



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA DISCURSIVA

TG17

ENGENHARIA DE SISTEMAS DE SATÉLITES ARQUITETURA ELÉTRICA



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



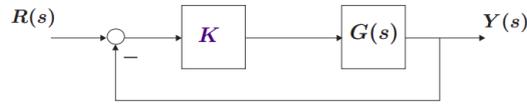
INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

Questão 1 (NSQD117-00_01)

O Método do Lugar das Raízes é uma técnica gráfica que permite visualizar de que forma os polos de um sistema em malha fechada variam quando se altera o valor de um parâmetro específico (aqui consideramos a variação do ganho k).

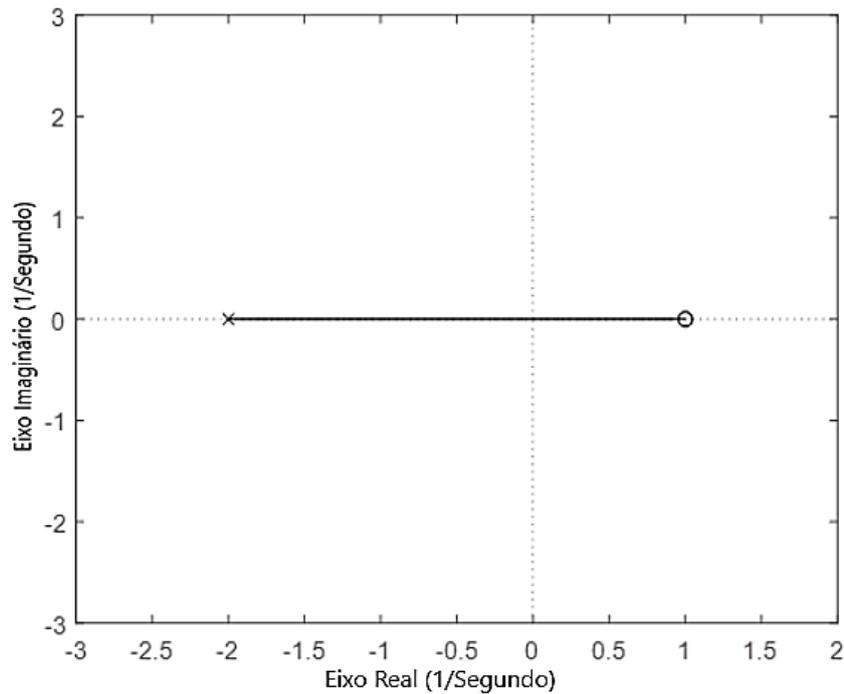
Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema.



Sobre o Lugar das Raízes abaixo (Figura 2), responda ao que se pede a seguir.

- A) Quantos e quais são os polos e zeros do Lugar das Raízes relativo ao sistema da Figura 1?
- B) Escreva a equação em malha aberta $G(s)$ que deu origem ao Lugar das Raízes.
- C) Escreva a função de transferência do sistema em malha fechada da Figura 1.
- D) Considerando que o ganho no ponto de intersecção do Lugar das Raízes com o eixo vertical é $k = 2$, para qual intervalo de ganho o sistema será estável e para qual intervalo de ganho o sistema será instável?
- E) Desenvolva o equacionamento e faça o esboço da resposta para uma excitação em Degrau Unitário; considere um ganho $k=1$.

Figura 2 – Lugar das Raízes



Dados:

Tabela de Transformadas de Laplace		
	$f(t)$	$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^{+\infty} e^{-st} f(t) dt$
1	1	$\frac{1}{s}$
2	t^n ($n = 1, 2, \dots$)	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
3	t^p ($p > -1$)	$\frac{\Gamma(p+1)}{s^{p+1}}$
4	e^{at}	$\frac{1}{s-a}$
5	$t^n e^{at}$ ($n = 1, 2, \dots$)	$\frac{n!}{(s-a)^{n+1}}$

