

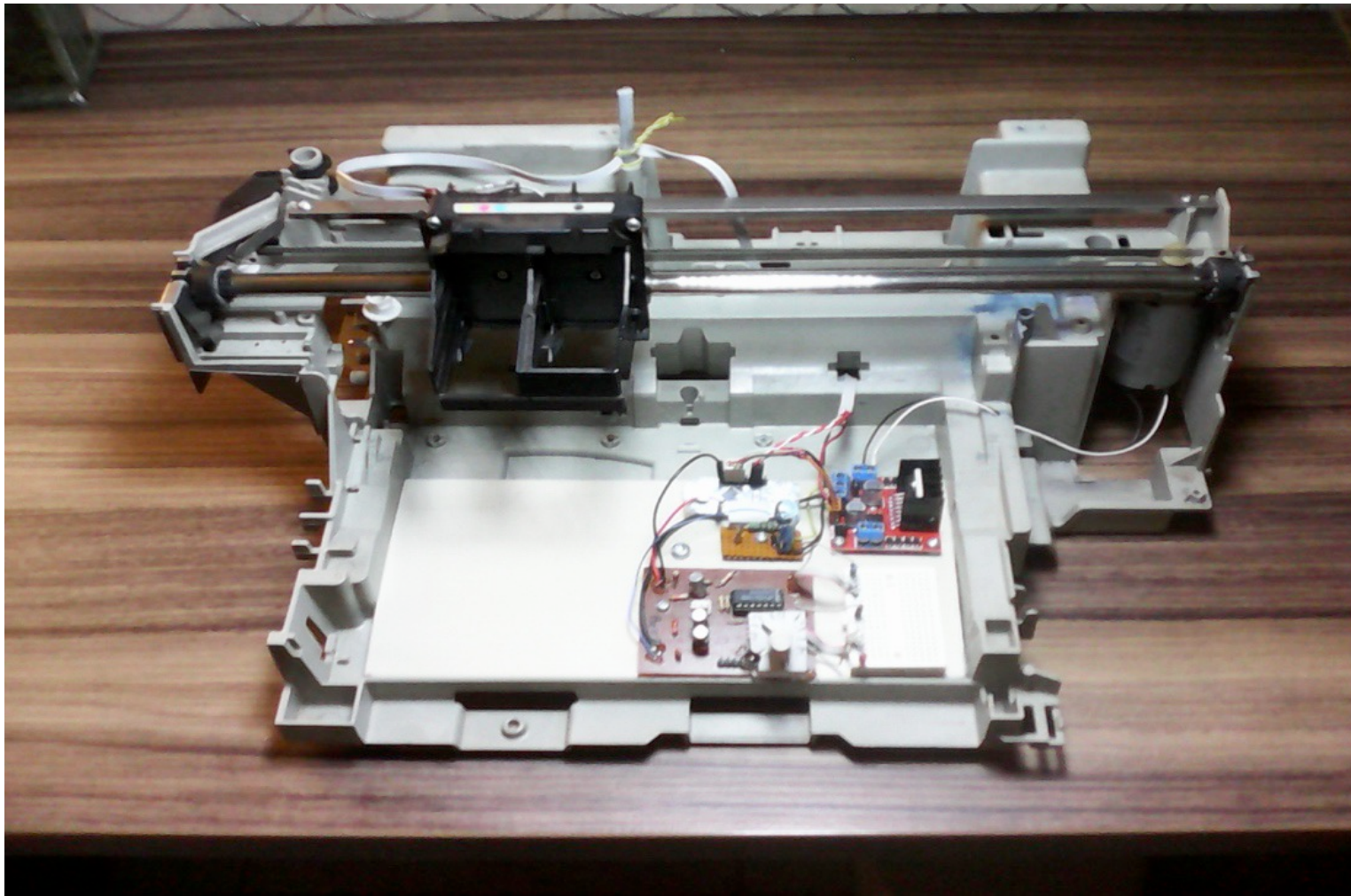
Laboratório de controle 2018/1

Professores:

