

Subiectul 1

Subs-test

1) analiza Bias Point

"Output File"

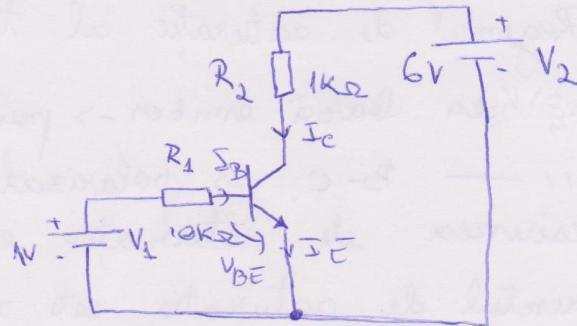
$$i_S = 69,28 \cdot 10^{-18} \text{ (A)} = 69,28 \mu\text{A}$$

$$B_F = 308,6$$

$$V_{AF}(VAF) = 100 \text{ (V)}$$

$$C_{JE} = 939,8 \cdot 10^{-15} \text{ (F)} = 0,9398 \text{ pF}$$

$$e_{je} = 893,1 \cdot 10^{-15} \text{ (F)} = 0,8931 \text{ pF}$$



$$2) V_{BE} = 8,03 \cdot 10^{-2} \text{ (V)} = 803 \text{ (mV)}$$

$$V_{CE} = 3,98 \text{ (V)}$$

$$I_B = 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ (A)} = 1,97 \mu\text{A}$$

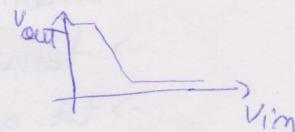
$$I_c = 2,02 \cdot 10^{-3} \text{ (A)} = 2,02 \text{ mA}$$

Valori rezultate în urma analizei Bias Point

Ba Pst să fie plasat optim să trebui ca $V_{CE} \approx \frac{V_2}{2} = 3$. În cazul acesta $V_{CE} = 3,98 \text{ V}$ (mai aproape de saturatie). Pentru ca V_{CE} să fie aprox. 3V să trebui să seadă rezistența din baza R1. Ex: cu $R_1 = 6,5 \text{ k}\Omega \Rightarrow V_{CE} = 3,07 \text{ (V)} (\approx 3 \text{ V} = \frac{V_2}{2})$.

3) Caracteristica de transfer în tensiune analiza de tip DC SWEEP. (S1-sim3)

4) (S1-sim3)



Descrierea comportării circuitului:

→ când V_{in} crește → V_{out} scade ⇒ se comportă ca un inversor

Regimuri de funcționare:

a) Regim de blocare: $V_{in} < V_{BE} \Rightarrow$ jonctiunea Baza-Emitor este blocată ⇒ tranzistorul este blocat ($I_B = 0, I_c = 0, V_{CE} = \frac{V_2}{2}$)

b) Regim activ normal (RAH): $V_{in} \in (V_{BE}, V_{Im})$

c) Regim de saturatie:

$$A(V_{in}, V_{out}) \Rightarrow A(1; 3,98)$$

$$B(V_{in}, V_{out}) \Rightarrow B(1,2; 2,17)$$

$$\text{panta} = A_{v2} = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} = \frac{-3,98+2,17}{1,2-1} =$$

$$\Rightarrow \text{panta} = -\frac{1,81}{0,2} = -9,05$$

→ panta reprezintă amplificarea. (în acest caz amplificarea este negativă).

$$\left(\text{Considera } \beta = 308,6 ; \text{ panta} = -\beta \cdot \frac{R_2}{R_1} = -308,6 \cdot \frac{1}{10} = -30,86 \right)$$

Considerând $p = 100 \Rightarrow$ puncta $= -\beta \cdot \frac{R_2}{R_1} = -100 \cdot \frac{1}{10} = -10\text{V}$.

5) Regimul de saturatie al tranzistorului:

- jonctiunea bază-emitor \rightarrow polarizată direct;
- $B-C \rightarrow$ polarizată direct;
- tensiunea de saturatie este foarte mică: $V_{CEsat} = 0,2 \div 0,3\text{ V}$
- curentul de saturatie este $>$ decât în R.A.H.: $I_{Csat} > \beta I_B$.
- tranzistorul se comportă ca un întreupător închis.

4) R.A.H.:

↓
→ jonct. B-E - pol. direct;

↓
→ $B-C$ - pol. invers;

↓
curentul prim tz este mare: $I_C = \beta I_B$;

↓
tensiunea de ieșire: V_{CE} este mică;

↓
tz. se comportă ca un amplificator de semnal;

BLOCARE: → jonct. BE invors (direct cu o tensiune $\ll V_B$);

→ jonct. BC - pol. invors;

→ curentul prim tz f. omici (≈ 0)

→ tensiunea de ieșire f. mare ($V_{CE} = V_{CC}$);

→ tz. se comportă ca un întreupător deschis.

