

ES 670

Projeto de Sistemas Embarcados

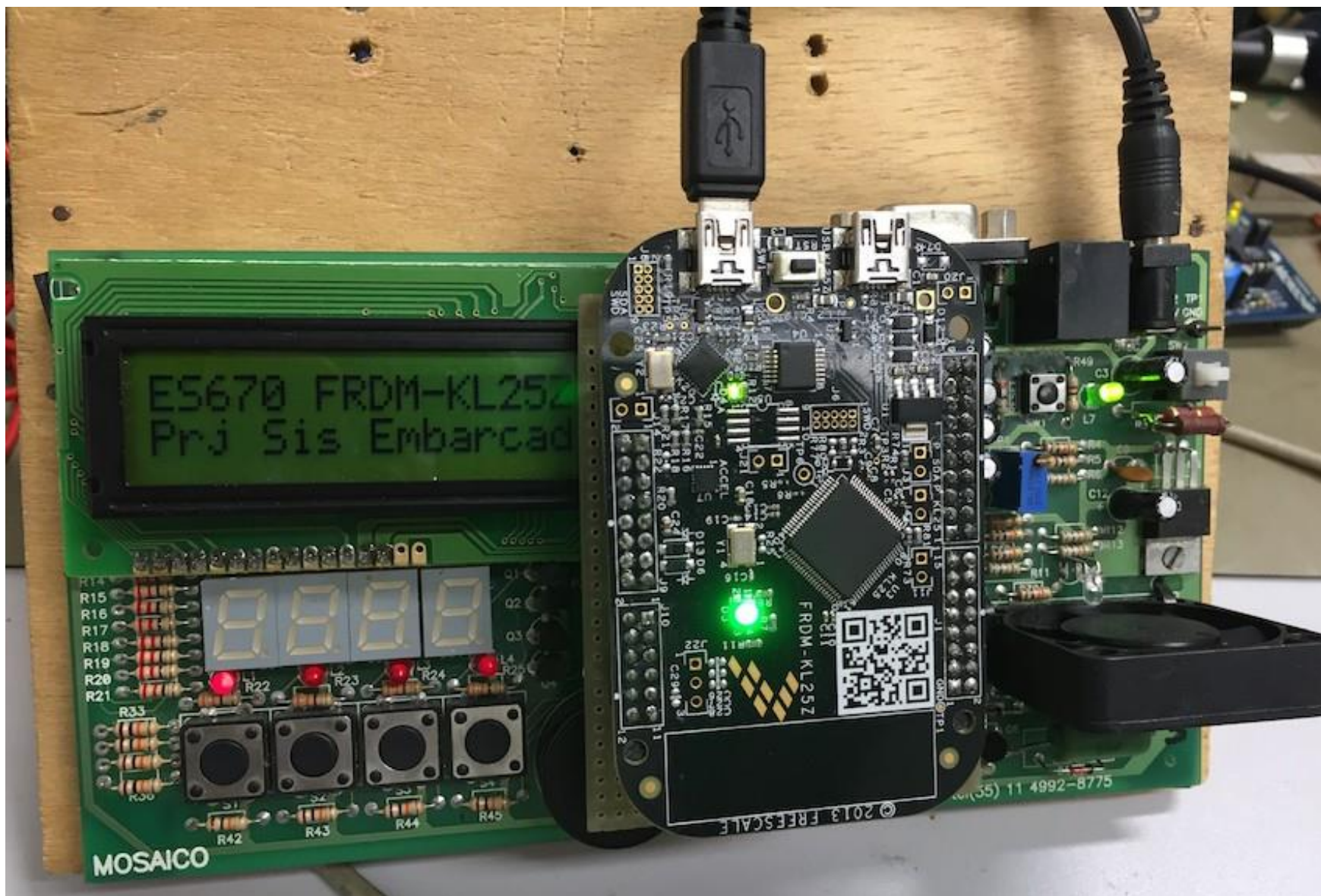
Aula 14 – Prática: Medição de frequência