Adolfo Bauchspiess ENE/UnB

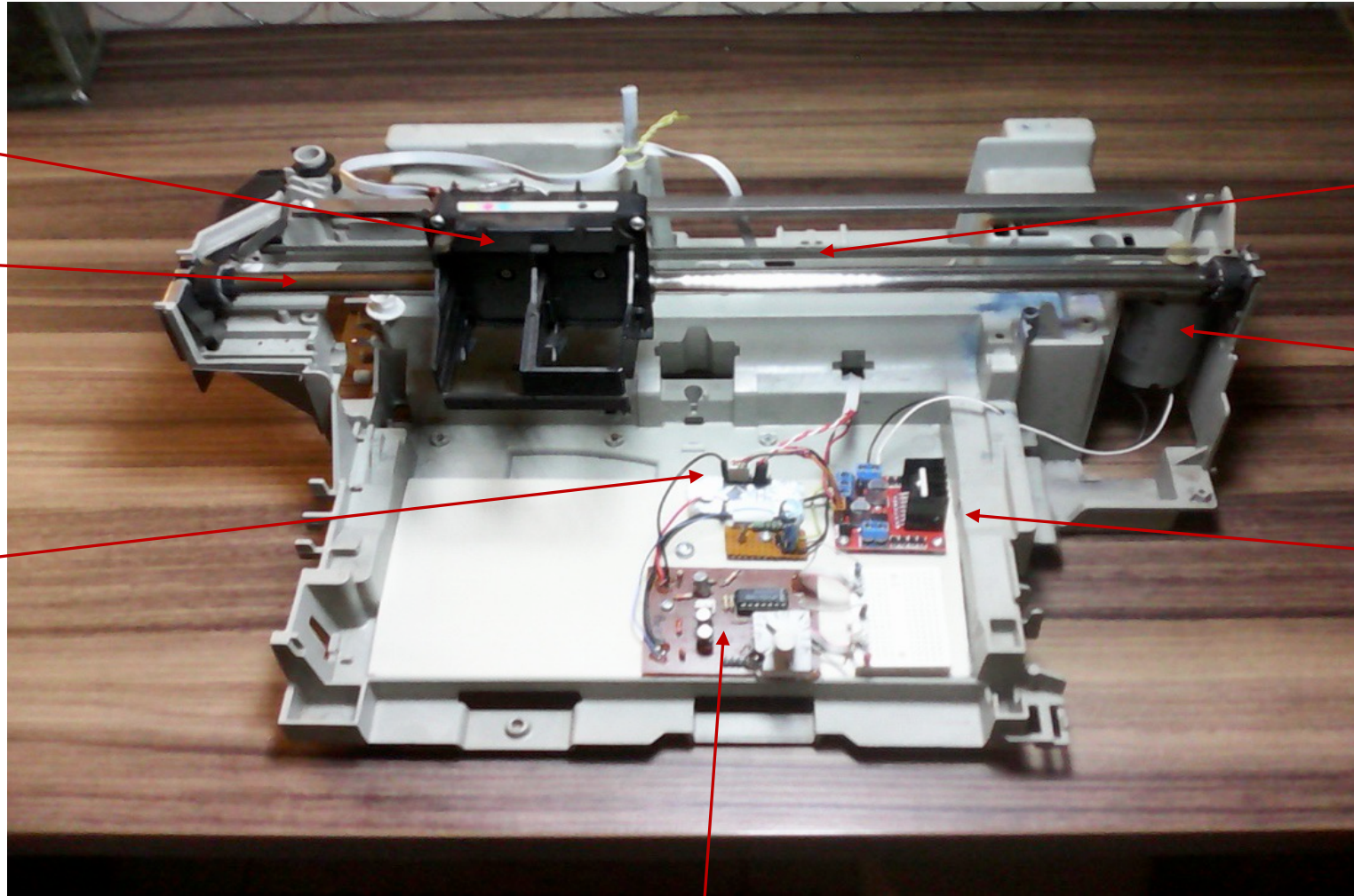
Lélio R. Soares Júnior ENE/UnB

Kit impressora (Carro sobre eixo)



Desenvolvido pelo Professor:
Marco Antônio do Egito Coelho - ENE/UnB

Partes do kit



Carro

Eixo (guia)

Unidade de
processamento
digital:
Tratamento dos
sinais do *encoder*
incremental e
geração do sinal
PWM

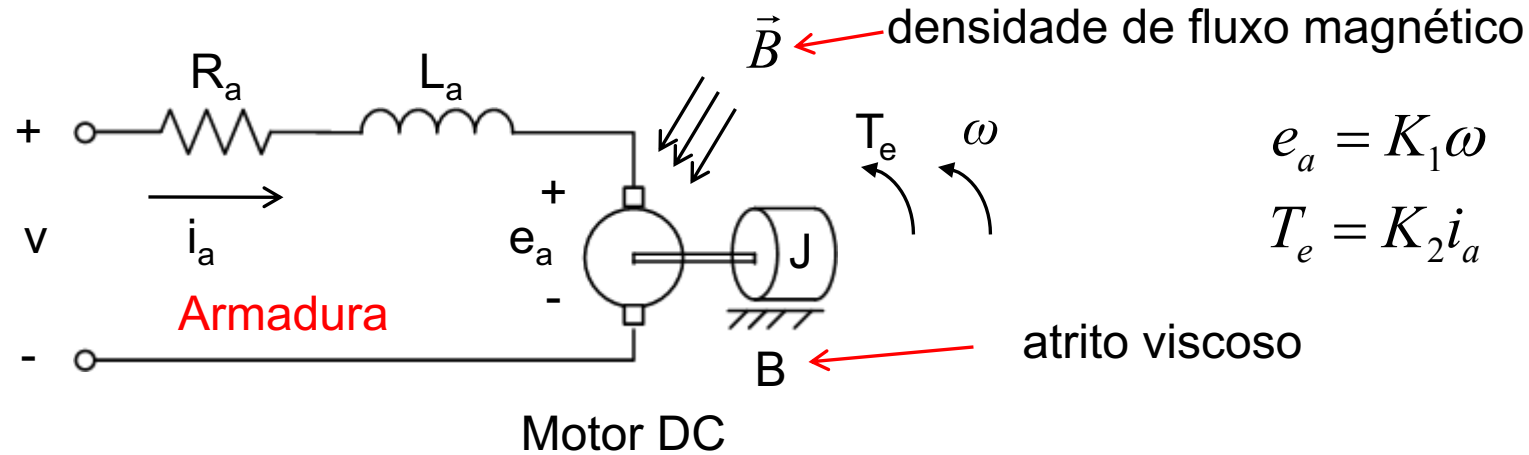
Encoder
incremental de
translação

Motor CC

Driver para excitação
PWM do motor
(ponte H)

Placa para receber sinal de referência, de realimentação e de perturbação, também faz a detecção de erro de posição e finalmente permite que se feche a malha de controle de forma eletrônica/analógica.

