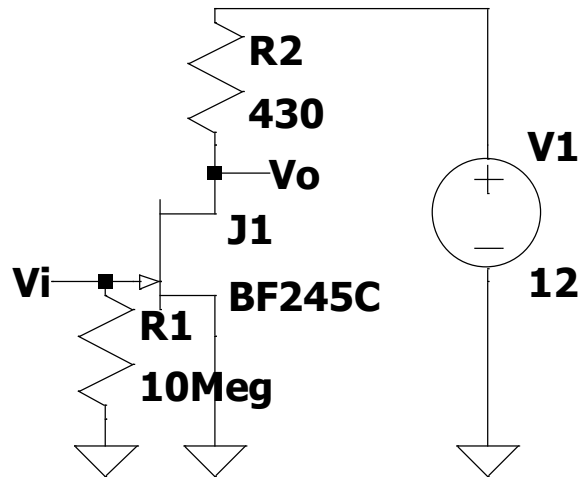




2º Lista de Exercícios – ELTA02A

Questão 1) Determine V_o para o circuito abaixo:

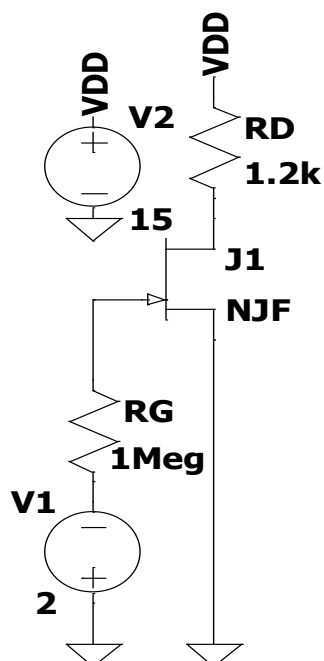


Considere:

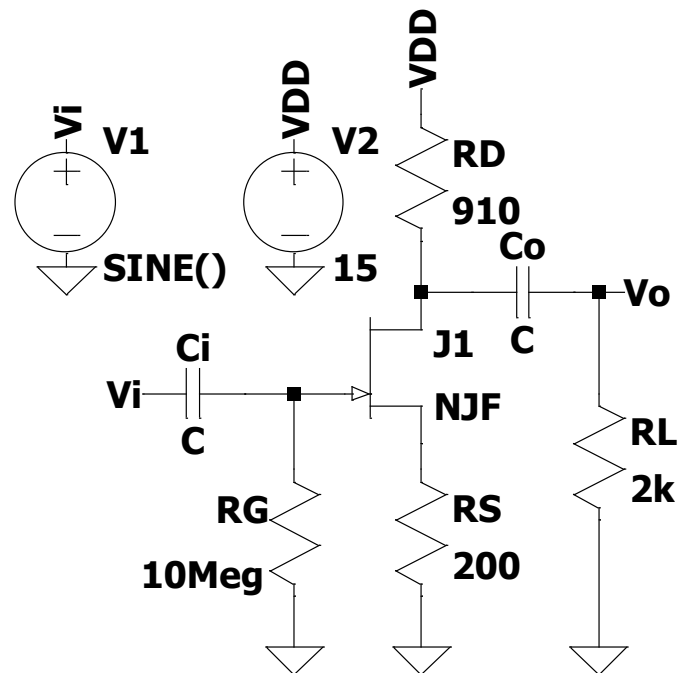
-> V_i , um sinal quadrado de 0V a -5V, $V_p = -5V$ e $I_{dss} = 17 \text{ mA}$.

Questão 2) Faça a análise DC dos circuitos abaixo:

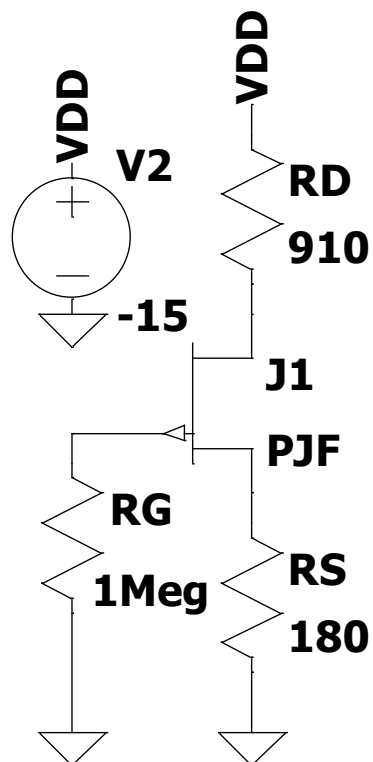
a) Polarização fixa com JFET/DMOS – Canal N ($I_{dss} = 17 \text{ mA}$ e $V_p = -5V$).



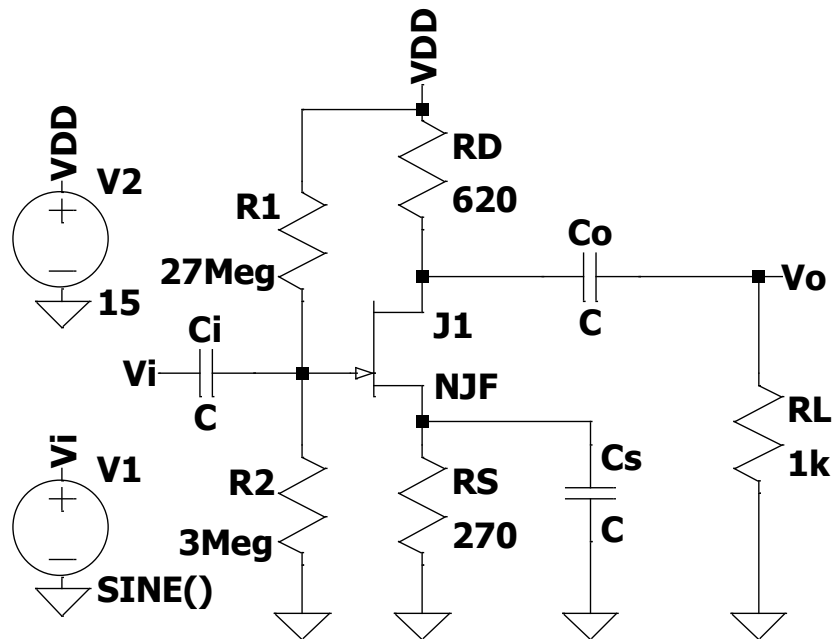
b) Autopolarização com JFET/DMOS – Canal N ($I_{dss} = 17 \text{ mA}$ e $V_p = -5\text{V}$).