Professor: Rodrigo Moreira Bacurau

Objetivos Gerais

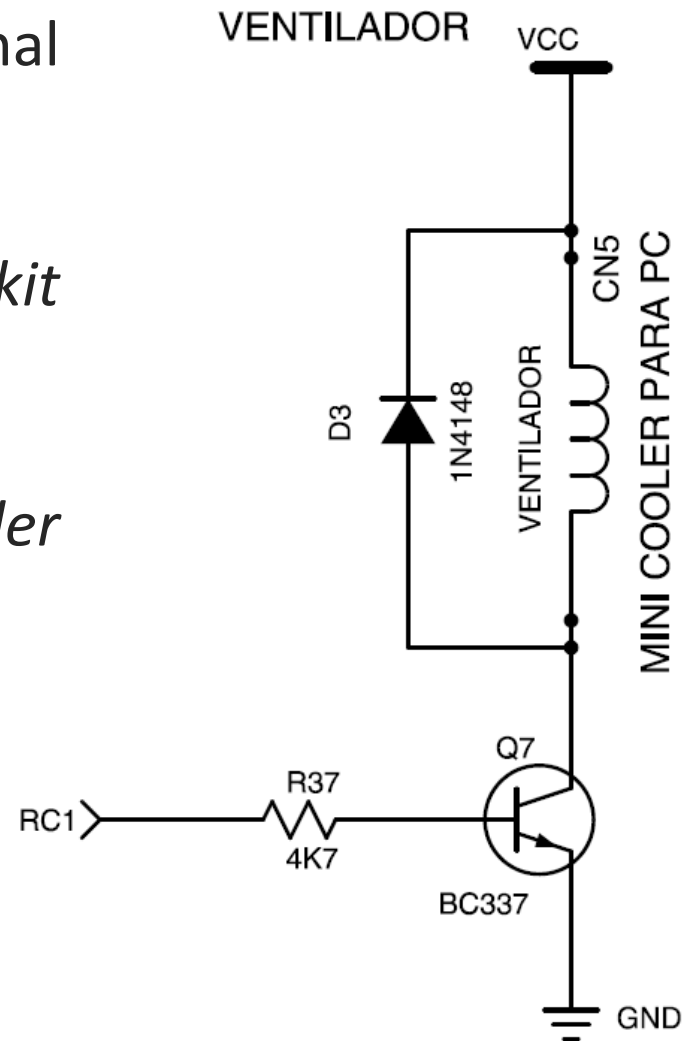
- Implementar uma biblioteca para medição da velocidade de rotação do *cooler* do *kit* de desenvolvimento usado na disciplina
- Se familiarizar com a configuração e uso do módulo TPM como contador de pulsos
- Se familiarizar com interrupções geradas pelo timer LPTMR0
- Implementar a técnica de janela fixa
- Aprimorar os conhecimentos requeridos para a configuração do microcontrolador através da manipulação dos seus registradores

