

Implementasi Rangkaian Dasar Transistor Mosfet Konfigurasi Common Source Terhadap Respon Frekuensi Berdasarkan Pengaruh Resistansi, Kapasitansi, Dan Penggunaan *Feedback Negative* Menggunakan Media Project Board

1st Daffa Bintang Yudhistira

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

daffabintang@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Iswahyudi Hidayat

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

iswahyudihidayat@telkomuniversity.ac.id

3rd Wahmisari Priharti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasi pengaruh dari pengaruh resistansi, kapasitansi, dan penerapan *feedback negative* pada rangkaian penguat dasar terhadap hasil penguatan dan daerah kerja frekuensi dengan menggunakan project board. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan mengamati dan mencatat nilai yang tertera pada osiloskop. Eksperimen akan menggunakan rangkaian penguat dasar MOSFET common source amplifier dengan tiga variasi, yaitu dengan/tanpa kapasitor bypass source dan menggunakan bantuan Rf (Resistansi Feedback) sebagai elemen umpan balik. Dengan menggunakan media project board, Amplitude yang digunakan 300 mVpp dengan tegangan masukan 22VDC. Didapat hasil; rangkaian dengan menggunakan kapasitor bypass pada source akan memiliki penguatan sebesar 25,3 kali dengan daerah kerja frekuensi 2MHz, kemudian rangkaian tanpa kapasitor bypass akan memiliki daerah kerja frekuensi 2,6-3MHz. Sedangkan untuk rangkaian dengan kapasitor bypass + Rf akan didapat daerah kerja frekuensi 2,4-2,7MHz. *Feedback negative* akan berlaku apabila rangkaian penguat dasar common source tidak menggunakan kapasitor bypass di source ataupun menerapkan Rf pada rangkaian. Tanpa kapasitor bypass, penguatan akan berkurang dan tentunya daerah kerja frekuensi akan berpengaruh, secara teoritis dan praktik, hal ini sudah dapat disebut dengan *feedback negative*. Sedangkan jika menggunakan nilai dari Rf, sangat mempengaruhi penguatan dan daerah kerja frekuensi. Semakin kecil nilai dari Rf maka penguatan akan semakin kecil.

Kata Kunci: Respon Frekuensi, *Feedback Negative*, MOSFET, Common Source, Resistansi, Kapasitansi

I. PENDAHULUAN

Respon Frekuensi merupakan respon yang spesifikasi performanya berdasarkan pengamatan atau perhitungan magnitude dan sudut fase dari penguatan pada rentang frekuensi $\omega = 0$ s/d $\omega = \infty$. terdapat beberapa parameter untuk mengukur respon frekuensi, diantaranya; Frequency Gain

Cross Over, Frequency Phase Cross Over, Frequency Cut-Off (filter), Bandwidth, Gain Margin, Phase Margin, dan lainnya. Respon frekuensi menjadi materi pembelajaran yang cukup penting sebelum memasuki analisis frekuensi tinggi. Respon frekuensi memiliki 3 daerah kerja, yaitu: low frequency band, midband frequency, dan high frequency. Sedangkan, rangkaian penguat menjadi materi pembelajaran untuk memahami konsep dan implementasi rangkaian dasar dengan menggunakan transistor ataupun Op-Amp (Operational Amplifier). Korelasi antara rangkaian penguat dan respon frekuensi dapat diamati atau dianalisa yang salah satunya adalah dengan mengamati sampai frekuensi berapa rangkaian dapat bekerja dengan baik. Daerah kerja penguat sendiri bekerja pada daerah midband frequency.

Pada penelitian ini, respon frekuensi difokuskan sebagai output dari penggunaan resistansi, kapasitansi, dan pengaruh *feedback negative* dari sebuah rangkaian penguat elektronika MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor). Output tersebut diantaranya ialah kelinieran grafik, bandwidth, dan penentuan batas frekuensi yang dapat diampu oleh rangkaian penguat yang telah didesain. Penelitian ini diimplementasikan dengan menggunakan alat bantu pembelajaran yang telah dirancang dan menggunakan instrumen lain seperti; osiloskop, power supply, dan generator sinyal.

