

PWM模块

程晨闻
电气工程学院



➤ 通用定时器

– 通用定时器的用途

- 时间测量（电网电压频率测量，超声波测距）
- 定时控制（舵机控制、晶闸管触发）

– TM4C1294的通用定时器模块

- 8个定时器模块，每个模块有2个16位定时器，可级联

– 32位单次/周期计数功能

- 类比SysTick和看门狗

– 16位边沿定时功能

- 管脚边沿触发
- 计数值捕捉存放于GPTMTnR寄存器



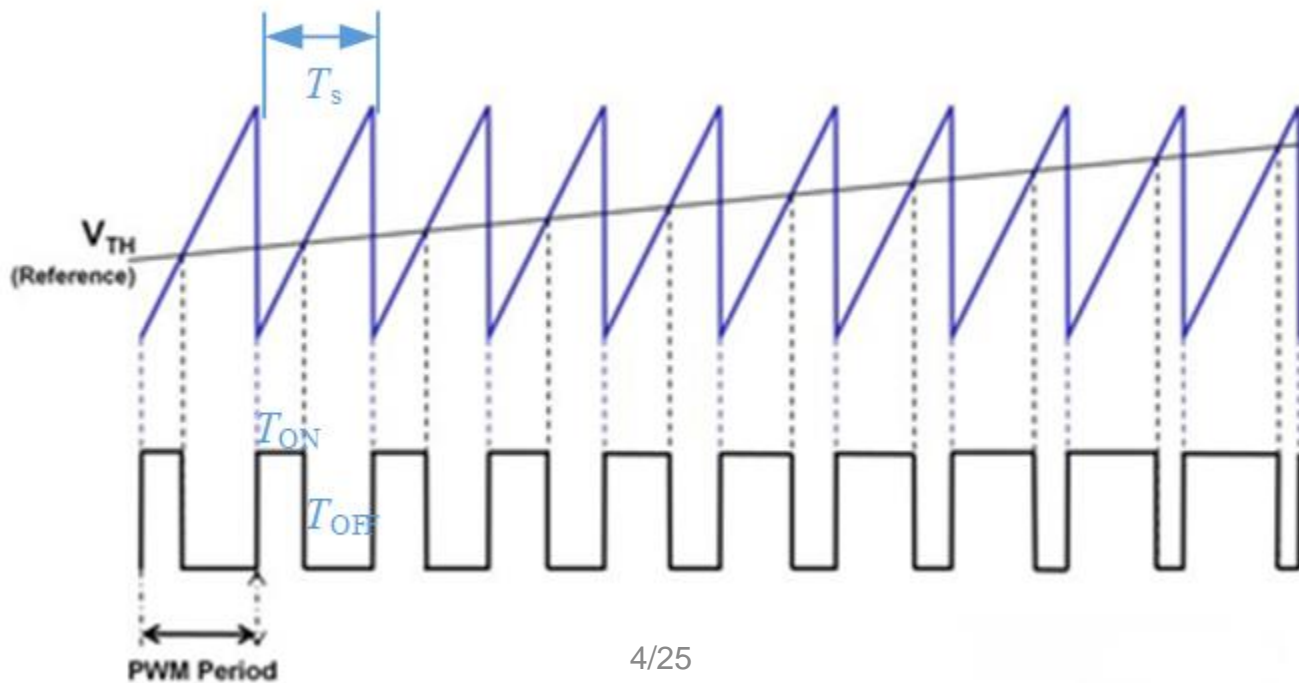
➤ 脉冲宽度调制 (Pulse Width Modulation, PWM)

- 简称：脉宽调制
- 将**模拟信号**变换为**脉冲电压**的技术
- 一般变换后脉冲的**周期固定**，但一个周期内脉冲的宽度会依模拟信号的大小而改变，从而使一个周期内的脉冲的平均电压与给定**模拟信号**呈线性关系



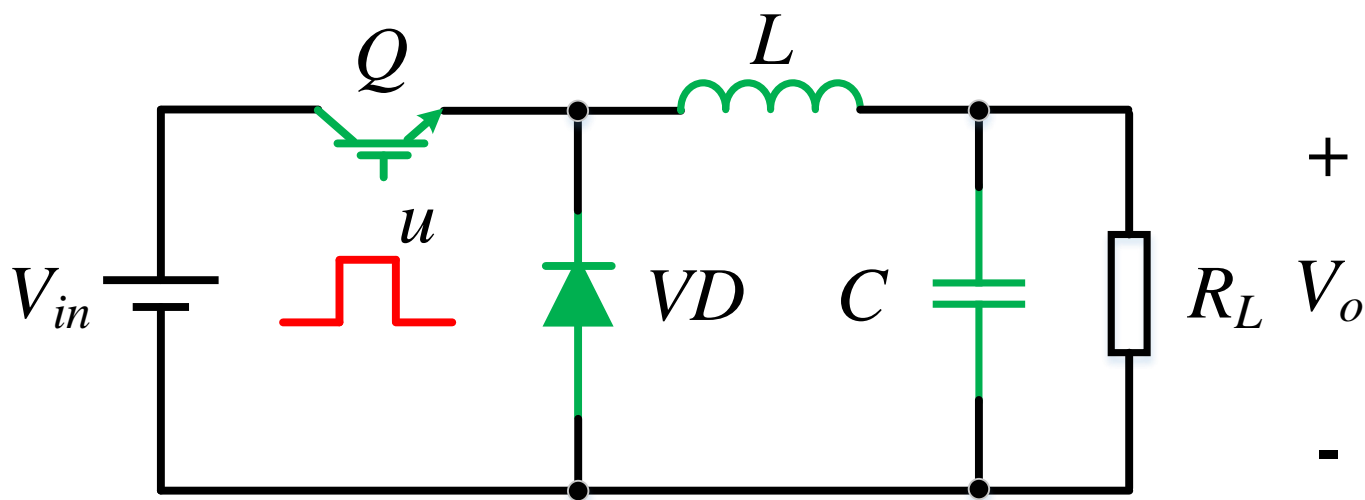
➤ 脉冲宽度调制 (Pulse Width Modulation, PWM)

- PWM脉冲一般由载波和调制波比较获得
- 载波一般为**锯齿波**或**三角波**
- 锯齿波或三角波的周期被称为载波周期 (PWM period) 或开关周期 (Switching period), 记为 T_s
- 调制波为一个载波周期内, 期望输出的**电压平均值**
- 一个载波周期内, 输出高电平的时间所占的比例, 称作占空比 D(Duty Cycle), $D = T_{ON} / T_s$



