

Sistemet Elektronike

LAB. 2: ANALIZA NË FREKUENCË

Piro Gjikhima

Inxhinieri Informatike - II B

Tiranë më: 04/09/2024

FAKULTETI I TEKNOLOGJISË SË INFORMACIONIT | UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS

1. Amplifikatori me emiter të përbashkët

Ndërtoni në Multisim qarkun e paraqitur në figurën 1.

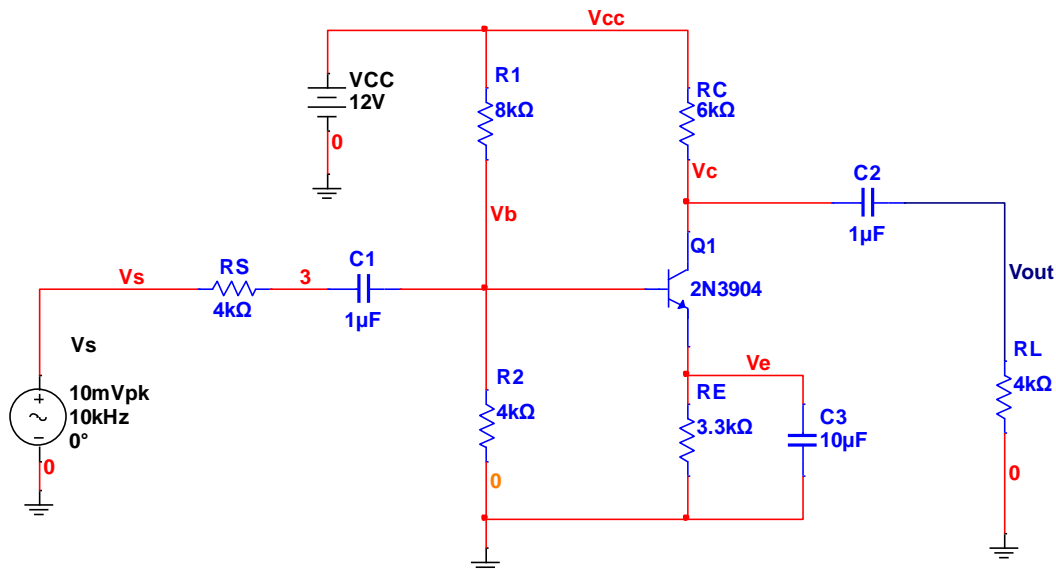


Fig. 1: Skema elektrike e amplifikatorit me emiter të përbashkët.

Për qarkun në figurë do të analizojmë përgjigjen në frekuencë (frekuencë e ulët dhe e lartë), faktorët që ndikojnë në përgjigjen në frekuencë si dhe në përforcimin e qarkut.

Do të analizojmë përgjigjen në frekuencë dhe në faktorin e përforcimit nëse transistorin model 2N3904 e zëvendësojmë me transistor BJT model: a) 2N2222 ose/dhe b) 2SC2001.

Në tabelën 1 jepen disa nga parametrat e brendshëm të transistorëve BJT dhe emërtimet që ato kanë në datasheet-et përkatëse, apo edhe në modelin e përdorur në Multisim. Këto parametra janë të nevojshëm për të kuptuar dhe analizuar përgjigjen në frekuencë të larta si dhe për faktorin e përforcimit.

Tab. 1: Një pjesë e parametrave të transistorit BJT në modelet SPICE (PCSPICE dhe Multisim).

Parametri ¹ SPICE	Simboli analitik	Përshkrimi	Njësia matëse
IS	I_s	Rryma e ngopjes	A
BF	β_F	Amplifikimi i drejtë i rrymës (maksimum)	-
VAF	V_A	Tensioni Early i drejtë	V
RB	r_x	Rezistenca e bazës për zero rrymë në hyrje	Ω
RC	r_c	Rezistenca e kolektorit	Ω
RE	r_E	Rezistenca e emiterit	Ω
CJC	C_{μ}	Kapaciteti i bashkimit p-n bazë-kolektor (zona e boshatisjes)	F
CJE	C_{π}	Kapaciteti i bashkimit p-n bazë-emiter (zona e boshatisjes)	F
CJS	C_b	Kapaciteti i bashkimit p-n kolektor-trup (zona e boshatisjes)	F

¹ Në Multisim, mbas vendosjes së transistorit në qark, parametrat i merrni: Select transistor -> Right click -> Properties -> Value -> Edit model; Dritaja që hapet përmban parametrat e paraqitur në tabelën 1.

2. Analiza e pikës së punës në DC

Simulate -> Analyses and Simulation -> DC operating Point -> Output -> Selected variables for analysis: -> Run

a) Zgjidhni për analizë parametrat e paraqitur në tabelën 2.

Tab. 2: Parametrat e matur për analizën e pikës së punës në DC.

Nr.	Parametër	Parametër	Vlera e matur	Vlera e llogaritur analitikisht
1	Tensioni në bazë	V_b	3.98044	3.9738
2	Tensioni në kolektor	V_c	6.01596	6.1066
3	Tensioni në emiter	V_e	3.31543	3.2738
4	Diferenca e potencialit bazë – emiter	V_{be}	665.00298m	0.7
5	Diferenca e potencialit bazë – kolektor	V_{bc}	-2.03552	-2.1328
6	Rryma në bazë	I_b	7.33629 μ	9.8223 μ
7	Rryma në kolektor	I_c	997.34055 μ	982.24 μ
8	Rryma në emiter	I_e	-1.00468m	992.06 μ

b) Për sa më sipër, përcaktoni amplifikimin e rrymës β dhe krahasojeni me atë të modelit.

$$\beta_{\text{model}} = 100; \beta_{\text{llogaritur}} = (I_c/I_b) = 100.001018; \beta_{\text{pritsmëri teorike}} = 134.94617;$$

c) Jepni një arsyetim të shkurtër për ndryshimin ndërmjet tre β -ve të paraqitura në pikën b)

Parametri β është përforcimi i rrymës për emiter të përbashkët dhe paraqet parametrin kyç të transistorit bipolar. Në këtë situatë të idealizuar, β konsiderohet të jetë konstante për cilindo transistor të dhënë. Vlera e β është zakonisht në brezin prej 50 < β > 300, por mund të jetë më i madh ose më i vogël për komponent special. Marrim $\beta=100$ sepse është me e përdorshme në ushtrime

d) Sipas analizës teorike dhe simulimit, në cilën zonë pune ndodhet transistori? Në këto kushte a mund ta përdorim këtë qark si amplifikator?