Adapun alat bantu pembelajaran ini menekankan kepada pemahaman dasar mengenai tata cara membentuk rangkaian elektronika yang disertai panduan, spesifikasi komponen yang jelas, dan kaki-kaki komponen yang kuat. Sehingga selain dapat digunakan untuk penelitian ini, dapat juga digunakan untuk pelaksanaan praktikum elektronika atau sejenisnya.

Permasalahan yang diangkat, terutama pada praktik penggunaan alat adalah tidak tersedianya panduan merangkai, spesifikasi komponen yang tidak dapat dipastikan, dan kaki-kaki komponen yang mudah patah/rusak

dapat menghambat proses implementasi alat sebagai media pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan pembaharuan alat bantu ajar untuk memudahkan pengguna dalam merangkai ataupun mempelajari rangkaian elektronika.

II. KAJIAN TEORI

Menyajikan dan menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Poin subjudul ditulis dalam abjad.

A. Respon Frekuensi

Respon Frekuensi merupakan representasi dari respons sistem terhadap input sinusoidal pada berbagai frekuensi. Output dari sistem linier ke input sinusoidal memiliki frekuensi yang sama tetapi berbeda dalam besaran dan fase. Respons frekuensi didefinisikan sebagai perbedaan besaran dan fase antara input dan output sinusoidal [1]. Grafik dari respon frekuensi sendiri memiliki absis frekuensi dan ordinat desibel (dB) serta memiliki 3 daerah frekuensi, yaitu low-frequency band, midband frequency, dan high-frequency band. Low-frequency band merupakan keadaan dimana gain menurun karena pengaruh kapasitor bypass dan kopling. Midband frequency terjadi ketika semua kapasitor diabaikan. Serta high-frequency terjadi ketika gain menurun karena pengaruh kapasitansi internal pada komponen transistor.

B. MOSFET

MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) merupakan transistor yang terbentuk dari bahan semikonduktor dengan tingkat konsentrasi tertentu yang kemudian akan menentukan jenis transistor menjadi dua, yaitu MOSFET kanal N dan MOSFET kanal P. Bahan semikonduktor atau silikon akan digunakan sebagai substrat dari drain, gate, dan source. Kemudian, akan dibentuk oksida silikon yang tipis pada substrat dan gate.

Cara kerja MOSFET dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Depletion

Pada model ini, terdapat saluran yang menghubungkan terminal drain dan source yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya elektron bebas. Lebar dari saluran ini dikendalikan oleh tegangan dari terminal gate

2. Enhancement

Transistor mode enhancement tidak memiliki saluran pada terminal drain dan source. Hal ini disebabkan karena lapisan bulk meluas bersamaan dengan lapisan SiO₂ pada terminal gate.

C. Resistansi

Resistansi merupakan istilah yang digunakan untuk menunjukkan kemampuan suatu benda dalam menahan aliran arus listrik[2]. Yang mana Resistor merupakan nama komponen yang digunakan untuk menghambat arus listrik tersebut. pada dasarnya, resistansi akan bekerja ketika elektron berbeda dengan dua terminal. Maka, listrik akan mulai mengalir ke tempat yang posisinya lebih rendah. Apabila hambatan besar, maka arus akan menjadi semakin kecil dan berlaku sebaliknya.

D. Kapasitansi

Kapasitansi merupakan kemampuan dalam menyimpan muatan listrik[3]. Komponen yang biasa digunakan ialah

kapasitor, benda ini terdiri dari dua pelat konduktor yang dipasang berdekatan satu sama lain tapi tidak sampai bersentuhan. Kapasitas dari sebuah kapasitor adalah perbandingan antara banyaknya muatan listrik dengan tegangan kapasitor.