→ măsurare pt. V_{CEsat} ($\approx 0,2\text{ V}$)

$$I_{Csat} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{6}{1} = 6\text{ mA}$$

$$v_{i,max} = \frac{v_{o,max}}{A_2} = \frac{\frac{V_2}{2}}{10} = \frac{3}{10} \Rightarrow v_{i,max} = 0,3(\text{V}) = 300\text{mV}$$

Parametrul p în saturatie

$$I_{Csat} > \beta I_B$$

factor de amplificare statică

Subiectul 2

1) Bias Point (analiza) S2-dim 2

"Output File": $i_S = 69,28 \cdot 10^{-13} (\text{A})$

$P_B = 308,6$

$V_{AF} = 100 (\text{V})$

$\frac{e}{F} V_{JE} = 939,8 \cdot 10^{-15} (\text{F})$

$C_{JC} = 893,1 \cdot 10^{-15} (\text{F})$

$\left. \begin{array}{l} V_{CE} = 6 (\text{V}) \\ I_B = 5,84 \cdot 10^{-7} (\text{A}) \end{array} \right\}$

$\left. \begin{array}{l} I_C = 4,13 \cdot 10^{-5} (\text{A}) \end{array} \right\}$

2) analiza NSWEEP: tracarea familiei de caracteristici statice:
de ieșire a tr. $I_C(V_{CE}) | V_{BE} = \text{ct.}$

S2-dim 2 ($I_C(V_{CE})$)

3) Forma caracteristicilor este exponentială (seuă distenție exponential pe verticală).

Caracteristicile extrapolate se întâlnesc în regiunea de la valori negative între un punct ce corespunde tensiunii Early.

Ecuatia curentului $I_C(V_{BE}, V_{CE})$: $I_C = \beta I_S \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A} \right) e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - \beta I_D \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A} \right)$
unde $I_B = I_S e^{(V_{BE} - V_A)}$

4) Tensiunea Early: $V_A = \frac{V_{CE_2} \cdot I_{C_1} - V_{CE_1} \cdot I_{C_2}}{I_{C_2} - I_{C_1}}$

$R_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \text{ (practic)}; R_o = \frac{1}{g_o} = \frac{V_A}{I_{C(0)}}$

A(I_{C_1}, V_{CE_1})

B(I_{C_2}, V_{CE_2})

~~A(1(V); 85,072(μA))~~

~~B(1,5(V); 85,496(μA))~~

$V_A = \frac{1,5 \cdot 85,072 - 1,5}{1,0002} = 1,$

$V_A = \frac{85,496 \cdot 1}{1,5 - 1,0002} = \frac{85,072 \cdot 1,5}{1,5 - 1,0002} = \frac{-42,099}{-0,5008} = 84,231$

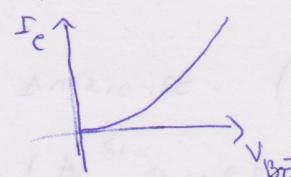
~~B~~ A(85,072(μA); 1(V)) și B(85,496(μA); 1,5(V)) (-de pe a-za caract. de sus în jos)

$V_A = \frac{1,5 \cdot 85,072 - 1 \cdot 85,496}{85,496 - 85,072} \Rightarrow V_A = \frac{42,112}{0,424} \Rightarrow V_A = 99,320 (\text{V})$

$R_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{0,5 \text{ V}}{0,424 \mu\text{A}} \Rightarrow R_o = 1,179 \text{ M}\Omega$

5) Caracteristica de transfer a tranzistorului bipolar:

$$I_c(V_{BE}) \mid V_{CE} = \text{ct.}$$



$$g_m = \frac{I_c}{V_T} = 40 I_e \left(\frac{\mu A}{V} \right)$$

$$I_c = 5,9909 \mu A \quad (\text{pt. } V_{BE} = 0,65 \text{ V})$$

$$g_m = 40 \cdot 5,9909 \cdot 10^{-3}$$

$$A(0,65 \text{ V}; 5,9909 \mu A)$$

$$B(0,652 \text{ V}; 6,5561 \mu A)$$

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta V_{BE}} = \frac{0,5652 \mu A}{0,002 \text{ mV}} \Rightarrow g_m = 282,6 \text{ mS}$$

Interpretarea geometrică a transconductantei:

Caracteristica de transfer descrie dependența $I_c(V_{BE})$. Această dependență este o expoentială rapid creșătoare. Partea caracteristicii, măsurată în jurul punctului static de funcționare, reprezintă transconductanța de semnal mic

$$S2-\text{sim5. dat} \quad I(Q_1; c)$$

$$(0,65, 5,99) \text{ A}$$

$$(0,65, 6,55) \text{ A}$$

$$(0,65, 6,00) \text{ A}$$

Subiectul 3 (subiect-test)

1) analiză "Bias Point" (S3-aim1)

"Output File": $i_S = 69,28 \cdot 10^{-18} \text{ (A)}$

$B_F = 308,6$

$V_{AF} = 100 \text{ (V)}$

$C_{JE} = 939,8 \cdot 10^{-15} \text{ (F)}$

$C_{JC} = 893,1 \cdot 10^{-15} \text{ (F)}$

2) valori rezultate din simularea Bias Point:

$V_{BE} = 7,92 \cdot 10^{-1} \text{ (V)} = 792 \text{ (mV)}$

$V_{CE} = 6,42 \text{ (V)}$

$i_B = 1,35 \cdot 10^{-5} \text{ (A)} = 13,5 \text{ (\mu A)}$

$i_C = 1,39 \cdot 10^{-3} \text{ (A)} = 1,39 \text{ (mA)}$

Rolul condensatoarelor din schema: → au rol de cuplare sau decuplare.

