

Nume student(ă): Iordache Madalina Gabriela

Grupă: 323CA

Semigrupă (I sau II): I

Electronică Analogică

Laboratorul 3 – Amplificatorul diferențial

Aplicații și simulări

3 Desfasurarea lucrării

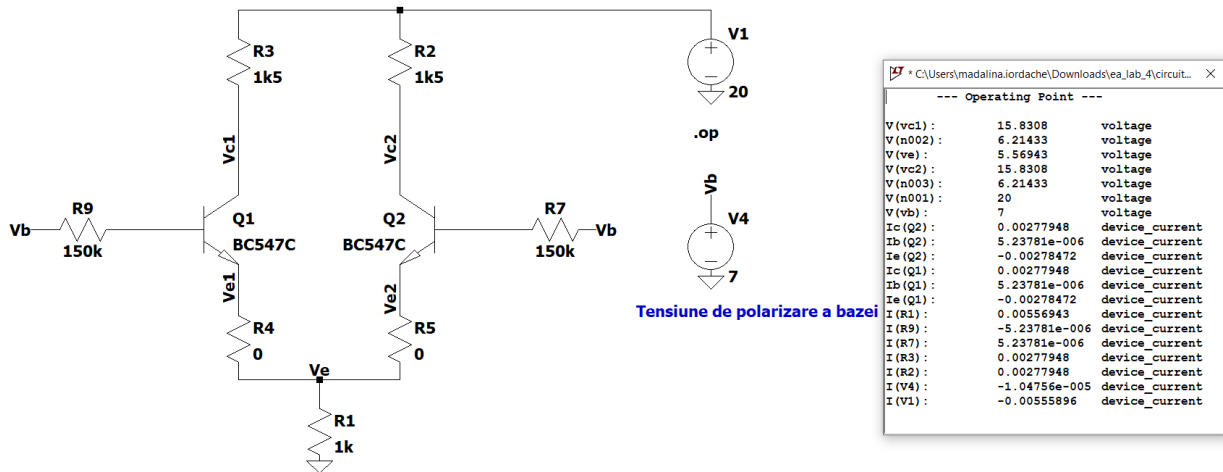
Lucrarea curentă presupune determinarea parametrilor de baza ai amplificatorului diferențial folosind simulatorul. Schema amplificatorului diferențial utilizat este una simetrică, cu tranzistoare identice și componente ideale, de valori egale, și este prezentată în figura de mai jos:

3.1 Importanța circuitului de polarizare.

Deschideți circuitul din fișierul circuit_polarizare_rezistor.asc, sau realizați schema din Figura 9 în simulator. Polarizarea este realizată folosind o sursă de tensiune fixă ($V_b = 7V$) cu rezistențe în baza ($150k\Omega$).

1. Rulați simularea (calcularea punctului de operare - dc operating point (.op)) și măsurați punctele statice de funcționare ale tranzistoarelor (U_{ce} și I_c).
2. Înlocuiți modelele tranzistoarelor (înlocuiți de exemplu cu 2N2222). Rulați simularea și măsurați punctele statice de funcționare ale tranzistoarelor (U_{ce} și I_c).
Difera față de cele măsurate precedent? Ce putem spune referitor la dependența punctelor statice de funcționare față de modelul tranzistoarelor utilizate?
3. Înlocuiți rezistența de cuplaj cu o sursă de curent de 5mA (current source), ca în Figura 10. Măsurați punctele statice de funcționare ale tranzistoarelor (U_{ce} și I_c).
4. Înlocuiți modelele tranzistoarelor cu cele din modelul inițial (BC547C) și repetați măsurătorile. Difera valorile măsurate față de cele precedente? Care parametru al punctului static de funcționare este neschimbat? Ce îmbunătățire aduce utilizarea sursei de curent în locul rezistenței de cuplaj?

3.1 1.



Am masurat punctele statice de functionare ale tranzistoarelor (U_{ce} si I_c).

- tranzistorului Q1:

$$U_{ce1} = V_{c1} - V_e = 15.8308 - 5.56943 = 10.26 \text{ V}$$

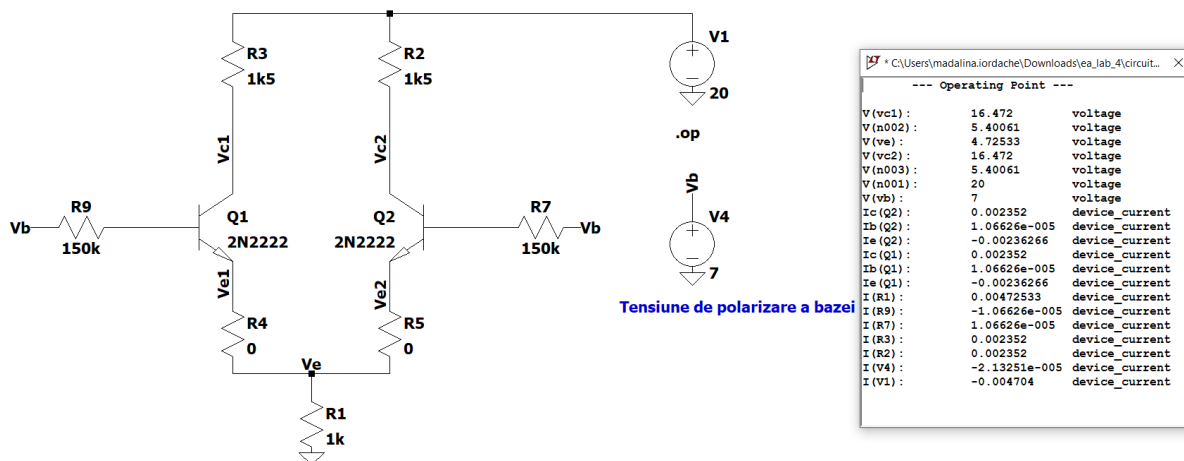
$$I_{c1} = 0.00277948 \text{ A} = 2.78 \text{ mA}$$

- tranzistorul Q2:

$$U_{ce2} = V_{c2} - V_e = 15.8308 - 5.56943 = 10.26 \text{ V}$$

$$I_{c2} = 0.00277948 \text{ A} = 2.78 \text{ mA}$$

2. Am inlocuit modelele tranzistoarelor cu 2N2222.



Am masurat punctele statice de functionare ale tranzistoarelor (U_{ce} si I_c).

- tranzistorul Q1:

$$U_{ce1} = V_{c1} - V_e = 16.472 - 4.72533 = 11.75 \text{ V}$$

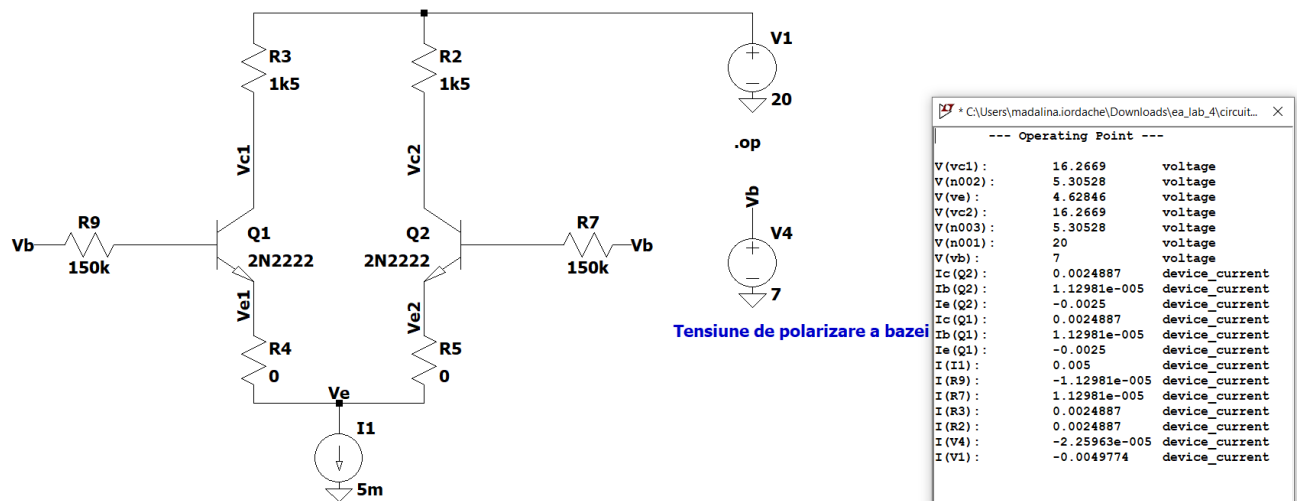
$$I_{c1} = 0.002352 \text{ A} = 2.35 \text{ mA}$$

- tranzistorul Q2:

$$U_{ce2} = V_{c2} - V_e = 16.472 - 4.72533 = 11.75 \text{ V}$$

$$I_{c2} = 0.002352 \text{ A} = 2.35 \text{ mA}$$

3. Am inlocuit rezistenta de cuplaj cu o sursa de curent de 5mA.



Am masurat punctele statice de functionare ale tranzistoarelor (U_{ce} si I_c).

