



**Prof.:** Guilherme de Santi Peron

### **LAB 3 - CONTROLE BIDIRECIONAL DE VELOCIDADE DO MOTOR DC**

#### **Objetivo:**

- Implementar um temporizador;
- Interfacear com motor DC;
- Interfacear com o conversor AD;
- Interfacear com a interface serial UART;
- Implementar o controle bidirecional de velocidade do motor DC utilizando Linguagem *Assembly* Cortex-M4 / Linguagem C e o kit de desenvolvimento EK-TM4C1294-XL. O motor deverá girar de acordo com um potenciômetro que está ligado à entrada de uma interface analógica.

#### **Tarefas:**

- Estudar como se interfacear com motores DC utilizando o circuito L293;
- Estudar como se implementar o conversor analógico-digital;
- Estudar como se interfacear com a UART;
- Estudar as interfaces da PAT DAELN com o motor DC.
- Fazer o diagrama de estados e transições (DET) OU fluxograma do código planejado conforme o roteiro;
- Implementar o código conforme o roteiro e o DET ou fluxograma utilizando instruções *Assembly* para Cortex-M4;
- **Mostrar para o professor e depois entregar a pasta do projeto Keil com todos os arquivos zipada, a imagem do DET ou fluxograma (pdf, jpg ou png) da ideia proposta também dentro da pasta (preferencialmente em algum site ou aplicativo, e.g. <http://draw.io>). Nomear o arquivo com o nome e o último sobrenome dos alunos da equipe. Ex.: **fulanodetal1\_fulanodetal2\_fulanodetal3\_ap3.zip**. Apenas um membro da equipe precisa enviar.**



**Roteiro:**

- 1) Utilizar um programa terminal (Putty/Tera Term) para realizar o interfaceamento via interface serial UART0 da EK-TM4C1294XL, conforme os seguintes parâmetros de configuração:  
Baudrate: 9600bps;  
Stopbits: 2;  
Paridade: Ímpar.
- 2) Ao inicializar a placa, o terminal deve mostrar a mensagem “Motor parado, pressione ‘\*’ para iniciar.” O motor deve estar parado (velocidade = 0);
- 3) Ao se pressionar a tecla ‘\*’ do computador, o terminal deve pedir se o controle do motor DC será exclusivamente pelo potenciômetro (tecla ‘p’) ou se o controle do motor será realizado pelo terminal (tecla ‘t’). Então o usuário deve escolher uma das duas opções;
- 4) Se o usuário escolher o controle pelo terminal:
  - a) O terminal deverá solicitar o sentido de rotação (podendo ser sentido horário (tecla ‘h’) ou anti-horário (tecla ‘a’)). O usuário deve digitar ‘h’ ou ‘a’ no teclado para escolher o sentido do teclado.
  - b) O terminal deverá solicitar a velocidade do motor:
    - Tecla ‘5’: 50% da velocidade máxima;
    - Tecla ‘6’: 60% da velocidade máxima;
    - Tecla ‘7’: 70% da velocidade máxima;
    - Tecla ‘8’: 80% da velocidade máxima;
    - Tecla ‘9’: 90% da velocidade máxima;
    - Tecla ‘0’: 100% (99,9%) da velocidade máxima.



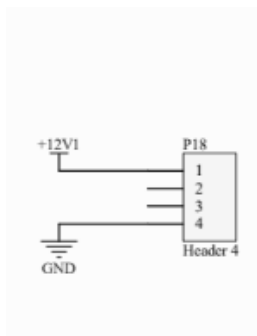
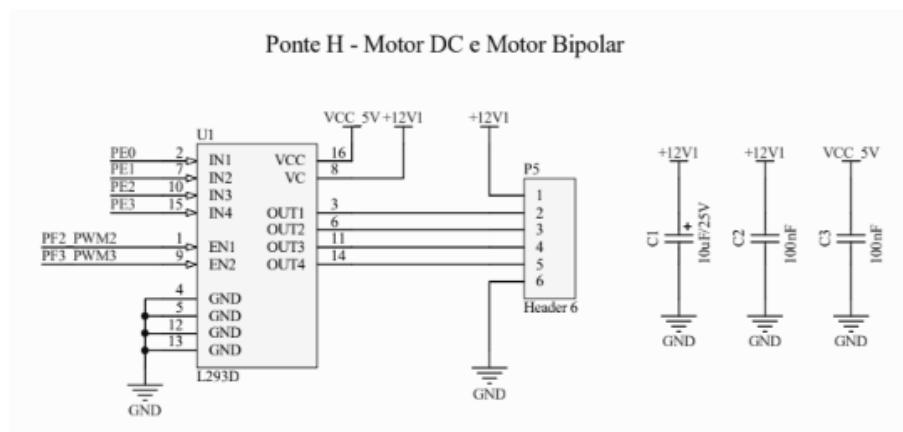
- c) O terminal deverá mostrar em tempo real (a cada segundo) a velocidade do motor e o sentido de rotação.
  - d) A qualquer momento, durante o giro do motor, o programa deve permitir que o usuário altere o sentido de rotação do motor e a velocidade conforme a descrição anterior.
  - e) Ao se pressionar a tecla 's', o motor deve parar e o terminal deve retornar ao passo 2.
- 5) Se o usuário escolher o controle do motor pelo potenciômetro:
- a) O controle de velocidade e de sentido deve ser realizado pelo potenciômetro ligado ao ADC (Pino PE4 - AIN9);
  - b) O motor deve girar para um sentido quando o nível de tensão varia entre 0V (100%) e 1,65V (0%) e para outro sentido quando a tensão varia entre 1,65 (0%) a 3,3V (100%);
  - c) O terminal deverá mostrar em tempo real (a cada segundo) velocidade do motor e o sentido de rotação;
  - d) Ao se pressionar a tecla 's', o motor deve parar e o terminal deve retornar ao passo 2.
- 6) Para controlar a velocidade do motor, fazer um PWM (*verificar ao final deste arquivo como gerar um PWM*);
- 7) Implementar uma curva de aceleração e desaceleração (e.g. linear, exponencial, logarítmica) para evitar mudanças bruscas de velocidade, tanto ao girar o potenciômetro quanto ao alterar o sentido do motor. Para isso, estabelecer uma velocidade-alvo e fazer a velocidade atual chegar à velocidade-alvo conforme uma taxa de variação (por exemplo a cada 100ms).