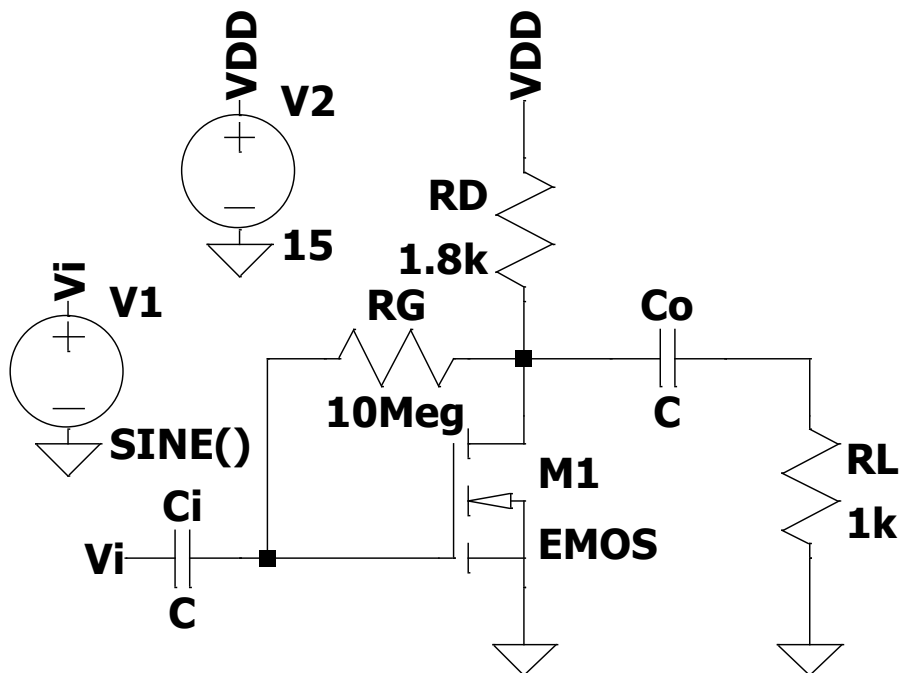
c) Autopolarização com JFET/DMOS – Canal P ($I_{dss} = 16 \text{ mA}$ e $V_p = 4\text{V}$).



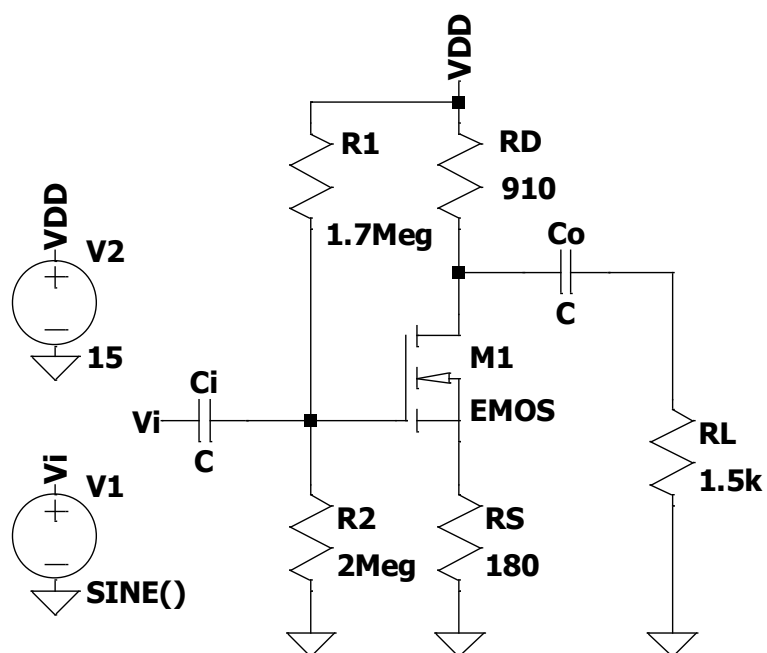
d) Polarização por divisor de tensão JFET/DMOS – Canal N ($I_{dss} = 17 \text{ mA}$ e $V_p = -5\text{V}$).



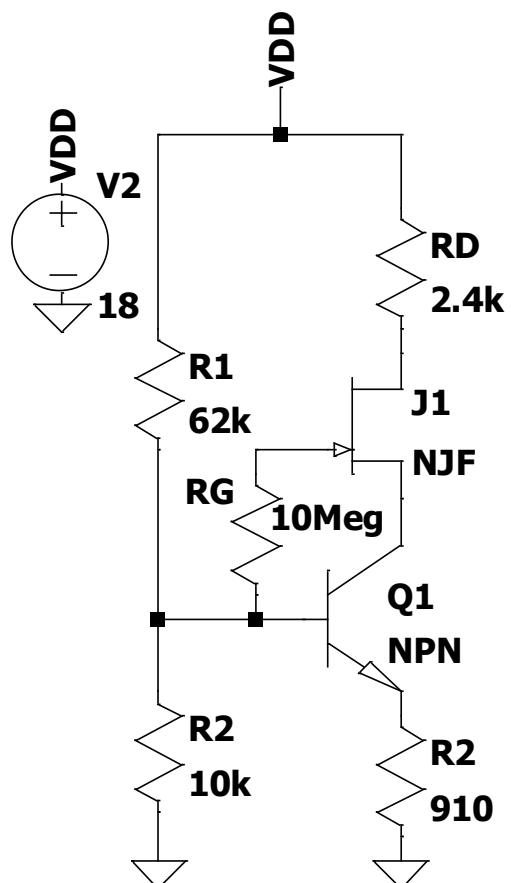
e) Realimentação de Dreno EMOS – Canal N ($I_{dson} = 5 \text{ mA}$, $V_{gson} = 6 \text{ V}$ e $V_t = 4\text{V}$).



- f) Polarização por divisor de tensão EMOS – Canal N ($I_{dson} = 5 \text{ mA}$, $V_{gson} = 6 \text{ V}$ e $V_t = 4 \text{ V}$).



- g) Polarização de JFET/DMOS canal N com TBJ NPN ($I_{dss} = 12 \text{ mA}$ e $V_p = -6 \text{ V}$).



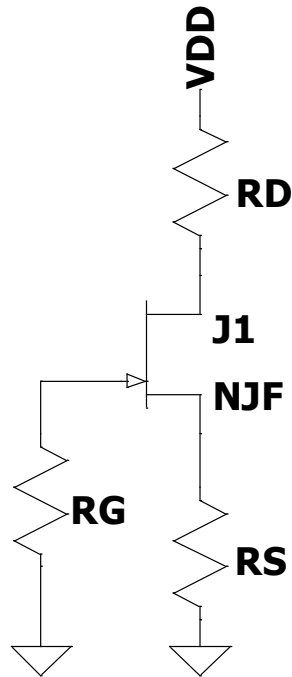
Questão 3) Faça a análise AC dos itens b), d), e), f) da questão anterior.