Përshkruani shkurtimisht se si e llogaritni analitikisht pikën e punës për qarkun e dhënë dhe plotësoni të dhënat në tabelën 2 më sipër. Formulatat e përdorura i shkruani në hapësirën më poshtë.

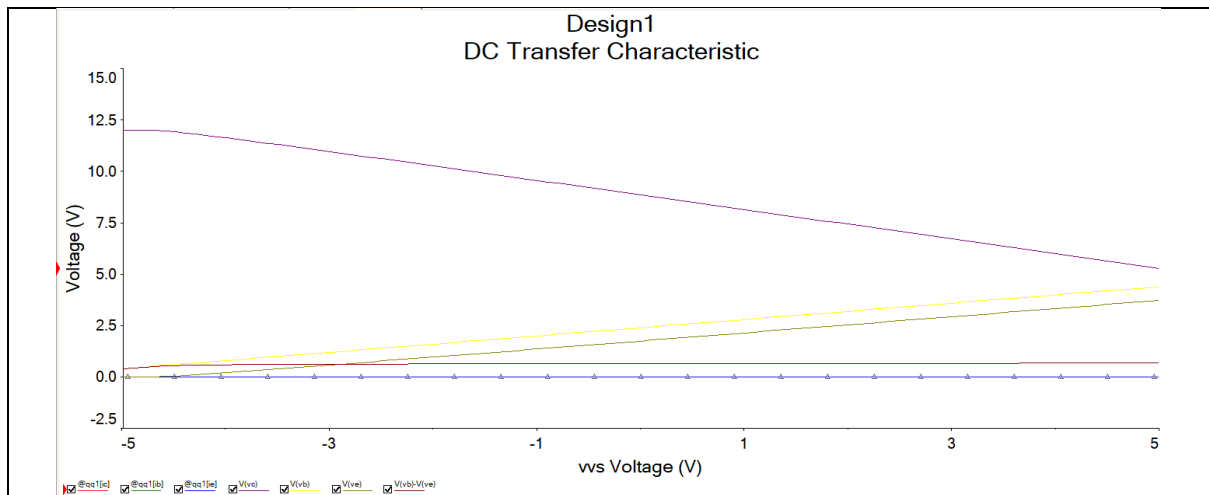
Në analizen në Multisim rezultatet që marrim janë:

$V_c=6.01596V$, $V_b= 3.98044V$, $V_e= 3.31543V$, $I_b=7.33629\mu A$, $I_c=997.34055\mu A$, $I_e=-1.00468mA$, $V_{be}=V_b-V_e=665.00298mV$, $V_{cb}=V_c-V_b= 2.03552V$.

Nga rezultatet e paraqitura, vëmë re se vlerat e marra nga simulimi në Multisim janë përafërsisht të njëjta me vlerat e llogaritura nga analiza teorike. Nga formula $I_c=\beta I_b$, do të marrim parametrin β , i cili nga vlera e llogaritur analitikisht është 134.94617. Ajo që vëmë re nga llogaritjet është se transistori ndodhet në zonën aktive, që do të thotë se amplifikimi do të jetë shtremberime. Teorikisht dhe praktikisht kemi të njëjtat vlera. Analitikisht ne mund të llogarisim duke supozuar që jemi në zonën aktive, ku $V_{be}=0.7V$.

Nga ekuacioni $V_{BB}=R_2/R_1+R_2 \cdot V_{CC}$ shohim që $V_{BB}=4V$. Ndërsa $R_{BB}=R_1//R_2=2.6k$

Për qarkun e hyrjes kemi: $V_{BB}=I_b R_{BB}+V_{be}+I_e R_e$ që sjell $I_b=0.007mA$. Ndërsa $I_c=\beta I_b=0.952mA$.



Me këtë ndryshim, përsëritni edhe paragrafin e dytë (simulim) për analizën e pikës së punës në DC. Interpretimi grafikun e mësipërm sidomos ndryshimin me rastin e pikës a). Shpjegoni shkurtime të rolit të kapacitetit C1 në qark për sa i përket pikës së punës së transistorit. Për këtë bazohuni edhe me ndryshimet që paraqiten kundrejt paragrafit të dytë.

Rrymën në ngarkesë e jep kondensatori dhe ai për shkak të vlerës së fundme të RL, ngadalë shkarkohet. Në lidhjen e shkurter rryma I e fiton vlerën maksimale, e cila mund të shkaktojë dëmtim të ndonjërit element të pajisjes së furnizimit. Rryma në bazën e tranzistorit do të rritet, pra $I_B = I_{C2}$. Meqë rritet I_{C1} do të rritet edhe I_{B2} . Kështu ndodh deri në momentin që transistori të shkojë në regjim ngopje.

Për të përforcuar analizën teorike të argumentave të trajtuar, i lihet detyrë lexuesit të ribëjë analizën e pikës a) me ndryshime të tjera në qark, si për shembull duke bërë qark të shkurtër edhe kapacitetet C2 dhe C3.