Placa de interface com FRDM-KL25Z



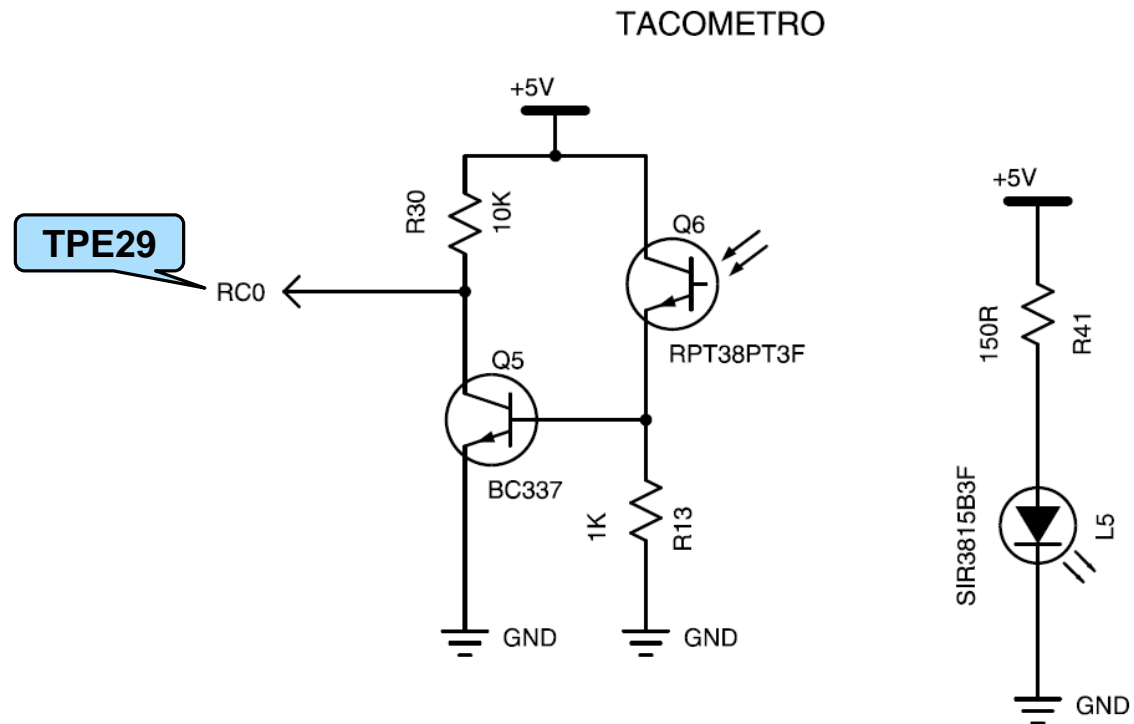
Cooler

- Permite o acionamento por sinal PWM
- A velocidade máxima do *cooler* do kit é de aproximadamente 7.000 RPM
- O controle de acionamento do *cooler* foi implementado na Aula 12



Encoder

- Utilizado para medir a velocidade do *cooler*
- Sistema formado por um transmissor e um receptor infravermelho
- As pás do *cooler* interrompem a passagem de luz



