Sistemet Elektronike

Lab. 2: Analiza në frekuencë

|  |
| --- |
| Piro Gjikdhima |
| Inxhinieri Informatike - II B |
| Tiranë më: 04/09/2024 |
| Fakulteti i teknologjisë së informacionit | Universiteti Politeknik i Tiranës |
|  |

# 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 frekuenca 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]](#footnote-1) SPICE | **Simboli analitik** | **Përshkrimi** | **Njësia matëse** |
| IS | *IS* | Rryma e ngopjes | A |
| BF | *F* | Amplifikimi i drejtë i rrymës (maksimum) | - |
| VAF | *VA* | Tensioni Early i drejtë | V |
| RB | *rx* | Rezistenca e bazës për zero rrymë në hyrje |  |
| RC | *rC* | Rezistenca e kolektorit |  |
| RE | *rE* | Rezistenca e emiterit |  |
| CJC | *C* | Kapaciteti i bashkimit p-n bazë-kolektor (zona e boshatisjes) | F |
| CJE | *C* | Kapaciteti i bashkimit p-n bazë-emiter (zona e boshatisjes) | F |
| CJS | *Cb* | Kapaciteti i bashkimit p-n kolektor-trup (zona e boshatisjes) | F |

# Analiza e pikës së punës në DC

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

1. 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 | Vb | 3.98044 | 3.9738 |
| 2 | Tensioni në kolektor | Vc | 6.01596 | 6.1066 |
| 3 | Tensioni në emiter | Ve | 3.31543 | 3.2738 |
| 4 | Diferenca e potencialit bazë – emiter | Vbe | 665.00298m | 0.7 |
| 5 | Diferenca e potencialit bazë – kolektor | Vbc | -2.03552 | -2.1328 |
| 6 | Rryma në bazë | Ib | 7.33629µ | 9.8223µ |
| 7 | Rryma në kolektor | Ic | 997.34055µ | 982.24µ |
| 8 | Rryma në emiter | Ie | -1.00468m | 992.06µ |

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

|  |
| --- |
| *b*model = 100; *b*llogaritur = (*I*c/*I*b)= 100.001018; *b*pritshmëri teorike = 134.94617; |

1. Jepni një arsyetim të shkurtër për ndryshimin ndërmjet tre *b* -ve të paraqitura në pikën b)

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

1. 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. Formulat e përdorura i shkruani në hapësirën më poshtë.

|  |
| --- |
| Ne analizen ne Multisim rezultatet qe marrim jane:  Vc=01596V, Vb= 3.98044V, Ve= 3.31543V, Ib=7.33629µA, Ic=997.34055µA, Ie=-1.00468mA, Vbe=Vb-Ve=665.00298 MA, Vcb=Vc-Vb= 2.03552V.  Nga rezultatet e paraqitura, veme re se vlerat e marra nga simulimi ne Multisim jane perafersisht te njejta me vlerat e llogaritura nga analiza teorike. Nga formula Ic=Bib, do te marrim parametrin 𝗉, i cili nga vlera e llogaritur analitikisht eshte 134.94617. Ajo qe veme re nga llogaritjet eshte se transistori ndodhet ne zonen aktive, qe do te thote se amplifikimi do te jete pa shtremberime. Teorikisht dhe praktikisht kemi te njejtat vlera. Analitikisht ne mund te llogarisim duke supozuar qe jemi ne zonen aktive, ku Vbe=0.7 V.  Nga ekuacioni VBB=R2/R1+R2\*VCC shohim qe VBB=4V.Ndersa RBB=R1//R2=2.6k  Per qarkun e hyrjes kemi: VBB=IbRBB+Vbe+IeRe qe sjell Ib=0.007mA. Ndersa Ic=Bib=0.952mA. |

# Analiza për sinjale DC të ndryshueshëm në amplitudë

1. Beni analizën për ndryshime të sinjalit Vs nga -5V deri në 5V dhe shpjegoni rezultatin.

Simulate -> Analyses and Simulation -> DC Sweep -> “Zgjedhja e parametrave si më poshtë” -> Run

* Analysis parameters -> Source 1: VS; Start: -5V; Stop: 5V; Increment 0.1V
* Output -> Selected variables for analysis: -> I(Q1[IB]); I(Q1[IC]); I(Q1[IE]); Vb; Ve; Vc; Vb-Ve;