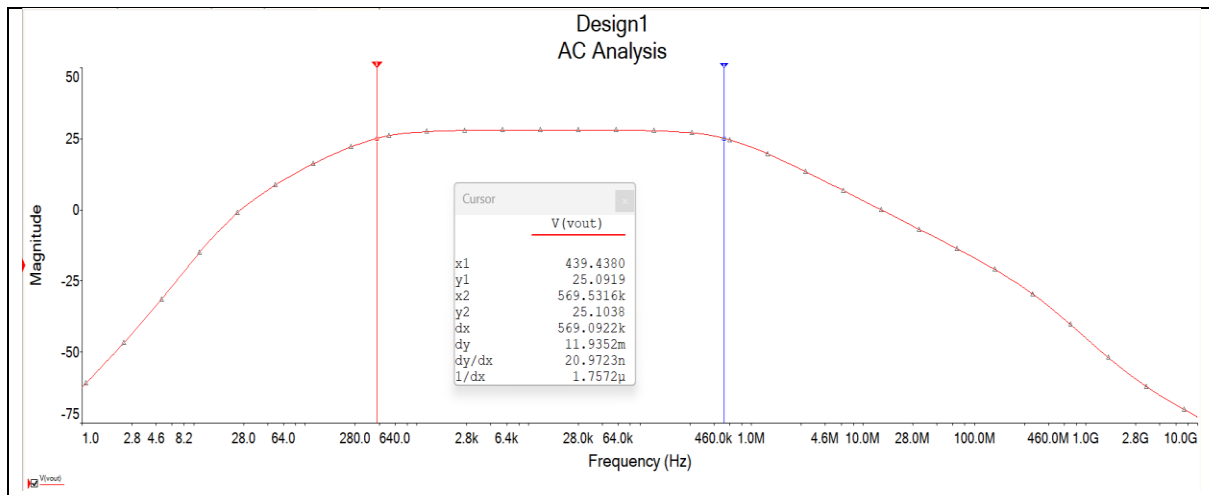
4. Analiza në frekuencë dhe funksioni i transferimit

Për qarkun e ndërtuar bëni analizën në frekuencë dhe në veçanti vlerësoni amplifikimin A në shkallë lineare dhe në atë logaritmike (dB), krahasimi midis tyre dhe pritshmërisë teorike;

Simulate -> Analyses and Simulation -> AC Sweep -> "Zgjedhja e parametrave si më poshtë" -> Run

- Frequency parameters: Vertical scale: Decibel
- Output -> Selected variables for analysis: -> Vout;

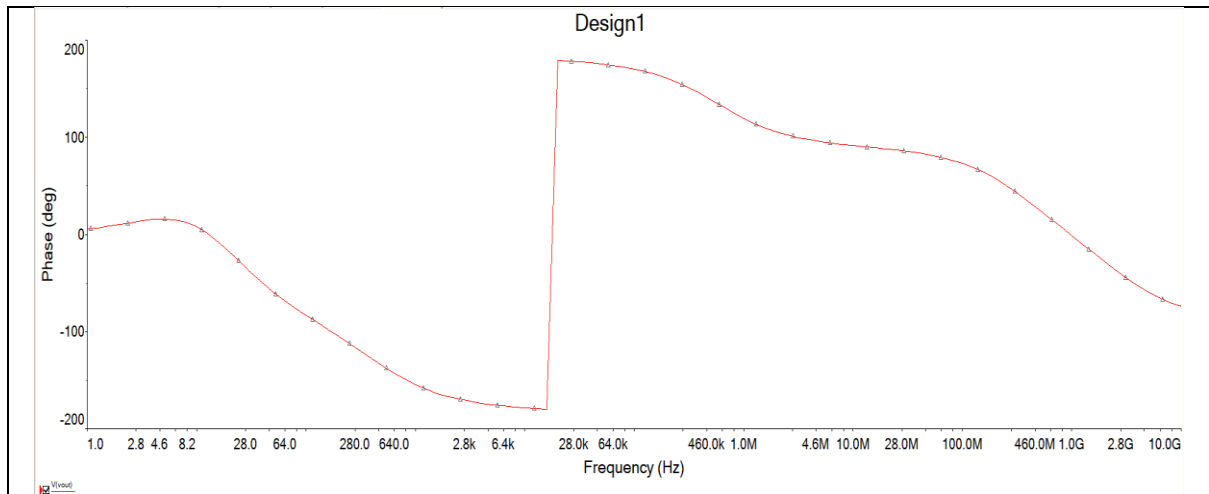
Paraqisni një imazh të grafikut *frekuencë – amplifikim* të diagramës Bode përkatëse



Vlerësoni faktorin e amplifikimit (A) dhe paraqiteni atë edhe në shkallë lineare. Përcaktoni brezin e amplifikimit (frekuencat e prerjes së ulët dhe të lartë : f_L , f_H). Shpjegoni shkurtimisht grafikët.

A prej grafikut rezulton në 28.09 në shkallë decibel. Në shkallë lineare do të përcaktohet prej formulës $20\log(|A_{\text{lineare}}|) = A \Rightarrow A_{\text{lineare}} = 25.1$ dhe ky rezultat dallohet dhe nga grafiku në shkallë lineare për faktorin e Amplifikimit. Brezi i frekuencës përcaktohet në frekuencën që perkon me rënie 3dB në grafik: $f_L = 439.4380$ Hz dhe $f_H = 569.0922$ kHz

Paraqisni një imazh të grafikut *frekuencë – fazë* të diagramës Bode përkatëse.



