

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
 Prova de Conhecimento da Área de Engenharia Biomédica  
 1o. Período de 2016

Nome : \_\_\_\_\_

Assinatura : \_\_\_\_\_

Data : 01/12/2015

**Instruções:**

- A prova é individual, sem consulta, e é permitido o uso de calculadores simples.
- É vedado o uso de processadores eletrônicos como celulares, tablets e similares.
- Duração é de 3 horas
- Dentre as 25 questões, o candidato deverá escolher e responder 16 questões. Estas 16 questões valerão 10 pontos e devem estar assinaladas com as respectivas respostas na tabela abaixo. Caso haja mais de 16 questões respondidas, serão consideradas as 16 primeiras.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

**Fórmulas** que podem ser úteis:

- Transformada de Laplace unilateral de  $x(t)$ :  $L\{x(t)\} = X(s) = \int_{0^-}^{\infty} x(t)e^{-st} dt$
- Seja  $\mathbf{1}(t)$  a função degrau unitário  $\Rightarrow L\{\mathbf{1}(t)\} = \frac{1}{s}$
- $L\{e^{-\alpha t} \mathbf{1}(t)\} = \frac{1}{s+\alpha}$
- $L\{\cos(w_0 t) \cdot \mathbf{1}(t)\} = \frac{s}{s^2+w_0^2}$

---

**Respostas:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
D	C	A	D	C	C	A	A	B	E	B	D	A	C	C	E	A	B	D	B	B	A	D	B	D

---

**Parte a: 7 questões de matemática elementar**

1. Uma função  $f$  satisfaz a identidade  $f(bx)=b.f(x)$  para todos os números reais  $b$  e  $x$ .

Sabendo que  $f(4)=2$ , resolva a equação  $g(x)= 8$ , na qual  $g(x)= f(x-1)+1$

- a) 0
- b) 80
- c) -3
- d) 15
- e) Nenhuma das anteriores

2. Supondo que um atleta, enquanto corre, balança cada um de seus braços

ritmicamente (para frente e para trás) segundo a equação  $y = f(t) = \frac{\pi}{9} \text{sen}(\frac{8}{3}\pi(t - \frac{3}{4}))$ , onde  $y$  é o ângulo compreendido entre a posição do braço e o eixo vertical

$(-\frac{\pi}{9} \leq y \leq \frac{\pi}{9})$  e  $t$  é o tempo medido em segundo,  $t \geq 0$ . Com base nessa equação, determine quantas oscilações completas (para frente e para trás) o atleta faz com o braço em 6 segundos .

- a) 6
- b) 10
- c) 8
- d) 15
- e) Nenhuma das anteriores

3. Considere a matriz  $A = \begin{bmatrix} x-1 & x-1 & x-1 \\ x-1 & 1 & 2 \\ x-1 & 1 & -2 \end{bmatrix}$ . Encontre o conjunto solução da

equação  $\det(A)=0$ .

- a) { 1; 2}
- b) { 0; 2}
- c) { 1; 4}
- d) { 2; 4}
- e) Nenhuma das anteriores

4. A condição para que as constantes reais  $a$  e  $b$  tornem incompatível o sistema linear

$$\begin{cases} x + y + 3z = 2 \\ x + 2y + 5z = 1 \\ 2x + 2y + az = b \end{cases} \text{ é:}$$

- a)  $a - b \neq 2$
- b)  $a+b=10$
- c)  $4a-6b=0$
- d)  $\frac{a}{b} = \frac{3}{2}$
- e) Nenhuma das anteriores

5. Uma lapiseira, três cadernos e uma caneta custam, juntos, 33 reais. Duas lapiseiras, sete cadernos e duas canetas, juntos 76 reais. O custo de uma lapiseira, um caderno e uma caneta, juntos, em reais, é:

- a) 11
- b) 12
- c) 13

- d) 17
- e) Nenhuma das anteriores

6. Considere o sistema linear 
$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 = 2 \\ 2x_1 - x_2 = 2 \\ x_1 + x_2 = 2 \end{cases}$$
, que não tem solução compatível com as 3

equações. Para determinar uma solução aproximada de um sistema linear  $A \cdot x = b$  impossível, utiliza-se o método dos quadrados mínimos, que consiste em resolver o sistema  $A^T A x = A^T b$ . O símbolo T em  $A^T$  significa a transposta de A. Usando esse método, encontre uma solução aproximada para o sistema dado acima.