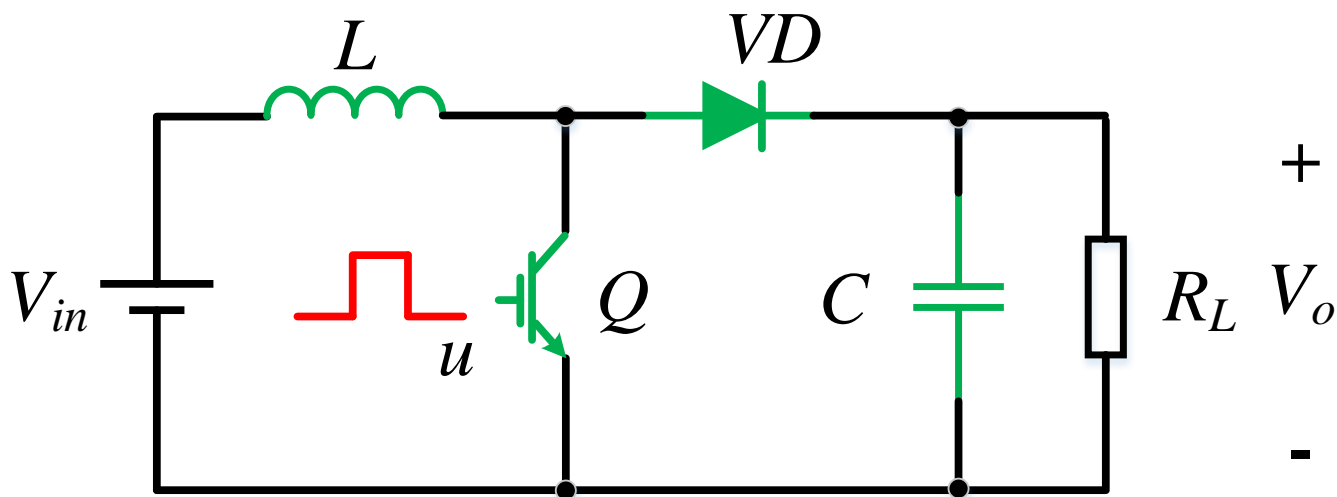
➤ PWM技术的应用

– Buck变换器



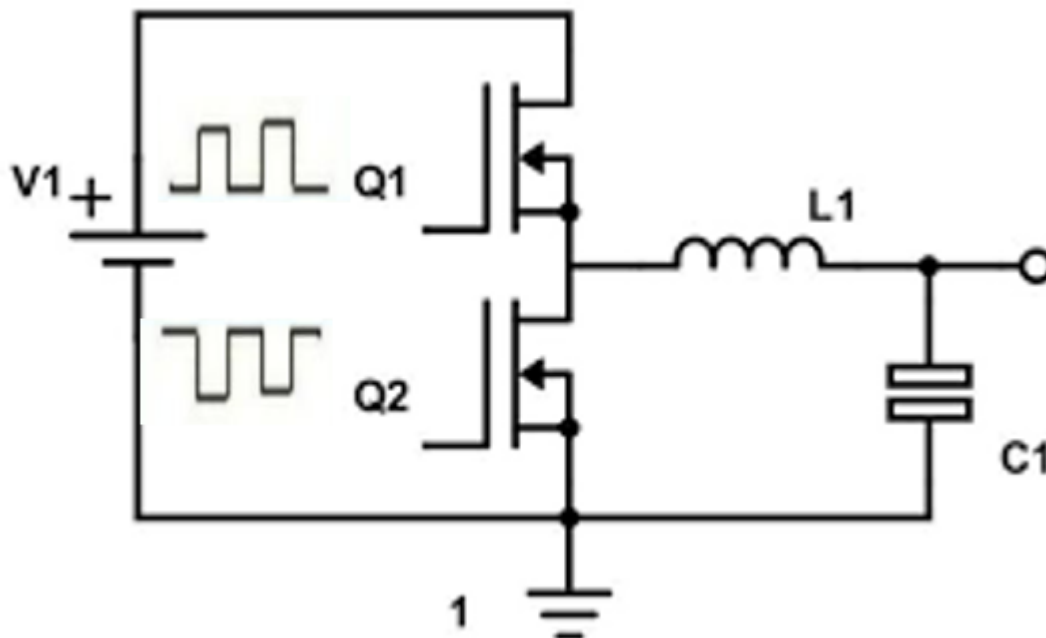
➤ PWM技术的应用

– Boost变换器



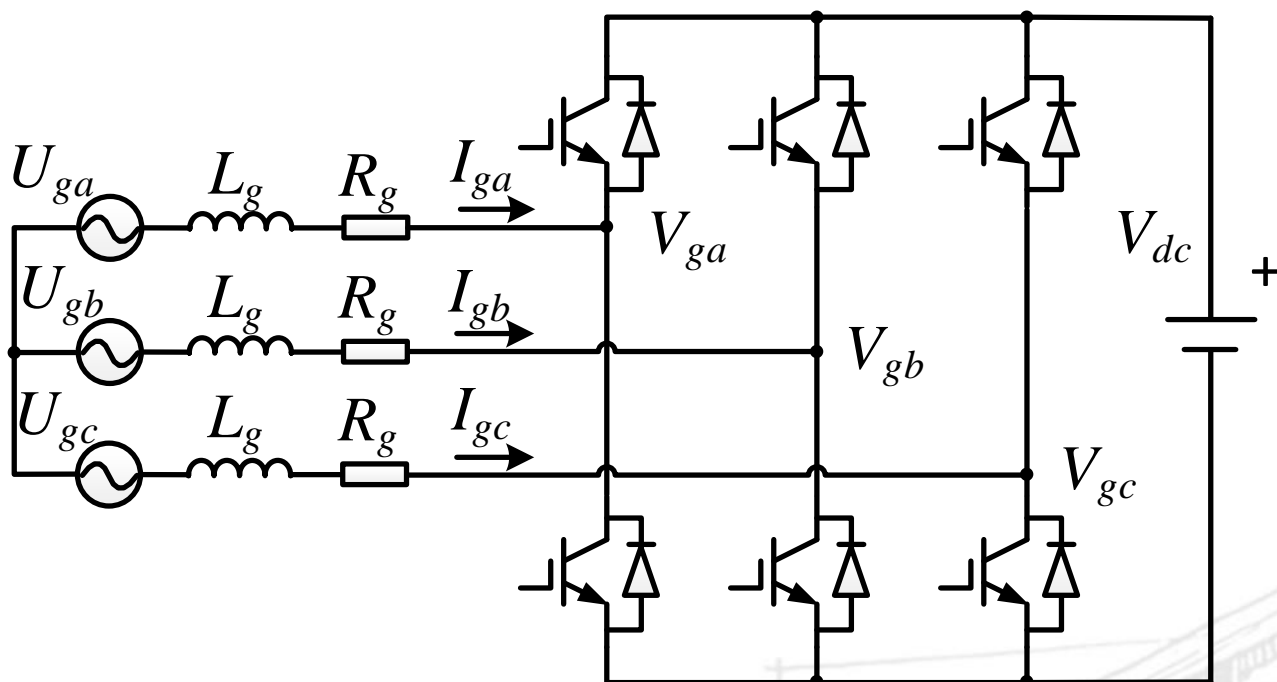
➤ PWM技术的应用

– 同步整流变换器



➤ PWM技术的应用

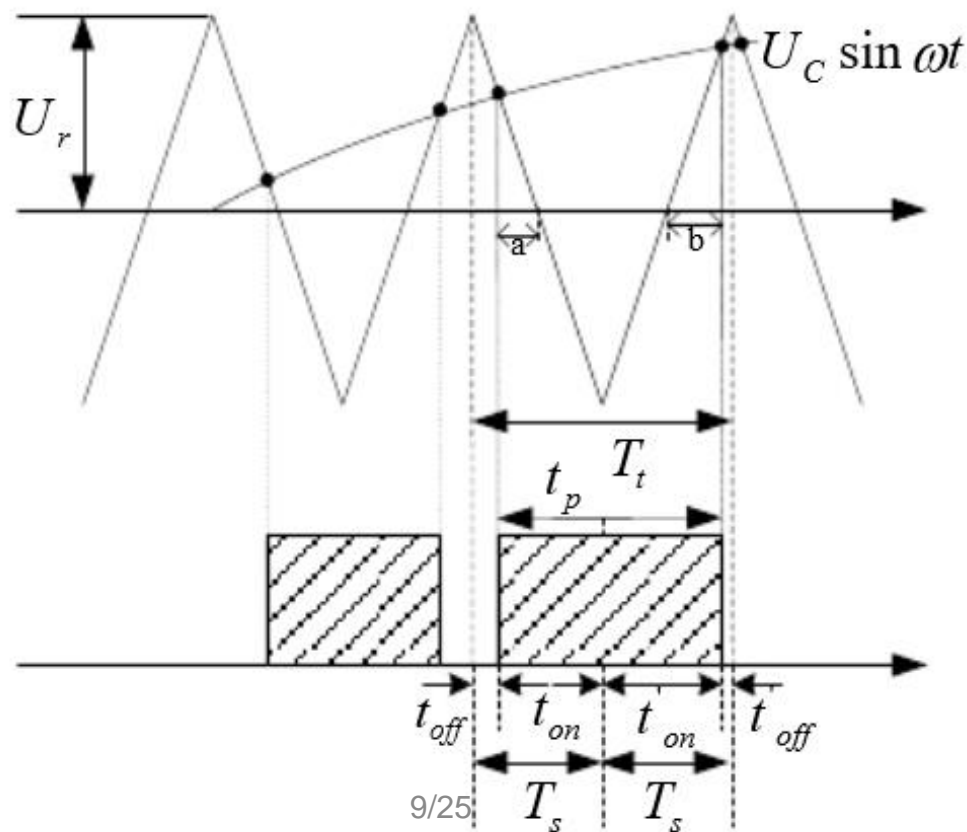
– 电压源逆变器



➤ PWM脉冲的生成方式

– 自然采样法

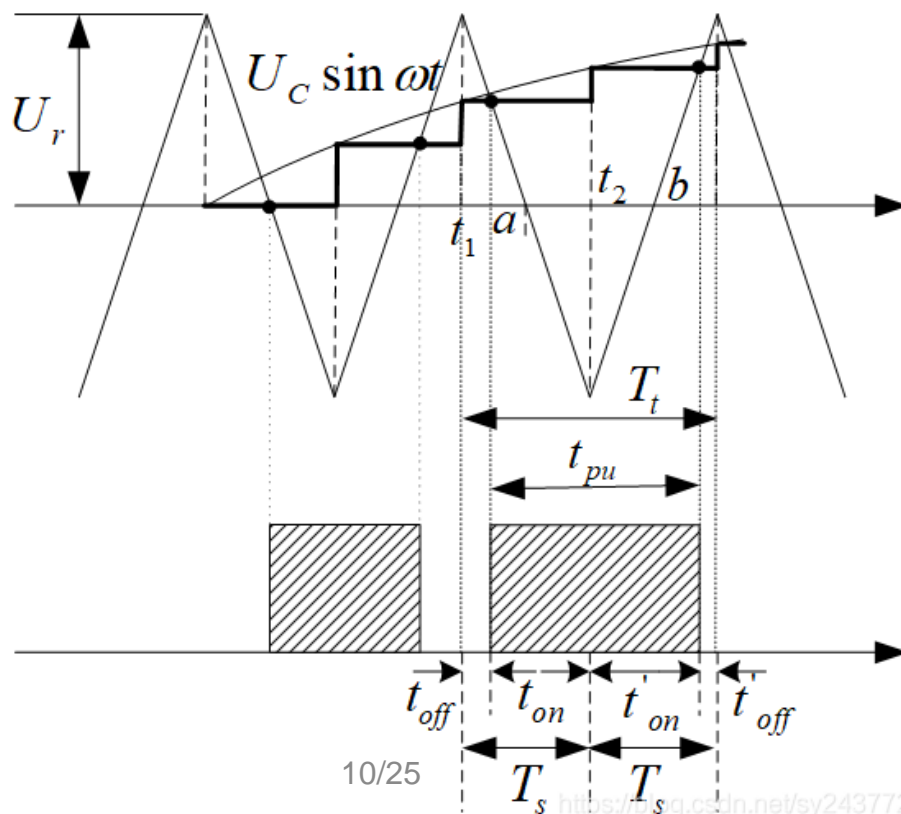
- 常用模拟器件实现
- 载波与调制波实时比较