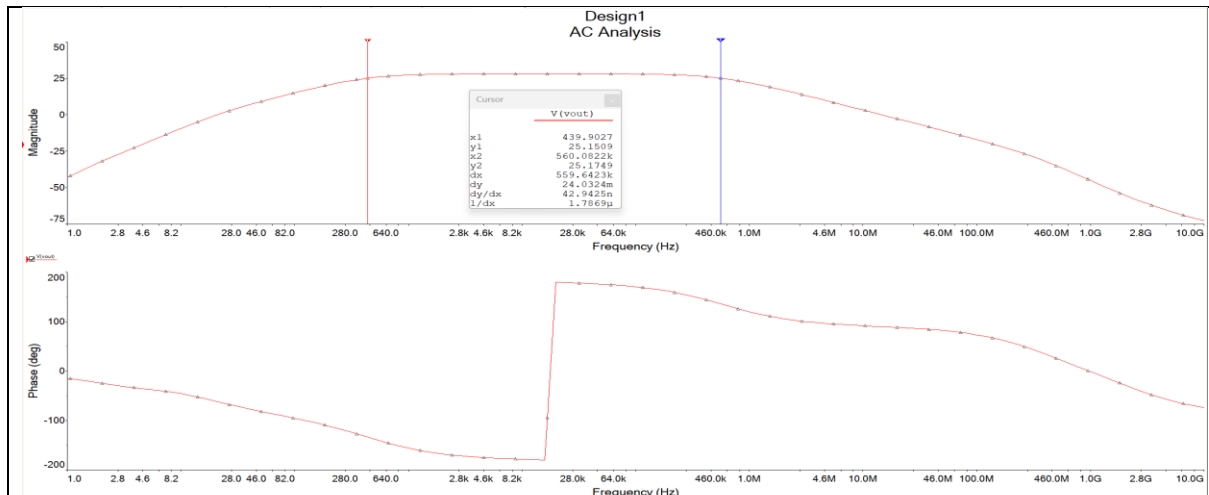
Shpjegoni shkurtimisht grafikun e fazës dhe në veçanti diferencën me pritshmërinë teorike të shfazimit me 180° të tensionit në kolektor kundrejt atij në bazë.

Karakteristika e fazës është ajo që na tregon ndryshimin e zhvendosjes fazore të sinjalit dalës në krahasim me atë hyrës kur ndryshon frekuenca. Vëme re që ndryshimi fazor, për frekuenca të lartazvogelohet dhe kemi rritje të frekuencave të ulëta. Me zvogelimin e ndryshimit fazor në raport me 180° kemi shtrembërime fazore të sinjalit. Vëme re se gjysmë-perioda pozitive e tensionit të bazës dhe rrymës së bazës do të krijojë një gjysmë-periode të tensionit të kolektorit; kjo tregon se midis tensionit të bazës dhe tensionit të kolektorit ekziston ndryshimi fazor prej 180° .

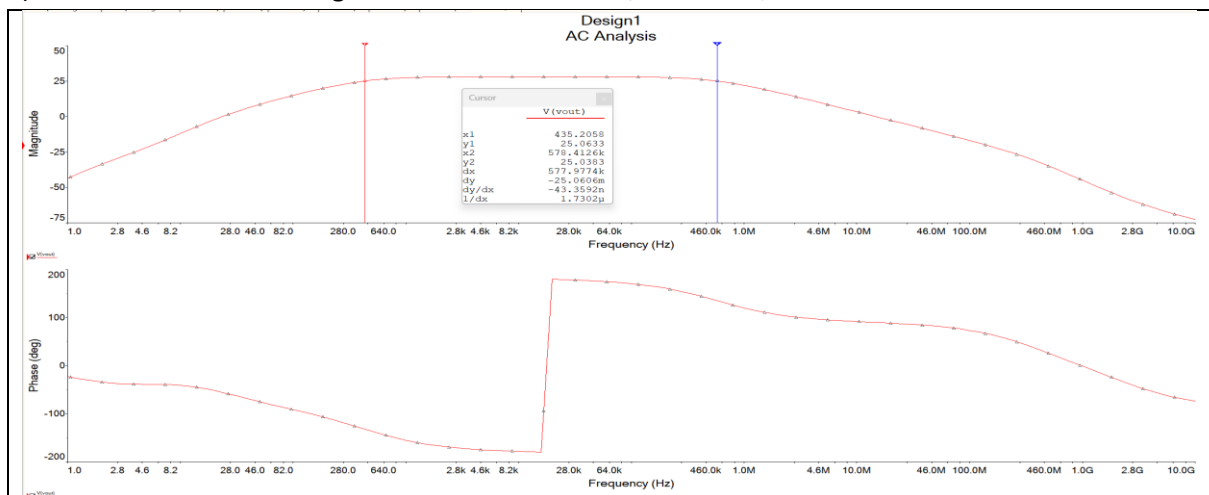
5. Kapacitetet dominuese për frekuencën e ulët

Bëni analizën e paragrafit 4 për vlera të ndryshme të kapaciteteve C1, C2 dhe C3. Ndërtoni diagramën Bode për këto tre raste duke vërejtur ndryshimet e frekuencës.

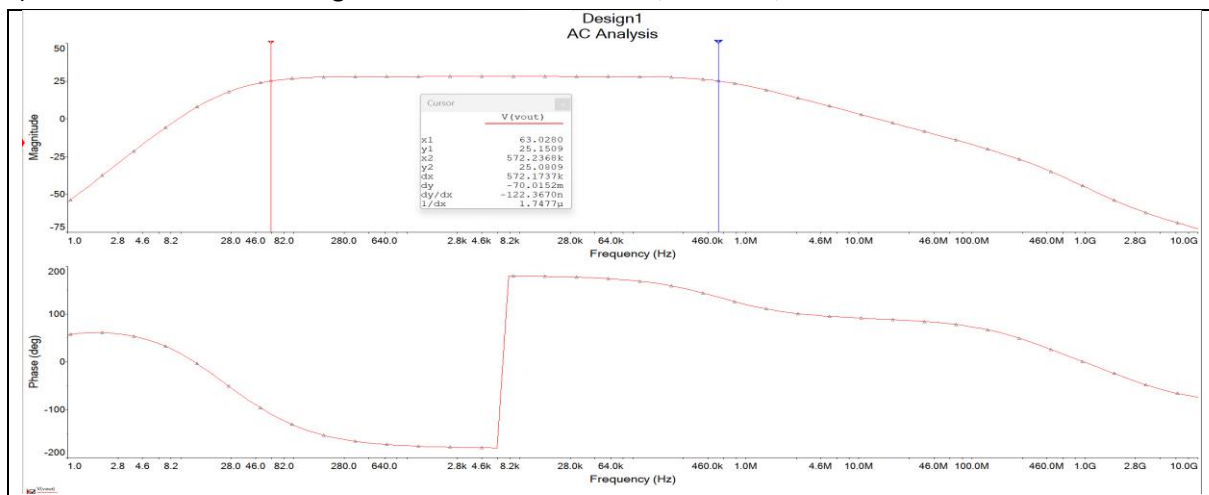
a) Modifikim vetëm i C1 nga 1uF në 10uF: **C1 = 10uF**; C2 = 1uF; C3 = 10uF.