E. Rangkaian Penguat

Rangkaian penguat merupakan rangkaian yang memiliki fungsi dalam memperkuat sinyal[4]. Berdasarkan fungsinya, yaitu sebagai penguat sinyal, rangkaian penguat juga dapat dibedakan berdasarkan jenis sinyal yang dikuatkan. Pada dasarnya rangkaian penguat ini terdiri dari penguat arus, penguat daya, dan penguat tegangan.

F. Kelinieran

Kelinieran dalam hal ini diartikan sebagai kesamaan bentuk grafik sinyal output terhadap input dari rangkaian penguat yang digunakan. Kelinieran berfungsi sebagai langkah awal sebelum rangkaian penguat dapat diamati dan dianalisa lebih lanjut.

G. Bandwidth

Bandwidth merupakan besar rentang frekuensi kerja. Lebar bandwidth dapat ditentukan dari nilai frekuensi cut-off atas (fh) dan frekuensi cut-off bawah (fb)[5]. Fungsi bandwidth pada penelitian ini sebagai hasil pembuktian implementasi dari tanpa/menggunakan *feedback negative* pada rangkaian penguat yang digunakan.

H. Feedback Negative

Feedback atau umpan balik merupakan Teknik mengambil sebagian dari output untuk diumpankan lagi ke bagian input lagi dan bergabung dengan input awalnya[5]. *Feedback* terbagi menjadi 2 yaitu negatif dan positif. Pada penelitian ini dikarenakan berfokus kepada penggunaan rangkaian penguat maka digunakan *feedback negative*. *Feedback negative* memiliki beberapa kelebihan, diantaranya;

1. Mengurangi penguatan (desensivitas meningkat)
2. Mengontrol resistansi input dan output
3. Meningkatkan bandwidth
4. Mengurangi distorsi
5. Kebal terhadap noise

III. METODE

Metode penelitian yang akan digunakan adalah penelitian eksperimen. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh resistansi, kapasitansi, dan feedback negative pada rangkaian penguat dasar MOSFET terhadap respon frekuensinya. Penelitian ini bertempat di Laboratorium Elektronika Program Studi S1 Teknik Elektro Telkom University. Waktu penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2022/23. Adapun langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Menentukan diagram fungsi sistem

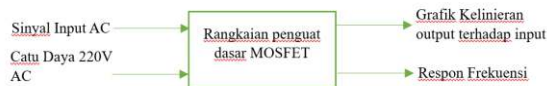


Diagram
fungsi level 0

Modul	Rangkaian Penguat Dasar MOSFET
Masukan	- Sinyal Input AC - Catu daya 220V AC
Keluaran	- Grafik kelinieran output terhadap input - Data nilai untuk menentukan respon frekuensi
Fungsi	Memastikan rangkaian bekerja dengan baik dan mendapatkan beberapa nilai parameter untuk menentukan respon frekuensi



Diagram fungsi level 1

Modul	Rangkaian Penguat Dasar MOSFET beserta instrumen penampil dan pemberi sinyal serta pemberi tegangan/arus yang digunakan
Masukan	- Sinyal Input AC - Tegangan Power Supply
Keluaran	- Grafik kelinieran output terhadap input - Data nilai untuk menentukan respon frekuensi
Fungsi	Memastikan rangkaian bekerja dengan baik dan mendapatkan beberapa nilai parameter untuk menentukan respon frekuensi



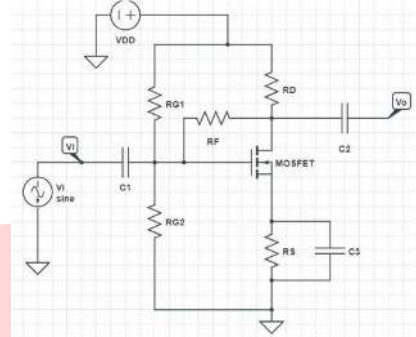
Diagram
blok level 2

Modul	Rangkaian Penguat Dasar MOSFET beserta instrumen penampil dan pemberi sinyal serta pemberi tegangan/arus yang digunakan
Masukan	- Sinyal Input AC - Tegangan Power Supply
Keluaran	- Grafik kelinieran output terhadap input - Data nilai untuk menentukan respon frekuensi
Fungsi	Memastikan rangkaian bekerja dengan baik dan mendapatkan beberapa nilai parameter untuk menentukan respon frekuensi