Rezistența R_5 este cuplată în colectorul tranzistorului prim condensatorul c_2 , iar seara se semnal v_2 este cuplată la întărire (în horă). Condensatorul c_3 decuplă emitorul de la masă pe semnal. Dacă v_2 și R_5 s-ar conecta direct ar prelua curent static \Rightarrow modificări PSF stabilită prin polarizare.

Valoarea condensatorului se alege astfel încât impedanța acestuia să fie neglijabilă pentru a putea fi considerat seurcă circuit pe semnal ($f > 0$; $f = 0 \Rightarrow |Z_c| = X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{0} = \infty$ (adică gol)).

3) analiză de tip Time (Transient) (S3-aim3)

6 perioade (600 μs)

$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{995,575}{10} \Rightarrow A_v = 99,5575 \text{ (valoare măsurată)}$

$V_{PP} = v_{max} - v_{min} = 847,55 + 1143,6 \Rightarrow V_{PP} = 1991,15 \text{ (mV)} = 1,991 \text{ (V)}$

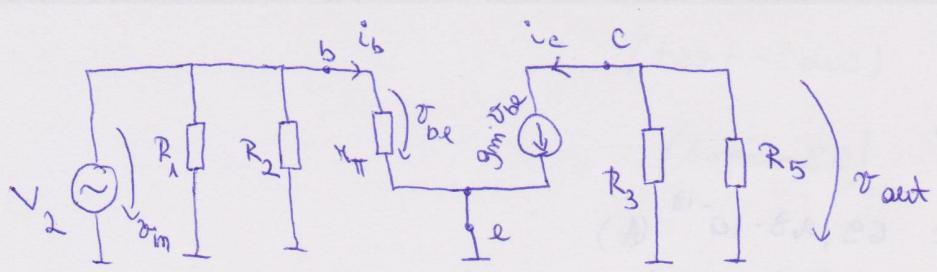
$v_{out} = \frac{V_{PP}}{2} \Rightarrow v_{out} = 995,575 \text{ (mV)} \approx 0,995 \text{ (V)}$

$v_{max} = 847,55 \text{ (mV)}$

$v_{min} = -1,1436 \text{ (V)} = -1143,6 \text{ (mV)}$

→ valoarea teoretică a amplificării: $A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}}$

Pentru calculul amplificării este nevoie de schema echivalentă de semnal mic.

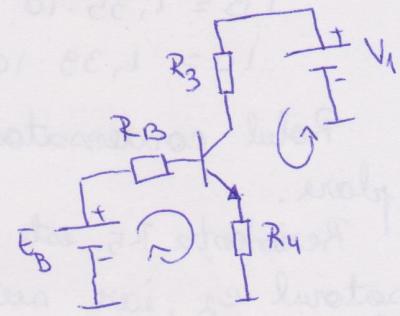
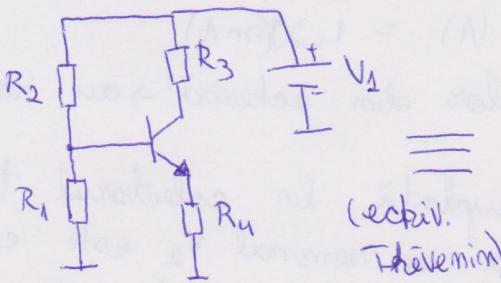


$$\begin{cases} i_C = g_m \cdot V_{BE} \\ V_{out} = -i_C (R_3 || R_5) = -g_m \cdot V_{BE} (R_3 || R_5) \\ V_{in} = V_{BE} \end{cases}$$

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -g_m \cdot \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5}$$

Pt. a determina $g_m = 40 \cdot I_c$ (seam determina I_c -teoretic)

În c.c. schema devine:



$$E_B = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_1 = \frac{24}{24+72} \cdot 12 = \frac{24 \cdot 12}{96} \Rightarrow E_B = 3V$$

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{24 \cdot 72}{96} \Rightarrow R_B = 18 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Kii la întreare: } E_B = I_B R_B + V_{BE} + R_4 \cdot I_E \Rightarrow E_B = I_B (R_B + (\beta + 1) R_4) + V_{BE} \\ I_E = (\beta + 1) I_B \quad \beta = 100; V_{BE} = 0,6V$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{E_B - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_4} = \frac{3 - 0,6}{18 + 101 \cdot 1,4} = \frac{2,4}{18 + 141,4} = \frac{2,4}{159,4} \Rightarrow I_B = 0,015 \text{ mA} = 15 \mu\text{A}$$

$$I_c = \beta I_B = 100 \cdot 15 = 1500 \mu\text{A} \Rightarrow I_c = 1,5 \text{ mA} \quad (\text{valoarea teoretică})$$