➤ PWM脉冲的生成方式

– 规则采样法

- 利用微控制器实现PWM的常用技术，广泛应用于测量，通信，功率控制与变换等许多领域
- 按照一定的规则对调制波进行采样，其余时间调制波不变



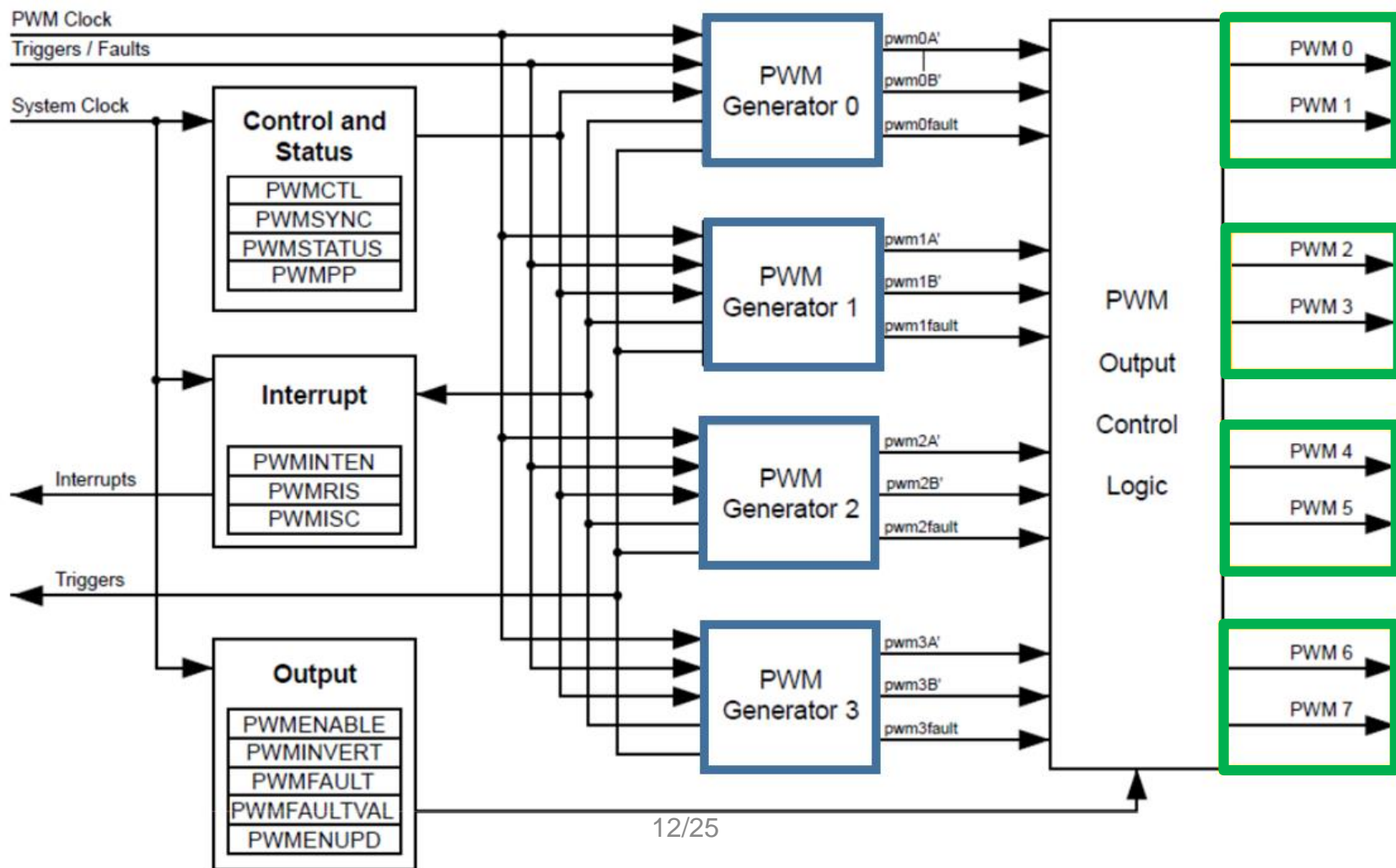
➤ TM4C1294的PWM模块

- 提供了4个PWM发生器
- 每个PWM发生器有一个16位计数器
- 使用规则采样法生成8路PWM输出信号
 - 四个PWM发生器分别是PWM_GEN_0, PWM_GEN_1, PWM_GEN_2和PWM_GEN_3
 - PWM_GEN_0产生PWM0和PWM1
 - PWM_GEN_1产生PWM2和PWM3
 - PWM_GEN_2产生PWM4和PWM5
 - PWM_GEN_3产生PWM6和PWM7



