

- Este teste tem três grupos. Responda a cada um **em folhas separadas**.
 - **Identifique todas as folhas** com o seu número e com o seu primeiro e último nome.
 - O teste decorre sem consulta, excetuando-se a consulta de um **máximo de seis páginas A4** (três folhas, frente e verso) trazidas pelo aluno.
 - Não é permitido o uso de **calculadoras programáveis** (em caso de necessidade, o corpo docente reserva-se o direito de fazer reset à memória das calculadoras dos alunos).
 - Em caso algum é permitido o uso de calculadoras com qualquer **capacidade gráfica**.
 - A cotação de cada pergunta está indicada no início de cada grupo. A cotação total é de 10 valores.
-

Grupo I (5 perguntas — 5 valores)

Cada pergunta tem a cotação de 1,0valores.

Para controlar a posição angular de um motor DC de escovas com as características da Figura 1, vai-se usar um conversor DA de 8 bits, cujas características estão nas Figuras 2 e 3, alimentado à maior tensão VDD possível.

1. O motor deve rodar nos dois sentidos, e portanto terá de ser alimentado entre -12 V e $+12\text{ V}$. Conceba um condicionamento de sinal para ligar a saída do conversor DA à entrada do motor.
2. Mostre como poderia implementar esse condicionamento de sinal, usando amplificadores operacionais. Dimensione razoavelmente as resistências e outros componentes de que precisar. Considere que tem disponíveis as tensões de -12 V e $+12\text{ V}$.
3. Ache a resolução da ação de controlo, em Volt, depois de aplicado o condicionamento de sinal.
4. Sabendo que as alimentações de -12 V e $+12\text{ V}$ correspondem à velocidade de rotação nominal do motor de 6070 rpm indicada na Figura 1 (em sentidos de rotação opostos, claro está), ache a resolução que se terá na velocidade de rotação.
5. Quando o registo do conversor DA for 01101001, qual será a tensão fornecida ao motor, e qual será a velocidade de rotação deste?

Grupo II (2 perguntas — 2 valores)

Cada pergunta tem a cotação de 1,0 valores.

1. Detetou-se ruído na medição da posição angular com a frequência de 160 Hz. Conceba um filtro de primeira ordem que reduza a amplitude do ruído a 10% do seu valor original, perturbando o menos possível as baixas frequências a duas décadas ou mais do ruído. (Não precisa de mostrar como poderia implementar esse filtro usando amplificadores operacionais.)
2. Quando lhe é aplicada uma qualquer tensão, o motor DC demora um intervalo de tempo τ a chegar a 95% da velocidade de rotação esperada. Modele esta dinâmica usando uma função de transferência de primeira ordem com ganho unitário a baixas frequências.

Grupo III (2 perguntas — 3 valores)

Cada pergunta tem a cotação de 1,5 valores.

1. Qual o número mínimo de polos e zeros que tem o modelo cuja resposta a um degrau unitário está representada na Figura 4? Diga para cada polo e zero se é real ou complexo, e em que semiplano complexo se encontra.
2. Trace o diagrama de Bode assintótico da função de transferência $\frac{100(s^2 + 1010s + 10000)}{s^2(s + 100)}$.

Specifications

- Nominal Voltage: 12V
- No Load RPM: 7000
- No Load Current: 0.65A
- Rated RPM: 6070
- Rated Torque: 10 oz-in
- Stall Current: 43.9A
- Stall Torque: 125.69 oz-in
- Shaft Type: Round

Figura 1: Extrato da documentação de um motor DC.

7.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{DD}	Positive supply voltage to ground (A_{GND})	1.71		5.5	V
V_{IH}	Digital input high voltage, $1.7\text{ V} < V_{DD} \leq 5.5\text{ V}$	1.62			V
V_{IL}	Digital input low voltage			0.4	V
T_A	Ambient temperature	-40		125	°C

Figura 2: Extrato da documentação de um conversor DA.

By default, the DACx3401 operate with the power-supply pin (V_{DD}) as a reference. Equation 1 shows DAC transfer function when the power-supply pin is used as reference.

$$V_{OUT} = \frac{DAC_DATA}{2^N} \times V_{DD}$$

where:

- N is the resolution in bits, either 8 (DAC43401) or 10 (DAC53401).
- DAC_DATA is the decimal equivalent of the binary code that is loaded to the DAC register.
- DAC_DATA ranges from 0 to $2^N - 1$.
- V_{DD} is used as the DAC reference voltage.

(1)

Figura 3: Extrato da documentação de um conversor DA (continuação).

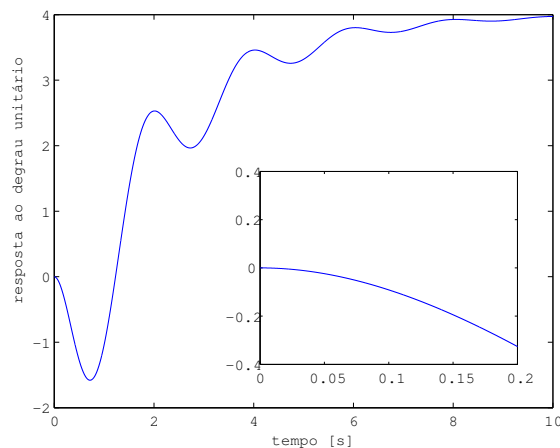
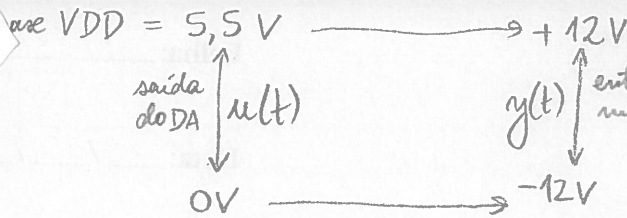