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

26

27

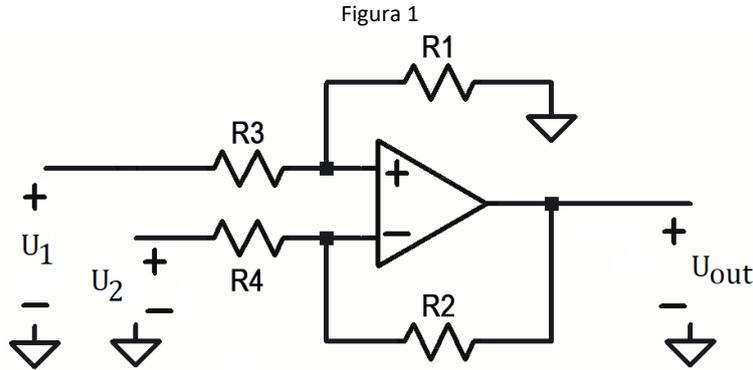
28

29

30

Questão 2

Amplificadores operacionais são circuitos de variadas aplicações dentro da eletrônica analógica, sendo utilizados amplamente em missões espaciais. Uma configuração muito comum é o circuito ilustrado na Figura 1.



- A) Como é chamado esse circuito?
- B) Escreva a tensão de saída U_{out} em função de $R1$, $R2$, $R3$, $R4$, U_1 e U_2 , considerando que o amplificador operacional é ideal.
- C) Sendo $R1 = R2$ e $R3 = R4$, reescreva a equação que descreve U_{out} .
- D) Se $R1 = 10k\Omega$, determine os valores de $R2$, $R3$ e $R4$ para que $U_{out} = U_1 - U_2$.
- E) Suponha agora que a tensão de alimentação do amplificador operacional seja simétrica, de $+15V$ e $-15V$, e o slew rate de $20V/\mu s$. Sendo $R1 = R2 = 10k\Omega$ e $R3 = R4 = 2k\Omega$, ilustre, apresentando valores, a forma de onda de tensão de saída U_{out} quando os sinais apresentados na Figura 2 abaixo são aplicados em U_1 e U_2 . O sinal aplicado em U_1 é periódico, com frequência de $100kHz$ e o ciclo de trabalho é de 50%; o sinal aplicado em U_2 é contínuo.

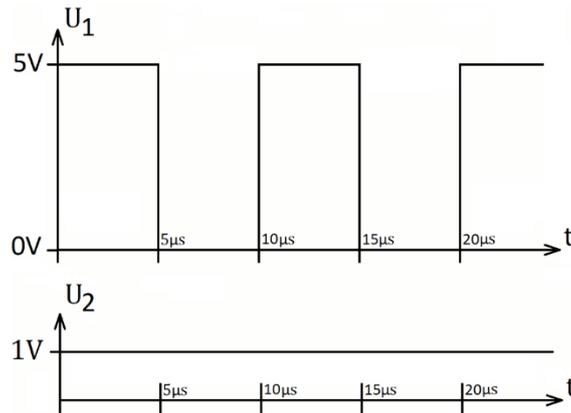
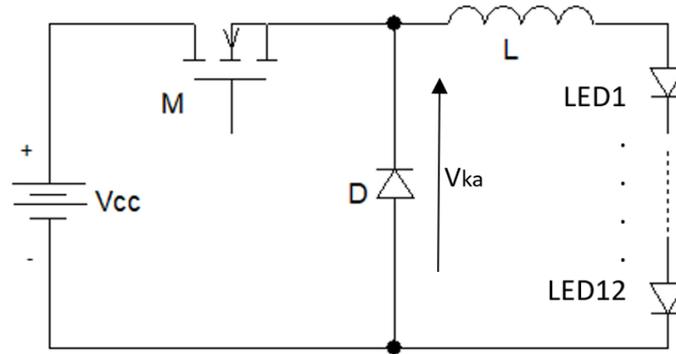


Figura 2

Questão 3

Considere uma luminária LED composta pela associação série de 12 diodos. Cada um dos diodos emissores de luz (LED) dissipa 1 W quando alimentado por uma corrente CC de 200 mA. O circuito que alimenta esse conjunto de LEDs é um conversor chaveado CC-CC do tipo abaixador de tensão (*buck*) cujo esquema simplificado está mostrado a seguir. Considere que transistor e diodo são chaves ideais (comutações instantâneas e sem perdas). A indutância L é dimensionada para que a ondulação da corrente nos LEDs possa ser desconsiderada, ou seja, é muito menor do que o valor médio da corrente pelos LEDs. O circuito de comando do transistor M , que é omitido por simplicidade, opera por Modulação por Largura de Pulso (MLP ou PWM na sigla em inglês), com frequência de comutação de 50 kHz. A tensão V_{cc} provém de um retificador monofásico a diodos, e apresenta valor médio de 150 V com uma ondulação de 20% para mais e para menos em relação ao valor médio em 120 Hz. Um circuito de controle mantém a corrente média dos LEDs regulada em 200 mA, independentemente do valor instantâneo da tensão V_{cc} , desde que ela esteja dentro da faixa especificada.