Deci, I_c (teoretic) > I_c (măsurat)

$$1,5 \text{ mA} > 1,39 \text{ mA}$$

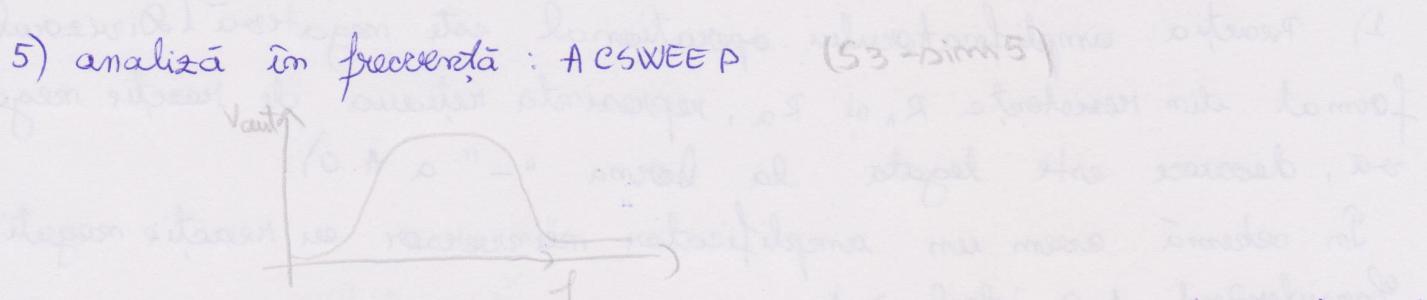
$$g_m = 40 \cdot I_c = 40 \cdot 1,5 = 60 \text{ mA/V}$$

$$\text{Deci, } A_v = -g_m \cdot \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} = -60 \cdot \frac{2,6 \cdot 8,6}{11,2} = -1,996 \cdot 60 \Rightarrow A_v = -119,78$$

Amplificarea este negativă pt. că arem circuit inversor.

$|A_v|$ practic < $|A_v|$ teoretic.

4) varice $V_{in} \Rightarrow$ tr. intră în saturatie
mărește \rightarrow



Amplificare, în funcție de frecvență (măsurată cu "cursor") $-98,633 = t_0$

Frecvențele laterale: $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot A_v = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 98,633 \Rightarrow$ frec. laterale măsurate la:
aprox. $69,744$ V

\rightarrow aprox. $49,255$ V se măsoară: $\begin{cases} f_j (\text{limita de jos}) = 50,685 \text{ Hz} \approx 87,829 \text{ Hz} \\ f_i (\text{limita de sus}) = 135,233 \text{ MHz} \approx 112,718 \text{ MHz} \end{cases}$

Frecvențele laterale depind de capacitațile interne ale tranzistorului

$$(\text{stabilitatea varicelui}) \quad \omega_s = \frac{V_{ce}}{\sqrt{C_E C_D}} = \frac{10^3}{\sqrt{100 \cdot 10^{-12}}} = 10^6 \text{ rad/s}$$

$$V_{ce} = 95 \text{ V} \approx (2) - 5 = 15 \text{ V} \approx 15 \text{ kV}$$

$$V_{ce} = \omega_s \cdot L = \frac{10^6}{2} = \frac{10^6}{2} = 50 \text{ V} = 5 \text{ kV}$$

$$\omega_s = \frac{1}{L} = \frac{1}{10^{-12}} = 10^{12} \text{ rad/s}$$

atât de la stabilirea instabilității varicelului (2)

(stabilitatea electronica tranzistorului) și apoi se obține ca: $10^6 \text{ rad/s} \approx 10^6 \text{ Hz}$

(stabilitatea emisiei electronelor)

Subiectul 4

1) Reacția amplificatorului operational este negativă (Divizorul format din rezistența R_1 și R_2 , reprezentă rețeaua de reacție negativă, deoarece este legată la borna "-" a A.O.).

În schema avem un amplificator învărtitor cu reacție negativă. Considerând A.O. ideal $\Rightarrow A \rightarrow \infty$

$$v_o = A(v^+ - v^-) \Rightarrow v^+ - v^- = \frac{v_o}{A} \Rightarrow v^+ = v^-$$

$$\left. \begin{array}{l} v^+ = v_3 (= v_i) \\ v^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_o \\ v^+ = v^- \end{array} \right\} \Rightarrow v_i = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot v_o$$

(condiția de scurtcircuit virtual)

$$A_m = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot v_o} \Rightarrow A_m = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{Deci, } A_m = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{19}{1} \Rightarrow A_m = 20. (\text{valoare teoretică})$$

Defazajul între semnalul de intrare și cel de ieșire este de 0 rad.
nu există defazaj.

