**Disciplina: *Circuitos Eletrônica I***

***(ver. 2023)***

***Exercício 1***

Considere um circuito com a equação de transferência F*(s)* dada abaixo:



Suponha que *|z1| << |p1| << |p2|* (pólos reais e negativos)

1. Supondo *z1 > 0*; desenho o diagrama de Bode para *F(s)* (módulo e fase)
2. Supondo *z1 < 0*; desenho o diagrama de Bode para *F(s)* (módulo e fase)

***Exercício 2***

Considere um circuito com a equação de transferência F*(s)* dada abaixo:



1. Qual poderia ser a resposta para entrada zero do sistema:
2. 
3. 
4. 
5. 

2. Considere que a resposta para entrada zero seja dado por



Determine seu valor no tempo.

1. Suponha agora que a entrada seja *u(t) = A.cos(wt)*. Determine a resposta em regime permanente senoidal no tempo.
2. Determine, no tempo, os transistórios.
3. Considere gora que a função de transferencia do sistema seja



Para condições iniciais nulas e entrada *u(t) = h(t).A.cos(wt)*, qual é a saida do sistema no tempo.

***Exercício 3***

Considere o circuito RC da **Figura 1** que tem com entrada *vin(t)=h(t).sen(t)* (a função *h(t)* é o degrau unitário).

1. Determine, utilizando transformada de Laplace, a resposta completa de *v0(t)* (resposta transitória mais permanente). Considere que *v0(0)=vA*.
2. Qual é a resposta permanente do sistema (no tempo)?



**Figura 1**. Circuito RC.

***Exercício 3***

Considere o circuito da **Figura 2**, sendo **A** um **amplificador de tensão ideal** com ganho 100.

**1.** Determine a função de transferência entre *Vin* e *Vo* (*Vo(s)/Vin(s)*).

**2.** Faça o diagrama de bode da função de transferência.



**Figura 2**. Circuito amplificador.

***Exercício 4***

Na **Figura 3a** é mostrada a curva de transferência de um amplificador operacional.

**1.** Escreva a **função de transferência do amplificador operacional** (**vo(s)/vin(s)**).

**2.** Determine a **função de transferência do amplificador** da **Figura 3b** (**vs(s)/ve(s)**)(considere que a corrente na entrado do operacional é muito pequena).

**3.** Esboce o gráfico do **ganho x freqüência** do amplificador da **Figura 3b** e calcule o **GBW** (*gain bandwidth*, a freqüência onde o ganho é unitário)



**Figura 3**. **a)** Curva de transferência do amplificador operacional; **b)** circuito amplificador.

***Exercício 5***

Na **Figura 4** é mostrado um novo circuito de ganho mas agora utilizando um capacitor na entrada para evitar problemas com *offset de tensão*.

**1.** Escreva a **função de transferência do amplificador** (**vs(s)/ve(s)**) (o amplificador operacional é o mesmo do exercício anterior).

**2.** Esboce o gráfico do **ganho x freqüência** do amplificador.

**3.** Em que faixa de freqüências o amplificador tem ganho próximo de R2/R1?



**Figura 4.** Circuito de ganho com capacitor para cancelamento de *offset*.

***Exercício 6***

Na **Figura 5** é mostrado um circuito integrador.

**1.** Qual a função do resistor *RX*.

**2.** Determine a **função de transferência do circuito** da (**vs(s)/ve(s)**)(considere o modelo simplificado para o operacional com ganho infinito).

**3.** Esboce o diagrama de Bode (módulo e fase).

**4.** Considere o caso em que RX não existe, ou é infinito, e ache o diagrama de Bode do novo circuito. Compare com a resposta anterior.



**Figura 5**. Circuito integrador.

***Exercício 7***

Considere o circuito cuja função de transferência é dado pelos gráficos da **Figura 6a**. Este circuito foi realimentado como mostra a **Figura 6b**, onde a malha de realimentação tem ganho **** **( é um número real positivo**).

* 1. Calcule a faixa de **valores permitidos para ** para que **não haja oscilação** no circuito da **Figura 6b**.
	2. Se o circuito oscilar, **em que freqüência** isso ocorre? Justifique.



