

1) Mostrar os cálculos para determinar a frequência próxima de 5 kHz dos PWMs com resolução máxima, lembrando que a frequência do clock (f_{osc}) é de 20 MHz.

$$f_{osc} = 20 \text{ MHz} \quad f_{PWM} = 5 \text{ kHz}$$

$$n_{PR2} = \text{round} \left(\frac{f_{osc}}{4 \cdot f_{PWM} \cdot p_{TMR2}} \right) - 1$$

$$\text{sendo } p_{TMR2} \in \{1, 4, 16\}$$

• Para $p_{TMR2} = 1$

Impensável

$$n_{PR2} = \text{round} \left(\frac{20 \cdot 10^6}{4 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 1} \right) - 1 = 999 (> 255)$$

• Para $p_{TMR2} = 4$

$$n_{PR2} = \text{round} \left(\frac{20 \cdot 10^6}{4 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 4} \right) - 1 = 249 (< 255)$$

$$f_{PWMa} = \frac{f_{osc}}{4 \cdot (n_{PR2} + 1) \cdot p_{TMR2}} = \frac{20 \cdot 10^6}{4 \cdot 250 \cdot 4} = 5 \text{ kHz}$$

• Para $p_{TMR2} = 16$

$$n_{PR2} = \text{round} \left(\frac{20 \cdot 10^6}{4 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 16} \right) - 1 = 62 (< 255)$$

$$f_{PWMa} = \frac{20 \cdot 10^6}{4 \cdot 63 \cdot 16} \approx 4,9603 \text{ kHz}$$

Podemos ver que o segundo caso tem o menor erro pois ele corresponde exatamente ao valor desejado. Assim, temos que

$$p_{TMR2} = 4 \text{ (prescaler TMR2)} \Rightarrow T2CKPS = 0b01$$

$$n_{PR2} = 249 \Rightarrow PR2 = 249 \text{ (registrador)}$$

$$\text{Resolução} = \left\lfloor \frac{\log_{10}(4 \cdot (n_{PR2} + 1))}{\log_{10} 2} \right\rfloor$$

$$= \left\lfloor \frac{3}{\log_{10} 2} \right\rfloor = \left\lfloor 9,966 \right\rfloor = 9$$

Como Resolução ≤ 10 , então é possível utilizar este valor de PR2.

→ Salvar a ser programado no registrador da PWM

$$n_{DC} = \text{round}(4 \cdot (n_{PR2} + 1) \cdot d), \text{ sendo } d \in [0, 1]$$

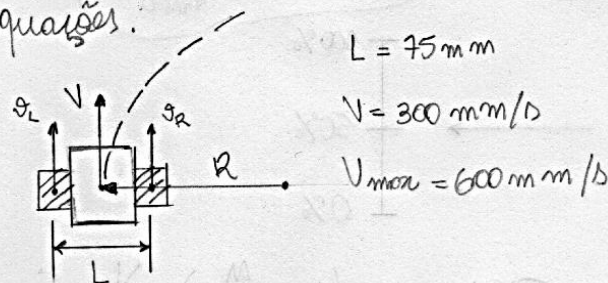
$$\text{fazendo } d = D/100 \text{ e } n_{PR2} = 249, D \in [0, 100]$$

$$n_{DC} = \text{round}(4 \cdot 250 \cdot D/100) = \underline{D \cdot 10}$$

$$CCPRnL = n_{DC} >> 2$$

$$DCnB = n_{DC} \% 4$$

2) Com os parâmetros do robô, raio de giro e velocidade de deslocamento constante de 300 mm/s, dar ser criado um conjunto de equações que relacione o raio de giro com a porcentagem dos dois PWMs e que relacione o valor do conversor A/D com o raio de giro do robô. Mostrar todos os cálculos para se chegar ao conjunto de equações.



