

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

NUSP: \_\_\_\_\_

**PMR-2360 - Controle e Automação I**  
**Prova 1 - 03 de Outubro de 2013**  
**Duração da prova - 90 minutos**

**[Q. 1]** (4.0pt) O controle de injeção de insulina pode ajudar a vida de pacientes diabéticos, que o fazem diariamente através de injeção. A insulina é um hormônio que regula o nível de glicose do sangue (glicemia). O sistema de controle é composto por uma bomba e um sensor de glicemia, como indicado na figura abaixo. Considera-se um sensor ideal (função de transferência unitária) e um controlador com dois parâmetros a ajustar:  $K$  e  $\alpha$ . A unidade temporal das funções de transferência é dada em horas.

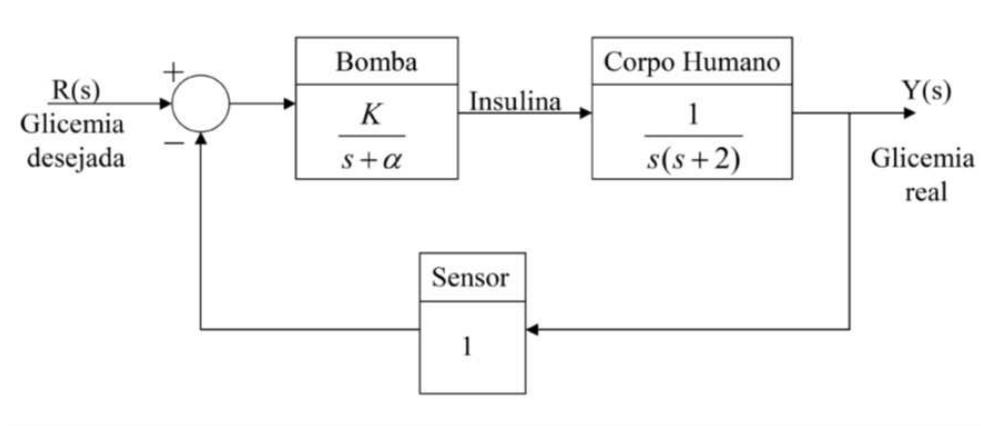


Figura 1: Sistema de controle de injeção de insulina.

Deseja-se que o sistema em Malha apresente Máximo Sobressinal  $M_p \leq 7\%$  e tempo de acomodação  $t_s \leq 4h$  (Critério de 2%).

- (1.0pt) Localize no plano complexo o lugar geométrico para os pólos de um sistema sub-amortecido de 2a. ordem que satisfaçam os critérios acima.
- (1.0pt) Calcule a função de transferência em malha fechada do sistema em análise.
- (2.0pt) Considerando o conceito de pólos dominantes, calcule  $K$  e  $\alpha$  para satisfazer os critérios de desempenho. Justifique, posicionando os novos pólos no plano complexo.

**[Q. 2]** (6.0pt) Para o avião militar F4-E, o movimento de arfagem (*pitch*, rotação em torno do eixo  $\gamma$ )  $\theta$  é controlado por  $\delta_{com}(s)$ , um sinal de comando que depende do ângulo do profundor (*elevator*)  $\delta_e$  e do *canard*  $\delta_c$ , i.e.,  $\delta_{com} = f(\delta_e, \delta_c)$ . A função de transferência do sistema é dada por:

$$\frac{\theta(s)}{\delta_{com}(s)} = G(s) = \frac{1.151s + 0.1774}{s^3 + 0.739s^2 + 0.921s}. \quad (1)$$



Figura 2: F4-E.

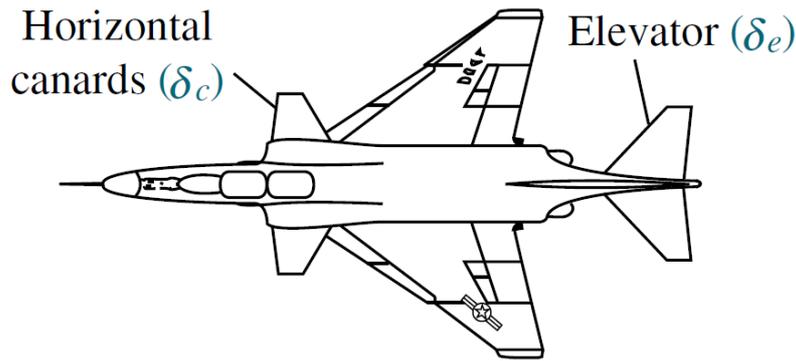


Figura 3: Detalhe do elevador e canard.

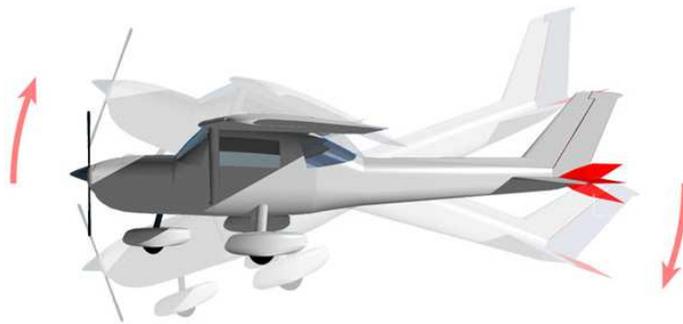


Figura 4: Movimento de *pitch*.

Deseja-se projetar um sistema de controle para este sistema. Os requisitos de desempenho são dados por:

- Erro estático para uma entrada do tipo degrau  $e_{ss} < 2\%$
- tempo de assentamento  $t_s \leq 10\text{seg}$  (Critério de 2%)
- Máximo sobresinal  $M_p \leq 10\%$

Inicialmente, deseja-se testar a utilização de um controlador proporcional  $H(s) = K_P$ .

Pede-se:

- (a) (1.0pt) Desenhe o lugar geométrico que representa os requisitos de desempenho.
- (b) (1.0pt) Calcule a faixa de valores de  $K_P$  que fornecem um sistema de controle estável.
- (c) (1.0pt) Desenhe o Lugar das Raízes.
- (d) (1.0pt) É possível calcular um valor de  $K_P$  que satisfaça todos os requisitos de desempenho ? Argumente.

Deseja-se agora utilizar um controlador denominado compensador por avanço de fase dado por:

$$H(s) = K_P \frac{(s + 0.9)}{(s + 20)} \quad (2)$$

Pede-se:

- (a) (1.0pt) Desenhe o Lugar das Raízes.
- (b) (1.0pt) Calcule um valor de  $K_P$  que satisfaça todos os requisitos de desempenho (neste caso em particular é possível desprezar os efeitos do pólo e zero que se encontram mais próximos a origem do plano  $s$ , os efeitos de ambos se cancelam).