

## Descrição do Código:

Este programa faz a modulação por largura de pulso (PWM) no pino PTB0 para controlar a velocidade de um cooler.

Com o cooler ligado em conformidade com o proposto no roteiro, o mesmo começa parado e aumenta ou diminui sua velocidade de 10% em 10% conforme os comandos do usuário.

Para aumentar a velocidade do cooler o usuário pode pressionar a tecla "+" no terminal ou pressionar o botão S1 (NMI) da placa.

Para diminuir a velocidade do cooler o usuário pode pressionar a tecla "-" no terminal ou pressionar o botão S2 (IRQ5) da placa.

## Respostas das perguntas

1. É um sinal de pulsos de proporção não uniforme que visa executar a modulação de tensão em um circuito digital. PWM significa Modulação da Largura de Pulso.
2. Low Power Timer/PWM Module (LPTPM) é um temporizador que suporta captura de entrada, comparação de saída e a geração de sinais PWM. Utiliza-se o registrador Counter (TPMx\_CNT) para ter acesso ao valor atual.
3. O contador do LPTPM incrementa a cada pulso de clock recebido após a filtragem do prescaler. Logo, para controlar o tempo que o contador demora para incrementar uma unidade, devemos primeiro selecionar a fonte de clock (do próprio controlador ou externo) e selecionar o valor de divisão do prescaler (que dividirá a frequência do clock selecionado por um valor pré determinado).
4. O registrador MOD guarda o valor máximo que o contador do LPTPM irá atingir. No nosso código, após o valor ser atingido, o contador decrementa de uma em uma unidade até zero e recomeça o ciclo, mas poderia resetar após atingir o valor salvo em MOD.
5. Cada canal representa uma das possíveis saídas ou entradas de um dos TPM do controlador. Neste programa, a utilização do canal (CH0) foi para saída como um gerador de PWM de alinhamento central. O canal está relacionado com o pino no qual se deseja gerar pwm de forma que ele é a ponte entre o hardware que comanda o contador e o pino que receberá o sinal.  
Todos os pinos cujo MUX permite-os se ligarem a canais de algum dos módulos TPM podem executar função do TPM.
6. É uma interrupção gerada devido ao contador ter atingido o valor salvo em MOD e incrementado em seguida, chamando assim uma função de tratamento (caso esteja ativada) que pode ou não ser implementada pelo programador. Ela é chamada

sempre que o contador do LPTPM atinge um valor igual ao salvo em MOD e incrementa.

7. Não é necessário caso se esteja utilizando um dos pinos com acesso a canais dos TPM, pois o próprio hardware controla quando estes são setados ou resetados adequadamente. A interrupção poderia ser utilizada caso se desejasse marcar um certo período de tempo fixo onde esta seria invocada recorrentemente. Caso fosse necessário utilizar o pwm num pino não PWM (um pino sem conexão a um dos canais dos TPM), poderia-se invocar a função de interrupção contando quantas vezes esta foi chamada e estabelecermos um critério de contagem para setarmos ou resetarmos o pino através de seu GPIO. Assim, poderíamos também fazer PWM num pino sem conexão a TPMs.
8. É um modo no qual, após o counter atingir valor igual ao salvo em MOD, o counter irá começar a decrementar de uma em uma unidade até zerar, recomeçando o ciclo em seguida. O registrador TPM1\_SC deve ter o pino 5 (CPWMS) setado em ALTO, para habilitar o modo center aligned PWM. Em seguida, deve-se setar os pinos ELSB e MSB de TPM1\_C0SC para que o canal a ser utilizado funcione do modo que pretendemos.
9. O Edge-aligned PWM faz com que o início do pulso ALTO de PWM de todos os canais deste TPM coincida com o início do período de contagem do contador do LPTPM. No modo Center-Aligned PWM, o pulso de ALTO de PWM ocorre sempre que o valor do contador do LPTPM está acima ou abaixo (de acordo com a configuração de TPM1\_C0SC) do valor salvo no registrador TPM1\_CnV (sendo n o canal selecionado). No modo center-aligned, os pulsos de diferentes canais não começam no mesmo momento.
10. Para configurar o Center Aligned PWM, o registrador TPM1\_SC deve ter o pino 5 (CPWMS) setado em ALTO, para habilitar o modo center aligned PWM. Em seguida, deve-se setar os pinos ELSB e MSB de TPM1\_C0SC para que o canal a ser utilizado funcione do modo que pretendemos.

O período do pulso é configurado calculando-se qual é o período gasto a cada período do clock sendo recebido pelo contador do LPTPM (já levando em consideração a fonte do clock e o prescaler) e definindo até quanto o contador irá incrementar (valor de MOD). Assim, o valor do período do pulso de PWM será  $2 \times [\text{período do clock utilizado}] \times [\text{valor salvo em MOD}]$ .

Para configurar a largura do pulso em ALTO neste modo, devemos setar em TPM1\_C0V o valor de match (valor que, ao ser atingido pelo contador incrementando, faz o canal setar e, ao ser atingido pelo contador decrementando, faz o canal resetar). Desta forma, a largura do pulso será dada por  $[\text{período do PWM}] \times [\text{TPM1\_C0V}] / [\text{TPM1\_MOD}]$ .