2) Sfarsim analiza de tip TIME (Transient)



$$A_m = \frac{v_o}{v_i} = \frac{6 \text{ V}}{0,3 \text{ V}} = 20 (\text{valoare măsurată})$$

$$v_i = 0,3 \text{ V}$$

$$V_{pp} = v_{omax} - v_{omin} = 6 - (-6) \Rightarrow V_{pp} = 12 \text{ V}$$

$$v_o = \frac{V_{pp}}{2} = \frac{12}{2} \Rightarrow v_o = 6 \text{ V}$$

$$A_{m\text{teoretic}} = A_{m\text{practic}} = 20.$$

3) Mărirea frecvenței semnalului de la 1kHz la:

a) 10kHz: se observă un mic defazaj (formă sinusoidală la ieșire).

b) 100kHz: defazajul se apropie deja de $\frac{\pi}{2}$ (dar încă păstrează formă sinusoidală)

4m
3m
0,1ms

putin ascuțită

4) Dacă simularea se obținează că amplitudinea maximă a semnalului de ieșire să nu fie distorsionată este de 0,485 V.

a) amplitudinea 0,5 V : $V_{sat} = 9,7 \text{ V}$

b) amplitudinea 1V : $V_{sat} = 9,816 \text{ V}$ (măsurat)

5) Analiză de tip AC SWEEP 54-dim5

Amplificarea în bandă: $A = 19,997 \cdot (\approx 20)$

$$\frac{A}{\sqrt{2}} \cdot A = \frac{19,997}{\sqrt{2}} = 14,14$$

$f_D = 51,184 \text{ kHz}$ (frecvența limită superioră a benzii).

$\rightarrow A_{max} = 10^5$, încât amplificarea măsurată este ≈ 20 .

$$\rightarrow f_D = 10 \text{ Hz}$$

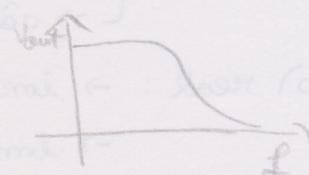
Deci, amplificarea scade de 5000 de ori ($\frac{A_{max}}{A}$), iar frecvența limită superioră a benzii crește de aproximativ 5000 de ori.

$A \searrow$ de m ori $\rightarrow f_D \nearrow$ de m ori (relația dintre A și f_D)

A și f_D sunt mărimi inverse proportionale.

4) → primul calcul se obținează:

$$A = \frac{v_o}{v_i} \Rightarrow v_i = \frac{v_o}{A} ; \text{ deci } v_{imax} = \frac{v_{o_{max}}}{A} = \frac{10}{20} \Rightarrow v_{imax} = 0,5 \text{ V}$$



Subiectul 5

1) Proprietăți ale amplificatorului operational: Amplif. = 10^5

- a) ideal: $\begin{cases} \rightarrow \text{impedanța de intrare este infinită;} \\ \rightarrow \text{impedanța de ieșire este zero;} \\ \rightarrow \text{lățimea benzii este infinită;} \\ \rightarrow \text{căstigul în tensiune (G_{BW}) este infinit;} \end{cases}$

- b) real: $\begin{cases} \rightarrow \text{impedanța de intrare este foarte mare;} \\ \rightarrow \text{impedanța de ieșire este foarte mică;} \\ \rightarrow \text{banda de trecere este largă;} \\ \rightarrow \text{căstigul în tensiune (G_{BW}) este foarte mare;} \end{cases}$

2) În schema avem un amplificator operational inversor cu reacție negativă.

$$A_R = \frac{v_o}{v_i} = - \frac{R_2}{R_1} = - \frac{20}{1} \Rightarrow A_R = -20$$

Amplificarea fiind negativă, defazajul între semnalul de intrare și cel de ieșire este de $\pi_{\text{rad}} (180^\circ)$.

3) analiză de tip TIME (Transient)

$$V_{pp} = V_{max} - V_{min} = 6 - (-6) = 12 \text{ (V)}$$

$$A_R = \frac{v_o}{v_i} = - \frac{6}{0,3} = -20 \text{ (practic)} = \text{dr teoretic.}$$

$$v_o = \frac{V_{pp}}{2} = 6 \text{ (V)}$$

4) se mărește frecvența semnalului la:

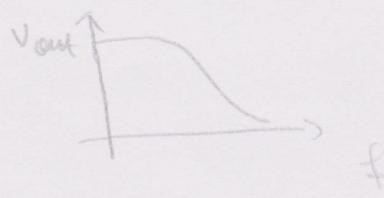
a) 10 kHz: forma semnalului la ieșire este sinusoidală, dar se observă un mic defazaj.

b) 100 kHz: forma semnalului la ieșire este "un sinus mai ascuțit", defazat cu aprox. $\frac{\pi}{2}$ rad.

→ analiză AC SWEEP 55-dim 4

Amplificarea măsurată în bandă: $A = 19,998 (\approx 20)$

$$f_0 = 48,687 \text{ kHz}$$



$$5) A = \frac{v_o}{v_i} \Rightarrow v_i = \frac{v_o}{A}$$

$$\sigma_{i\max} = \frac{v_{o\max}}{A} \Rightarrow \sigma_{i\max} = \frac{10}{20} \Rightarrow \sigma_{i\max} = 0.5 \text{ V}$$

Deci, amplitudinea maximă (teoretică) a semnalului de intrare poate fi de 0.5, ca să nu fie distorsionat semnalul de ieșire.