Acionamento de um motor CC (que possui características de filtro passa-baixas) por um sinal PWM



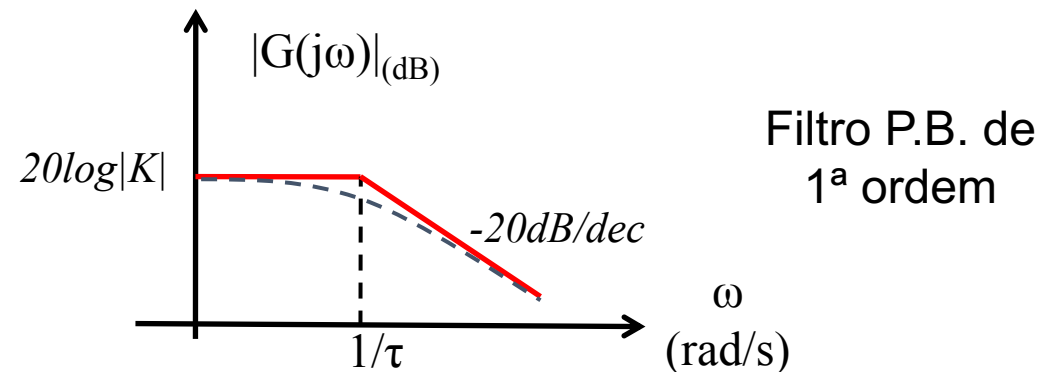
$$e_a = K_1 \omega$$

$$T_e = K_2 i_a$$

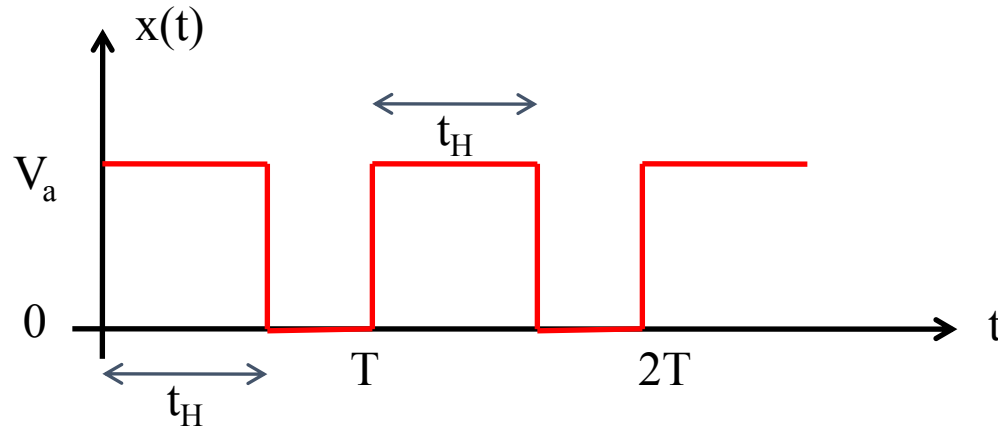
Desprezando-se a
reatância sL_a :

$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{V(s)} = \frac{K_2 / (BR_a + K_1 K_2)}{sR_a J / (BR_a + K_1 K_2) + 1} = \frac{K}{s\tau + 1}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K = K_2 / (BR_a + K_1 K_2) \\ \tau = R_a J / (BR_a + K_1 K_2) \end{array} \right.$$



Sinal PWM (sinal modulado em largura de pulso)



Ciclo de trabalho (*duty cycle*) :

$$w = \frac{t_H}{T} 100\%$$

Como o sinal é periódico pode ser decomposto em uma **série de Fourier**

As duas primeiras componentes:

- Componente DC = $\frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$
- Componente fundamental a uma frequência $1/T$ Hz

Componente DC = $V_a \cdot t_H / T = V_a w / 100 \rightarrow$ (varia de 0 a V_a conforme w varia de 0 a 100%)



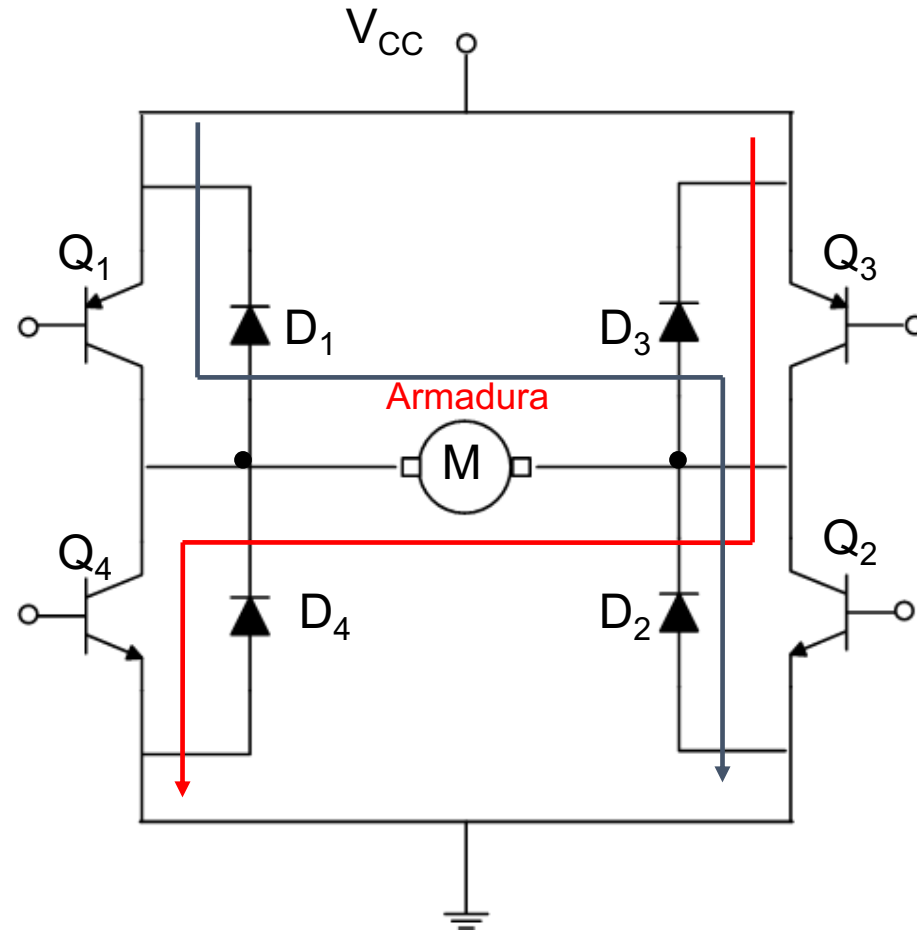
- ✓ Se o motor for excitado por um **sinal PWM**, tal que $1/T \gg 1/\tau$, devido à característica **passa-baixas** do motor, a velocidade **responderá** praticamente apenas à **componente DC** do sinal PWM
- ✓ Como a **velocidade** depende do valor médio do sinal PWM, pode-se **ajustar** a mesma variando o **ciclo de trabalho do** sinal (w)
- ✓ Vantagem → **maior eficiência** (menor perda de energia, quando comparado a outras formas de excitação)