Paraqisni një imazh të grafikut që shfaqet në simulator.

|  |
| --- |
|  |

Interpretoni grafikun. Sipas pritshmërisë teorike, për tensione të ndryshme të sinjalit Vs (sinjale në DC) si duhet të ishin tensionet dhe rrymat në transistor? Arsyetoni mbi motivin pse sinjale Vs me vlera të ndryshme nuk sjellin ndryshime në sinjalet në dalje (grafiku më sipër).

|  |
| --- |
| Tensioni në dalje dhe tensioni në hyrje kanë të njëjtën formë valore por i zhvendosur në fazë. Në mënyrë që tensioni i daljes të jetë zero kur nuk kemi sinjal, duhet të sigurohet rryma e ndryshme e polarizimit në transistorët e hyrjes. Offseti i rrymës definohet si ndryshim i rrymave të hyrjes të polarizimit me kusht që tensioni i daljes të jetë zero. Raporti mes ndryshimit te njërit prej burimeve të ushqimit dhe ndryshimit përkates të tensionit të hyrjes që tensioni i daljes mos të ndryshoje quhet i shtypjes i ndryshimit të burimit të ushqimit. Pra, ky faktor bën që mos të ndryshojë faktori në dalje. |

1. Përsëriteni analizën e pikës a) me modifikimin e skemës ku kapaciteti C1 të zëvendësohet me qark të shkurtër.

Paraqisni një imazh të grafikut që shfaqet në simulator.

|  |
| --- |
|  |

Me këtë ndryshim, përsëritni edhe paragrafin e dytë (simulim) për analizën e pikës së punës në DC. Interpretoni grafikun e mësipërm sidomos ndryshimin me rastin e pikës a). Shpjegoni shkurtimisht rolin e kapaciteti 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 kondesatori 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 IB1=IC2. Meqë rritet IC1 do te rritet edhe IB2. Kështu ndodh deri në momentin që transistori të shkoje në regjim ngopje. |

Për të përforëcuar 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.

# 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 : *fL*, *fH*). Shpjegoni shkurtimisht grafikët.

|  |
| --- |
| A prej grafikut rezulton ne 28.09 ne shkalle decibel.Ne shkalle lineare do te përcaktohet prej formulës 20log(|A­ lineare|) = A => A­ lineare=25.1 dhe ky rezultat dallohet dhe nga grafiku ne shkalle lineare per faktorin e Amplifikimit. Brezi I frekuences percaktohet ne frekuencen qe perkon me renie 3dB ne grafik: fL = 439.4380 Hz dhe fH = 569.0922KHz |

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 fazes 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 larta zvogelohet dhe kemi rritje te frekuencave të ulëta. Me zvogelimin e ndryshimit fazor në raport me 180° kemi shtrembërime fazore të sinjalit. Vëme re se gjysme-perioda pozitive e tensionit të bazës dhe rrymës se bazës do të krijojë një gjysmë-periode të tensionit te kolektorit; kjo tregon se midis tensionit te bazes dhe tensionit te kolektorit ekziston ndryshimi fazor prej 180°. |

# 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.

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

|  |
| --- |
|  |

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

|  |
| --- |
|  |

1. 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 (*fL*). 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 C1=10, C2=1, C3=10.  Per llogaritjen e brezit shohim vleren e frekuences per te cilen bie me 3dB ne vlere. fL=409.9027Hz.  2. Per C1=10, C2=10, C3=10 ; fL=435.2058Hz  3. Per C1=1, C2=1, C3=100 ; fL=62.0280Hz  Kapacitetet C1,C2,C3 ndikojne në frekuencën e prerjes së ulet.  Jemi në kushtet e nje poli dominues. Kapaciteti dominues është në paralel me rezistencen e emiterit. Në këtë rast është kapaciteti C2. Rritja e kapacitetit C2, do të cojë në rritjen e ζ, dhe si rrjedhoje ky i fundit do të cojë në zvogëlimin e frekuencës duke zgjeruar zonën lineare. |

# Analiza në frekuencat qëndrore (sinjal AC në hyrje)

Për qarkun e ndërtuar, përdorni oshiloskopin dhe dy analizator spektri për të parë sinjalin në dalje (Vout) dhe sinjalin në hyrje (*Vs*) me frekuencë 10kHz, amplituda e të cilit është a) |Vs| = 10mV; b) |Vs| = 100mV dhe c) |Vs| = 1V.