Considere r_d no itens: b), d) e e), para $Y_{os} = 25 \mu S$.

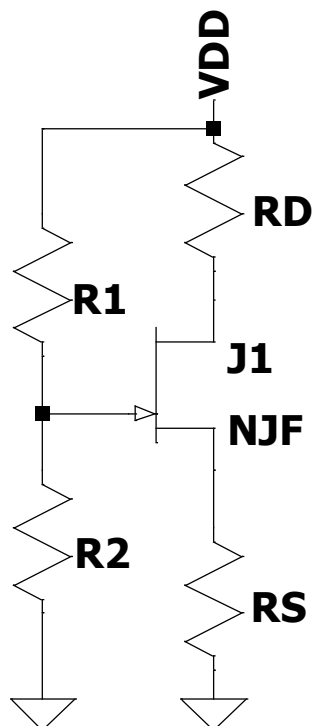
Questão 4) Faça o projeto de polarização dos circuitos abaixo:

Considerações: $V_{DD} = 15V$, $I_{dss} = 17 \text{ mA}$ e $V_p = -5V$.

a) Projeto de autopolarização JFET/DMOS – Canal N.

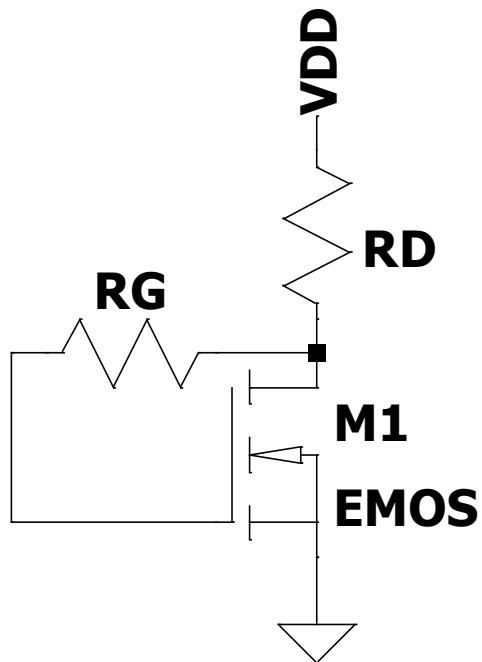


b) Projeto de polarização por divisor de tensão JFET/DMOS – Canal N.

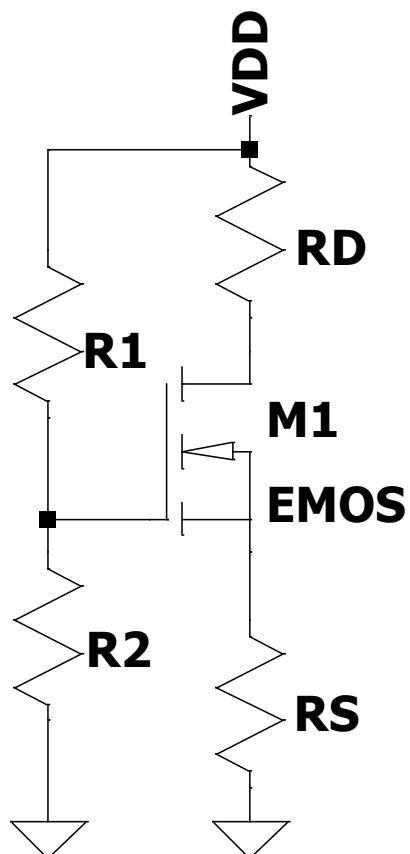


Considerações: $V_{DD} = 15V$, $I_{dson} = 5\text{ mA}$, $V_{gson} = 5V$ e $V_t = 3V$.

c) Projeto de polarização por realimentação de dreno EMOS – Canal N.



d) Projeto de polarização por divisor de tensão EMOS – Canal N.

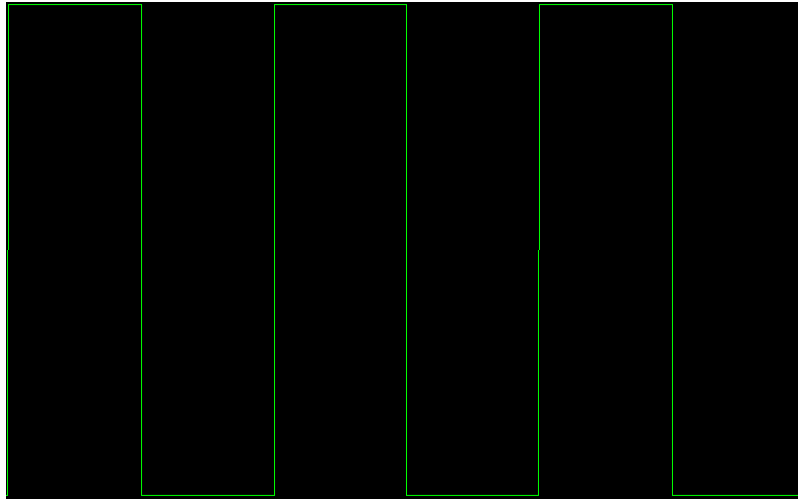


Questão 5) Projete os capacitores dos itens b) e d) da questão 1. Considere para o item b) uma frequência de corte maior ou igual 300 Hz e para o item d) uma frequência de corte maior ou igual 400 Hz.

Resoluções

Questão 1)

Para V_i (Superior 0V e Inferior -5V):



Para o circuito proposto, temos:

$$V_{GS} = V_G - V_S \rightarrow V_S = 0, \text{ portanto } V_{GS} = V_G$$

A tensão V_G pode mudar a partir da entrada V_i . Assim como a entrada V_i pode ser 0V ou -5V, temos os casos:

$$V_i = 0 \text{ V} \rightarrow V_{GS} = V_G = 0 \text{ V} \quad (1)$$

$$V_i = -5 \text{ V} \rightarrow V_{GS} = V_G = -5 \text{ V} \quad (2)$$

Dado o funcionamento do JFET, temos:

$$\text{Se } V_{GS} = 0 \rightarrow I_D = I_{DSS}$$

$$\text{Se } V_{GS} = |V_p| \rightarrow I_D = 0$$

Então para os casos listados, observa-se:

$$(1) V_{GS} = 0 \text{ V}, \text{ logo } I_D = I_{DSS} = 17 \text{ mA}$$

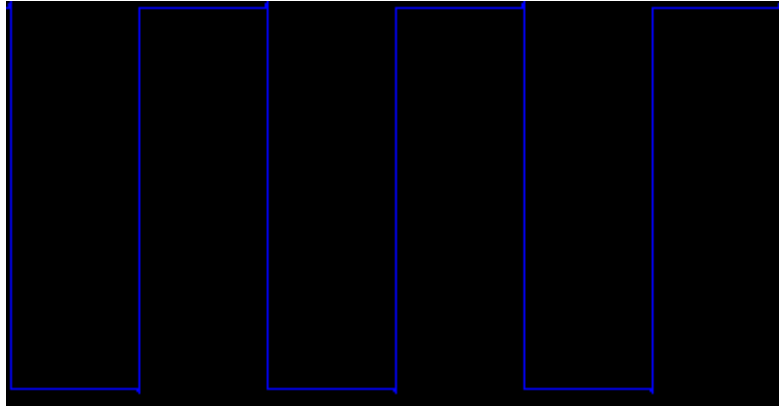
$$(2) V_{GS} = -5 \text{ V}, \text{ logo } I_D = 0$$

