

LABORATÓRIO VI - PARÂMETROS CC DOS TRANSISTORES FET's

Componentes: Rychardson Ribeiro de Souza e Larissa Kelmer de Menezes Silva

I. INTRODUÇÃO

Nesse sentido, o presente relatório objetiva abordar sobre o conteúdo discutido na disciplina que motiva este projeto, "DCA0213.0 – Eletrônica – Laboratório", sob orientação do professor Dr. Andres Ortiz Salazar. O foco, aqui, é fazer um estudo aplicado do funcionamento de transistores JFET's. O método utilizado para tanto será o software de simulação gráfica LTspice, da empresa Analog Devices, que permite a simulação e análise de circuitos analógicos.

I. ABORDAGEM TEÓRICA

A. Transistor JFET

B.

O transistor de efeito de campo de junção, ou JFET, possui três semicondutores terminais, e é controlado por uma tensão de polarização reversa no terminal gate. O transistor JFET é geralmente de dois tipos, pois é usado no canal do tipo n ou do tipo p conforme o funcionamento. O JFET é o principal elemento para a construção dos amplificadores de pequenos sinais por ter característica de alta impedância de entrada, boa resposta em frequência e de simples e comum polarização.

III. EXPERIMENTOS

Nesta prática laboratorial, utilizamos o Software LTSpice para auxiliar nas simulações. Para o primeiro experimento:

- Determine I_{DSS} , V_p e resistência de condução r_o visto entre Dreno e Source.
- Reproduzir as curvas I_D vs V_{GS} e I_D vs V_{DS} para diferentes tensões de Gate.

Para o segundo experimento, teremos uma tensão V_{DD} de 18V e um sinal de entrada senoidal V_i de 10mV de pico e frequência de 100Hz a 10kHz, onde precisamos determinar os resistores R_1 , R_2 , R_G e R_S por meio da análise do circuito e também:

- As tensões V_{GS} , V_{DS} e V_S são -1.5V, 10V e 3V, respectivamente. Sendo a corrente de R_2 igual a 0,1mA.
- Projete os capacitores C_1 , C_2 e C_3 para trabalhar apropriadamente em pequeno sinal.
- Determinem os parâmetros do amplificador em pequeno sinal. (Z_{in} , Z_o e A_v).

IV. RESULTADOS

Para a parte I:

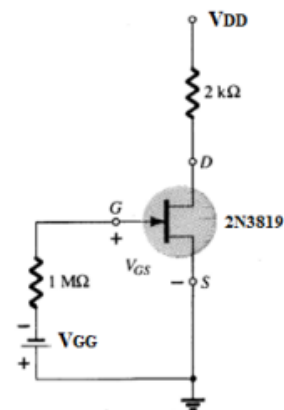


Figura 1 - Circuito fornecido para elaboração da parte I do experimento

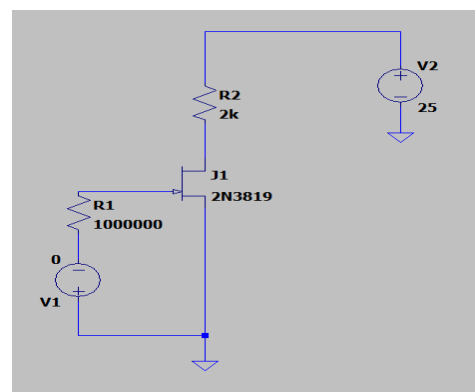


Figura 2 - Circuito montado no LTspice

Pelo datasheet do transistor JFET (2N3819) de canal n, temos os parâmetros $I_{DSS} = 20 \text{ mA}$, $V_p = 15\text{V}$ e $R_o = 150\Omega$. No simulador, como podemos verificar nas figuras 3 e 4, $V_p = 26\text{V}$ e $I_{DSS} = 11.3\text{mA}$

Para o cálculo da resistência de condução será usada a equação

$$R_o = V_{GS} / I_D \quad (1)$$

Pelo datasheet, temos que $V_{GS} = 7.5\text{V}$ e para encontrarmos o valor de I_D , usaremos a equação de Shockley:

$$I_D = I_{DSS} (1 - V_{GS} / V_p)^2 \quad (2)$$

$$I_D = 11.3\text{mA} (1 - (-7.5\text{V}) / 26\text{V})^2$$

$$I_D = 5.72\text{mA}$$

Substituindo na equação de R_o (1), temos que:

$$R_o = 7.5\text{V} / 5.72\text{mA}$$

$$R_o = 1.31 \text{ k}\Omega$$

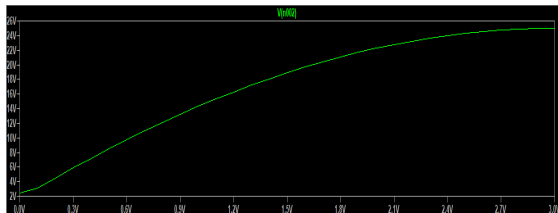


Figura 3 - Vd simulado no LTspice

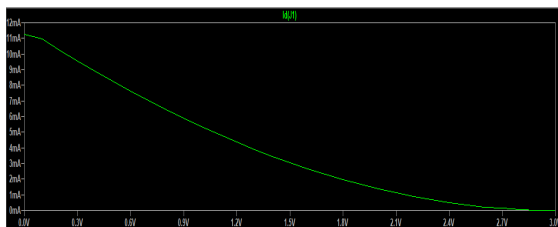


Figura 4 - $I_D \times V_{GS}$

Para a figura 5, utilizou-se uma análise DC na fonte V_2 (V_{DD}), variando de 0 a 25V.