OBS: A seguir, é mostrado o driver L293 para controle bidirecional do motor DC.

- A alimentação do motor deverá ser externa, por meio de uma fonte de tensão conforme a especificação do motor. Esta fonte deverá ser ligada no P18. O Vcc da fonte deve ser ligado no +12V1 e o GND no GND. Verificar a tensão máxima de alimentação do motor DC;
- Para fazer o controle do sentido de rotação do motor, deixar habilitado o pino PF2 e colocar 1 no pino PE0 e 0 no pino PE1 para um sentido e 0 no pino PE1 e 1 no pino PE0 para outro sentido.
- O controle de velocidade pode ser feito fazendo o PWM em um dos pinos PE0 ou PE1 dependendo do sentido de rotação ou no pino PF2 (Porta de Enable do L293), mas a porta de *enable* é lenta e pode não responder corretamente.

## L293 - Motor DC

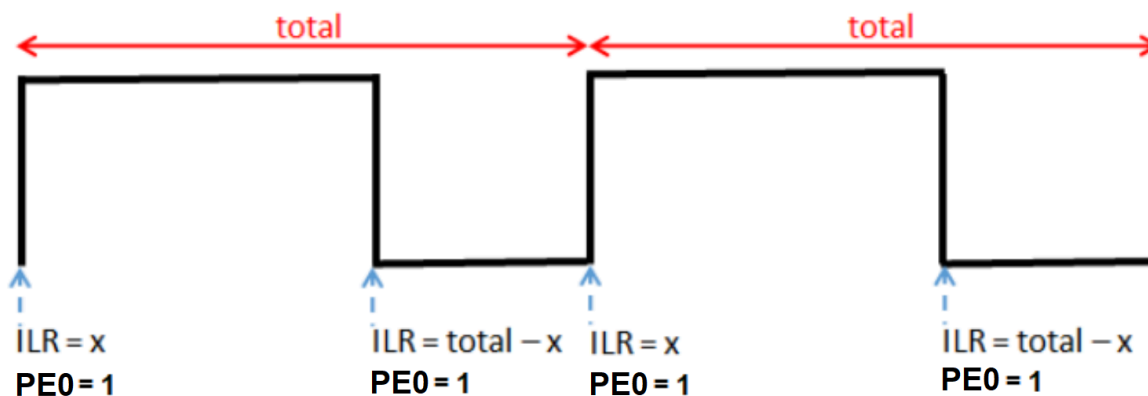




### Gerando um PWM com um Timer

Na Tiva um PWM pode ser gerado de várias formas. Uma das formas é por meio de um timer periódico em que, em cada estouro do *timer*, o valor de uma porta é alternado e o valor de contagem é alterado conforme o valor total do período. Por exemplo:

Suponha um PWM com período 1ms (80000 ticks), para um duty cycle de 60% o período em alta deve permanecer por 600us (48000 ticks) e o período em baixa por 400us (32000 ticks). Desta forma, pode-se configurar para o *timer* contar inicialmente para 600us e ligar a porta PE0 (PE1). Quando o *timer* estourar, na rotina de tratamento de interrupção pode-se recarregar com o valor que o *timer* deveria permanecer em baixa, neste caso por 400us, e desligar a porta PE0 (PE1) e repetir o procedimento indefinidamente.



1. O ideal é declarar duas variáveis globais que sejam acessíveis dentro da rotina de estouro do temporizador. Uma para controlar se o pino está *on* ou *off* e outra para controlar o *duty cycle*.
2. Cada vez que o *timer* estourar e entrar na rotina de tratamento de interrupção, verificar se o LED está apagado (neste caso acender e trocar o GPTMAILR para o valor atual do duty cycle  $80000 * \text{duty cycle} / 100$ ) ou está aceso (neste caso apagar e trocar o GPTMAILR para o complemento do duty cycle  $80000 * (100 - \text{duty cycle}) / 100$ ).