**Figura 6**. **a)** Curva de transferência do circuito A(s); **b)** circuito realimentado.

***Exercício 8***

Considere o amplificador cuja função de transferência é dado pelos gráficos da **Figura 7a**. Este amplificador é usado para construir um circuito de ganho como mostra a **Figura 7b**. Nele os resistores **R1** e **R2** formam a malha de realimentação. Suponha que a carga de saída do amplificador não altera sua operação.

1. Calcule a relação que deve ser obedecida entre **R1** e **R2** para que **não haja oscilações** no circuito da **Figura 7b**.
2. Se o circuito oscilar, **em que freqüência** isso ocorrerá?



**Figura 7**. **a)** Curva de transferência do circuito A(s); **b)** circuito de ganho.

***Exercício 9***

Considere o circuito da **Figura 8.** Considere que *CLRL﹥10(C1+C3).(r1//r2)* e que $g\_{m1}> 10\frac{1}{R\_{1}//R\_{2}}$

* 1. **Determine** função de transferência entre V2 e VS (V2(s)/VS(s)) e desenhe o diagrama de Bode (módulo e fase) desta função.
	2. **Determine** função de transferência entre V0 e VS (V0(s)/VS(s)) e desenhe o diagrama de Bode (módulo e fase) desta função.



**Figura 8**. Circuito de ganho.

***Exercício 10***

Considere o circuito da **Figura 9.** Monte o sistema de equações em **Laplace** para **análise nodal** do circuito. Considere que as tensões iniciais nos capacitores são *vc5* e *vc7* como indicado; a corrente inicial no indutor é *iL1*. As fontes *vS* e *iS* são de entrada.



**Figura 9**. Circuito para análise nodal.

***Exercício 11***

Considere o circuito da **Figura 10.** Monte o sistema de equações em **Laplace** para **análise nodal** do circuito. Considere que a tensão inicial no capacitor é *vc3*; a corrente inicial no indutor é *iL5*. A fonte *iS* é de entrada e a fonte *a.e2* é um gerador de corrente vinculado por tensão.



**Figura 10**. Circuito para análise nodal.

***Exercício 12***

Considere o circuito da **Figura 11.** Monte o sistema de equações em **Laplace** para **análise nodal** do circuito. Considere que as condições iniciais são nulas e o amplificador é ideal. A fonte *vS* é de entrada.



**Figura 11**. Circuito para análise nodal.

***Exercício 13***

Considere o circuito da **Figura 12.** Monte o sistema de equações em **Laplace** para **análise de malhas** do circuito. Considere que as condições iniciais são *vc2* e *vc3* para os capacitores e *iL9* para o indutor. A fonte *vS* é de entrada.



**Figura 12**. Circuito para análise nodal.

***Exercício 14***

Um determinado sistema tem o diagrama de bode para o modulo dado na **Figura 13**.

**1.** Determine a função de transferência para o sistema. A solução é única?

**2.** Esboce o gráfico de fase para o sistema.



**Figura 13**. Diagrama de Bode de um sistema.

***Exercício 15***

Um determinado sistema tem o diagrama de bode para o modulo dado na **Figura 14**.

**1.** Determine a função de transferência para o sistema. A solução é única?

**2.** Esboce o gráfico de fase para o sistema.



**Figura 14**. Diagrama de Bode de um sistema.

***Exercício 16***

Um determinado sistema tem o diagrama de bode para o modulo dado na **Figura 15**.

**1.** Determine a função de transferência para o sistema. A solução é única?

**2.** Esboce o gráfico de fase para o sistema.



**Figura 15**. Diagrama de Bode de um sistema.

***Exercício 17***

Considere o diagrama da **Figura 16**. Supondo que B >> C, quantos pólos deve ter o sistema?



**Figura 16**. Diagrama de Bode de um sistema com n pólos.

***Exercício 18***

Considere o circuito da **Figura 17**, onde os amplificadores operacionais são ideais.