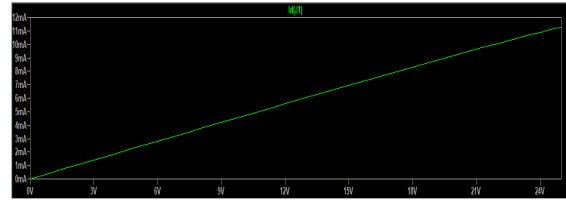


Figura 5 - $I_D \times V_{DS}$

Para a figura 6, utilizou-se uma análise DC na fonte V_2 (V_{DD}), variando de 0 a 25V e também na fonte V_1 (V_{GG}), variando de 0 a 3V.

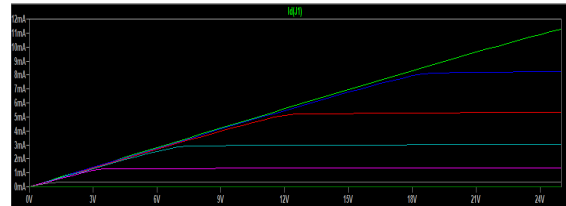


Figura 6 - $I_D \times V_{DS} \times V_{GS}$

$V_{GG} = V_{GS}$	I_D	V_{DS}
-3	30.6pA	25V
-2.6	220.04uA	24.56V
-2.3	671.96uA	23.66V
-2.0	1.37mA	22.27V
-1.5	3.05mA	18.91V
-1.3	3.9mA	17.21V
-1.1	4.84mA	15.31V
-1.0	5.35mA	14.29V
-0.8	6.45mA	12.11V
-0.6	7.63mA	9.75V
-0.3	9.56mA	5.87V
-0.15	10.6mA	3.8V
0.0	11.28mA	2.44V

Tabela 1 - Variação I_D e V_{DS} para diferentes tensões V_{GG}

Para a parte II do experimento, também iniciou-se pela montagem do

circuito, tendo como os dados fornecidos para as tensões V_{GS} , V_{DS} e V_S são -1.5V, 10V e 3V, respectivamente e a corrente de R_2 igual a 0.1mA, assim como a tensão V_{DD} será 18V. Em sala, foi fornecido pelo professor um valor de 10k Ω para R_L .

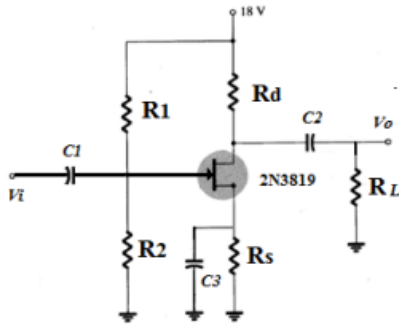


Figura 7 - Circuito fornecido para elaboração da parte II do experimento

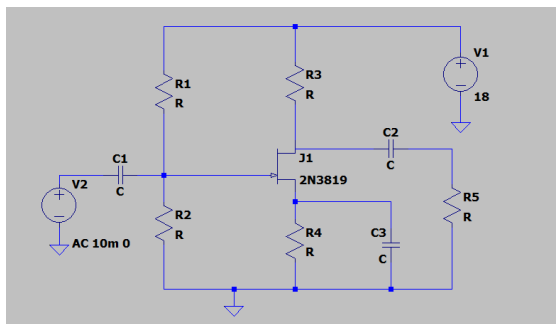


Figura 8 - Circuito montado no LTspice

Para projetar o valor dos resistores, primeiramente acharemos o valor para V_G percorrendo a malha de saída, pela fórmula

$$\begin{aligned} V_G - V_{GS} - V_S &= 0 \\ V_G - (-1.5) - 3.0 &= 0 \\ V_G &= 1.5V \end{aligned} \quad (3)$$

Desta forma, poderemos achar o valor de R_2 utilizando $R_2 = V_G / I_{R2}$ (4)

$$R_2 = 1.5V / 0.1mA = 15k\Omega$$

Com isso, poderemos usar a fórmula por divisor de tensão, que será:

$$V_G = R_2 V_{DD} / (R_1 + R_2) \quad (5)$$

e assim achar o valor para R_1

$$\begin{aligned} V_G &= R_2 V_{DD} / (R_1 + R_2) \\ 1.5V &= (15k\Omega)(18V) / (R_1 + 15k\Omega) \\ R_1 &= [(15k\Omega)(18V) / (1.5V)] - 15k\Omega = 165k\Omega \end{aligned}$$

Para encontrarmos o R_D (R_3) e R_S (R_4), primeiro iremos usar a equação de Shockley (2).