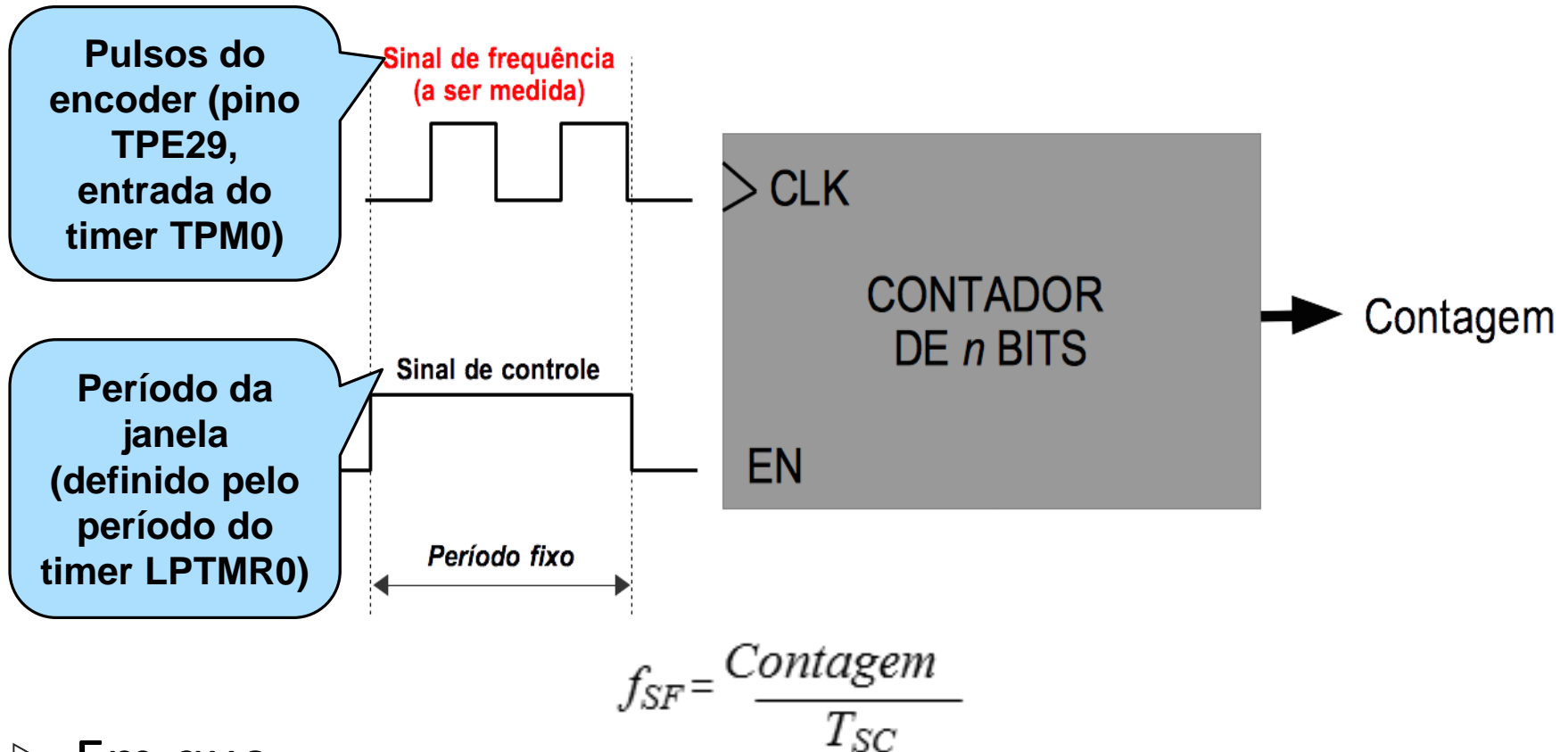
Encoder

- Quando **não se tem passagem de luz**, ou seja, quando a luz está interrompida por uma das **7 pás** do *cooler*, o sistema apresenta **nível lógico 1** na saída
- Quando **se tem a passagem de luz**, o sistema apresenta **nível lógico 0** na saída
- O sistema está conectado ao pino **TPE29** (**entrada de contador de pulsos do timer TPM0**) do uC
- A **velocidade máxima** de rotação do *cooler* é de **7.000 RPM**

Medidor de velocidade do *cooler* (tacômetro)

- Nessa atividade vocês implementarão um medidor de velocidade do *cooler* utilizando o método da **Janela Fixa**
- O período da janela será definido pelo *timer* LPTMR0 operando com interrupção (visto nas aulas 9 e 10)
- A contagem de pulsos será feita pelo módulo TPMR0 no modo *external clock* (visto na Aula 11)

Método da Janela fixa



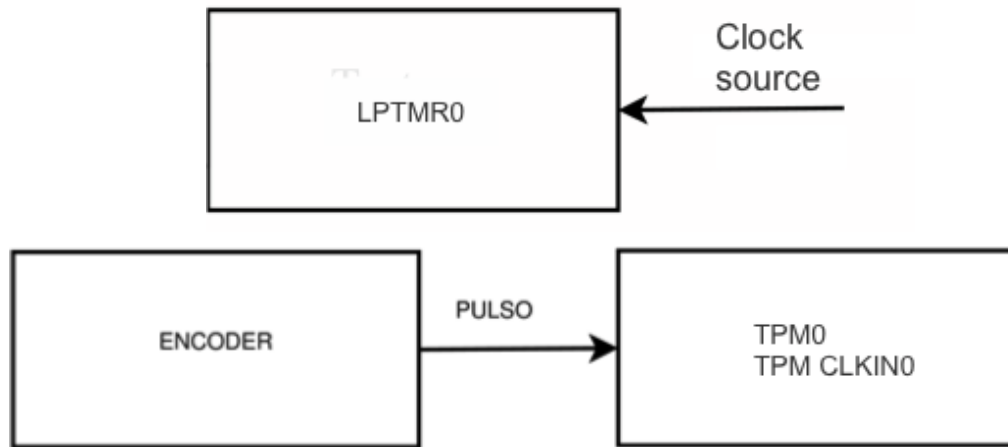
▷ Em que:

f_{SF} é a frequência do sinal de frequência (a ser medida)

$Contagem$ é o valor do contador de bits

T_{SC} é o período do sinal de controle

Exemplo de aplicação do método de Janela Fixa



1. TPM0 no modo *external clock*
2. LPTMR0 configurado para ser o contador gerador da Janela
 - ▷ A contagem programada no LPTMR0 (seu período) contém a contagem que determina a largura da janela (sinal de controle)
 - ▷ Quando o valor em LPTMR0 atingir a contagem programada este deverá gerar um pedido de interrupção
3. Na rotina de tratamento de interrupção é feita a leitura do TPM0_CNT
4. Em seguida, o TPM_CNT é zerado e o LPTMR0 inicia um novo período de contagem

TPM no modo contador com *clock externo*

- ▷ Contador de pulsos (o contador é incrementado a cada borda de subida do sinal de entrada)
- ▷ Útil para a implementação do método da Janela Fixa
- ▷ Para a implementação do método janela fixa um outro contador deve ser configurado para gerar a janela periódica
- ▷ Configuração:
 - Contador configurado para *pulse counter* (*clock* configurado para *external source/clock*) (CMOD = 10)
 - Selecionar qual o pino externo (TPM_CLKIN0) deverá ser utilizado como entrada (seleção feita no SIM_SOPT4[TPM0CLKSEL] - (veja pág. 194 do KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, September 2012)

Exercício

- Escrevam um conjunto de funções para a implementação de um medidor de velocidade (tacômetro) do *cooler* :
 - Todas as regras do padrão de codificação apresentadas na Aula 5 devem ser seguidas
 - As funções devem ser definidas no arquivo ***tacometro.h*** e implementadas no arquivo ***tacometro.c*** (inclua esses arquivos na pasta Source do projeto).
 - A porta e o pino do *encoder* do *cooler* devem ser definidas de forma organizada no arquivo *board.h*. (os pinos dos periféricos do ARM e do Kit estão definidos no arquivo **FRDM-KL25Z Pinouts x MCLAB2 (PIC).ods.**)