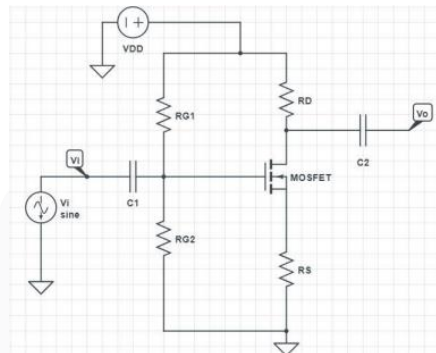
B. Skematik Rangkaian

Pada penelitian ini Batasan masalah yang digunakan ialah menggunakan rangkaian default dengan konfigurasi common source dengan tipe MOSFET BS-170. Adapun berikut merupakan skematik rangkaiannya;

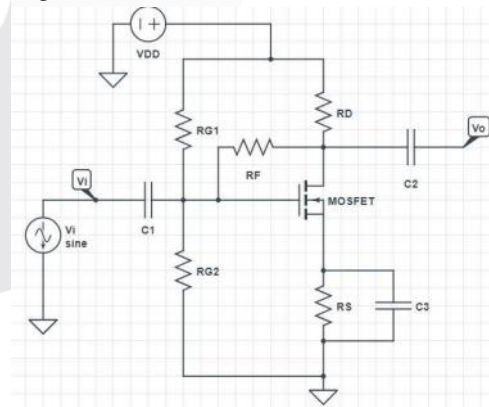
1. Rangkaian Common source amplifier menggunakan kapasitor bypass pada kaki source



2. Rangkaian Common source amplifier tanpa kapasitor bypass pada kaki source



3. Rangkaian Common source amplifier menggunakan kapasitor bypass pada kaki source dan feedback negative dari Rf (resistansi feedback)



C. Langkah Penelitian

Setelah membentuk skematik rangkaian, berikut langkah/proses penelitian yang akan dilakukan;

1. Melakukan pemasangan dan wiring terhadap rangkaian yang telah disediakan
2. Menghidupkan instrumen yang meliputi osiloskop, generator sinyal, dan power supply

3. Rangkaian akan memproses input yang diberikan
4. Osiloskop akan menampilkan grafik sinyal masukan dan keluaran yang telah diproses oleh rangkaian
5. Mengamati bentuk kelinieran dan tegangan grafik sinyal output terhadap input
6. Akusisi data parameter respon frekuensi yang dapat diamati pada generator sinyal dan osiloskop
7. Melakukan rekapitulasi data untuk menentukan Bandwidth frekuensi cut-off atas

D. Analisis data

Data yang berhasil diakuisisi kemudian akan disusun dalam bentuk tabel dan dianalisa berdasarkan pendekatan rumus teori matematis dengan hasil pengamatan pada hasil percobaan.