Olhando os valores no datasheet para para I_{DSS} , V_{GS} e V_P , e substituindo em (2):

$$I_D = 10mA [1 - (-1.5mA) / (-3V)]^2 = 2.5mA$$

Já temos a corrente I_D , agora precisamos encontrar o valor para a tensão V_D , pela equação

$$V_D - V_{DS} - V_S = 0 \quad (6)$$

Como V_{DS} e V_S já são dados fornecidos na questão, basta substituímos em (6):

$$\begin{aligned} V_D - (10V) - (3V) &= 0 \\ V_D &= 13V \end{aligned}$$

Como já possuímos os valores de V_{DD} , I_D e V_D , é possível acharmos o valor para a resistência R_D (R_3), com a seguinte relação:

$$\begin{aligned} V_{DD} - I_D R_D - V_D &= 0 \\ 18V - (2.5mA)R_D - 13V &= 0 \\ R_D &= (-5V) / (-2.5mA) = 2k\Omega \end{aligned} \quad (7)$$

Para encontrar o valor de R_S (R_4), usaremos:

$$\begin{aligned} R_S &= V_S / I_D \\ R_S &= 3V / 2.5mA = 1.2k\Omega \end{aligned} \quad (8)$$

Em posse dos valores de todos os resistores, podemos projetar os valores para os capacitores C_1 , C_2 e C_3 . Inicialmente, devemos achar os valores de impedância de cada capacitor.

Impedância para C_1 :

$$C_1 = R_1 // R_2 = 165k\Omega // 15k\Omega \quad (9)$$

$$C_1 = (165k\Omega)(15k\Omega) / (165k\Omega + 15k\Omega)$$

$$C_1 = 13.75k\Omega$$

Impedância para C_2 :

$$C_2 = R_L + R_D = 10k\Omega + 2k\Omega \quad (10)$$

$$C_2 = 12k\Omega$$

Impedância para C_3 :

$$C_3 = 1.2k\Omega$$

Com as impedâncias calculadas, será possível achar os valores para C_1 , C_2 e C_3 , como seus valores serão projetados a fim de trabalhar em pequeno sinal, usaremos a menor frequência do intervalo fornecido no experimento, $f = 100\text{Hz}$, em seguida usaremos as fórmulas:

$$C_1 \geq [10 / (2\pi f)(13.75k\Omega)] = 1.1574 \mu\text{F} = 1.16\mu\text{F}$$

$$C_2 \geq [10 / (2\pi f)(12k\Omega)] = 1.3262 \mu\text{F} = 1.33 \mu\text{F}$$

$$C_3 \geq [10 / (2\pi f)(1.2k\Omega)] = 13.2629 \mu\text{F} = 13.26 \mu\text{F}$$

Adequando para os valores comerciais, iremos utilizar os valores $C_1 = 2.2\mu\text{F}$, $C_2 = 2.2\mu\text{F}$ e $C_3 = 15\mu\text{F}$

Após esses cálculos, nosso circuito ficará da seguinte forma:

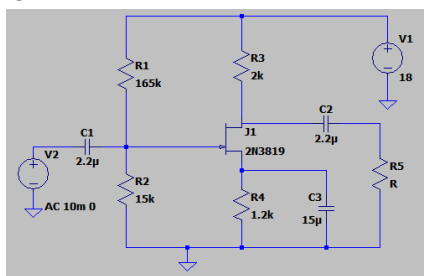


Figura 9 - Circuito com valores projetados para a parte II do experimento

Por último, precisamos definir os parâmetros pedidos do amplificador em

pequeno sinal (Z_{in} , Z_o e A_v), para isso, utilizaremos as seguintes fórmulas:

$$Z_i = R_1 // R_2 \quad (11)$$

$$Z_i = (165k\Omega)(15k\Omega) / (165k\Omega + 15k\Omega)$$

$$Z_i = 13.75k\Omega$$

$$Z_o = R_D // R_L \quad (12)$$

$$Z_o = 2k // 10k = 1.67k\Omega$$

$$g_m = (2I_{DSS} / |V_P|)(1 - V_{GS}/V_P) \quad (13)$$

$$g_m = [2(10\text{mA}) / |-3\text{V}|] * [1 - (-1.5\text{mA})/(-3\text{V})]$$

$$g_m = [(20\text{mA})/3\text{V}] * (1 - 0.5) = 3.33 \text{ mS}$$

$$A_v = -g_m (R_D // R_L) = -3.33 (2k // 10k)$$

$$A_v = -5.55$$

V. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Durante as simulações, utilizando os valores encontrados, ilustrados na figura 9, a fim de se comparar os resultados teóricos obtidos e os resultados simulados, constatou-se que os valores eram próximos, o que é esperado, já que as mínimas diferenças se dão em questões de arredondamentos. Com a confecção deste relatório, constatou-se a utilidade dos transistores JFET's no controle da corrente entre dreno e fonte através da aplicação de uma tensão no Gate, já que a corrente está diretamente relacionada com a tensão.

REFERÊNCIAS

- [1] BOYLESTAD, Roberto. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. PHB, Rio de Janeiro, 1999
- [2] 2N3819Datasheet - NXP Semiconductors. Disponível em alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/15075/PHILIPS/2N3819.html