法使用瑞萨电子产品的行为而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
5. 瑞萨电子产品根据其质量等级分为两个等级：“标准等级”和“高质量等级”。每种瑞萨电子产品的推荐用途均取决于产品的质量等级，如下所示：
标准等级： 计算机、办公设备、通讯设备、测试和测量设备、视听设备、家用电器、机械工具、个人电子设备以及工业机器人等。
高质量等级： 运输设备（汽车、火车、轮船等）、交通控制系统、防灾系统、预防犯罪系统以及安全设备等。
瑞萨电子产品无意用于且未被授权用于可能对人类生命造成直接威胁的产品或系统以及可能造成人身伤害的产品或系统（人工生命维持装置或系统、植入体内的装置等）中，或者可能造成重大财产损失的产品或系统（核反应堆控制系统、军用设备等）中。在将每种瑞萨电子产品用于某种特定应用之前，用户应先确认其质量等级。不得将瑞萨电子产品用于超出其设计用途之外的任何应用。对于用户或第三方因将瑞萨电子产品用于其设计用途之外而遭受的任何损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
6. 使用本文件中记载的瑞萨电子产品时，应在瑞萨电子指定的范围内，特别是在最大额定值、电源工作电压范围、移动电源电压范围、热辐射特性、安装条件以及其他产品特性的范围内使用。对于在上述指定范围之外使用瑞萨电子产品而产生的故障或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
7. 虽然瑞萨电子一直致力于提高瑞萨电子产品的质量和可靠性，但是，半导体产品有其自身的具体特性，如一定的故障发生率以及在某些使用条件下会发生故障等。此外，瑞萨电子产品均未进行防辐射设计。所以请采取安全保护措施，以避免当瑞萨电子产品在发生故障而造成火灾时导致人身事故、伤害或损害的事故。例如进行软硬件安全设计（包括但不限于冗余设计、防火控制以及故障预防等）、适当的老化处理或其他适当的措施等。由于难于对微机电系统单独进行评估，所以请用户自行对最终产品或系统进行安全评估。
8. 关于环境保护方面的详细内容，例如每种瑞萨电子产品的环境兼容性等，请与瑞萨电子的营业部门联系。使用瑞萨电子产品时，请遵守对管制物质的使用或含量进行管理的所有相关法律法规（包括但不限于《欧盟RoHS指令》）。对于因用户未遵守相关法律法规而导致的损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
9. 不可将瑞萨电子产品和技术用于或者嵌入日本国内或海外相应的法律法规所禁止生产、使用及销售的任何产品或系统中。也不可将本文件中记载的瑞萨电子产品或技术用于与军事应用或者军事用途有关的目的（如大规模杀伤性武器的开发等）。在将本文件中记载的瑞萨电子产品或技术进行出口时，应当遵守相应的出口管制法律法规，并按照上述法律法规所规定的程序进行。
10. 向第三方分销或处分产品或者以其他方式将产品置于第三方控制之下的瑞萨电子产品买方或分销商，有责任事先向上述第三方通知本文件规定的内容和条件；对于用户或第三方因非法使用瑞萨电子产品而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
11. 在事先未得到瑞萨电子书面认可的情况下，不得以任何形式部分或全部转载或复制本文件。
12. 如果对本文件所记载的信息或瑞萨电子产品有任何疑问，或者用户有任何其他疑问，请向瑞萨电子的营业部门咨询。
(注1) 瑞萨电子：在本文件中指瑞萨电子株式会社及其控股子公司。
(注2) 瑞萨电子产品：指瑞萨电子开发或生产的任何产品。



SALES OFFICES

Renesas Electronics Corporation

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/>" for the latest and detailed information.

Renesas Electronics America Inc.
2801 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95050-2549, U.S.A.
Tel: +1-408-588-6000, Fax: +1-408-588-6130

Renesas Electronics Canada Limited
9251 Yonge Street, Suite 5309 Richmond Hill, Ontario Canada L4C 9T3
Tel: +1-905-237-2004

Renesas Electronics Europe Limited
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K
Tel: +44-1628-585-100, Fax: +44-1628-585-900

Renesas Electronics Europe GmbH
Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany
Tel: +49-211-6503-0, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.
Room 1709, Quantum Plaza, No.27 ZhiChunLu Haidian District, Beijing 100191, P.R.China
Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.
Unit 301, Tower A, Central Towers, 555 Langao Road, Putuo District, Shanghai, P. R. China 200333
Tel: +86-21-2226-0888, Fax: +86-21-2226-0999

Renesas Electronics Hong Kong Limited
Unit 1601-1611, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2265-6668, Fax: +852-2886-9022

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.
13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei 10543, Taiwan
Tel: +886-2-8175-9600, Fax: +886-2-8175-9670

Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.
80 Bendemeer Road, Unit #05-02 Hyflux Innovation Centre, Singapore 339949
Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.
Unit 1207, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jin Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

Renesas Electronics India Pvt. Ltd.
No.777C, 100 Feet Road, HAL II Stage, Indiranagar, Bangalore, India
Tel: +91-80-67208700, Fax: +91-80-67208777

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.
12F., 234 Teheran-ro, Gangnam-Gu, Seoul, 135-080, Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-8141