➤ TM4C1294的PWM模块

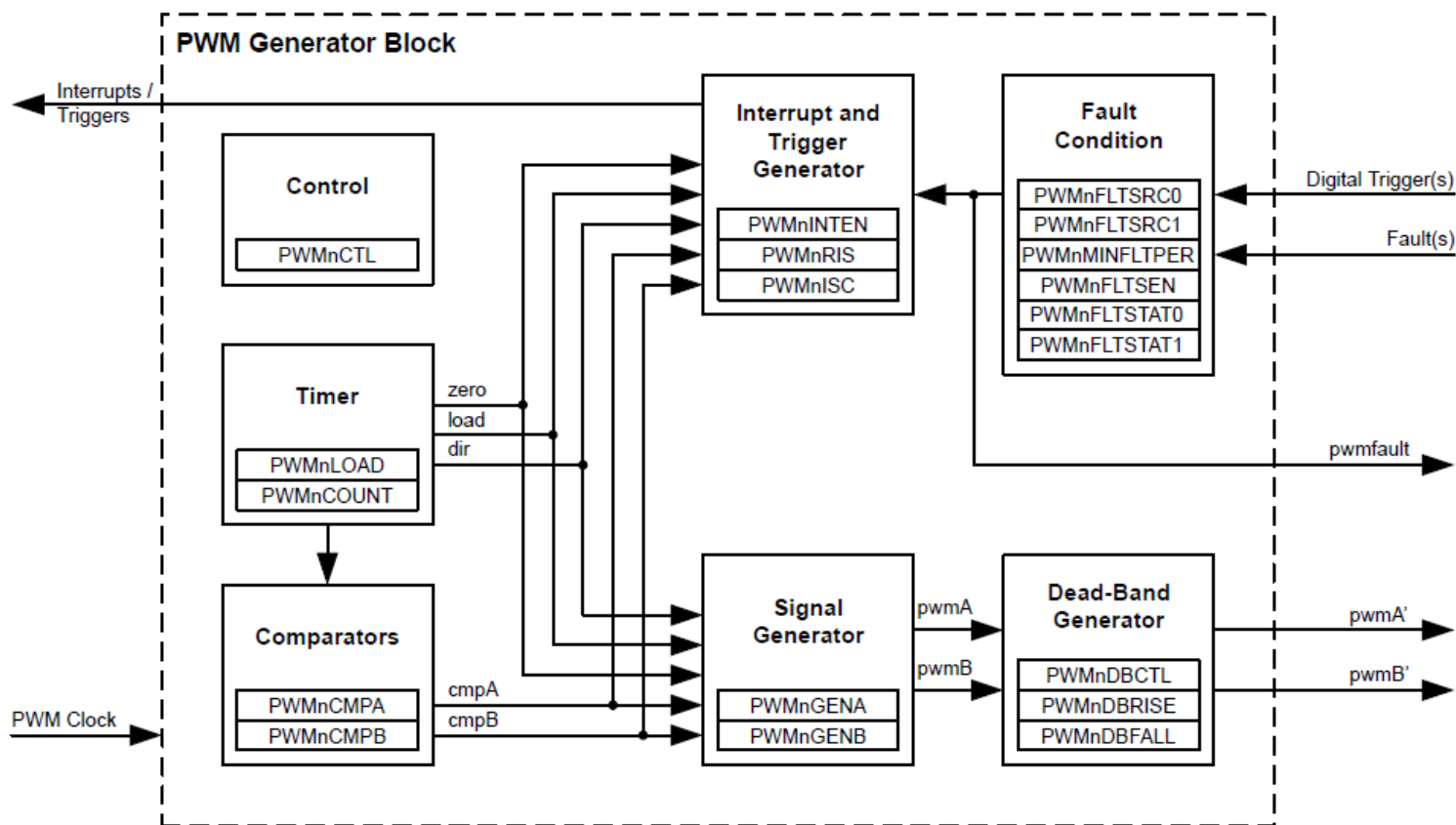
- 提供了4个PWM发生器
- 使用规则采样法生成8路PWM输出信号



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器

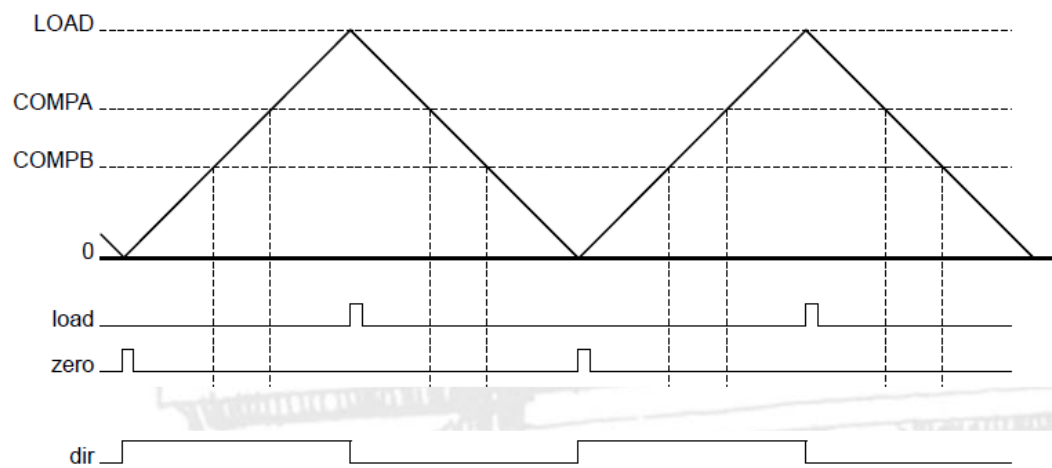
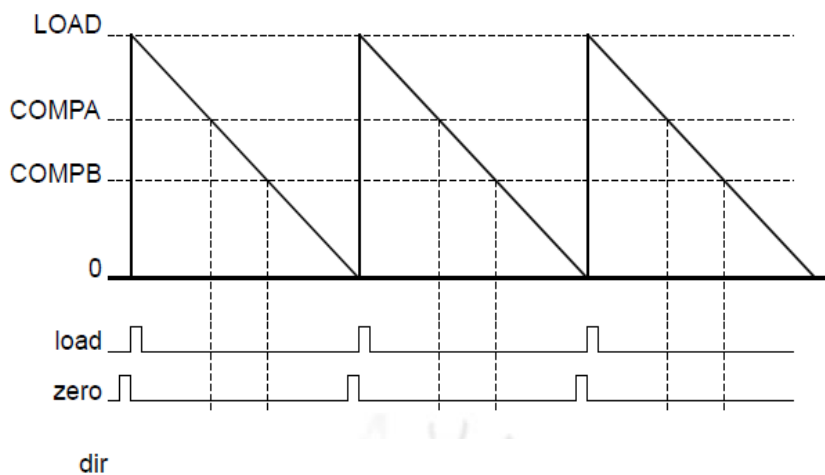
- 由**计数器**模块、**比较器**模块、**信号发生器**模块、**死区发生器**模块、**控制寄存器**、**中断控制器**、**故障处理**等模块组成