Driver (acionamento do motor)

Para **giro nos dois sentidos** e usando apenas **uma fonte** de alimentação:
excitador PWM em **ponte completa (ou ponte H)**

Para girar em um sentido Q_1 e Q_2 são excitados por um sinal PWM. Nesse caso Q_3 e Q_4 são cortados e os diodos de proteção são D_3 e D_4 .

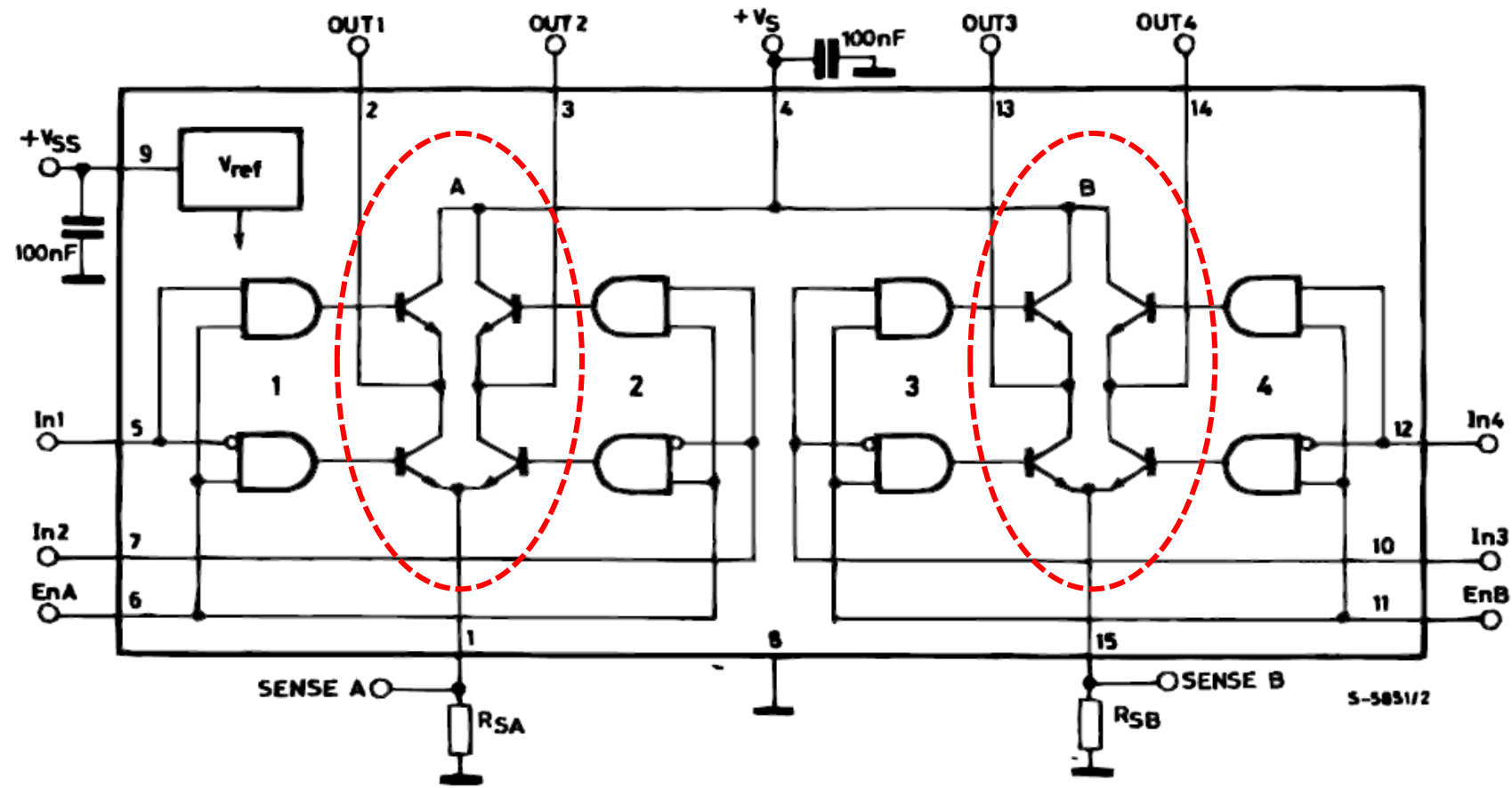
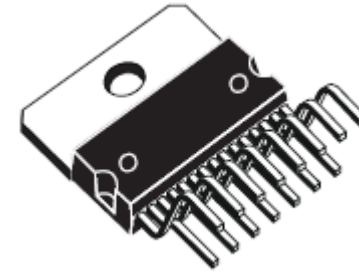
Para girar em sentido oposto ao anterior Q_3 e Q_4 são excitados por um sinal PWM. Nesse caso Q_1 e Q_2 são cortados e os diodos de proteção são D_1 e D_2 .