→ amplitudinea de:

a) 0.5 V: $V_{sat} = 9.79$ (dim măsurată)

b) 1 V: $V_{sat} = 9.816$ (dim măsurată)

Subiectul 6

Sub 6 - test

1) În circuit continuu, circuitul rămâne fără reacție ($f=0$), deoarece condensatorul are impedanță infinită (este gal).

Circuitul are reacție negativă pe semnal ($f \neq 0$). Cu cât frecvența crește, cu atât scade impedanța condensatorului, fiind astfel reacția mai puternică.

→ având reacție negativă: $\omega^+ = \omega^-$ } $\Rightarrow \omega^- = 0$ (masă)
 $\omega^+ = 0$ (este legată la masă) } nereală

$$\omega^- = 0 \Rightarrow i(t) = \frac{v_i(t)}{R_s}$$

$$\text{La ieșire: } i(t) = e^{\frac{1}{C} \int v_e(t) dt} \Rightarrow i(t) dt = e^{\frac{1}{C} \int v_e(t) dt} dt \Rightarrow v_e(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt \\ v_o(t) = -\frac{1}{C} \int \frac{v_i(t)}{R} dt$$

$$v_o(t) = -\frac{1}{C} \int \frac{v_i(t)}{R} dt$$

$$\text{Deci, } v_{out}(t) = -\frac{1}{RC} \int v_{in}(t) dt.$$

2) analiză de tip TIME (Transient) 60 m
0.1 u

→ semnal dreptunghiular
→ forma semnalului la ieșire este triunghiulară (semnalul este integrat și inversat). → pentru 10 ms. (semnalul este medeforat)

→ cu PER = 100 ms → forma semnalului la ieșire este triunghiulară, dar limitată și deforată.

$$TR = 100 \text{ ms}$$

$$TF = 100 \text{ ms}$$

$$PW = 50 \text{ ms}$$

$$PER = 100 \text{ ms}$$

Constanța de timp a integratorului este:

$$R \cdot C = 1k \cdot 100 \text{ ms} = 10^3 \cdot 10^{-4} = 10^{-1} \text{ s} = 0,1 \text{ ms}$$

3) analiză de tip TIME (Transient)
→ semnal triunghiular.

$$\begin{aligned} TR &= 5 \text{ ms} \\ TF &= 5 \text{ ms} \\ PW &= 0 \\ PER &= 10 \text{ ms} \end{aligned}$$

→ cu PER = 10 ms → forma semnalului la ieșire este parabolică

→ cu PER = 100 ms → forma semnalului la ieșire este
vârful tăiat → o parabolă cu parabolica

$$TR = 50 \text{ ms}$$

$$TF = 50 \text{ ms}$$

$$PW = 0$$

$$PER = 100 \text{ ms}$$

- 4) → aplic un semnal sinusoidal la intrare. Subiect 4-test
 → analiză de tip TIME (Transient) Sf-dimn
- * $f=100\text{Hz}$: forma semnalului la ieșire este un semnal cu valoare constantă.
 - * $f=1\text{kHz}$: forma semnalului la ieșire este sinusoidală.
 Atenție când frecvența crește amplitudinea semnalului la ieșirea integratorului scade.

5) Proprietățile amplificatoarei operațional:

- ideal: → impedanță de intrare infinită;
- $-V_{out}$ de ieșire zero;
- latimea benzii infinită;
- căstigul în tensiune infinit;
- real: → impedanță de intrare foarte mare;
- $-V_{out}$ de ieșire foarte mică;
- latimea benzii largă;
- căstigul în tensiune foarte mare;

1) analiza de tip "Bias Point" 57 din 2

$$\text{"Output File": } L = 100 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 100 \mu\text{m}$$

$$W = 100 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 100 \mu\text{m}$$

$$V_p \approx V_{TO} = 2,474 \text{ V} \quad (\text{tensiunea de preg})$$

$$K(KP) = 0,296 \text{ A/V}^2$$

$$ID = 3,29 \cdot 10^{-2} \text{ A} = 32,9 \text{ mA}$$

2) analiză de tip DCSWEEP - trăsarea familiei de caracteristici statice de ieșire ($ID(VDS)$ | $VGS = \text{ct}$). 57 din 2

Forma caracteristicilor: în porțea stângă sunt jumătăți de parabole ale căror vârfuri sunt așezate pe o parabolă imaginea cărui dim. v.f. parabolei pleacă o dreaptă verticală). $V_2 = V_{GS}$