- a) { 1; 2}
  - b) { 0; 2}
  - c) { 4/3; 4/3}
  - d) { 3/4; 4/3}
  - e) Nenhuma das anteriores
7. A equação da reta que passa pelo centro da circunferência  $x^2 + y^2 - x - 4y + \frac{9}{4} = 0$  e é perpendicular à reta  $x=k$  (k é um número real) é:
- a)  $y=2$
  - b)  $x+y=2$
  - c)  $x=2$
  - d)  $y=1/2$
  - e) Nenhuma das anteriores

### Parte b: 9 questões de biologia

8. Qual das seguintes afirmações é verdadeira para ambos pinocitose e fagocitose?
- a) Envolvem o recrutamento de filamentos de actina
  - b) Ocorrem de forma espontânea e não seletiva
  - c) As vesículas endocitóticas se fusionam com os ribossomos que liberam hidrolases no interior das vesículas
  - d) São somente observadas no macrófagos e neutrófilos
  - e) Não necessitam de ATP
9. O acoplamento excitação-contração no músculo esquelético envolve todos os eventos seguintes, exceto um. Qual?
- a) Hidrólise de ATP
  - b) Ligação de  $Ca^{++}$  à calmodulina
  - c) Alteração na conformação do receptor diidropiridínico
  - d) Despolarização do túbulo transverso (túbulo T) da membrana
  - e) Aumento na condutância do  $Na^+$  no sarcolema
10. Em um músculo normal, saudável, o que ocorre como resultado da propagação do potencial de ação para a membrana do terminal de um neurônio motor?
- a) Abertura dos canais de  $Ca^{++}$  dependentes de voltagem na membrana pré-sináptica
  - b) A despolarização da membrana do túbulo T ocorre em seguida
  - c) Sempre resulta em contração muscular
  - d) Aumento na concentração intracelular de  $Ca^{++}$  no terminal do neurônio motor
  - e) Todas as opções anteriores estão corretas

11. Uma ampla variedade de neurotransmissores foi identificada nos corpos celulares e terminações sinápticas aferentes dos núcleos da base. A deficiência de qual dos seguintes neurotransmissores se associa tipicamente à doença de Parkinson?
- Noradrenalina
  - Dopamina
  - Serotonina
  - GABA
  - Substância P
12. Em um adulto em repouso, qual é o valor característico da fração de ejeção do ventrículo?
- 20%
  - 30%
  - 40%
  - 60%
  - 80%
13. O ECG de um homem de 60 anos de idade mostra um intervalo R-R de 0,55 s. Qual das seguintes opções explica melhor sua condição?
- Ele apresenta febre
  - Ele apresenta frequência cardíaca normal
  - Ele apresenta excesso de estimulação parassimpática do nó S-A
  - Ele é um atleta praticante em repouso
  - Ele apresenta hiperpolarização do nó S-A
14. Um homem inspira 1000 mL de um espirômetro. As pressões intrapleurais eram de -4 cm H<sub>2</sub>O antes da inspiração e de -12 cm H<sub>2</sub>O ao final da inspiração. Qual é a complacência pulmonar?
- 50 mL/cm H<sub>2</sub>O
  - 100 mL/cm H<sub>2</sub>O
  - 125 mL/cm H<sub>2</sub>O
  - 150 mL/cm H<sub>2</sub>O
  - 250 mL/cm H<sub>2</sub>O
15. Um paciente tem um espaço morto de 150 mL, capacidade residual funcional de 3 L, volume corrente de 650 mL, volume de reserva expiratória de 1,5 L, capacidade pulmonar total de 8 L e frequência respiratória de 15 incursões respiratórias por minuto. Qual é o volume residual?
- 500 mL
  - 1000 mL
  - 1500 mL
  - 2500 mL
  - 6500 mL
16. Qual dos seguintes eventos está associado à primeira bulha cardíaca?
- Fechamento da valva aórtica
  - Período de enchimento rápido dos ventrículos durante a diástole
  - Início da diástole
  - Abertura das valvas A-V
  - Fechamento das valvas A-V