E. Pembahasan

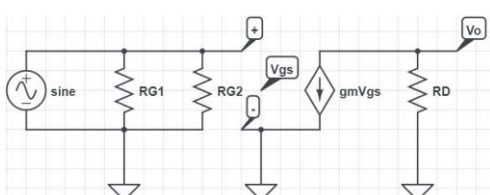
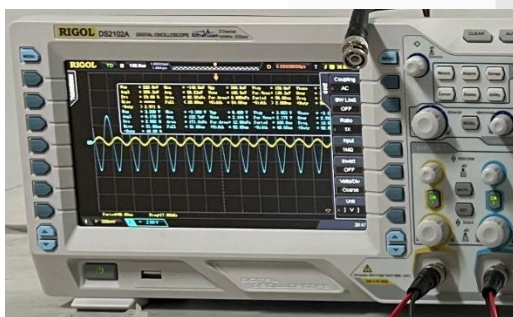
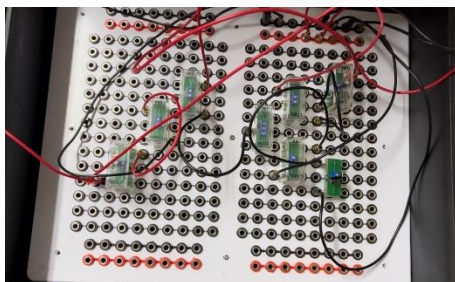
Pada langkah ini, akan dilakukan pembahasan mengenai mengenai kesesuaian hasil eksperimen dengan teori yang ada.

F. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahap terakhir dari penelitian dan hasil yang didapat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rangkaian Common Source Amplifier menggunakan kapasitor bypass pada kaki source



Mencari nilai penguatan A_v tanpa *feedback*;
 $V_{in} = V_{gs}$
 $V_{out} = I_d (R_D)$

$$I_d = G_m V_{gs}$$

$$A_v = - \frac{G_m V_{gs} (R_D)}{V_{gs}}$$

$$A_v = -G_m (R_D)$$

Pada kaki source apabila diletakkan kapasitor, maka kapasitor tersebut akan disebut sebagai kapasitor bypass yang akan menyebabkan short circuit resistor pada kaki source

Sehingga, penguatan tidak dapat dipengaruhi oleh apapun pada kaki source. Sehingga, nilai penguatan akan bergantung pada nilai g_m dan resistansi pada kaki drain (R_D).

Berdasarkan Analisa diatas, pada rangkaian penguat common source tipe ini, akan dieksperimenkan perubahan nilai kapasitansi pada kaki source dan resistansi pada kaki drain. Untuk ditinjau nilai penguatan yang akan dihasilkan.

Spesifikasi:

R_{G1}	R_{G2}	R_D	R_S	C_G	C_D	C_S
150k	100k	1k	1k	47uF	100uF	100uF

Didapat hasil,

V_i	V_o	A_v	A_v (dB)	A_{vm} (dB)	BW
252 mV	6,4 V	25,3	28	25	2 MHz

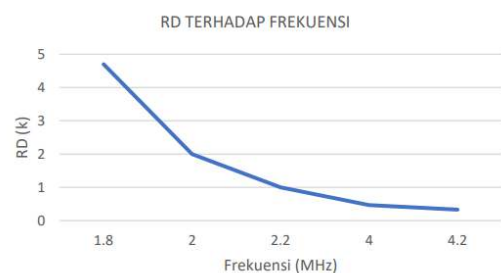
Eksperimen Kapasitor bypass pada source;

C_s	V_i	V_o	A_v	A_v (dB)	A_{vm} (dB)	BW
100uF	252 mV	6,4 V	25,3	28	25	2 MHz
47uF	296 mV	5V	16,8	24,5	21,5	2,1 MHz
22uF	286mV	4,2V	14,6	23,2	20,2	2,3MHz
220uF	Overload					