b) Modifikim vetëm i C2 nga 1uF në 10uF: C1 = 1uF; **C2 = 10uF**; C3 = 10uF.



c) Modifikim vetëm i C3 nga 10uF në 100uF: C1 = 1uF; C2 = 1uF; **C3 = 100uF**.



Për të tre rastet më sipër, nga diagramat përkatëse Bode, përcaktoni frekuencat e prerjes (f_L). Shpjegoni ndryshimet e vërejtura. A jemi në kushtet e një poli dominues? Nëse po, cili kapacitet e përcakton? Ndryshimet e kapaciteteve a kanë ndikuar në faktorin e përforcimit maksimal (A), po në frekuencën e prerjes së lartë?

1. Per $C_1=10$, $C_2=1$, $C_3=10$.

Per llogaritjen e brezit shohim vleren e frekuences per te cilen bie me 3dB ne vlere.
 $f_L=409.9027\text{Hz}$.

2. Per $C_1=10$, $C_2=10$, $C_3=10$; $f_L=435.2058\text{Hz}$

3. Per $C_1=1$, $C_2=1$, $C_3=100$; $f_L=62.0280\text{Hz}$

Kapacitetet C_1, C_2, C_3 ndikojne në frekuencën e prerjes së ulët.

Jemi në kushtet e nje poli dominues. Kapaciteti dominues është në paralel me rezistencen e emiterit. Në këtë rast është kapaciteti C_2 . Rritja e kapacitetit C_2 , do të cojë në rritjen e ζ , dhe si rrjedhoje ky i fundit do të cojë në zvogëlimin e frekuencës duke zgjeruar zonën lineare.

6. Analiza në frekuencat qëndrore (sinjal AC në hyrje)

Për qarkun e ndërtuar, përdorni oshiloskopin dhe dy analizator spektri për të parë sinjalin në dalje (V_{out}) dhe sinjalin në hyrje (V_s) me frekuencë 10kHz, amplituda e të cilit është a) $|V_s| = 10\text{mV}$; b) $|V_s| = 100\text{mV}$ dhe c) $|V_s| = 1\text{V}$.

Simulate -> Analyses and Simulation -> Interactive -> Run

Për pikën a) konfiguroni oshiloskopin si:

➤ Timebase: 100us/Div

➤ Channel_A: 10mV/Div; Channel_B: 100mV/Div;

Për konfigurimin në dy pikat e tjera, rikujtoni njohuritë e marra në lëndën “Matje Elektronike”.

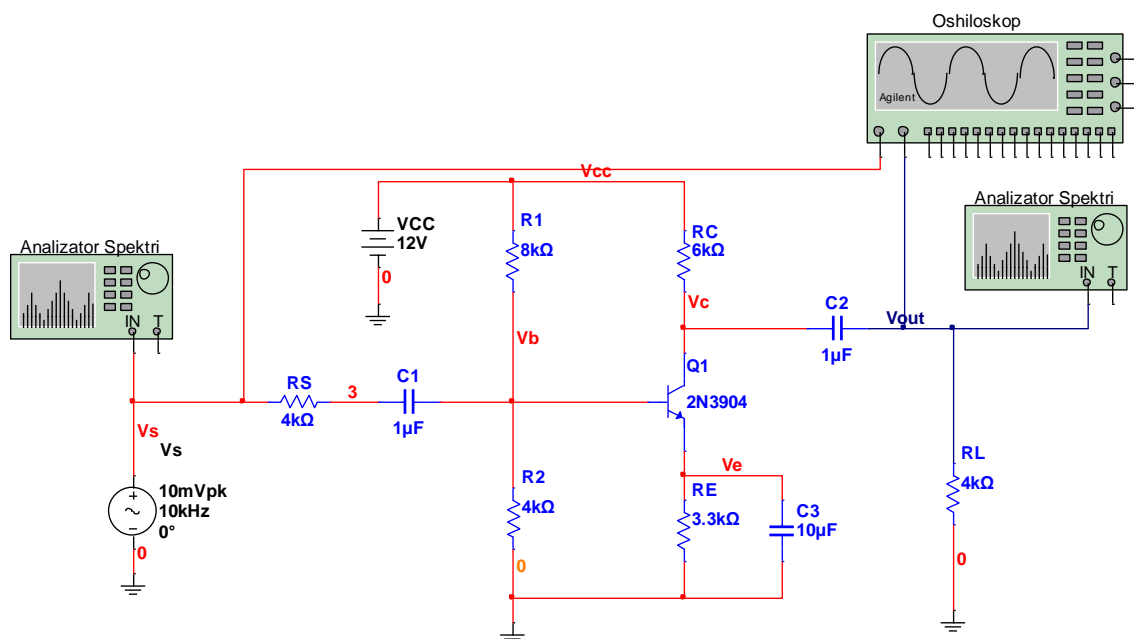
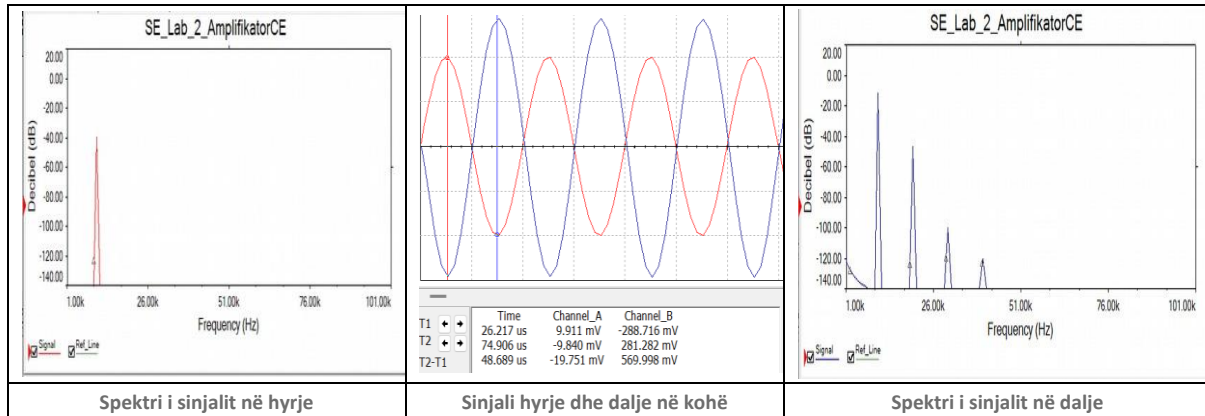