**Parte c: 9 questões de eletricidade**

17. Considere o modelo da membrana neuronal no repouso, ilustrado na figura 1. Sabe-se que na membrana neuronal há uma bomba eletrogênica que força a relação entre as correntes de íons sódio e potássio:  $I_{Na} = -1,5 \cdot I_K$ . Além disso, a ausência de bombas de íon cloreto resulta em corrente nula de íon cloreto, ou seja,  $I_{Cl} = 0$ . Qual é a relação entre o potencial de repouso ( $V_R$ ) e o potencial de equilíbrio do íon cloreto ( $E_{Cl}$ ) ?

- a)  $V_R = E_{Cl}$ ;
- b)  $V_R = E_{Na}$ ;
- c)  $V_R = E_K$ ;
- d)  $V_R = E_{Cl}/2$ ;
- e) Nenhuma das anteriores

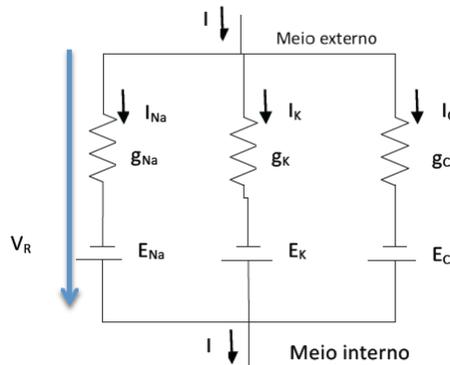


Figura 1. Modelo de membrana

18. Considere novamente o esquema da figura 1. Qual a expressão analítica do potencial de repouso ( $V_R$ ) em função das condutâncias ( $g_{Na}$ ,  $g_K$ ) e dos potenciais de equilíbrio ( $E_{Na}$ ,  $E_K$ ) dos íons sódio e potássio.

- a)  $V_R = E_{Na}$ ;
- b)  $V_R = \frac{1,5g_K E_K + g_{Na} \cdot E_{Na}}{1,5g_K + g_{Na}}$
- c)  $V_R = \frac{g_K E_K + g_{Na} \cdot E_{Na}}{g_K + g_{Na}}$
- d)  $V_R = \frac{2g_K E_K + g_{Na} \cdot E_{Na}}{g_K + g_{Na}}$
- e) Nenhuma das anteriores

19. Uma pilha comercial fornece uma corrente de 5 mA durante 20 horas. Durante esse tempo a tensão nos terminais da pilha varia entre 1,5 e 1,0 V linearmente. A energia total fornecida pela pilha durante essas 20 horas (em J) é:

- a) 100
- b) 220
- c) 300
- d) 450
- e) Nenhuma das anteriores

20. Considere o circuito da figura 2, em que a chave S estava fechada há muito tempo, curto-circuitando a resistência de 8 ohms. Qual a tensão no capacitor antes de abrir a chave, supondo que a chave S é aberta em  $t=0$ ? (Unidades SI: t em s;  $v_c$  em V)

- a)  $v_c(0^-) = 2$
- b)  $v_c(0^-) = 6$
- c)  $v_c(0^-) = 7$
- d)  $v_c(0^-) = 8$
- e) Nenhuma das anteriores

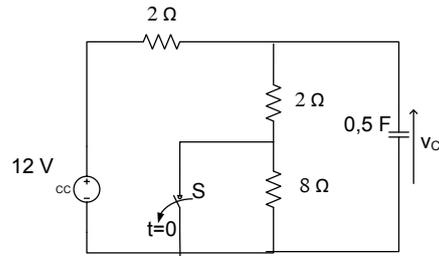


Figura 2. Esquema de circuito

21. Considere novamente o circuito da figura 2, em que a chave S estava fechada há muito tempo, curto-circuitando a resistência de 8 ohms. Qual a tensão no capacitor para  $t > 0$ , supondo que a chave S é aberta em  $t=0$ ? (Unidades SI: t em s;  $v_c$  em V)