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器---计数器

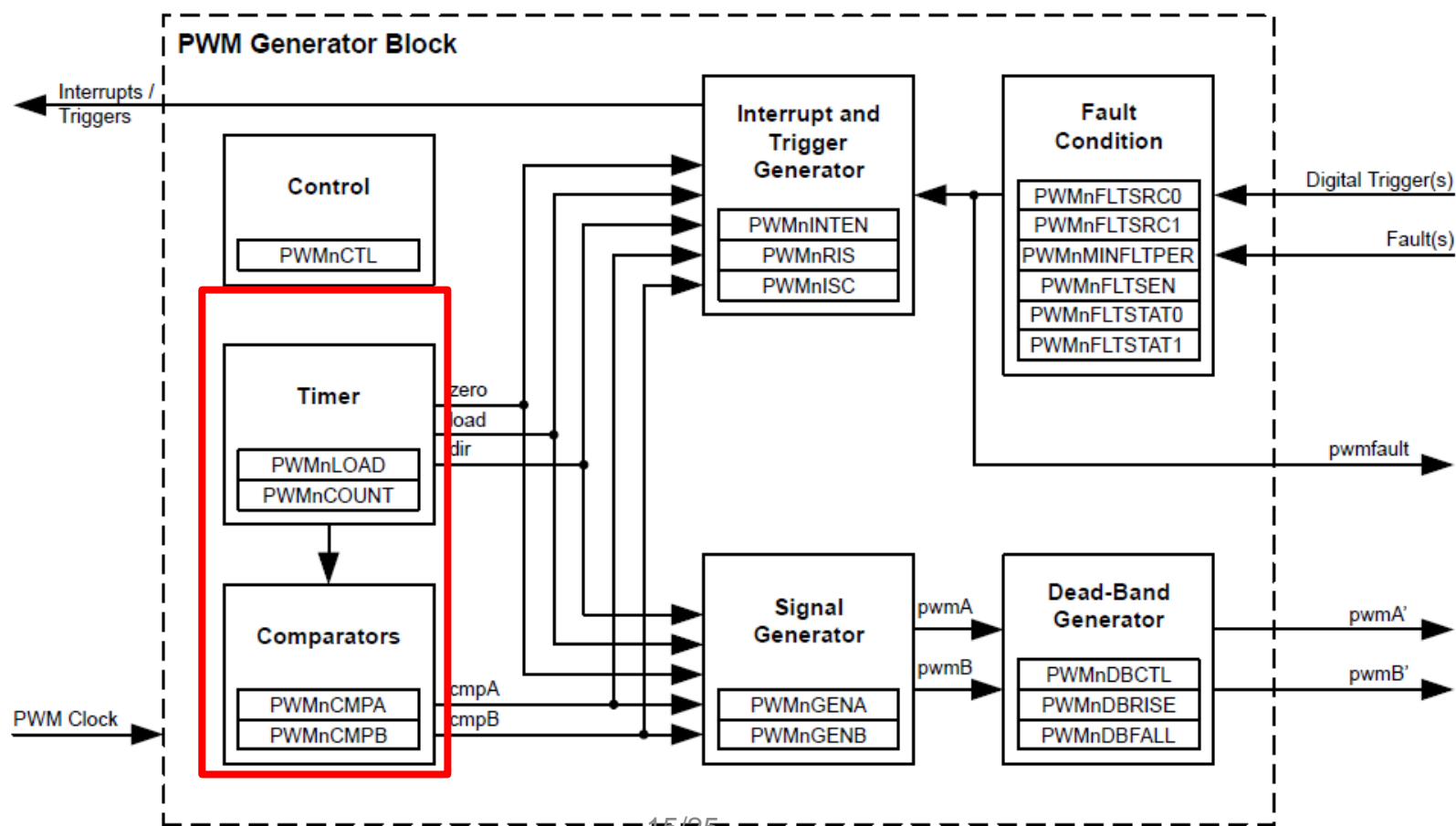
- 用计数器模拟载波，可以模拟锯齿波，也可以模拟三角波
- 16位计数
- 计数器的计数值 (**COUNT**) 从**0**开始计数，计数的最大值记做**LOAD**,
- 计数到**0**，发出**zero**信号；计数到**LOAD**，发出**load**信号
- **Dir**信号指示计数方向



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器---比较器

- PWM发生器的比较器模块中，有两个比较寄存器，计做**COMP A**和**COMP B**，用于模拟调制波



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器---比较器

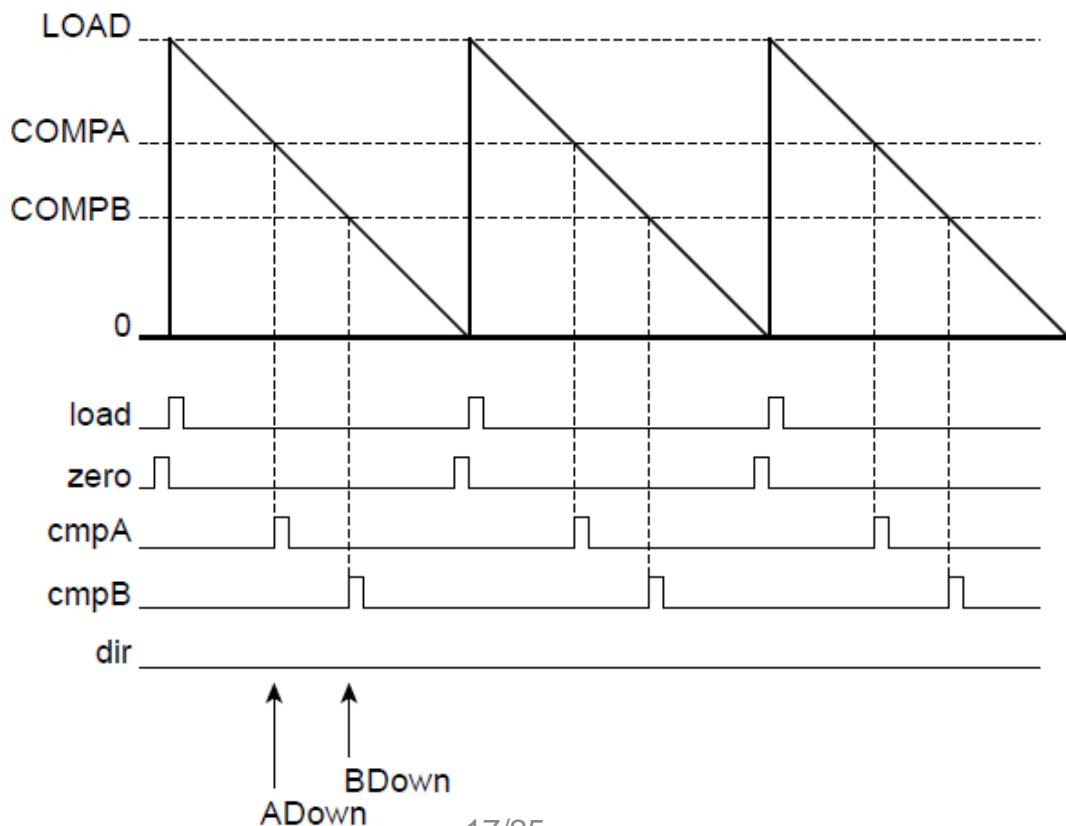
- PWM发生器的比较器模块中，有两个比较寄存器，计做**COMPA**和**COMPB**，用于模拟调制波
- 计数器在计数的过程中，不断的跟这两个寄存器的值比较
 - ❖ 如果计数值 (COUNT) 与COMPA相等，就产生**compA**事件
 - » 如果当前计数器正在向下计数，那么产生的**compA**事件称作**ADown**
 - » 如果当前计数器正在向上计数，那么产生的**compA**事件，称作**AUp**
 - ❖ 如果计数值 (COUNT) 与COMPB相等，就产生**compB**事件
 - » 如果当前计数器正在向下计数，那么产生的**compB**事件称作**BDown**
 - » 如果计数器正在向上计数，那么产生的**compB**事件，称作**BUp**