Determinados os valores de corrente que percorrem o transistor para cada caso, para a V_o :

$$(1) V_o = V_D = V_{DD} - R_D I_D = 12 - 430 \times 17 \text{ mA} = 4,69 \text{ V}$$

$$(2) V_o = V_D = V_{DD} - R_D I_D = 12 - 430 \times 0 = 12 \text{ V}$$

Assim a saída V_o , fica (Superior 12V e Inferior 4,69V):



Questão 2)

a) Para este circuito, temos:

$$V_S = 0V$$

$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G$$

$$V_G = -V_{GG} = -2V$$

Devido o terminal positivo da fonte está conectado ao terra

$$V_{GS} = -2V$$

Determinando a corrente I_D :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \left(\frac{V_{GS}}{V_P} \right) \right)^2 = 17mA \left(1 - \left(\frac{-2}{-5} \right) \right)^2 = 6,12 mA$$

Como $V_S = 0V$:

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_D$$

$$V_{DS} = V_D = V_{DD} - I_D R_D = 7,656 V$$

b) Para este circuito, temos:

$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$V_G = 0V \rightarrow \text{autopolarização.}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = -V_S = -R_S I_D = -200I_D$$

Determinando a corrente I_D :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \left(\frac{V_{GS}}{V_P} \right) \right)^2 = 17mA \left(1 - \left(\frac{-200I_D}{-5} \right) \right)^2 = 17mA(1 - 40I_D)^2$$

$$I_D = 17mA(1 - 80I_D + 1600I_D^2) = 17m - 1,36I_D + 27,2I_D^2$$

$$27,2I_D^2 - 2,36I_D + 17m = 0$$

$$I_D = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a} = \frac{-(-2,36) \pm \sqrt{(-2,36)^2 - 4 \times 27,2 \times 17m}}{2 \times 27,2}$$

$$I_D' = 78,84 mA \text{ e } I_D'' = 7,93 mA$$

$$I_{Dsat} = \frac{V_{DD}}{R_D + R_S} = 13,51 mA \rightarrow \text{máxima corrente para a configuração.}$$

Como $I_D' > I_{DSS}$ e $I_D' > I_{Dsat}$:

$$I_D = I_D'' = 7,93 mA$$

$$V_{GS} = -200I_D = -1,58 V$$

$$V_S = R_S I_D = 1,58 V$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S) = 6,2 V$$

$$V_D = V_{DD} - R_D I_D = 7,78 V$$

c) Para este circuito, temos:

$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$V_G = 0V \rightarrow \text{autopolarização.}$$

Como temos um canal P, $V_S < 0$, assim:

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - (-V_S) = V_S = 180 I_D$$

Determinando I_D :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \left(\frac{V_{GS}}{V_P} \right) \right)^2 = 16mA \left(1 - \left(\frac{180 I_D}{4} \right) \right)^2 = 16mA(1 - 45 I_D)^2$$

$$I_D = 16mA(1 - 90 I_D + 2025 I_D^2) = 16m - 1,44 I_D + 32,4 I_D^2$$

$$32,4 I_D^2 - 2,44 I_D + 16m = 0$$

$$I_D = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a} = \frac{-(-2,44) \pm \sqrt{(-2,44)^2 - 4 \times 32,4 \times 16m}}{2 \times 32,4}$$

$$I'_D = 68,05 mA \text{ e } I''_D = 7,26 mA$$

$$I_{Dsat} = \frac{|V_{DD}|}{R_D + R_S} = 13,76 mA$$

Como $I'_D > I_{DSS}$ e $I'_D > I_{Dsat}$:

$$I_D = I''_D = 7,26 mA$$

$$V_S = -180 I_D = -1,31V$$

$$V_{GS} = -V_S = 1,31V$$

$$V_G = 0V$$

$$V_{DS} = I_D(R_D + R_S) - V_{DD} = -7,09V$$

$$V_D = R_D I_D - V_{DD} = -8,396V$$

d) Para este circuito, temos:

$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = 1,5V$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 1,5 - 270 I_D$$

Determinando I_D :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \left(\frac{V_{GS}}{V_P} \right) \right)^2 = 17mA \left(1 - \left(\frac{1,5 - 270 I_D}{-5} \right) \right)^2 = 17mA(1,3 - 54 I_D)^2$$

$$I_D = 17mA(1,69 - 140,4I_D + 2916I_D^2) = 28,73m - 2,3868I_D + 49,572I_D^2$$

$$49,572I_D^2 - 3,3868I_D + 28,73m = 0$$

$$I_D = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a} = \frac{(-(-3,3868) \pm \sqrt{(-3,3868)^2 - 4 \times 49,572 \times 28,73m})}{2 \times 49,572}$$

$$I'_D = 58,396 \text{ mA e } I''_D = 9,92 \text{ mA}$$

$$I_{Dsat} = \frac{V_{DD}}{R_D + R_S} = 16,85 \text{ mA}$$

Como $I'_D > I_{DSS}$ e $I''_D > I_{Dsat}$:

$$I_D = I''_D = 9,92 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = 1,5 - 270I_D = -1,18V$$

$$V_S = 270I_D = 2,68V$$

$$V_G = 1,5V$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S) = 6,17V$$

$$V_D = V_{DD} - R_D I_D = 8,85V$$

e) Para este circuito, temos:

$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$k = \frac{I_{DSON}}{(V_{GSON} - V_T)^2} = \frac{5 \text{ mA}}{(6 - 4)^2} = 1,25 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$V_S = 0$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_D$$

Como o gate está conectado ao dreno e $I_G = 0$:

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G = V_D$$

$$V_D = V_{DD} - R_D I_D = 15 - 1800I_D$$

Determinando I_D :

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2 = 1,25m(15 - 1800I_D - 4)^2 = 1,25m(11 - 1800I_D)^2$$