**1.** Determine a **função de transferência** entre *Vin* e *Vo* (*Vo(s)/Vin(s)*) no circuito da **Figura 17a;**

**2.** Faça o **diagrama de bode**, módulo e fase, da função de transferência;

**3.** Determine a **função de transferência** entre *Vin* e *Vo* no circuito da **Figura 17b** (o amplificador tem saída diferencial).



**Figura 17**. Circuitos com amplificadores

**Prova de 2006**

***Questão 1 (2,0)***

Considere o circuito da **Figura 1**, sendo **A** um amplificador de tensão ideal de ganho 100.

**1.1** Determine a **função de transferência** entre *Vin* e *Vo* (*Vo(s)/Vin(s)*) **(1,0)**.

**1.2** Faça o **diagrama de Bode, ganho e fase,** da função de transferência **(1,0)**.



**Figura 1**. Circuito amplificador.

***Questão 2******(2,0)***

Na **Figura 2a** é mostrada a curva de transferência de um amplificador operacional.

**2.1** Escreva a **função de transferência do amplificador operacional** (**vo(s)/vin(s)**) (**0,5**).

**2.2** Determine a **função de transferência do amplificador** da **Figura 2b** (**vs(s)/ve(s)**)(considere que a corrente na entrado do operacional é muito pequena, e use o resultado encontrado na questão anterior) (**1,0**).

**2.3** Esboce o gráfico do **ganho x freqüência** (db) do amplificador da **Figura 2b** (**0,5**).



**Figura 2**. **a)** Curva de transferência do amplificador operacional; **b)** circuito amplificador.

***Questão 3 (2,0)***

Considere o circuito da **Figura 3.** Neste circuito os amplificadores são ideais (impedância de entrada e ganho infinitos)**.**

* 1. Determine **a impedância de entrada** em s **(Vi(s)/Ii(s))** do circuito da **Figura 3a** (sugestão: comece determinando a corrente em R5 e depois vá caminhando para a esquerda) **(1,0)**.
	2. Determine a **função de transferência** em s entre ***V0***e ***Vi*** no circuito da **Figura 3b** (obs.: o circuito da **Figura 3a** é chamado indutor ativo) **(1,0)**.

 **Figura 3**. Circuitos com amplificadores operacionais**.**

***Questão 4******(2,0)***

Considere a junção P/N na **Figura 4a.** Na **Figura 4b** é apresentado o diagrama de bandas dos materiais **P e N isolados**. A concentração inicialde portadores no lado N é ***n0p* (elétrons)** e ***p0n* (lacunas)**; a concentração inicialde portadores no lado P é ***n0p* (elétrons)** e ***p0p* (lacunas)**.

* 1. Desenhe o **diagrama de bandas da junção** (lado P e lado N) para tensão externa **VA = 0 V (0,5)**.
	2. Desenhe o **diagrama de bandas da junção** (lado P e lado N) para tensão externa **VA  > 0 V** **(0,5)**.
	3. Desenhe o **diagrama de bandas da junção** (lado P e lado N) para tensão externa **VA  < 0 V** (**0,5)**.
	4. Desenhe como a **concentração de portadores**, elétrons lacunas, é ao longo da junção para **VA  > 0V**. Neste caso considere que *n0n > p0p* **(0,5)**.



**Figura 4**. a) Junção P/N; b) diagrama de bandas de energia do silício P, direita, e N, esquerda.

***Questão 5******(2,0)***

Considere o **circuito retificador** mais o **circuito regulador** da **Figura 5.** Suponha que a **queda nos diodos** seja de **0,7 V** e que sejam conhecidas a resistência ***rZ*** e a tensão ***Vz0*** do diodo zener.

* 1. **Desenhe**, com detalhes, **a forma de onda de *V0*** (considere que o *ripple* na saída seja pequeno) **(0,5)**.
	2. **Desenhe**, com detalhes, **a forma de onda de *VD1*** (tensão no diodo D1) **(0,5)**.
	3. Estime quanto é o ***ripple* em *V0*** (sugestão: utilize a máxima tensão em *V0* para avaliar qual é a corrente que o regulador consome) **(1,0)**.



**Figura 5**. Circuito retificador e circuito regulador (*gnd* é o terra).