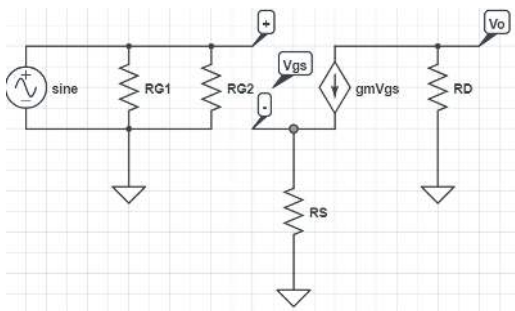
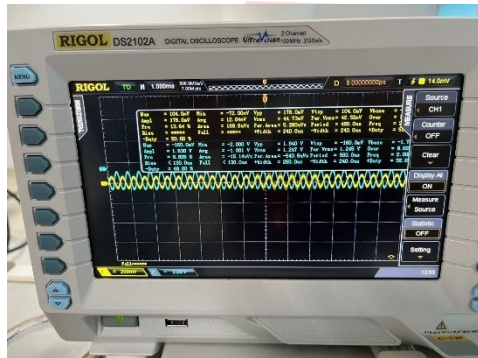
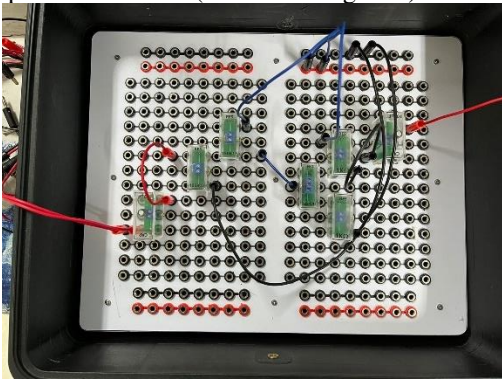
Eksperimen pada resistor drain (R_D);

R_D	V_i	V_o	A_v	A_v (dB)	A_{vm} (dB)	BW
1k	252 mV	6,4 V	25,3	28	25	2,2 MHz
2k	276m	7,1	25,6	28,1	25,1	2MHz
470	288 mV	5,2	18	25,1	22,1	4 MHz
4,7k	276mV	9,3V	33,6	30,5	27,5	2MHz
330	282mV	4,7V	16,6	24,4	21,4	4M

Didapat bahwa, semakin besar nilai R_D maka akan semakin besar juga nilai penguatan yang didapat, seperti terlampir pada grafik berikut:



B. Rangkaian Common Source Amplifier tanpa kapasitor bypass pada kaki source (Feedback Negative)



$$\begin{aligned}
 V_{in} &= V_{gs}(1 + g_m R_s) \\
 V_{out} &= I_d (R_D) \\
 I_d &= G_m V_{gs} \\
 A_v &= - \frac{G_m V_{gs} (R_D)}{V_{gs}(1 + g_m R_s)} \\
 A_v &= - \frac{g_m R_D}{1 + g_m R_s}
 \end{aligned}$$

Pada analisis sinyal ac kecil konfigurasi common emitter amplifier tanpa kapasitor bypass. Akan terdapat resistor pada source (R_s) yang akan menyebabkan pengaruh pada nilai penguatan nantinya. Berbeda dengan rangkaian yang menggunakan kapasitor bypass pada source (C_s), nilai penguatan pada rangkaian ini akan dipengaruhi juga oleh nilai resistansi pada kaki source.

R_s	R_{G1}	R_{G2}	R_D	R_s	C_G	C_D	C_s
1k	150k	100k	1k	1k	47uF	100uF	-

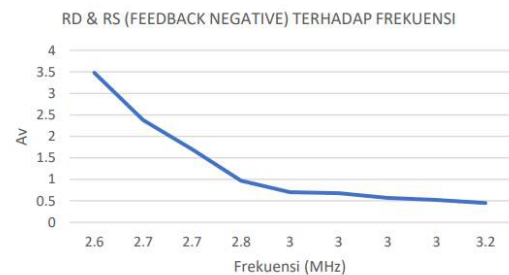
R_D	R_s	V_i	V_o	A_v	A_v (dB)	A_v (dB)	BW

1k	1k	776mV	532mV	0,68	-3,34	-0,34	3MHz
470	470	560mV	432mV	0,7	-3	0	2,8MHz
2k	2k	768mV	1,44V	1,875	5,46	2,46	2,7MHz
1k	470	344mV	1,2V	3,48	10,8	7,8	2,7MHz
470	1k	732mV	424mV	0,57	-4,8	-1,8	3MHz
2k	1k	568mV	552mV	0,97	-0,26	2,26	3MHz
1k	2k	600mV	312mV	0,52	-5,67	-2,67	3MHz
470	2k	584mV	264mV	0,45	-6,9	-3,9	3MHz
2k	470	544mV	1,3V	2,38	7,5	4,5	2,6MHz