Usa diodos de *free-wheeling* (protege a fonte e os BJTs, além de permitir transmissão de energia nos dois sentidos)



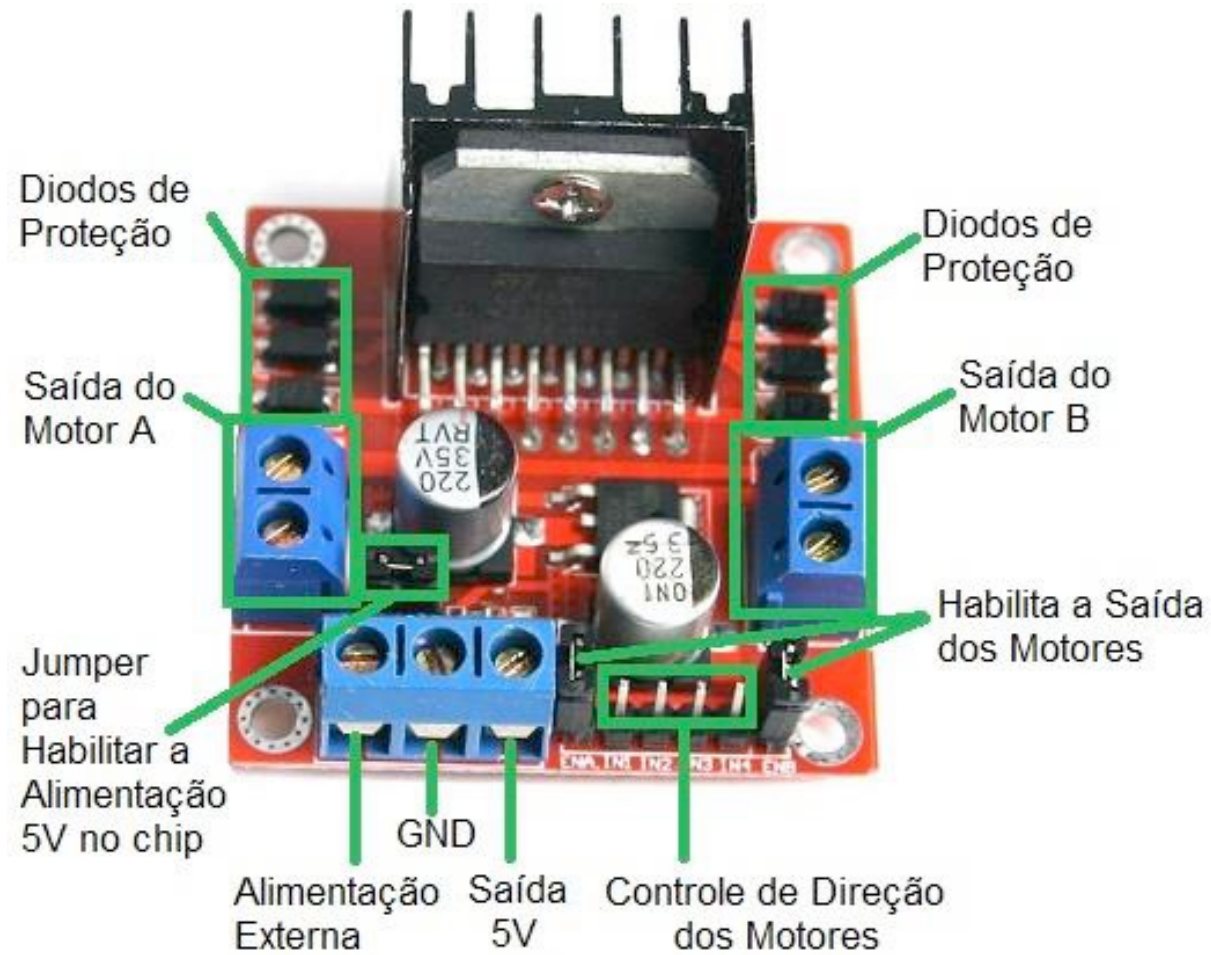
L298 para motores de passo bipolares DUAL FULL-BRIDGE DRIVER



Necessita de diodos *free-wheeling* externos



Módulo driver ponte H implementado com o C.I. L298



No Kit a geração do sinal PWM é feita por uma plataforma Arduino.

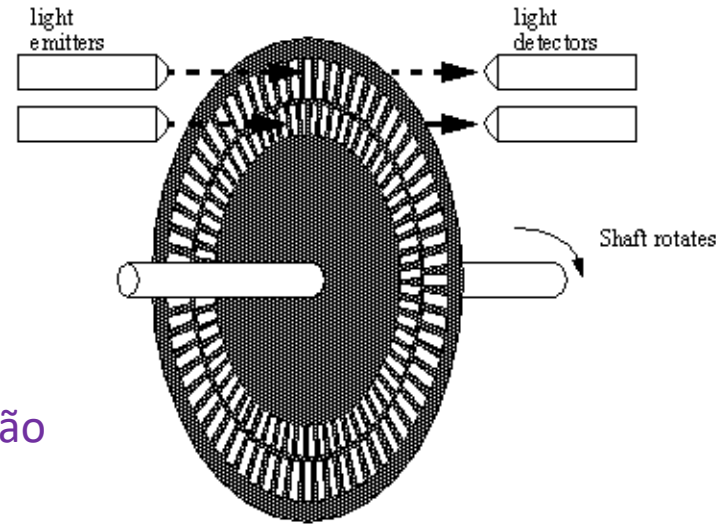


Encoder – Para medida digital de posição

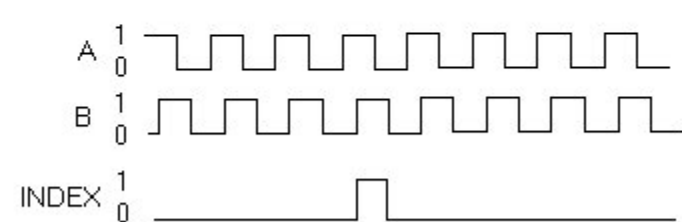
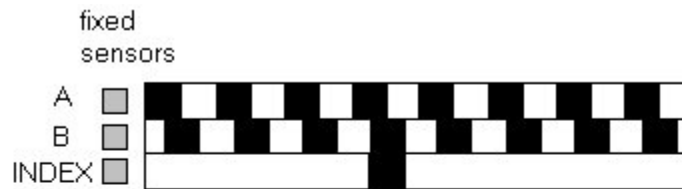
Encoder incremental