• Tínusculo Cinemático

$$V = \omega \cdot R \quad v_R = \omega \cdot \left(R - \frac{L}{2}\right) \quad v_L = \omega \cdot \left(R + \frac{L}{2}\right)$$

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{v_R}{R - \frac{L}{2}} = \frac{v_L}{R + \frac{L}{2}}$$

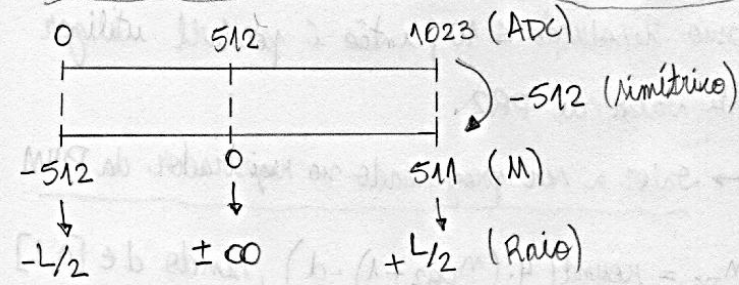
$$v_R = \frac{R - \frac{L}{2}}{R} \cdot V = \left(1 - \frac{L}{2R}\right) \cdot V$$

$$v_L = \frac{R + \frac{L}{2}}{R} \cdot V = \left(1 + \frac{L}{2R}\right) \cdot V$$

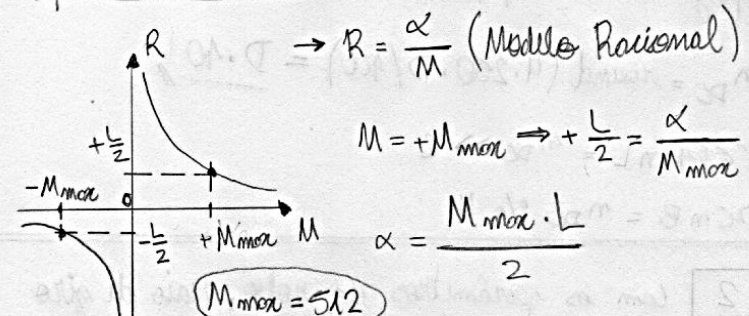
→ Sentido Horário: $R > 0$ ⚙️

→ Sentido Anti-Horário: $R < 0$ ⚙️

• Conversão da escala do ADC: $M = ADC - 512$



• Equações do Raio



$\therefore R = \frac{M_{max} \cdot L}{2M}$

 $M > 0 \Rightarrow R > 0$

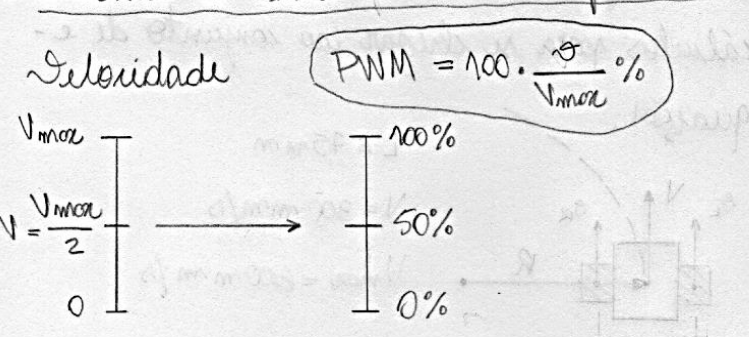
 $M = 0^\pm \Rightarrow R \rightarrow \pm\infty$

 $M < 0 \Rightarrow R < 0$

$\vartheta_R = \left(1 - \frac{M}{M_{max}}\right) \cdot V$

 $\vartheta_L = \left(1 + \frac{M}{M_{max}}\right) \cdot V$

• Conversão da escala de velocidade para PWM



$\vartheta = \vartheta_R \Rightarrow PWM_R = 100 \cdot \left(1 - \frac{M}{M_{max}}\right) \cdot \frac{V}{V_{max}}$

$\therefore PWM_1 = PWM_R = 50 \cdot \left(1 - \frac{M}{M_{max}}\right)$

$\vartheta = \vartheta_L \Rightarrow PWM_L = 100 \cdot \left(1 + \frac{M}{M_{max}}\right) \cdot \frac{V}{V_{max}}$

$\therefore PWM_2 = PWM_L = 50 \cdot \left(1 + \frac{M}{M_{max}}\right)$

OBS: $PWM_1 + PWM_2 = 100$

$\therefore PWM_2 = 100 - PWM_1$

• Otimização de cálculo

$M_{max} = 512 = 2^9$

$x / M_{max} \Rightarrow x \gg 9$

$R = \frac{512 \cdot 75}{2 \cdot M} \rightarrow R = 19200 / M$

$PWM_1 = 50 \cdot \frac{M_{max} - M}{M_{max}} = 50 \cdot \frac{512 - M}{2^9}$

$PWM_1 = (25 \cdot (512 - M)) \gg 8$