Exercício

- O tacômetro do cooler deve ser implementado através do método da Janela Fixa. O período da janela será definido pelo *timer* LPTMR0 (visto nas aulas 9 e 10). A contagem de pulsos será feita pelo módulo TPM0 no modo *external clock* (visto na Aula 11)
- Crie a função “***void tachometer_init(void)***” para configuração do TPM0 como contador de pulsos (*timer* com *external clock* (utilizando o pino TPE29)).
- Crie a função “***unsigned int tachometer_readSensor(unsigned int uiPeriod)***” para a leitura da velocidade do *cooler* em rotações por minuto (RPM). Essa função receberá como entrada uma variável do tipo *unsigned int (uiPeriod)* com o período da janela em microssegundos (o mesmo período do timer LPTMR0) e retornará a velocidade do *cooler* em RPM.

Exercício

- A função “*unsigned int tachometer_readSensor(unsigned int uiPeriod)*” será chamada periodicamente na rotina de tratamento da interrupção do LPTMR0
- O período do LPTMR0 deve ser configurado em 250 ms.
- Atente-se:
 - A velocidade máxima do *cooler* é de aproximadamente 7.000 RPM
 - O *cooler* possui 7 pás
 - O período do *timer* LPTMR0 é definido em μs (quando se utiliza as funções fornecidas na Aula 10 – recomendo utilizar essas funções)
- Se necessário, modifique os diagramas criados na Aula 4 para que os documentos fiquem coerentes com as funções implementadas.
Atenção, não postem essas modificações na documentação no GitHub, eles serão cobrados no relatório final!

Exercício

- Data de entrega: (10/05) - até a 23:59 h.
- Os códigos devem ser colocados no diretório GitHub da disciplina no *branch* **tacometro**. Coloque o projeto todo no diretório (e não só os arquivos fonte).
- Atenção, não altere os documentos e códigos solicitados após a data da entrega!

Configuração do módulo TPM como contador de pulsos

- Passos para configuração o módulo TPM0 como contador com *clock* externo:
 1. Liberar o *clock* para o *timer* através do registrador SIM_SCGC6 (veja pág. 207 do KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, September 2012)
 2. Configurar o divisor de *clock* (*preescaler*) do *timer* do modulo TPM0 em 1 (veja pág. 552 do KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, September 2012)
 3. Liberar o *clock* para a porta do pino de saída do *encoder* do *kit* através do registrador SIM_SCGC5 (veja pág. 206 do KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, September 2012)

Configuração do módulo TPM como contador de pulsos

4. Configurar o pino PTE29 como *external clock* (FTM_CLKIN0) (no campo MUX do registrador PORTx_PCRn) (veja pág. 183 do KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, September 2012). As opções do multiplexador dos pinos estão definidas na planilha “KL25Z_Pinouts” do arquivo “FRDM-KL25Z Pinouts x MCLAB2 (PIC).ods.”
5. Selecionar qual o pino externo (TPM_CLKIN0) deverá ser utilizado como entrada (seleção feita no SIM_SOPT4[TPM0CLKSEL] - (veja pág. 194 do KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, September 2012)
6. Configurar o *timer* do modulo TPM para incrementar a cada borda de subida do *clock* externo (veja pág. 552 do KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, September 2012).

Leitura do número de pulsos pelo TPM0

- Na função “*unsigned int tachometer_readSensor(unsigned int uiPeriod)*”, responsável pela leitura da velocidade do *cooler* em rotações por minuto (RPM), vocês deverão fazer a leitura do número de pulsos registrados no TPM0 através do registrador TPM0_CNT e em seguida, zerá-lo.

Referências

- ▷ D. Loubach, “Notas de Aula ES670.” 2018.
- ▷ L. Otávio, “Notas de Aula da ES670.” 2013.
- ▷ Freescale Semiconductor, KL25P80M48SF0RM - KL25 Sub-Family Reference Manual, Rev. 3, 2012.
- ▷ A. Palacherla, AN538 - Using PWM to Generate Analog Output. Microchip Technology Inc., 1997.

Obrigado!

E-mail: bacurau@fem.unicamp.br

Site: <https://sites.google.com/site/rodrigobacurau/>



*Aquilo que escuto eu esqueço,
Aquilo que vejo eu lembro,
Aquilo que faço eu aprendo.*

Confúcio