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器---比较器

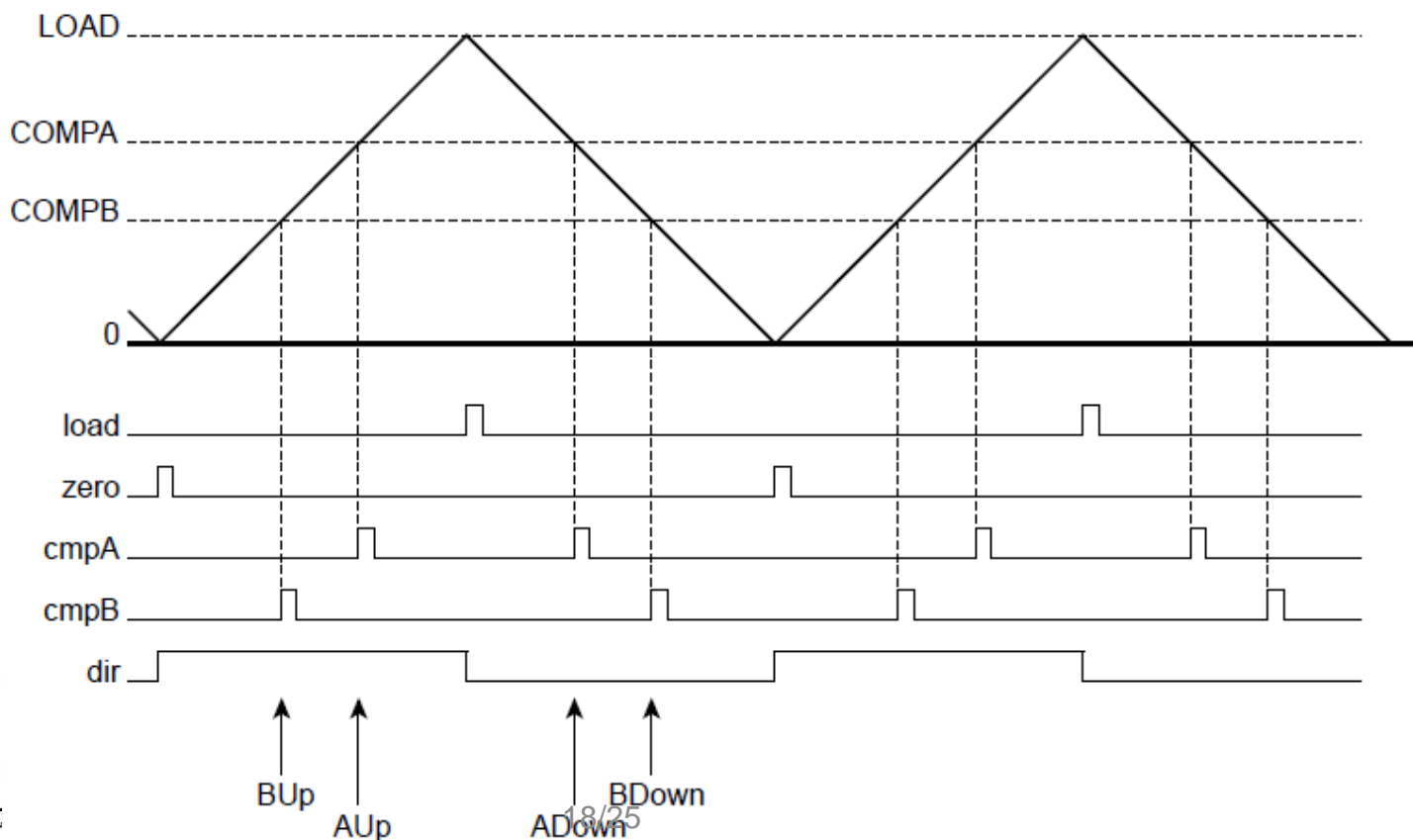
- PWM发生器的比较器模块中，有两个比较寄存器，计做**COMPA**和**COMPB**，用于模拟调制波
- 计数器在计数的过程中，不断的跟这两个寄存器的值比较



➤ TM4C1294的PWM模块

— PWM发生器---比较器

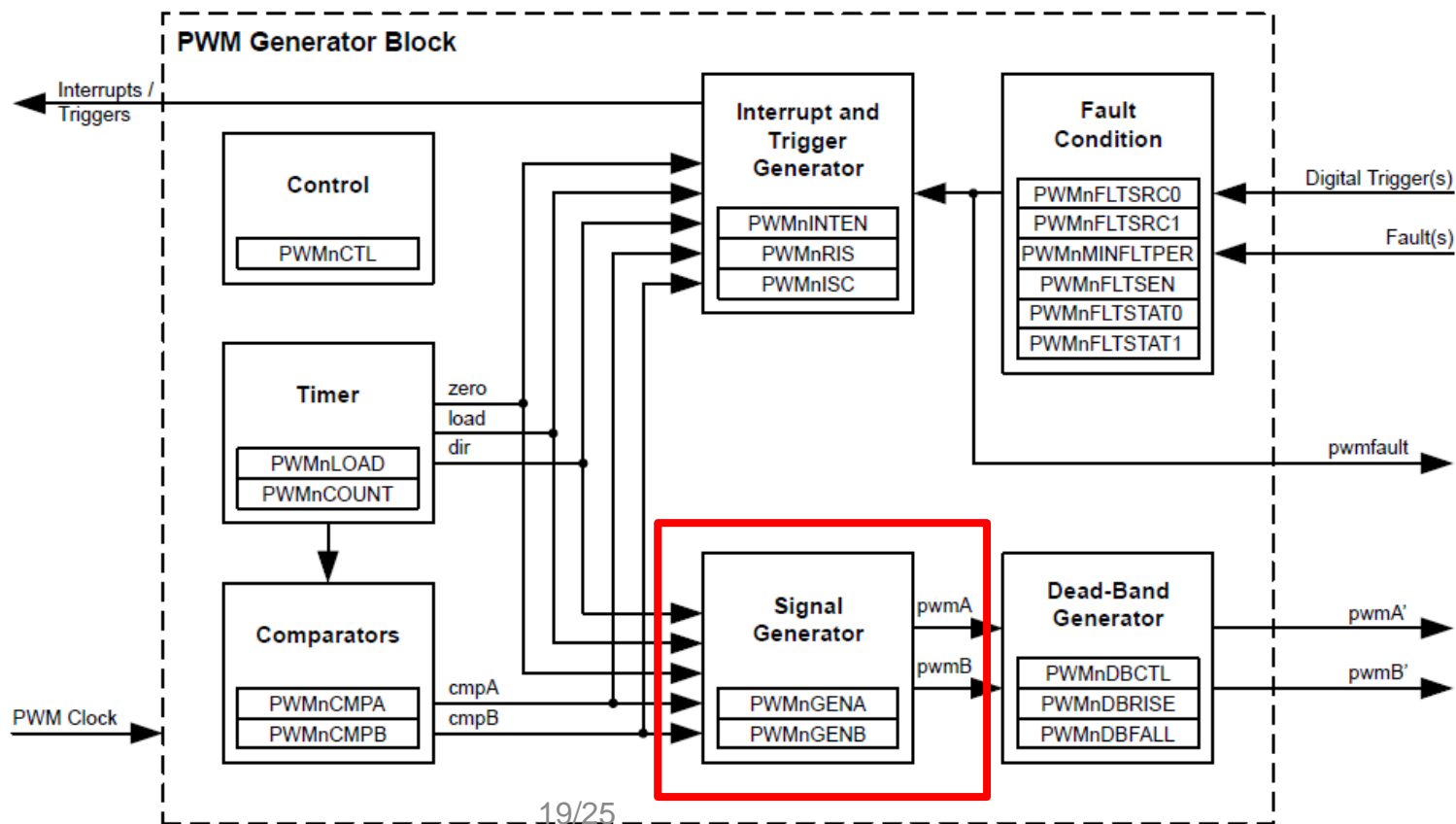
- PWM发生器的比较器模块中，有两个比较寄存器，计做**COMPA**和**COMPB**，用于模拟调制波
- 计数器在计数的过程中，不断的跟这两个寄存器的值比较