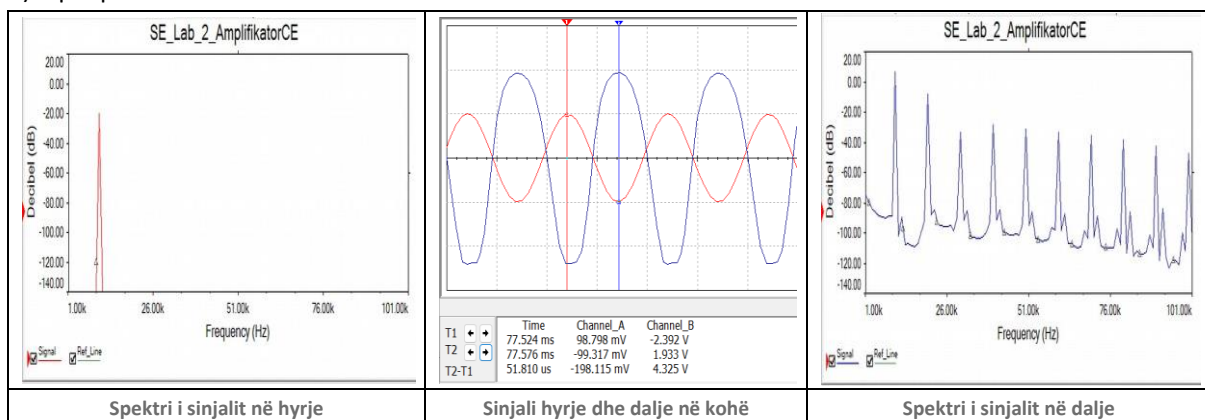
Fig. 2: Përdorimi i oshiloskopit dhe analizatorit të spektrit për të analizuar sinjalin në hyrje dhe dalje.

Për secilin nga rastet paraqitni nga një figurë për spektrin e sinjalit në hyrje (e parë me analizator spektri në hyrje), evolucioni në kohë i sinjalit në hyrje dhe atij në dalje (e parë me oshiloskop për të paktën 4 perioda) si dhe spektrin e sinjalit në dalje (e parë me analizator spektri në dalje). Këto imazhe i paraqitni në formë krahasuese si më poshtë:

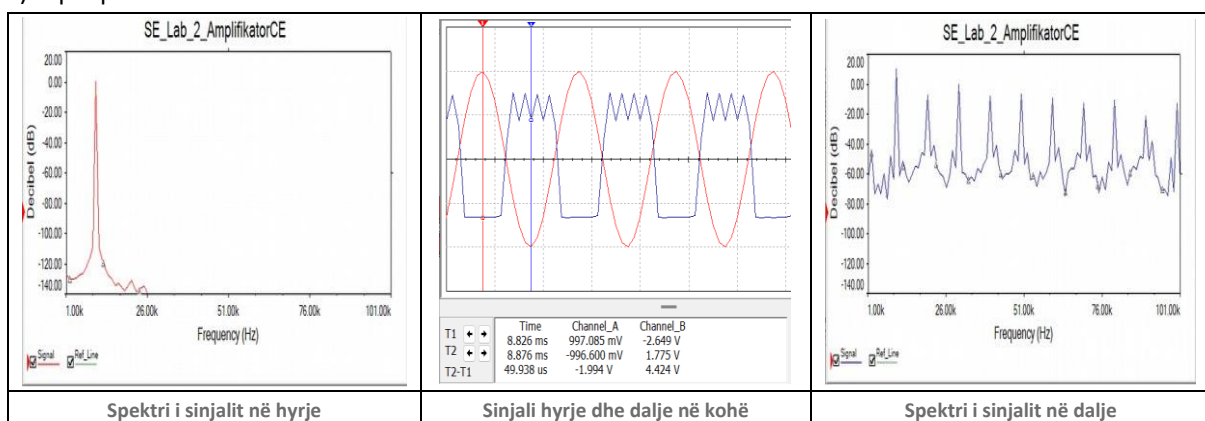
a) $|V_s| = 10\text{mV}$.



b) $|V_s| = 100\text{mV}$.



c) $|V_s| = 1\text{V}$.



Plotësoni tabelën 3 për pritshmërinë tuaj të amplitudës së sinjalit në dalje, duke u nisur edhe nga të dhënat e diagramës Bode të paraqitur në paragrafin 4 (në veçanti faktori i përforcimit). *Kujdes! Faktori i përforcimit në paragrafin 4 është dhënë në shkallë logaritmike (dB), për të kryer veprimet e nevojshme duhet ta ktheni atë në shkallë lineare.*

Tabelën 3 plotësojeni edhe me rezultate të matjeve të kryera me anë të oshiloskopit për sa i përket sinjalit në hyrje dhe atij në dalje për të tre rastet më sipër.