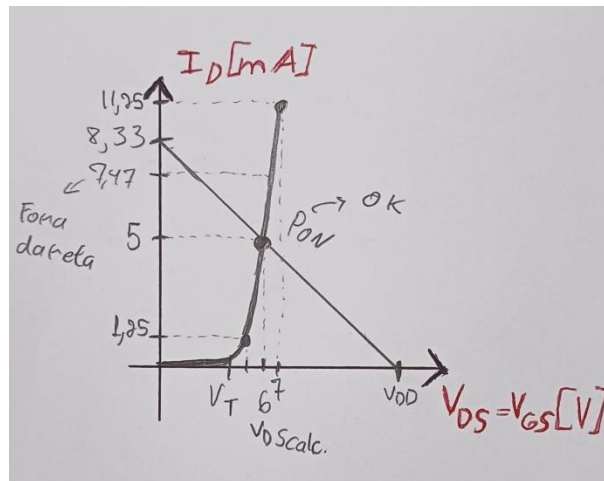
$$I_D = 1,25m(121 - 39600I_D + 3,24 \times 10^6 I_D^2) = 151,25m - 49,5I_D + 4050I_D^2$$

$$4050I_D^2 - 50,5I_D + 151,25m = 0$$

$$I_D = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a} = \frac{(-(-50,5) \pm \sqrt{(-50,5)^2 - 4 \times 4050 \times 151,25m})}{2 \times 4050}$$

$$I'_D = 7,47 \text{ mA e } I''_D = 5 \text{ mA}$$

$$I_{Dsat} = \frac{V_{DD}}{R_D} = 8,34 \text{ mA}$$



Para este circuito, para determinar I_D , é preciso recorrer ao gráfico do mesmo, no entanto, este resultou em $I_D'' = I_{DSON}$, e tanto pela solução gráfica quanto pelo valor de I_D'' , temos:

$$I_D = I_D'' = 5 \text{ mA}$$

Assim,

$$V_{GS} = V_G = V_{DS} = V_D = V_{DD} - R_D I_D = 15 - 1800 I_D = 6 \text{ V}$$

$$V_S = 0 \text{ V}$$

f) Para o circuito, temos:

$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$k = \frac{I_{DSON}}{(V_{GSON} - V_T)^2} = \frac{5 \text{ mA}}{(6 - 4)^2} = 1,25 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = 8,11 \text{ V}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 8,11 - 180 I_D$$

Determinando I_D :

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2 = 1,25 \text{ m}(8,11 - 180 I_D - 4)^2 = 1,25 \text{ m}(4,11 - 180 I_D)^2$$

$$I_D = 1,25 \text{ m}(16,8921 - 1479,6 I_D + 32400 I_D^2) = 21,115 \text{ m} - 1,8495 I_D + 40,5 I_D^2$$

$$40,5 I_D^2 - 2,8495 I_D + 21,115 \text{ m} = 0$$

$$I_D = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a} = \frac{-(-2,8495) \pm \sqrt{(-2,8495)^2 - 4 \times 40,5 \times 21,115 \text{ m}}}{2 \times 40,5}$$

$$I_D' = 61,94 \text{ mA e } I_D'' = 8,42 \text{ mA}$$

$$I_{Dsat} = \frac{V_{DD}}{R_D + R_S} = 13,76 \text{ mA}$$

Como $I_D' > I_{DSS}$ e $I_D' > I_{Dsat}$:

$$I_D = I_D'' = 8,42 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 8,11 - 180 I_D = 6,59 \text{ V}$$

$$V_S = I_D R_S = 1,515 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S) = 5,825 \text{ V}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 7,34 \text{ V}$$

g) Para o circuito, temos:

$$I_D = I_S \text{ e } I_G = 0$$

$$I_E \cong I_{CQ} = I_D$$

Calculando a tensão de base do TBJ:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = 2,5 \text{ V}$$

$$V_G = V_B \rightarrow I_G = 0$$

Calculando I_E :

$$V_E = V_B - V_{BE} = 2,5 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 1,8 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1,8}{910} = 1,98 \text{ mA}$$

$$I_E \cong I_{CQ} = I_D$$

Calculando V_D , visto que já temos a corrente I_D .

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 18 - 1,98 \text{ mA} \times 2,4 \text{ k}\Omega = 13,25 \text{ V}$$

Determinando V_{GS} :

$$V_{GS} = V_P \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} \right) = (-6) \left(1 - \sqrt{\frac{1,98 \text{ mA}}{12 \text{ mA}}} \right) = -3,56 \text{ V}$$

Assim, calculamos V_S . E sabemos que $V_S > V_G$, pois o JFET é canal N, então:

$$V_S = V_G + |V_{GS}| = 6,06 \text{ V}$$

Como o terminal de source do JFET está conectado ao coletor do TBJ, temos:

$$V_C = V_S = 6,06 \text{ V}$$

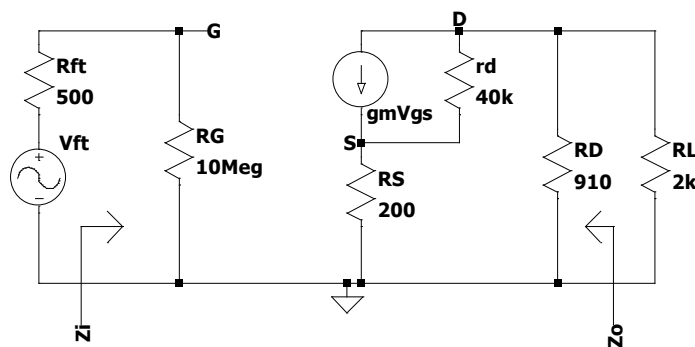
Finalizando, então:

$$V_{DS} = V_D - V_S = 13,25 \text{ V} - 6,06 \text{ V} = 7,19 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 6,06 - 1,8 = 4,26 \text{ V}$$

Questão 3)

a) Para o circuito do item b), temos o seguinte modelo AC:



$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) = \frac{2 \times 17 \text{ mA}}{|-5|} \left(1 - \frac{(-1,585)}{(-5)} \right) = 4,6444 \text{ mS}$$

$$r_d = \frac{1}{Y_{OS}} = \frac{1}{25 \mu\text{S}} = 40 \text{ k}\Omega$$

Como o circuito, possui a configuração de autopolarização, temos:

$$Z_i = R_G = 10 \text{ M}\Omega$$

Considerando r_d :