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器---信号发生器

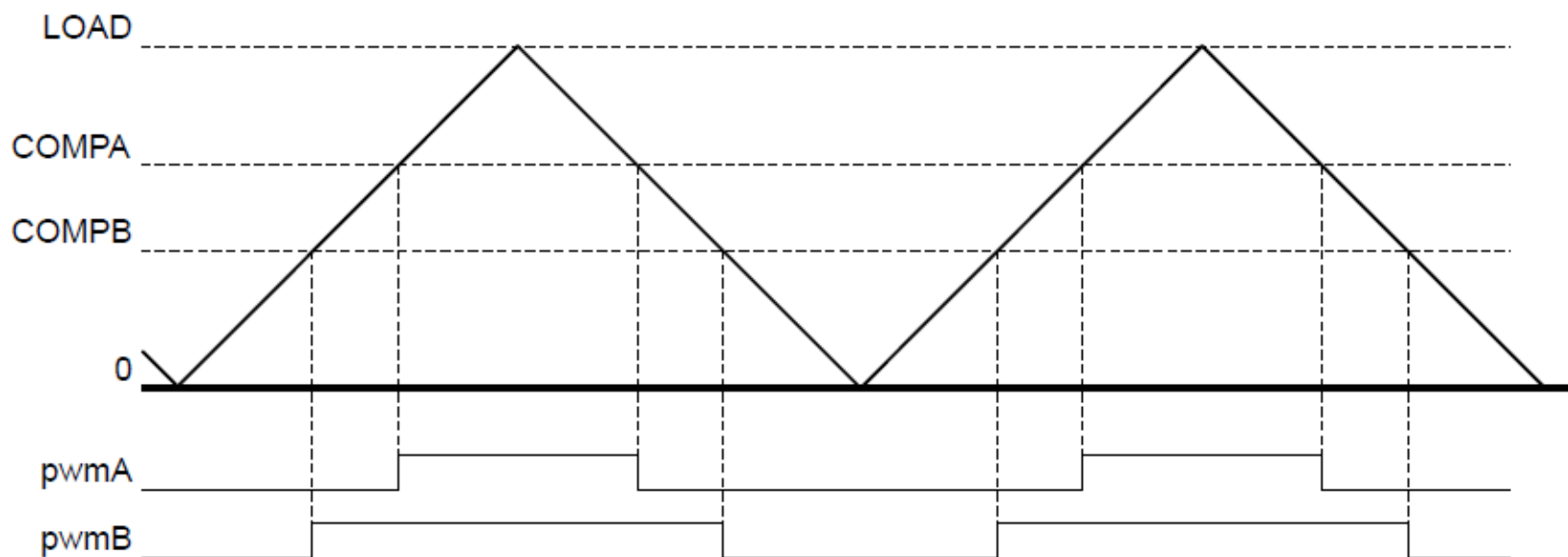
- **load**、**zero**、**compA** (**AUp**、**ADown**)、**compB** (**BUp**、**BDown**)、**dir**这几个事件在信号发生器中经过处理，产生PWM信号**pwmA**和**pwmB**



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器---信号发生器

- load、zero、compA (AUp、ADown)、compB (BUp、BDown)、dir这几个事件在信号发生器中经过处理，产生PWM信号pwmA和pwmB



AUp: 设置pwmA为高电平
Adown: 设置pwmA为低电平
占空比 $D = (LOAD - COMP_A) / LOAD$

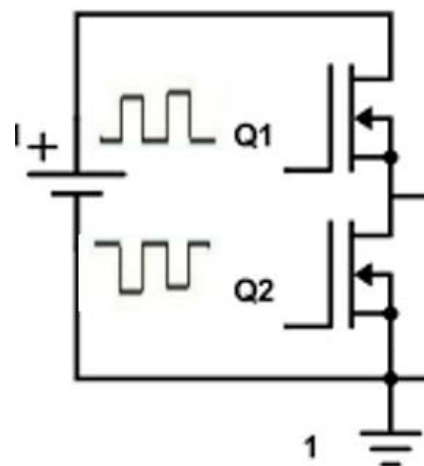
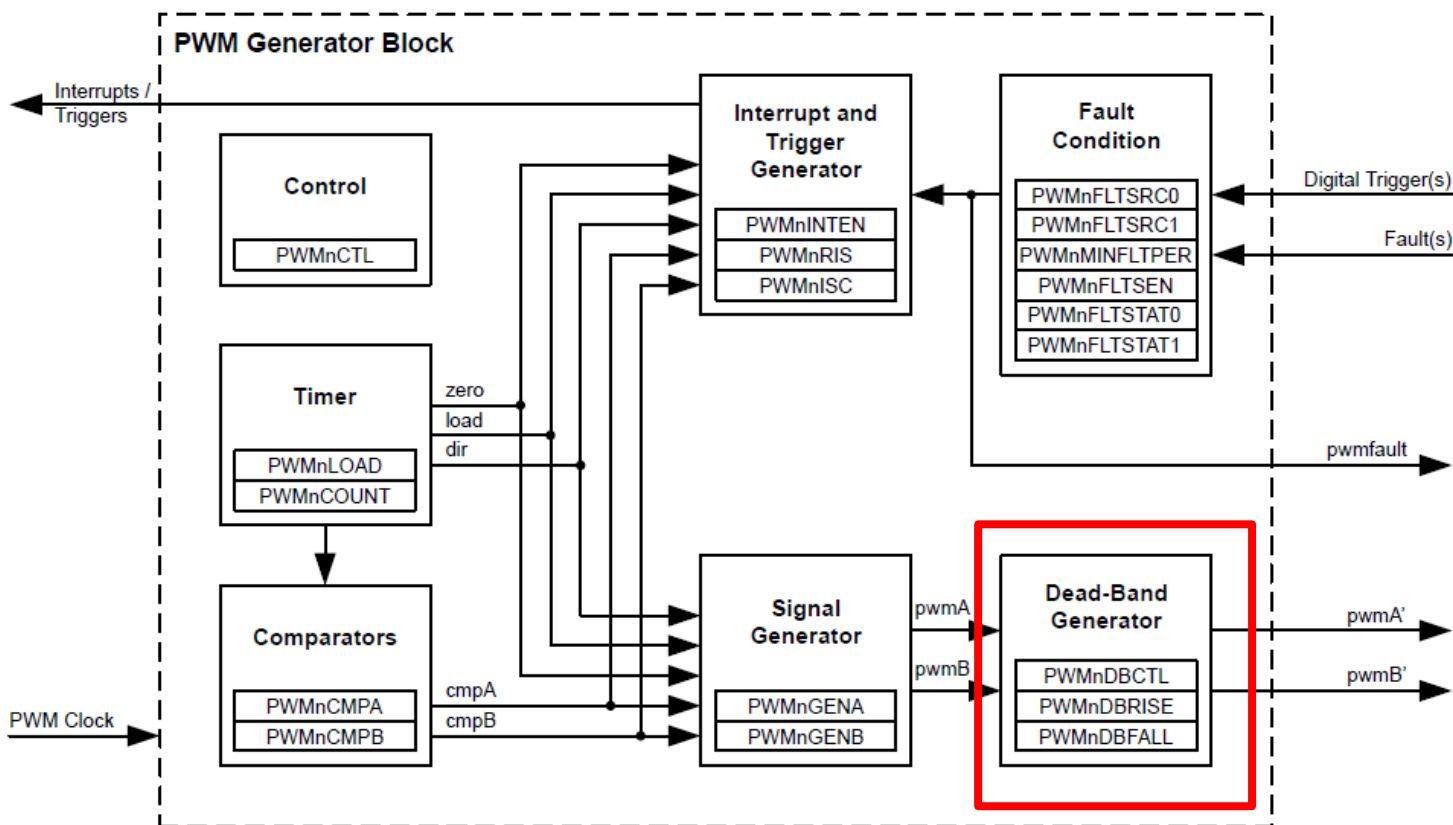
BUp: 设置pwmB为高电平
Bdown: 设置pwmB为低电平
 $D = (LOAD - COMP_B) / LOAD$