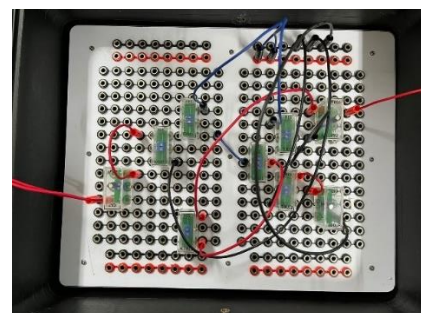
Didapat nilai penguatan yang berkurang apabila nilai R_s lebih besar daripada nilai R_D , begitupun sebaliknya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penguatan dapat dirumuskan menjadi;

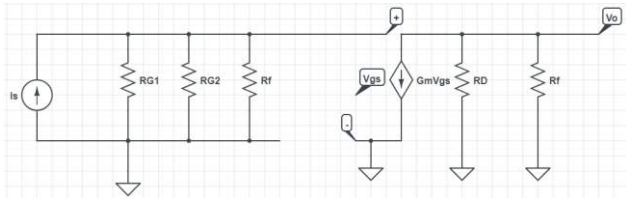
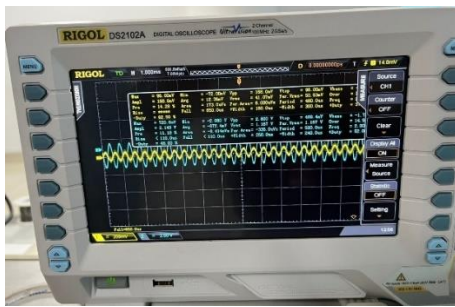
$$A_v = - \frac{R_D}{R_S}$$

Dengan berkurang/bertambahnya penguatan, R_s akan dapat berfungsi sebagai feedback negative pada rangkaian penguat common source tanpa kapasitor bypass pada kaki source. Didapat pula bandwidth yang lebih lebar dibanding rangkaian tanpa sistem feedback negative. Didapat bahwa, semakin besar nilai R_D/R_s maka akan semakin besar juga nilai penguatan yang didapat, seperti terlampir pada grafik berikut:



C. Rangkaian Common Source Amplifier menggunakan kapasitor bypass pada kaki source dan Rf (Resistansi Feedback)





Mencari nilai penguatan A_v dengan *feedback*;

$$V_{gs} = I_s (R_{G1} || R_{G2} || R_f)$$

$$V_o = -G_m V_{gs} (I_s) (R_D || R_f) (R_{G1} || R_{G2} || R_f)$$

$$\frac{V_o}{I_s} = A_f = \frac{-G_m (R_D || R_f) (R_{G1} || R_{G2} || R_f)}{1 + G_m (R_D || R_f) (R_{G1} || R_{G2} || R_f) \left(\frac{1}{R_f}\right)}$$

$$\frac{V_o}{V_s} = -G_m (R_D) (R_{G1} || R_{G2}) \frac{1}{R_s}$$

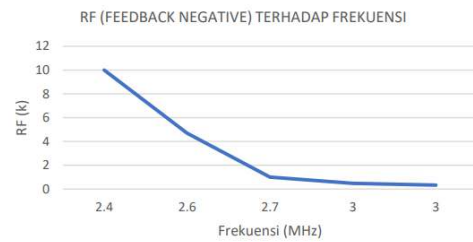
$$\left(\frac{V_o}{V_s}\right) f = A_f \frac{1}{R_s}$$

Dalam metode eksperimen dari Rangkaian Common Source Amplifier menggunakan kapasitor bypass pada kaki source dan R_f (Resistansi Feedback). Akan dilakukan perubahan nilai resistansi R_f yang dalam hal ini akan berfungsi sebagai *feedback* negatif pada implementasi rangkaian penguat common source. Berikut spesifikasi daripada beberapa nilai komponen yang tetap atau menjadi asumsi rangkaian default.