Rezistența de ieșire din dreapta nMOS: (în zona limitată) $V_1 = V_{DS}$

$$R_D = \frac{V_{DS}}{ID} = \frac{6000 \text{ mV}}{12 \text{ mA}} = 0,5 \Omega$$

$$V_{DS} = V_1 = 6 \text{ V} \quad \text{și} \quad V_{GS} = V_2 = 3 \text{ V}$$

$$ID = K(V_{GS} - V_p)^2 = 3 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \cdot (3 - 2)^2 \cdot 1^2 = 12 \text{ mA}$$

$$3) A(V_{GS2}, ID_2) \Rightarrow A(3,1 \text{ V}; 44,899 \text{ mA})$$

$$B(V_{GS1}, ID_1) \Rightarrow B(3,05 \text{ V}; 38,680 \text{ mA})$$

$$\left. \begin{array}{l} ID_1 = K(V_{GS1} - V_p)^2 \\ ID_2 = K(V_{GS2} - V_p)^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{ID_1}{ID_2} = \frac{(V_{GS1} - V_p)^2}{(V_{GS2} - V_p)^2} \Rightarrow \frac{\sqrt{ID_1}}{\sqrt{ID_2}} = \frac{V_{GS1} - V_p}{V_{GS2} - V_p} =$$

$$\Rightarrow (V_{GS2} - V_p) \sqrt{ID_2} = (V_{GS1} - V_p) \sqrt{ID_1} \Rightarrow V_{GS2} \cdot \sqrt{ID_2} - V_p \cdot \sqrt{ID_2} = V_{GS1} \cdot \sqrt{ID_1} - V_p \cdot \sqrt{ID_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_p(\sqrt{ID_2} - \sqrt{ID_1}) = V_{GS1} \cdot \sqrt{ID_1} - V_{GS2} \cdot \sqrt{ID_2} \Rightarrow V_p = \frac{V_{GS1} \cdot \sqrt{ID_1} - V_{GS2} \cdot \sqrt{ID_2}}{\sqrt{ID_2} - \sqrt{ID_1}}$$

$$V_p = \frac{3 \cdot \sqrt{44,899} - 3,05 \cdot \sqrt{38,68}}{\sqrt{44,899} - \sqrt{38,68}} \Rightarrow V_p = \frac{20,102 - 18,968}{6,7 - 6,22} \Rightarrow V_p = \frac{1,134}{0,48} =$$

$\Rightarrow V_p = 2,3625 \text{ V}$ (cu 0,1115(V) mai puțin decât rezultarea din "Output File").

$$ID_1 = K(V_{GS1} - V_p)^2 \Rightarrow K = \frac{ID_1}{(V_{GS1} - V_p)^2} \Rightarrow K = \frac{44,899}{(3,1 - 2,3625)^2} = 82,686 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$14 \quad K \text{ (de pe penultima eorad.)} : \frac{17,751}{(2,85 - 2,3625)^2} = 74,898 \text{ mA/V}^2$$

$$4) V_{GS} = 3,1V$$

$$V_{DSSat} = 608,333 \text{ mV} \approx 0,608 \text{ V}$$

$$V_p = V_{GS} - V_{DSSat} \Rightarrow V_p = 2,491 \text{ V} \text{ (cu } 0,017 \text{ V mai mare decât cea citită în fișierul "Output File".)}$$

5) pentru tensiuni V_{DS} foarte mici (sub 100 mV) caracteristicile sunt aproximativ niște drepte care au ca punct comun punctul 0.

În regiunea parabolică ecuația curbei devine:

$$I_d = k [2(V_{GS} - V_p) \cdot V_{DS} - V_{DS}^2].$$

$$R_{DSlim} = \frac{V_{DS}}{I_d} \quad (\text{se fac măsurări în zona limitării})$$

$$\rightarrow \text{pentru } V_{GS} = 2,8 \text{ V} \Rightarrow \begin{cases} V_{DS} = 40 \text{ mV} \\ I_d = 5,4831 \text{ mA} \end{cases} \Rightarrow R_{DSlim} = \frac{40}{5,4831} = 7,295 \Omega$$

$$\rightarrow \text{pentru } V_{GS} = 3,1 \text{ V} \Rightarrow \begin{cases} V_{DS} = 40 \text{ mV} \\ I_d = 5,1289 \text{ mA} \end{cases} \Rightarrow R_{DSlim} = \frac{40}{5,1289} = 7,798 \Omega$$

\rightarrow nMOS funcționează în regim de saturatie: $V_{DS} \geq V_{GS} - V_p$

Dim simularea Bias Point

$$V_{DS} = V_1 = 6 \text{ V}$$

$$V_{GS} = V_2 = 13 \text{ V}$$

$$V_p = 2,474 \text{ V}$$

$$6 > 0,526$$

Subiectul 8

1) analiză Bias Point

Figoul "Output File"

$$L = 100 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 100 \mu\text{m}$$

$$W = 100 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 100 \mu\text{m}$$

$$V_{p(VTC)} = 2,474 \text{ V}$$

$$K_P = 0,296 \text{ A/V}^2$$

$$2) ID = 1,42 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 1,42 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = 2,57 \text{ V}$$

$$V_{DS} = 6,3 \text{ V}$$

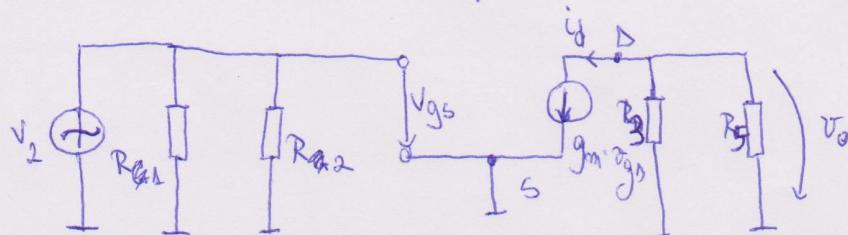
Condensatoarele din schema sunt considerate scurtcircuit (au impedanță neglijabilă) pe semnal ($f \neq 0$); și sunt gol dacă $f=0$ (dacă avem curent continuu).