Tab. 3: vlerësimi i faktorit të përforcimit nga analiza e sinjalit hyrje-dalje.

Rasti	Parametër	Vlera e pritur	Vlera e matur
	$ A $ e matur në paragrafin 4 (diagrama Bode)		
a)	$ V_s _a$	10 mV	9.911 mV
	$ V_{out} _a$	280.9mV	288.716 mV
	$ A _a = V_{out} _a / V_s _a$	28.09	29.13
b)	$ V_s _b$	100 mV	98.798 mV
	$ V_{out} _b$	2809 mV	2.392 V
	$ A _b = V_{out} _b / V_s _b$	28.09	29.13
c)	$ V_s _c$	1 V	997.085 mV
	$ V_{out} _c$	28.09 V	2.649 V
	$ A _c = V_{out} _c / V_s _c$	28.09	2.65

Përshkruani ndryshimet vizuale të sinjalit në kohë në oshiloskop për të tre rastet. Çfarë ka ndodhur? A është amplifikatori duke funksionuar në zonën e tij lineare për të tre rastet? Po analiza e spektrit në dalje (transformimi Fourier i sinjalit në kohë) a ndihmon në interpretimin e rezultatit? Përdorni edhe të dhënat e tabelës më sipër për të dhënë një shpjegim të plotë të fenomenit.

Ne rastin e parë shohim që sinjali në dalje është sinusoidal si ai në hyrje, por me amplitudë me të lartë dhe i shfazuar me 180° .

Ne rastin e dytë sinjali në dalje peson pak deformime sepse transistori fillon të dalë disi nga karakteristika e tij e supozuar lineare. Në këtë rast sinjali në dalje ka amplitudë me të lartë dhe i invertuar me 180° .

Për rastin e tretë sinjali në dalje është shumë më i deformuar; kjo si rezultat i disa harmonikave që ne ndryshim nga të tjerat që ndodhen brenda zonës lineare, e kapërcejnë pragun e sipërm FH. Kjo sjell që koeficienti i amplifikimit mos të jetë i njëjte për të gjitha harmonikat. Shumatorja e të gjithë harmonikave jep sinjalin në dalje i cili nuk është me sinusoidal por ka pesuar shtremberime të dukshme.

7. Analiza për frekuenca të larta

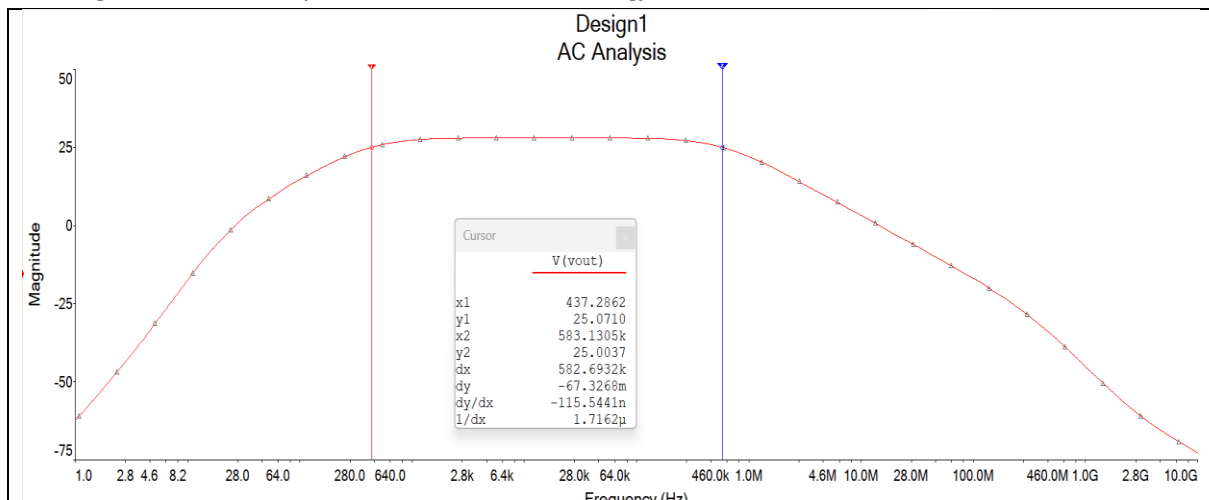
Në këtë paragraf do të analizojmë ndikimin që përdorimi i transistorëve të ndryshëm do të ketë në frekuencën e lartë të prerjes dhe faktorin e amplifikimit. Përpara se të kryeni analizën e mëposhtme, plotësoni të dhënat për secilin transistor dhe plotësoni tabelën 4 (shih tabelën 1).

Tab. 4: Të dhëna për transistorë BJT të përdorur në simulim.