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 te 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:

1. |Vs| = 10mV.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | A screen shot of a graph  Description automatically generated |  |
| Spektri i sinjalit në hyrje | Sinjali hyrje dhe dalje në kohë | Spektri i sinjalit në dalje |

1. |Vs| = 100mV.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Spektri i sinjalit në hyrje | Sinjali hyrje dhe dalje në kohë | Spektri i sinjalit në dalje |

1. |Vs| = 1V.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Spektri i sinjalit në hyrje | Sinjali hyrje dhe dalje në kohë | Spektri i sinjalit në dalje |

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) | |Vs|a) | 10 mV | 9.911 mV |
| |Vout|a) | 280.9mV | 288.716 mV |
| |A|a) = |Vout|a) / |Vs|a) | 28.09 | 29.13 |
| b) | |Vs|b) | 100 mV | 98.798 mV |
| |Vout|b) | 2809 mV | 2.392 V |
| |A|b) = |Vout|b) / |Vs|b) | 28.09 | 29.13 |
| c) | |Vs|c) | 1 V | 997.085 mV |
| |Vout|c) | 28.09 V | 2.649 V |
| |A|c) = |Vout|c) / |Vs|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 pare shohim qe sinjali ne dalje eshte sinusoidal si ai ne hyrje, por me amplitude me te larte dhe i shfazuar me 180°.  Ne rastin e dyte sinjali ne dalje peson pak deformime sepse transistori fillon te dale disi nga karakteristika e tij e supozuar lineare. Ne kete rast sinjali ne dalje ka amplitude me te larte dhe i invertuar me 180°.  Per rastin e trete sinjali ne dalje eshte shume me i deformuar; kjo si rezultat i disa harmonikave qe ne ndryshim nga te tjerat qe ndodhen brenda zones lineare, e kapercejne pragun e siperm fH. Kjo sjell qe koeficenti i amplifikimit mos te jete i njejte per te gjitha harmonikat. Shumatorja e te gjithe harmonikave jep sinjalin ne dalje i cili nuk eshte me sinusoidal por ka pesuar shtremberime te dukshme. |

# 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 | *F* | 416.4 | 153.575 | 5.375e+002 |
| CJC | *C* | 3.638p | 9.98785e-12 | 2.848e-011 |
| CJE | *C* | 4.493p | 1.67272e-11 | 4.465e-011 |
| RB | *rx* | 10 | 8.70248 | 2.375e-001 |
| RC | *rC* | 1 | 0.556972 | 2.000e-001 |
| RE | *rE* | 0 | 0.111394 | 0.000e+000 |

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

1. Diagrama Bode e amplitudës me transistorin origjinal 2N3904

|  |
| --- |
|  |

1. Diagrama Bode e amplitudës me transistorin 2N2222

|  |
| --- |
|  |

1. Diagrama Bode e amplitudës me transistorin 2SC2001

|  |
| --- |
|  |

Për të tre rastet më sipër, nga diagramat përkatëse Bode përcaktoni frekuencat e prerjes (*fH*) 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  fH=538.1305KHz  Për Tranzistorin 2N2222  fH=282.1308KHz  Për Tranzistorin 2SC2001  fH=70.4649kHz  Po ka ndikuar sepse me ndryshimin e transistoreve ndryshon edhe frekuenca e prerjes se ulet dhe ajo e prerjes se larte. |

# Përfundime

Përshkruani shkurtimisht pikat kyçe të këtij laboratori dhe të rezultateve të marra.

|  |
| --- |
| 1. Zhvillimi i kësaj pune laboratori 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 frekuence. 3. Arritëm të përcaktonim pikën e punës në analizen DC dhe të bënim vlerësimin analitik për funksionimin në zonën aktive. 4. Arritëm të realizonim analizen AC për ndertimin e diagrames Bode në shkallë log-log(dB). 5. Llogaritëm koeficentin e amplifikimit si dhe brezin e amplifikimit fL dhe fH. 6. Krahasuam vlerat e marra nga simulimi dhe me vlerat bëmë arsyetimet përkatës. |

# 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

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. [↑](#footnote-ref-1)