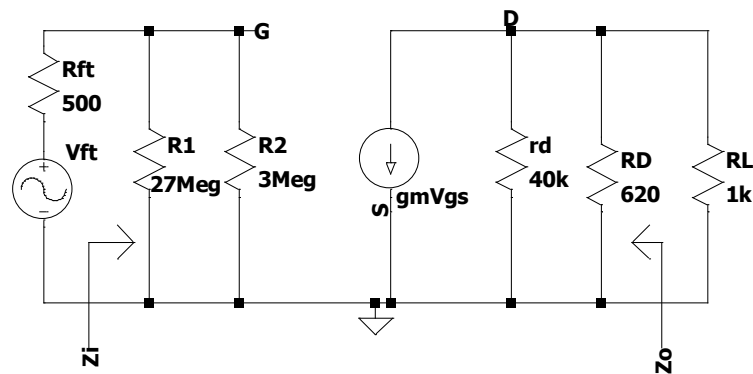
$$Z_o = \frac{1 + g_m R_S + \frac{R_S}{r_d}}{1 + g_m R_S + \frac{R_S + R_D}{r_d}} R_D = 899,42 \Omega$$

Calculando os ganhos com e sem carga do circuito:

$$A_{VNL} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_S + R_D}{r_d}} = -2,16 \frac{V}{V}$$

$$A_V = \frac{R_L}{R_L + Z_o} A_{VNL} = -1,49 \frac{V}{V}$$

b) Para o circuito do item d), temos o seguinte modelo AC:



$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) = \frac{2 \times 17mA}{|-5|} \left(1 - \frac{(-1,18)}{(-5)}\right) = 5,1962 mS$$

$$r_d = \frac{1}{Y_{OS}} = \frac{1}{25\mu S} = 40k\Omega$$

Para um circuito polarizado com um divisor de tensão, temos:

$$Z_I = R_1 || R_2 = 27 M\Omega || 3 M\Omega = 2,7 M\Omega$$

Como temos um capacitor conectado ao terminal de source(fonte) fazendo o desvio para o terra, temos:

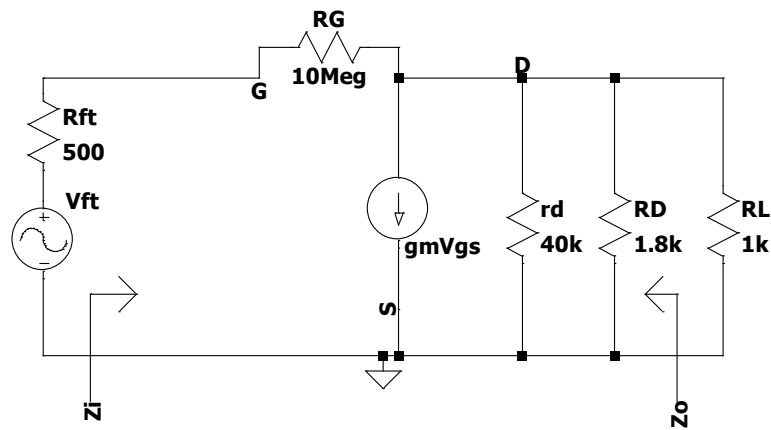
$$Z_o = r_d || R_D \cong R_D = 620 \Omega \rightarrow r_d \gg R_D$$

Calculando os ganhos com e sem carga do circuito:

$$A_{VNL} = -g_m (r_d || R_D) = -3,17 \frac{V}{V}$$

$$A_V = \frac{R_L}{R_L + Z_o} A_{VNL} = -1,96 \frac{V}{V}$$

c) Para o circuito polarizado com realimentação de dreno EMOS, temos:



$$g_m = 2k(V_{GS} - V_T) = 2 \times \frac{1,25mA}{V^2} (6 - 4) = 5 mS$$

$$r_d = \frac{1}{Y_{OS}} = \frac{1}{25\mu S} = 40k\Omega$$

Como temos um circuito com realimentação de dreno, sua impedância de entrada, poder ser aproximada por:

$$Z_I = \frac{R_G}{1 + g_m(r_d || R_D)} = 1,04 M\Omega$$

Para sua impedância de saída, considerando r_d :

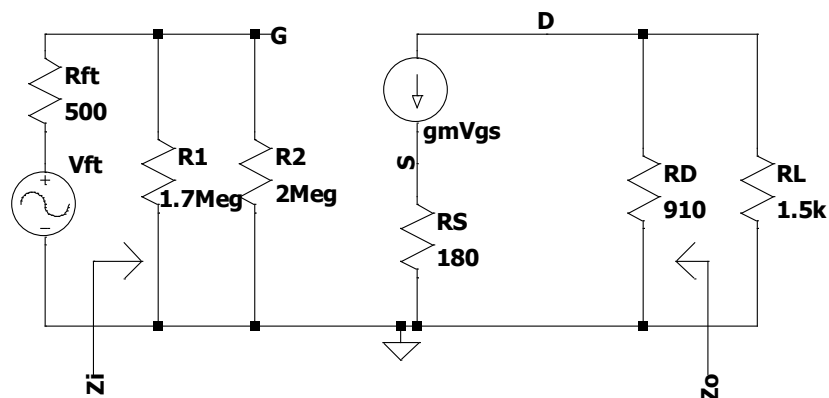
$$Z_O = r_d || R_D = 40 k\Omega || 1800 \Omega = 1722,49 \Omega$$

Calculando os ganhos com e sem carga, temos:

$$A_{VNL} = -g_m(r_d || R_D) = -8,61 \frac{V}{V}$$

$$A_V = \frac{R_L}{R_L + Z_O} A_{VNL} = -3,16 \frac{V}{V}$$

d) O circuito polarizado por divisor de tensão EMOS, é bem semelhante ao contendo um JFET/DMOS, assim:



Para este circuito não vamos considerar r_d e não possuímos um capacitor de desvio, então:

$$g_m = 2k(V_{GS} - V_T) = 2 \times \frac{1,25mA}{V^2} (6,59 - 4) = 6,475 mS$$

A impedância de entrada é semelhante à de um JFET/DMOS polarizado por divisor de tensão:

$$Z_I = R_1 || R_2 = 1,7 M\Omega || 2 M\Omega = 0,92 M\Omega$$

Para a impedância de saída, temos:

$$Z_O = R_D = 910 \Omega$$

Calculando os ganho com e sem carga do amplificador:

$$A_{VNL} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S} = -2,72 \frac{V}{V}$$

$$A_V = \frac{R_L}{R_L + Z_O} A_{VNL} = -1,69 \frac{V}{V}$$

Questão 4)

a) Para o projeto de um configuração de autopolarização com JFET/DMOS:

1- Escolher a corrente $I_{DSS} \rightarrow 7 mA$.

2- Calcular o valor de $V_{GS} \rightarrow V_P \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right) = (-5) \left(1 - \sqrt{\frac{7 mA}{17 mA}}\right) = -1,79 V$

3- Determinar R_S .