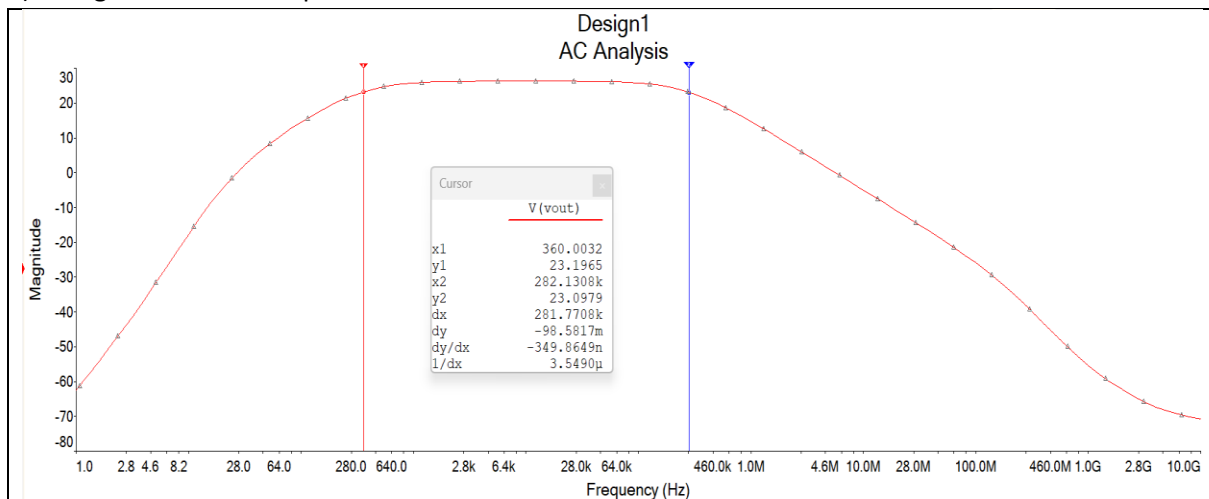
Parametri	Simboli analitik	2N3904	2N2222	2SC2001
BF	β_F	416.4	153.575	5.375e+002
CJC	C_{μ}	3.638p	9.98785e-12	2.848e-011
CJE	C_{π}	4.493p	1.67272e-11	4.465e-011
RB	r_x	10	8.70248	2.375e-001
RC	r_c	1	0.556972	2.000e-001
RE	r_E	0	0.111394	0.000e+000

Ndërtoni diagramën Bode për të tre këto raste (përsëritni udhëzimet e paragrafit 4) me qarkun original duke ndërruar vetëm transistorin BJT të përdorur. Grafikët i paraqisni më poshtë.

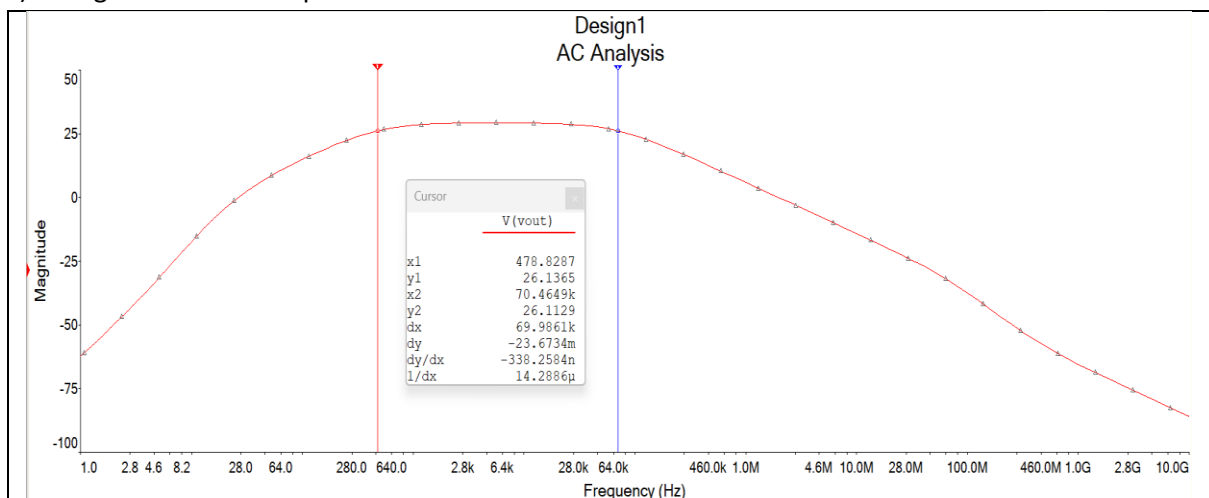
a) Diagrama Bode e amplitudës me transistorin original 2N3904



b) Diagrama Bode e amplitudës me transistorin 2N2222



c) Diagrama Bode e amplitudës me transistorin 2SC2001



Për të tre rastet më sipër, nga diagramat përkatëse Bode përcaktoni frekuencat e prerjes (f_H) dhe faktorin e përforcimit. Ndryshimet në frekuencën e prerjes dhe në faktorin e përforcimit janë në linjë

me pritshmëritë tuaja, duke parë të dhënat e tabelës 4? Shpjegoni cilët janë elementët kryesor që ndikojnë në këtë ndryshim.

Po ndryshimi i transistorëve ka ndikuar në frekuencën e prerjes së ulët?

Për Tranzistorin 2N3904

$f_H = 538.1305 \text{ KHz}$

Për Tranzistorin 2N2222

$f_H = 282.1308 \text{ KHz}$

Për Tranzistorin 2SC2001

$f_H = 70.4649 \text{ kHz}$

Po ka ndikuar sepse me ndryshimin e transistoreve ndryshon edhe frekuenca e prerjes së ulët dhe ajo e prerjes së lartë.

8. Përfundime

Përkthyeri shkurtimisht pikat kyçe të këtij laboratorit dhe të rezultateve të marra.

1. Zhvillimi i kësaj pune laboratorit konsiston në ndërtimin e skemës elektrike të amplifikatorit me emiter të përbashkët me tranzistor BJT.
2. Përdorimi i të gjithë njohurive të marra deri më tani për të bërë analizën e qarkut të paraqitur në frekuencë.
3. Arritëm të përcaktonim pikën e punës në analizen DC dhe të bënim vlerësimin analitik përfunksionimin në zonën aktive.
4. Arritëm të realizonim analizen AC për ndërtimin e diagrames Bode në shkallë log-log(dB).
5. Llogaritëm koeficientin e amplifikimit si dhe brezin e amplifikimit fL dhe fH.
6. Krahasuam vlerat e marra nga simulimi dhe me vlerat bëmë arsyetimet përkatës.

9. Referenca:

1. A. S. Sedra, K. C. Smith, Microelectronic Circuits, 7th Edition, Oxford University Press, 2014
2. A. Rakipi, E. Agastra, "Sistemet Elektronike – Konspekte Leksionesh", FTI-UPT, 2020
3. E. Agastra, A. Rakipi, "Sistemet Elektronike – Ushtrime të zgjidhura", FTI-UPT, 2020