- A) Qual a tensão média na carga (conjunto de LEDs)?
- B) Qual a largura de pulso do sinal de comando do transistor quando a tensão de entrada estiver no valor mínimo? Largura de pulso ‘ d ’ é definida como a relação entre o tempo de condução do transistor e o período de chaveamento.
- C) Qual a corrente média na fonte CC quando a tensão de entrada for máxima?
- D) Desenhe em escala a forma de onda da tensão sobre o diodo (V_{ka}) nesta situação (questão 3), indicando as escalas horizontal e vertical e quais componentes conduzem em cada intervalo (M ou D).

Questão 4

Um transformador de 100kVA, 10kV/400V, que será usado para alimentar uma sala de controle, foi submetido a um ensaio a vazio e outro de curto circuito, com tensões e correntes puramente senoidais, desprezando-se efeitos de saturação do núcleo do transformador, conforme dados a seguir:

	Ensaio de curto circuito*	Ensaio a Vazio**
Tensão	5% da tensão nominal	tensão nominal
Corrente	corrente nominal	1% da corrente nominal
Fator de potência	0,2 indutivo	0,25 indutivo

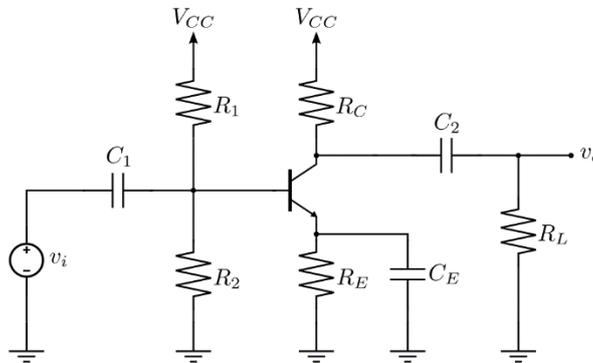
* Dados referentes às medições realizadas no lado de baixa corrente do transformador, com o lado de alta corrente em curto-circuito

** Dados referentes às medições realizadas no lado de alta corrente do transformador, com o lado de baixa corrente em aberto

- A) Indique os valores de tensão e corrente medidos no ensaio de curto-circuito e no ensaio a vazio.
- B) Calcule as perdas no núcleo do transformador.
- C) Calcule as perdas no cobre do transformador para um carregamento a plena carga.
- D) Calcule o rendimento do transformador para um carregamento de 80%, considerando-se que a carga em questão seja puramente resistiva e que as perdas no núcleo são iguais as perdas do ensaio a vazio.

Questão 5

Polarizar um transistor bipolar de junção (TBJ) consiste em estabelecer, em seu emissor (ou coletor), uma corrente DC que seja previsível e insensível a variações de temperatura e de ganho de corrente de emissor comum. Os TBJs precisam ser corretamente polarizados para serem empregados em amplificadores, como aquele apresentado na Figura a seguir.



Considerando o amplificador apresentado, responda ao que se pede a seguir.

- A) Admitindo que o ganho de corrente de emissor comum é dado por β e que a tensão DC na junção base-emissor é dada por V_{BE} , calcule a corrente de polarização DC no coletor do TBJ, sem fazer uso de aproximações em seus cálculos.
- B) Qual seria seu critério de escolha para o valor de R_E para que a corrente calculada anteriormente seja insensível a variações de β ? Justifique sua resposta.
- C) Admita que $V_{CC} = 12V$, $R_1 = 80k\Omega$, $R_2 = 40k\Omega$, $V_{BE} = 0,7V$, $R_C = 3,3k\Omega$, $R_E = 2,35k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$, $\beta = 100$, garantindo uma corrente de polarização no coletor de $1,25mA$. Admitindo ainda que a resistência associada ao efeito Early é muito alta e que $V_T = 25mV$, calcule os valores mínimos para os capacitores C_1 , C_2 e C_E para que suas impedâncias possam ser desprezadas na análise de pequenos sinais do circuito, considerando que v_i é uma senoide de frequência $1kHz$. Para tanto, utilize as seguintes aproximações: $\sqrt{x^2 + 1} = x$ para $|x| \geq 20$; $\pi^{-1} = 0,318$; e $\frac{1}{1+x} = (1 - x)$ para $|x| \leq \frac{1}{100}$.

Realização