Valoarea condensatoarelor se alege astfel încât impedanța acestora să fie neglijabilă pentru a putea fi considerate scurtcircuit pe semnal.

3) analiză de tip TIME (Transient)

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{in} = 10 \text{ mV} \\ V_{pp} = 397,885 - (-432,038) = 829,923 \text{ mV} \\ V_{out} = \frac{829,923}{2} = 414,961 \text{ mV} \\ A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{414,961}{10} \approx 41,5 \end{array} \right.$$

Pentru calculul amplificării vom face schema echivalentă:



$$\left\{ \begin{array}{l} v_o = -(R_3 || R_5) \cdot i_d = -(R_3 || R_5) g_m \cdot v_{gs} \\ v_i = v_{gs} \\ A = \frac{v_o}{v_i} \end{array} \right. \Rightarrow A = \frac{-(R_3 || R_5) \cdot g_m \cdot v_{gs}}{v_{gs}} =, \\ \Rightarrow A = -(R_3 || R_5) \cdot g_m$$

Pentru a calcula transconductanța g_m :

→ considerăm: K și V_p cu valorile din analiza Bias Point;

Pp. că transistorul lucrează în zona de saturatie:

$$V_A = \frac{R_4}{R_4 + R_2} \cdot V_2 = \frac{1}{3} \cdot V_2 \Rightarrow V_A = 4V$$

$$\left. \begin{array}{l} I_D = K(V_{GS} - V_p)^2 \\ V_A = V_{GS} + R_4 I_D \end{array} \right\} \Rightarrow V_A = V_{GS} + K \cdot R_4 (V_{GS} - V_p)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_A = V_{GS} + K \cdot R_4 V_{GS}^2 - 2K \cdot R_4 V_{GS} V_p + K \cdot R_4 V_p^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,296 \cdot 10^3 \cdot V_{GS}^2 + V_{GS} (1 - 2 \cdot 0,296 \cdot 10^3 \cdot 2,474) + 0,296 \cdot 10^3 \cdot (2,474)^2 - 4 = 0$$

$$\Rightarrow 296 \cdot V_{GS}^2 - 1463,608 \cdot V_{GS} + 1807,52 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{GS}^2 - 4,9446 V_{GS} + 6,1065 = 0$$

$$\Delta = 24,449 - 4 \cdot 1 \cdot 6,1065 \Rightarrow \Delta = 0,023$$

$$V_{GS1} = 2,5483(V) > V_p \text{ și } V_{GS2} = 2,386(V) < V_p$$

Deci, $V_{GS1} = 2,548(V)$

$$I_D = K(V_{GS} - V_p)^2 = 0,296(2,548 - 2,474)^2 \Rightarrow I_D = 0,00162A = 1,62mA$$

$$\left. \begin{array}{l} A = -(R_3 || R_5) \cdot g_m \\ g_m = 2\sqrt{K} \cdot \sqrt{I_D} \end{array} \right\} \Rightarrow A = -\frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} \cdot 2\sqrt{K} \cdot \sqrt{I_D} \Rightarrow A = \frac{3 \cdot 3}{3+3} \cdot 2\sqrt{0,296} \cdot \sqrt{1,62} \cdot \sqrt{0,00162}$$

$$\Rightarrow A = \frac{9}{6} \cdot 2 \cdot 0,544 \cdot 1,272 = -$$

$$\Rightarrow A = 1,5(k\Omega) \cdot 2 \cdot 0,544 \cdot 0,04 \Rightarrow A = -1500 \cdot 2 \cdot 0,544 \cdot 0,04 = -65,28$$

Valoarea măsurată < Valoarea teoretică

$$41,5 < 65,28$$

4) matrese Vim. (58-01m³)

5) Analiză în frecvență: ACSWEEP.

Valoarea amplificării în mijlocul benzii este: $A=41,533$.

$$\frac{1}{\sqrt{2}} A = 29,368$$

→ frecvențele laterale limită: $f_l = 45,714 \text{ Hz}$
 \hookrightarrow inferioară: $f_l^i = 1,485 \text{ MHz}$.

Frecvențele laterale sunt determinate de valoarea capacitaților interne ale tranzistorului.

-> măsurare după măsurarea capacităților de 10 ore:

-> măsurare după măsurarea capacitatii:
 • frecvența limită inferioară a benzii: $f_j = 457,135 \text{ Hz}$ (de
 10 ori mai mare decât ea inițială).

10 ori mai mare decât ea inițială).