Como $V_G = 0V \rightarrow V_{GS} = V_G - V_S = -V_S$, assim $V_S = -V_{GS}$.

$$R_S = \frac{|V_{GS}|}{I_D} = 255,94 \Omega$$

$$R_{Sesc} = 270 \Omega$$

4- Determinar R_D .

Para isso escolher $V_{DS} = 0,4V_{DD}$, assim:

$$V_{RD} = V_{DD} - V_{DS} - V_S = V_{DD} - 0,4V_{DD} - V_S = 7,21 V$$

$$R_D = \frac{V_{RD}}{I_D} = 1030 \Omega$$

$$R_{Desc} = 1 k\Omega$$

5- Determinar $R_G = 1 M\Omega \rightarrow$ na casa de megaohms.

6- Recalcular os valores de I_D , V_{GS} , V_D , V_S e V_{DS} e verificar se os valores batem com o esperado.

b) Para o projeto de um configuração de divisor de tensão com JFET/DMOS:

1- Escolher a corrente $I_{DSS} \rightarrow 7 mA$.

2- Calcular o valor de $V_{GS} \rightarrow V_P \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right) = (-5) \left(1 - \sqrt{\frac{7 \text{ mA}}{17 \text{ mA}}}\right) = -1,79 \text{ V}$

3- Determinar R_S .

Para isso, definindo $V_{GS} = 0,1V_{DD}$.

$$V_S = V_G + |V_{GS}| = 3,29 \text{ V}$$

O módulo em V_{GS} é para cobrir o caso de se projetar um canal P também.

$$R_S = \frac{V_S}{I_D} = 470 \Omega$$

$$R_{Sesc} = 470 \Omega$$

4- Determinar R_D .

Para isso escolher $V_{DS} = 0,4V_{DD}$, assim:

$$V_{RD} = V_{DD} - V_{DS} - V_S = V_{DD} - 0,4V_{DD} - V_S = 5,71 \text{ V}$$

$$R_D = \frac{V_{RD}}{I_D} = 815,71 \Omega$$

$$R_{Desc} = 820 \Omega$$

5- Escolha o valor de R_2 :

$$R_{2esc} = 3 \text{ M}\Omega \rightarrow \text{na ordem de megaohms.}$$

6- Determinar R_1 :

$$R_1 = \left(\frac{V_{DD}}{V_G} - 1\right) R_2 = 27 \text{ M}\Omega$$

7- Recalcular os valores de I_D , V_{GS} , V_D , V_S e V_{DS} e verificar se os valores batem com o esperado.

c) Para projetar um circuito com realimentação de dreno utilizando EMOS canal N, temos:

1- Escolha a tensão $V_{DS} \rightarrow 0,4V_{DD} = 6 \text{ V} = V_{GS}$

2- Determine I_D .

$$k = \frac{I_{DSON}}{(V_{GSON} - V_T)^2} = 1,25 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2 = 11,25 \text{ mA}$$

3- Determinar R_D .

$$V_{RD} = V_{DD} - V_{DS} = 9 \text{ V}$$

$$R_D = \frac{V_{RD}}{I_D} = 800 \Omega$$

$$R_{Desc} = 820 \Omega$$

4- Determinar o valor de $R_G = 10 \text{ M}\Omega \rightarrow \text{na casa de dezena de megaohms.}$

5- Recalcular os parâmetros do circuito a partir dos dados de projeto e verificar se o mesmo corresponde com as especificações.

d) Para projetar uma polarização por divisor de tensão, utilizando EMOS:

1- Escolher a corrente $I_{DSS} \rightarrow 7 \text{ mA}$.

2- Determinar V_{GS} .

$$k = \frac{I_{DSON}}{(V_{GSON} - V_T)^2} = 1,25 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$V_{GS} = V_T + \sqrt{\frac{I_D}{k}} = 5,37 \text{ V}$$

3- Determinar R_S .

Escolhendo $V_S = 0,1V_{DD} = 1,5 \text{ V}$

$$R_S = \frac{V_S}{I_D} = 214,29 \Omega$$

$$R_{Sesc} = 220 \Omega$$

4- Determine R_D .

Escolhendo $V_{DS} = 0,4V_{DD}$.

$$V_{RD} = V_{DD} - V_{DS} - V_S = 7,5 \text{ V}$$

$$R_D = \frac{V_{RD}}{I_D} = 1071,43 \Omega$$

$$R_{Desc} = 1,1 \text{ k}\Omega$$

5- Escolha $R_2 \rightarrow 2 \text{ M}\Omega$.

6- Determine R_1 .

Calcule $V_G = V_{GS} + V_S$.

$$R_1 = \left(\frac{V_{DD}}{V_G} - 1 \right) R_2 = 2,37 \text{ M}\Omega$$

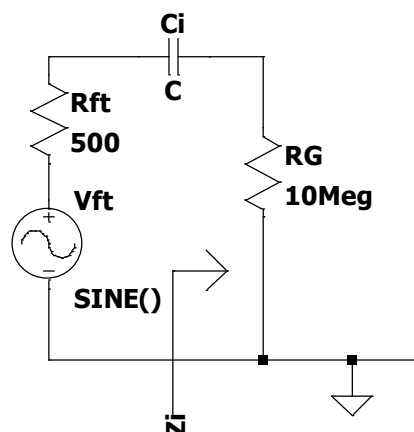
$$R_{1esc} = 2,4 \text{ M}\Omega$$

Questão 5)

Para o item b)

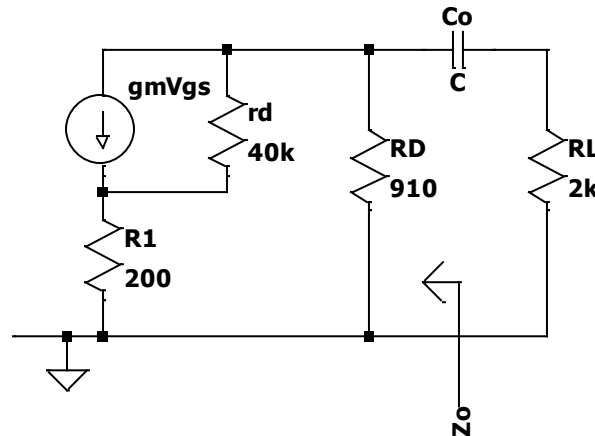
Primeiro analisar as impedâncias relacionadas a cada capacitor:

→ Ci



$$Z_{Ci} = (R_{FT} + Z_I) \cong Z_I = 10 \text{ M}\Omega$$

→ Co



$$Z_{Co} = Z_O + R_L = 2899,42 \Omega$$

Este circuito apresenta dois capacitores e não um capacitor de desvio no terminal de source, assim determinamos C_o e depois C_i , seguindo a ordem crescente de impedâncias.