- a)  $v_c(t) = 2$
- b)  $v_c(t) = 10 - 4 \cdot e^{-1,2 t}$
- c)  $v_c(t) = 7 - e^{-1 t}$
- d)  $v_c(t) = 8 - 2 \cdot e^{-3,3 t}$
- e) Nenhuma das anteriores

22. A transformada de Laplace da resposta de um sistema a uma excitação  $u(t)$ , na qual  $u(t)$  é degrau unitário, e condições iniciais nulas, é  $Y(s) = \frac{2s+1}{s^3+3s^2+5s}$ . Qual a equação diferencial relacionando resposta  $v(t)$  e excitação  $u(t)$ ?

- a)  $\frac{d^2v(t)}{dt^2} + 3 \frac{dv(t)}{dt} + 5v(t) = 2 \frac{du(t)}{dt} + u(t)$ ;
- b)  $\frac{d^2v(t)}{dt^2} + 5 \frac{dv(t)}{dt} + 3v(t) = 5u(t)$ ;
- c)  $3 \frac{dv(t)}{dt} + 5v(t) = 2 \frac{du(t)}{dt} + u(t)$ ;
- d)  $\frac{d^2v(t)}{dt^2} + 3 \frac{dv(t)}{dt} + 5v(t) = 2 + u(t)$ ;
- e) Nenhuma das anteriores

23. A função de transferência de um sistema é  $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{2}{s+3}$ . Determine a sua resposta  $y(t)$  com excitação nula, mas com condição inicial  $y(0^-) = 5$

- a)  $y(t) = 5$
- b)  $y(t) = 2e^{-3t}$
- c)  $y(t) = \cos(3t)$ ;
- d)  $y(t) = 5e^{-3t}$
- e) Nenhuma das anteriores

24. Considere novamente que a função de transferência de um sistema é  $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{2}{s+3}$ . Determine a sua resposta  $y(t)$  em regime permanente a uma excitação  $u(t) = 5 \cos(3t)$

- a)  $y(t) = \cos(3t)$ ;
- b)  $y(t) = 2,357 \cos\left(3t - \frac{\pi}{4}\right)$ ;
- c)  $y(t) = 2e^{-3t}$
- d)  $y(t) = 4 \cos\left(3t - \frac{\pi}{2}\right)$ ;
- e) Nenhuma das anteriores

25. Considere o circuito elétrico da figura 3, com um gerador de funções cuja resistência interna é de  $R_0=50 \Omega$  representada na figura. Os valores de indutância, resistência e capacitância são respectivamente  $L$ ,  $R$  e  $C$  em unidades SI, com condições iniciais nulas. Obtenha a saída em função de  $e(t)$  no domínio de Laplace, ou seja,  $H(s) = \frac{V(s)}{E(s)}$ .

- a)  $H(s) = \frac{s^2 RLC}{s^2 RLC + s(L + R_0 RC) + (R + R_0)}$
- b)  $H(s) = \frac{s^2 RLC + sL}{s^2 RLC + s(L + R_0 RC) + (R + R_0)}$
- c)  $H(s) = \frac{s^2 RLC + R}{s^2 RLC + s(L + R_0 RC) + (R + R_0)}$
- d)  $H(s) = \frac{s^2 RLC + sL + R}{s^2 RLC + s(L + R_0 RC) + (R + R_0)}$
- e) Nenhuma das anteriores

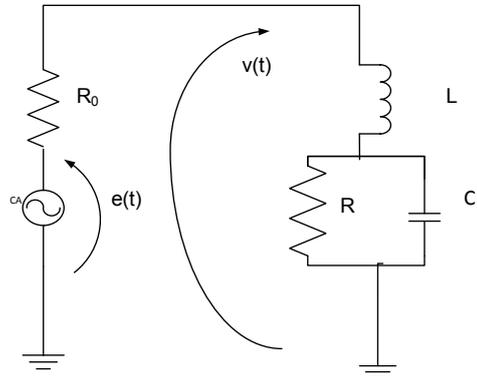


Figura 3. Circuito elétrico