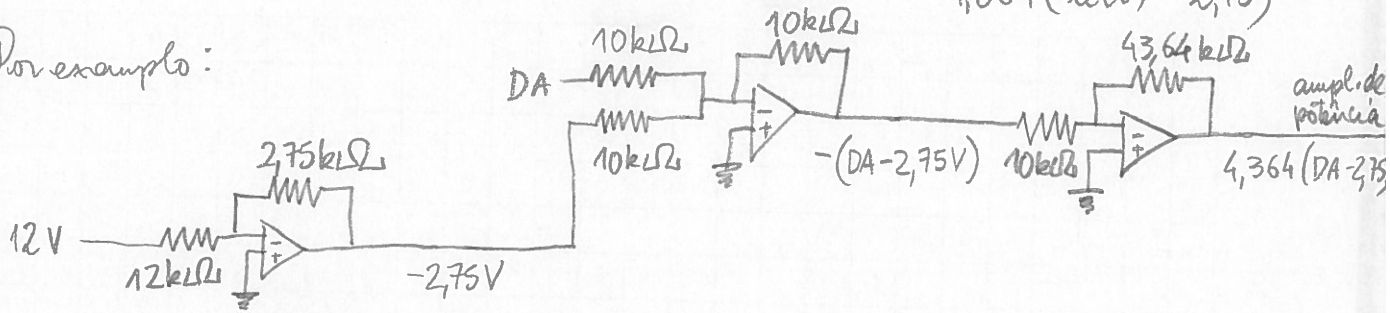
Figura 4: Resposta de um sistema ao degrau unitário (a figura menor é uma ampliação da origem).



2 Box

$$y(t) = \left(u(t) - \frac{5,5}{2} \right) \times \frac{12}{\frac{5,5}{2}} = 4,364 (u(t) - 2,75)$$

2 Por exemplo:



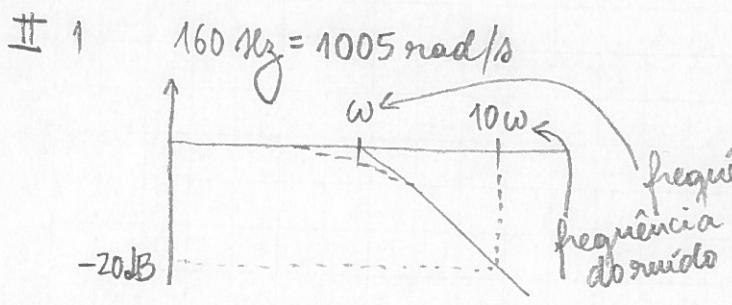
3 $\frac{12+12}{2^8} = \frac{3 \times 2^3}{2^8} = \frac{3}{2^5} = \frac{3}{32} = 93,75 \times 10^{-3} V$

4 $\frac{6070+6070}{2^8} = \frac{12140}{256} = 47,422 \text{ rpm}$

5 $01101001_{(2)} = 1+8+32+64 = 105$

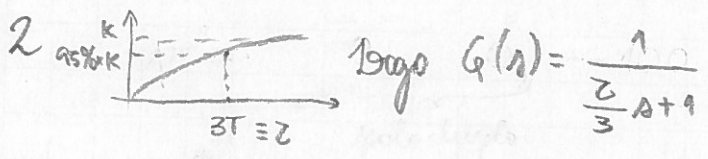
$2^8 = 256$	_____	+12V	$x = -12 + 24 \times \frac{105}{256} = -2,16 V$
105	_____	x	
0	_____	-12V	

256	_____	6070 rpm	$x = -6070 + 12140 \times \frac{105}{256} =$
105	_____	x	$= -1091 \text{ rpm}$
0	_____	-6070 rpm	



ganho a 1005 rad/s: 10% = 0,1
idem, em dB: $20 \log_{10} 0,1 = -20 \text{ dB}$

$$F(s) = \frac{1005}{s+1005}$$



Logo $G(s) = \frac{1}{\frac{z}{3}s+1}$

ou então: $10 \left[\frac{1}{s} \times \frac{a}{s+a} \right] = 1 - e^{-at}$
 $1 - e^{-at} = 0,95 \Leftrightarrow e^{-at} = 0,05 \Leftrightarrow -at = -3 \Leftrightarrow a = \frac{3}{t}$
 donde $G(s) = \frac{1}{s + \frac{3}{t}} = \frac{1}{\frac{z}{3}s+1}$

III 1 Oscilações: par de polos complexos conjugados (estáveis)
 Andamento geral da curva: polo dominante real (estável)
 Comportamento em t=0: derivada nula, logo diferença entre n° de zeros e polos é 2
 Subimpulso: zero de fase não mínima
 em resumo: 3 polos no SPCE (1 real, 2 complexos conjugados); 1 polo real

$$G(\omega) = \frac{100(\omega + 10)(\omega + 1000)}{\omega^2(\omega + 100)} = \frac{\omega + 10}{10} \times \frac{\omega + 1000}{1000} \times \frac{100}{\omega + 100} \times \frac{1}{\omega^2} \times 10000$$