Então:

$$F_{LCo} = \frac{300}{5} = 60 \text{ Hz}$$

$$C_o = \frac{1}{2\pi Z_{Co} F_{LCo}} = 0,91 \mu F$$

$$C_{oesc} = 1 \mu F$$

$$F_{LCi} = \frac{60}{5} = 12 \text{ Hz}$$

$$C_i = \frac{1}{2\pi Z_{Ci} F_{LCi}} = 1,33 \text{ nF}$$

$$C_{oesc} = 1,5 \text{ nF}$$

A partir dos valores de capacitores determinados, testá-los e ver se corepondem aos requisitos.

Teste:

$$F_{LCo} = \frac{1}{2\pi Z_{Co} C_o} = 54,89 \text{ Hz}$$

Multiplicando esse valor por 5 -> 274,46 Hz. Assim, temos uma frequência de corte de baixa de 274,46 Hz.

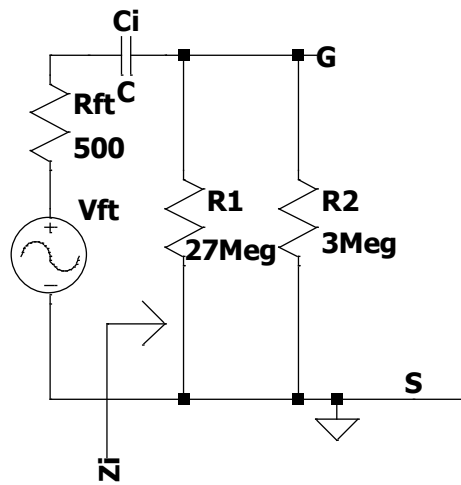
$$F_{LCi} = \frac{1}{2\pi Z_{Ci} C_i} = 10,61 \text{ Hz}$$

Multiplicando esse valor por 5 -> 53,05 Hz.

Para o item d)

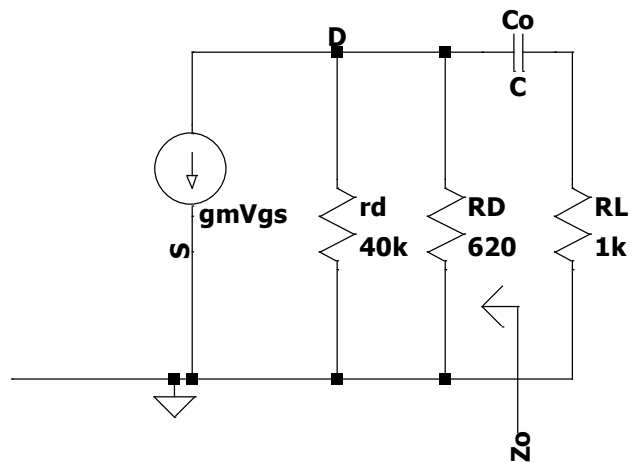
Primeiro analisar as impedâncias relacionadas a cada capacitor:

→ C_i



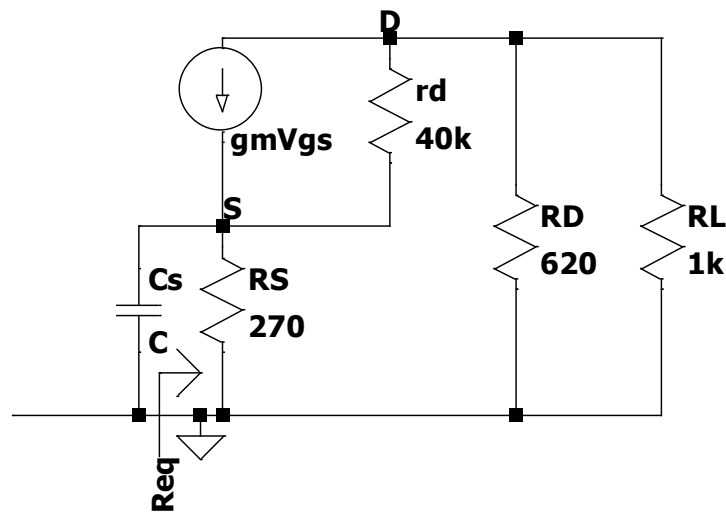
$$Z_{Ci} = (R_{FT} + Z_I) \cong Z_I = 2,7 \text{ M}\Omega$$

→ C_o



$$Z_{Co} = Z_O + R_L = 1620 \Omega$$

→ Cs



$$Z_{Cs} = R_S \parallel \left[\frac{r_d + (R_D \parallel R_L)}{1 + g_m r_d} \right] = 112,67 \, \Omega$$

Os capacitores que apresentam menor impedância relacionada, possuem maior frequência de corte, seguindo a relação:

$$f_c = \frac{1}{2\pi Z_{relacionada} C}$$

Assim, a ordem para projetar os capacitores é a seguinte:

1- Cs

$$F_{LCs} = \frac{400}{5} = 80 \, \text{Hz}$$

Divisor por 5 para se aproximar da região de corte.

$$C_s = \frac{1}{2\pi Z_{Cs} F_{LCs}} = 17,66 \, \mu F$$

$$C_{sesc} = 18 \, \mu F$$

2- Co

Para cada capacitor, a frequência de corte é a frequência usada no anterior dividido por 5, para atender o critério especificado.

$$F_{LCo} = \frac{80}{5} = 16 \, \text{Hz}$$

Divisor por 5 para se aproximar da região de corte.

$$C_o = \frac{1}{2\pi Z_{Co} F_{LCo}} = 6,14 \, \mu F$$

$$C_{oesc} = 6,8 \, \mu F$$

3- Ci

$$F_{LCi} = \frac{16}{5} = 3,2 \text{ Hz}$$

Divisor por 5 para se aproximar da região de corte.

$$C_i = \frac{1}{2\pi Z_{Ci} F_{LCi}} = 18,42 \text{ nF}$$

$$C_{iesc} = 22 \text{ nF}$$

A partir dos valores de capacitor calculados, testa-se os mesmos e verifica se o requisito foi atingido.

Teste:

$$F_{LCs} = \frac{1}{2\pi Z_{Cs} C_s} = 78,48 \text{ Hz}$$

Multiplicando esse valor por 5 -> 392,38 Hz. Assim, temos uma frequência de corte de baixa de 392,38 Hz.

$$F_{LCo} = \frac{1}{2\pi Z_{Co} C_o} = 14,45 \text{ Hz}$$

Multiplicando esse valor por 5 -> 72,24 Hz.

$$F_{LCi} = \frac{1}{2\pi Z_{Ci} C_i} = 2,68 \text{ Hz}$$

Multiplicando esse valor por 5 -> 13,397 Hz.