➤ TM4C1294的PWM模块

— PWM发生器---死区发生器

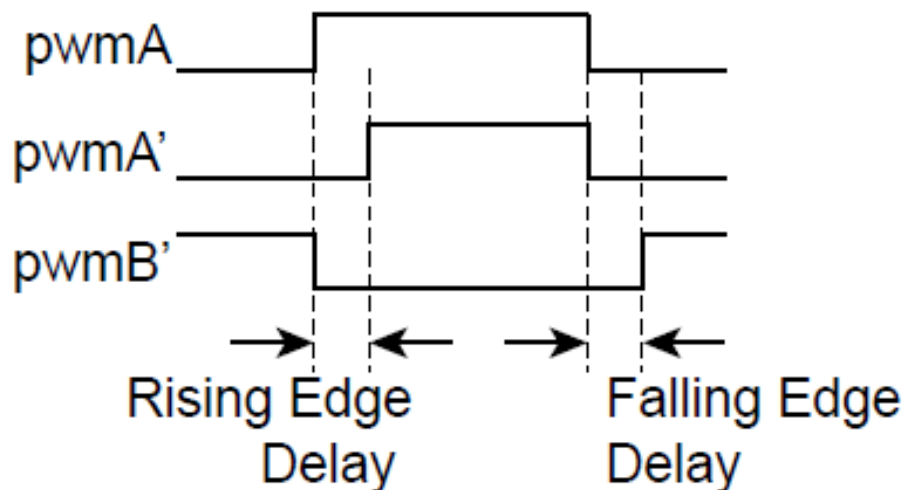
- 同步整流变换器和电压源逆变器需要带**死区**的互补PWM信号，驱动一个桥臂的上管和下管



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM发生器---死区发生器

- 死区发生器对pwmA和pwmB信号进行整形，插入死区，产生pwmA'和pwmB'信号
 - 如果不使用死区功能，死区发生器处于**直通**模式，pwmA信号直接变成pwmA'信号。pwmB信号直接变成pwmB'信号
 - 如果使用死区功能，**pwmB信号被忽略**；死区发生器实际上是一个延迟开通单元，延迟开通的时间可以设定



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM输出控制逻辑

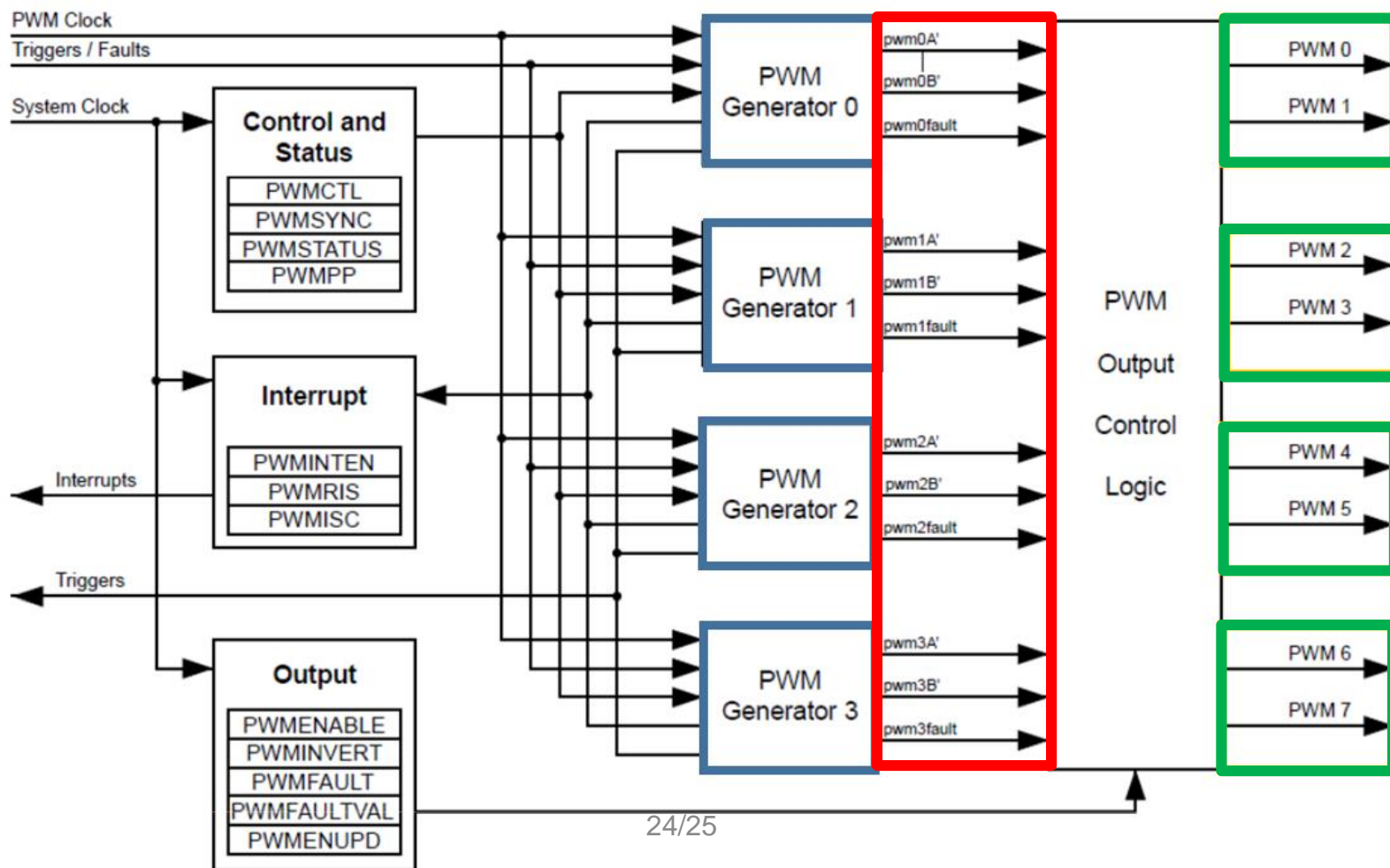
- PWM发生器模块最终产生的信号为pwmA'和pwmB'
 - PWM_GEN_0产生的pwmA'和pwmB'信号记作pwm0A'和pwm0B'
 - PWM_GEN_1产生的pwmA'和pwmB'信号记作pwm1A'和pwm1B'
 - PWM_GEN_2产生的pwmA'和pwmB'信号记作pwm2A'和pwm2B'
 - PWM_GEN_3产生的pwmA'和pwmB'信号记作pwm3A'和pwm3B'
- PWM输出控制逻辑模块可以控制pwmXA'和pwmXB' (X=0,1,2,3) 信号最终是否输出到M0PWMY (Y=0,1,2,3,4,5,6,7)引脚上



➤ TM4C1294的PWM模块

– PWM输出控制逻辑

- PWM输出控制逻辑模块可以控制pwmXA'和pwmXB' (X=0,12,3) 信号最终是否输出到M0PWMY (Y=0,1,2,3,4,5,6,7)引脚上



谢谢!