Encoder de rotação



Encoder de translação

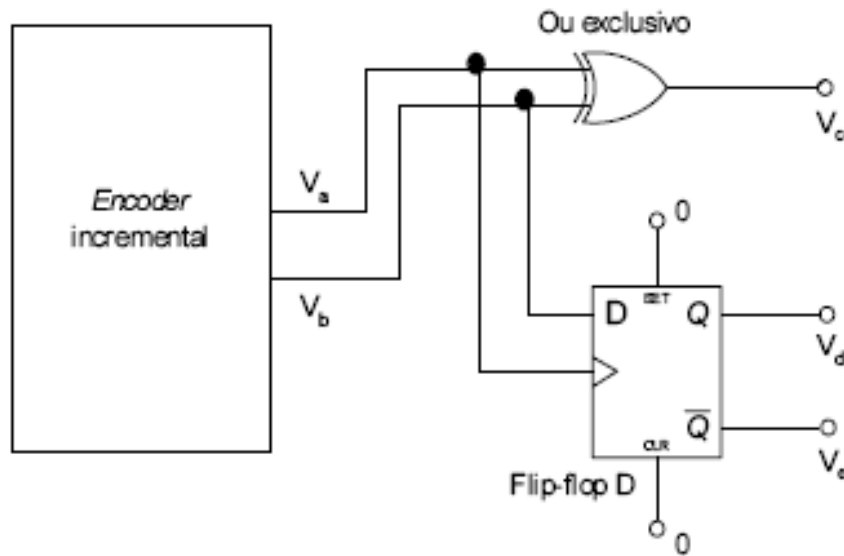


- Sinais defasados em 90°:
- +90° em um sentido de rotação
 - -90° em outro sentido

Fig 5. Incremental encoder disk track patterns



Detecção do sentido de rotação:

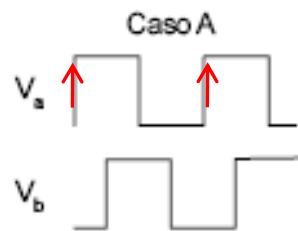


$V_c \rightarrow$ onda quadrada com frequência duas vezes maior que a do canal A ou canal B

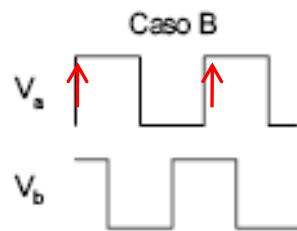
Detetor de sentido de rotação

Circuito contador (de incremento e decremento) é utilizado para contar os pulsos de V_a , V_b , ou V_c para determinação da posição angular.

A contagem será por incremento ou decremento, dependendo do sinal V_d .



$V_d \rightarrow$ nível baixo



$V_d \rightarrow$ nível alto

No Kit, o processamento dos sinais do *encoder* incremental de translação é feito por uma plataforma Arduino (por software). Não é utilizada a porta EXOR e nem é utilizado o *flip-flop* tipo D.



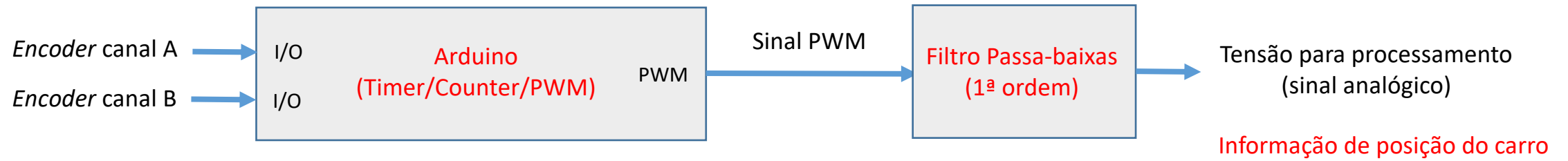
Processamento digital (*encoder* e PWM)

Plataforma de processamento:

Arduino (microcontrolador da Atmel - AVR ATmega328)

- Módulo de I/O (digital) e Timers/Counters
- Módulos PWM (resolução de 8 bits)
- Módulo ADC (resolução de 10 bits)

Tratamento dos sinais do *encoder*:



Geração do sinal PWM:

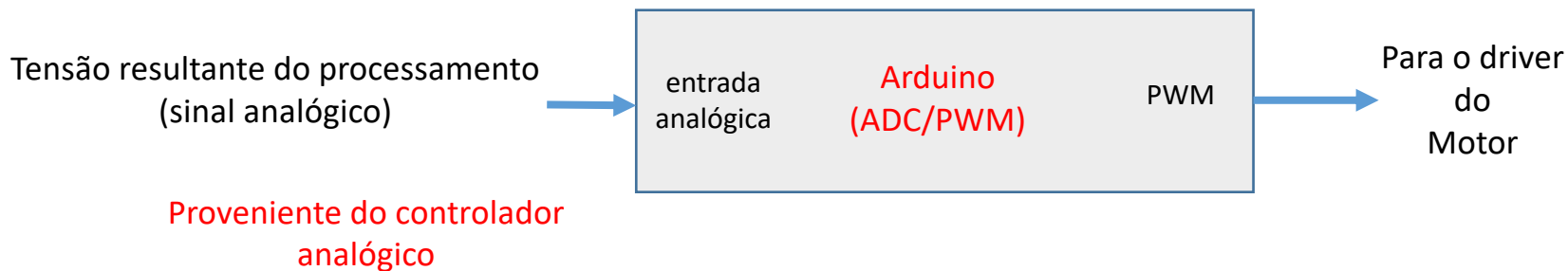
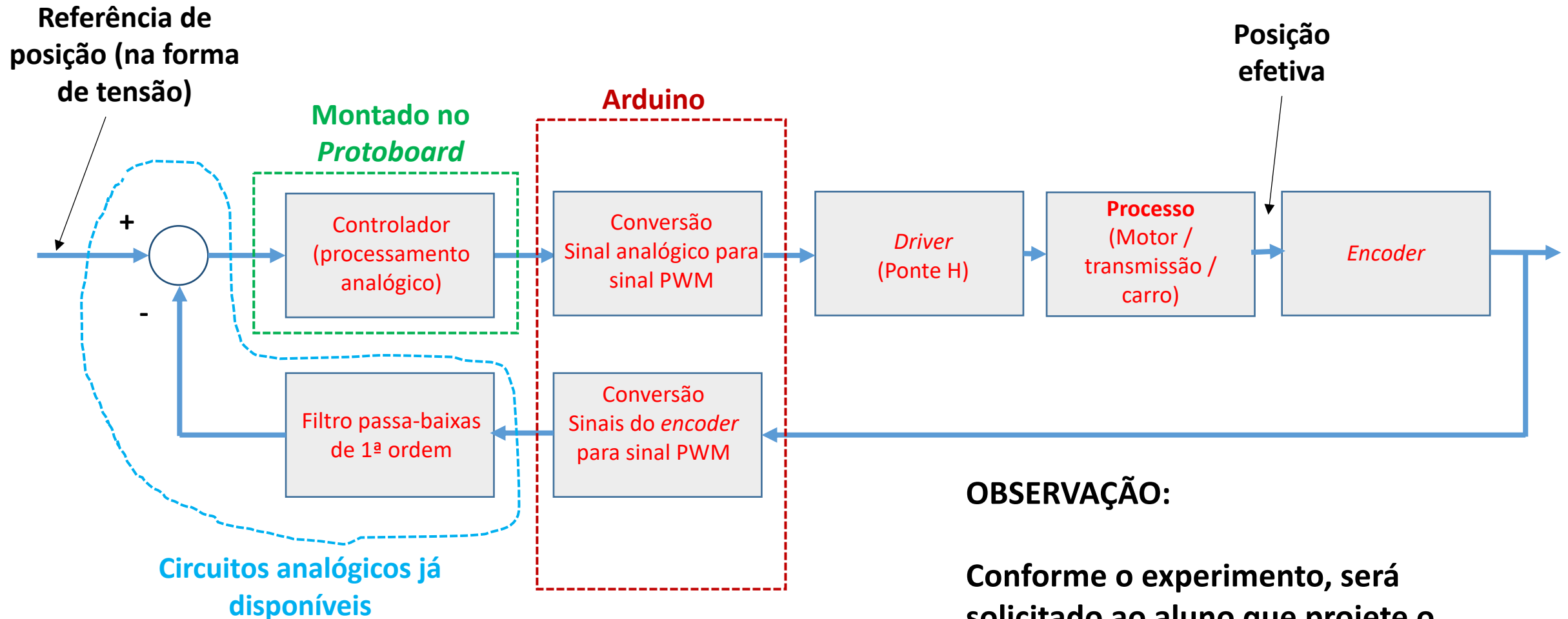


Diagrama funcional



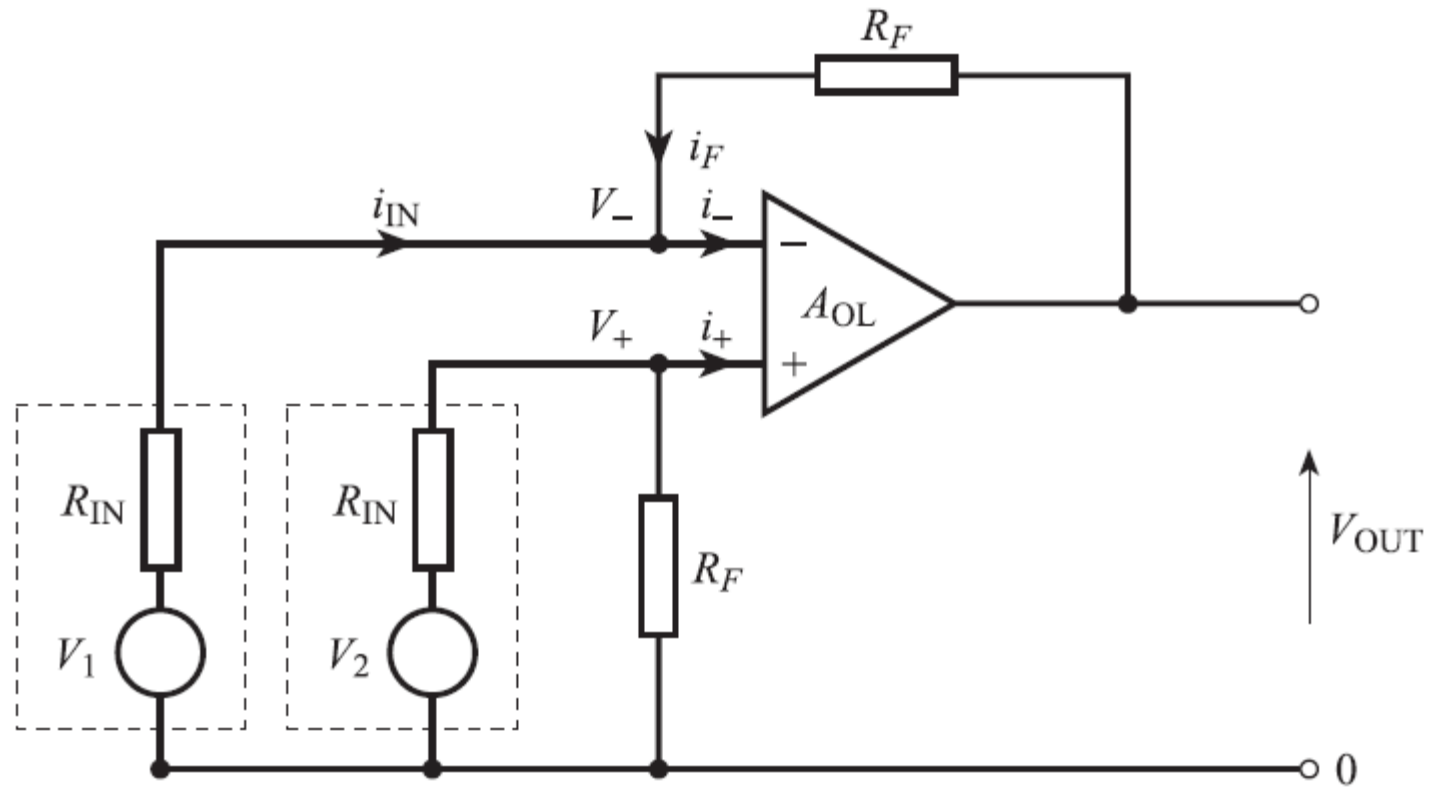
OBSERVAÇÃO:

Conforme o experimento, será solicitado ao aluno que projete o circuito (de controle) a ser montado no *protoboard*.



Circuito detector de erro

Amplificador de diferenças usando um amplificador operacional (AmpOp)



$$V_{OUT} = \frac{R_F}{R_{IN}}(V_2 - V_1)$$

Para um funcionamento **preciso** a concordância entre as resistências deve ser muito alta.

Circuito de processamento analógico

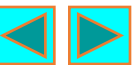
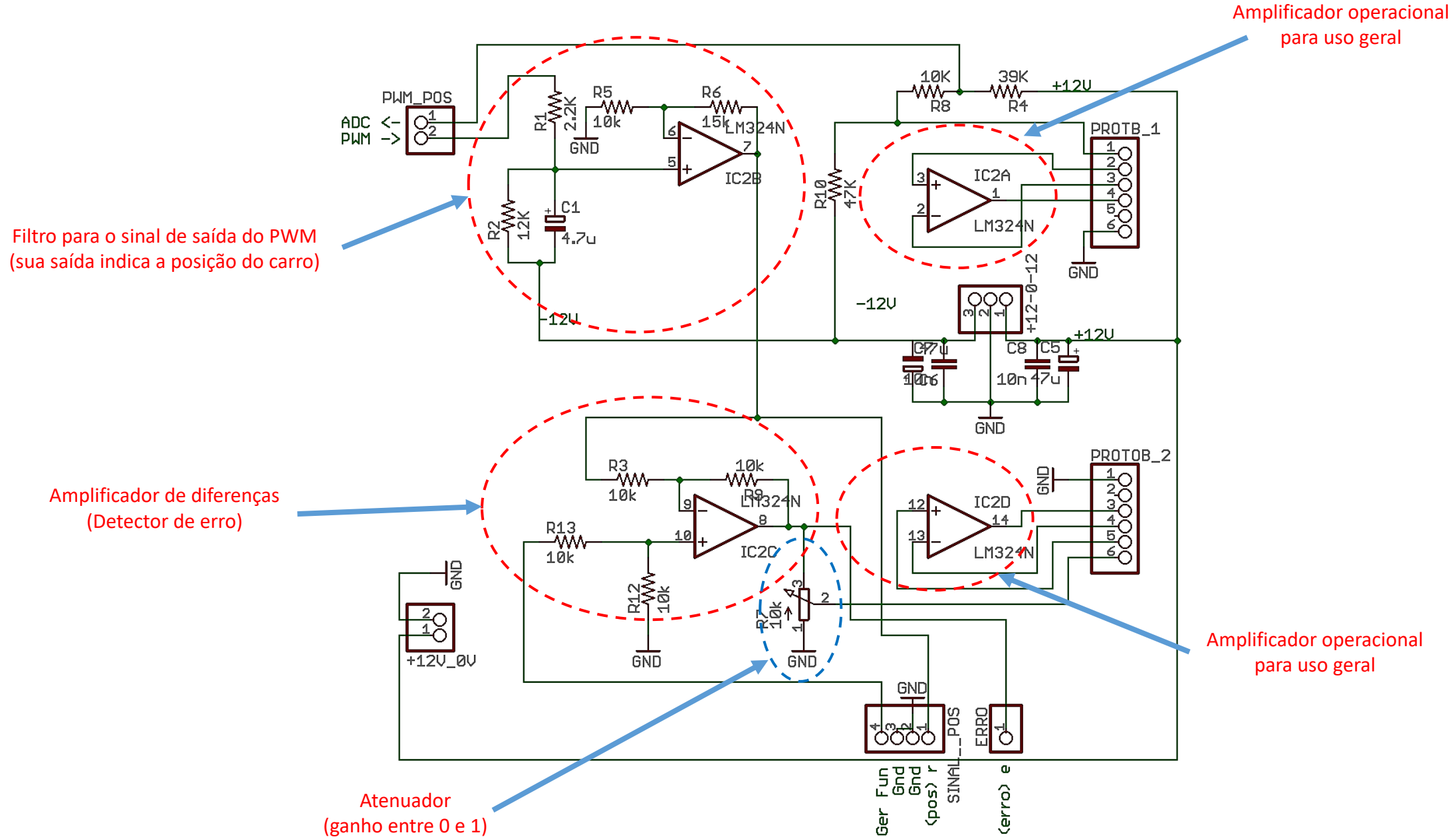


Diagrama funcional