R_s	R_{G1}	R_{G2}	R_D	R_s	C_G	C_D	C_s
1k	150k	100k	1k	1k	47uF	100uF	100uF

R_f	V_i	V_o	A_v	A_v (dB)	A_{v_m} (dB)	BW
1k	300 mV	2,44V	11,1	20,9	17,9	2,7MHz
4.7k	240mV	4,4V	18,3	25,2	22,2	2,6 MHz
10k	280mV	6V	21,4	26,6	23,6	2,4 MHz
470	286mV	2,2V	7,6	17,6	14,6	3MHz
330	276mV	1,8V	6,5	16,2	13,2	3MHz

Akan didapat pengaruh yang sangat signifikan pada hasil eksperimen perubahan nilai R_f .



Dimana, semakin kecil nilai R_f akan semakin kecil penguatan yang didapat begitupun sebaliknya. Bandwidth kerja rangkaian juga akan semakin besar dibanding tanpa digunakannya R_f .

V. KESIMPULAN

Telah dilakukan eksperimen perubahan nilai resistansi, kapasitansi, dan penggunaan *feedback negative* pada rangkaian common source amplifier. Terdapat tiga tipe eksperimen common source yang dilakukan yaitu Rangkaian Common Source Amplifier menggunakan kapasitor bypass pada kaki source, Rangkaian Common Source Amplifier tanpa kapasitor bypass pada kaki source, dan Rangkaian Common Source Amplifier menggunakan kapasitor bypass pada kaki source dan R_f (Resistansi Feedback). Dengan menggunakan tegangan masukan dari generator sinyal sebesar 300mVpp dan tegangan power supply sebesar 22V, akan didapat hasil bahwa rangkaian tanpa *feedback* negatif akan memiliki nilai penguatan yang tinggi dan bandwidth yang mencapai 2MHz. Sedangkan, rangkaian yang menerapkan *feedback negative* akan memiliki penguatan yang lebih kecil namun bandwidthnya lebih lebar daripada rangkaian yang tanpa menggunakan *feedback negative* yaitu sebesar 2,5-3MHz. Hal ini telah membuktikan bahwa *feedback negative* dapat menurunkan penguatan dan memperlebar daerah kerja frekuensi dari rangkaian penguat.

REFERENSI

- [1] F. Arifin, "Sistem Kendali Dasar Respon Waktu Dan Respon Frekuensi," 2015, [Online]. Available: file:///C:/Users/HP/Downloads/response-sistem-waktu-dan-frekuensi-sistem-kendali.pdf
- [2] Nurhasanah, A. Harijanto, Maryani, and Program, "Alat Peraga Karakteristik Transistor Menggunakan Papan Arduino dan Laptop Sebagai Media Pembelajaran Elektronika Dasar," *Semin. Nas. Pendidik. Fis.* 2018, vol. 3, pp. 158–161, 2018.
- [3] dan I. Valentinus Galih Vidia Putra, Andrian Wijayono, Endah Purnomosari, Ngadiono, "Metode Pengukuran Kapasitansi Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Inov. Pendidik. Fis. dan Ris. Ilm.*, vol. 3, p. 37, 2019, doi: <https://doi.org/10.30599/jipfri.v3i1.425>.
- [4] W. P. Putra, "Laboratorium Elektronika, Instrumentasi dan Geofisika – Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unsoed," *Modul 7 RANGKAIAN PENGUAT TRANSISTOR*, pp. 1–4, 2016.
- [5] K. C. S. Sedra, Adel S, *Microelectronic Circuits*, 7th ed. Oxford, 2015.