- tranzistorului Q1:

$$U_{ce1} = V_{c1} - V_e = 16.2669 - 4.62846 = 11.64 \text{ V}$$

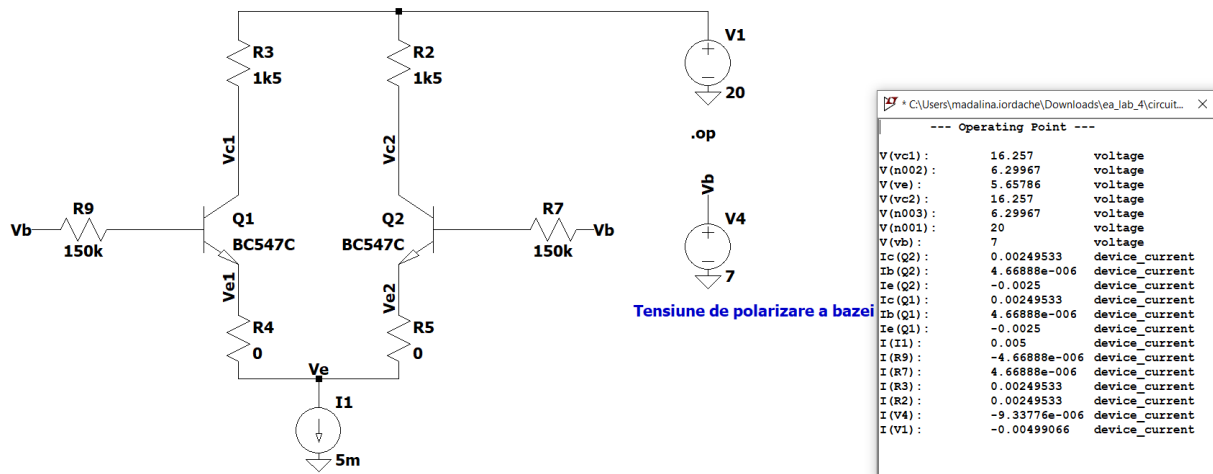
$$I_{c1} = 0.0024887 \text{ A} = 2.5 \text{ mA}$$

- tranzistorul Q2:

$$U_{ce2} = V_{c2} - V_e = 16.2669 - 4.62846 = 11.64 \text{ V}$$

$$I_{c2} = 0.0024887 \text{ A} = 2.5 \text{ mA}$$

4. Am înlocuit modelele tranzistoarelor cu cele din modelul initial (BC547C).



Am măsurat punctele statice de funcționare ale tranzistoarelor (V_{ce} și I_c).

- tranzistorului Q1:

$$V_{ce1} = V_{c1} - V_e = 16.257 - 5.65786 = 10.6 \text{ V}$$

$$I_{c1} = 0.00249533 \text{ A} = 2.5 \text{ mA}$$

- tranzistorul Q2:

$$V_{ce2} = V_{c2} - V_e = 16.257 - 5.65786 = 10.6 \text{ V}$$

$$I_{c2} = 0.00249533 \text{ A} = 2.5 \text{ mA}$$

În urma măsurătorilor am observat că V_{ce} variază de la 11.64 V la 10.6 V, dar rămâne neschimbată intensitatea care trece prin cele 2 tranzistoare, I_c . Utilizarea sursei de curent în locul rezistenței de cuplaj duce la stabilizarea curentului prin tranzistoare, astfel, nu mai provoacă variații atât de mari când schimbăm modelul tranzistoarelor folosite.

3.2 Determinarea amplificării diferențiale.

Amplificatorul este realizat în simulator cu rezistențe de valori ideale, fără toleranțe și fără imperfecțiuni. În acest caz, dacă toate componentele ar fi ideale și schema ar fi perfect simetrică, amplificatorul ar avea numai amplificare diferențială, iar factorul de rejecție al modului comun ar fi infinit. În realitate componentele (tranzistoarele și rezistențele) nu sunt identice, ci au mici diferențe. Ele pot fi potrivite la fabricație în limitele tehnologiei curente, dar nu pot fi obținute componente perfect identice, deci în realitate tot va exista o diferență între componente.

Pentru studiul amplificatorului diferențial și a comportamentului acestuia, pentru a putea pune în evidență și importanța rejecției modului comun și a sursei de alimentare vom utiliza configurația de ieșire de tip single-ended (masurăm doar U_2 – tensiunea din colectorul lui Q2 față de masă). Pentru a limita influențele sarcinii, vom folosi R1 de $1\text{M}\Omega$ ca rezistența de sarcină pe ieșire.

Deschideți fișierul de simulare ad_single_ended diff.asc sau realizați în simulator schema din Figura 11.

1. Folosind atacul simetric, reglați sursele V2 și V3 astfel încât acestea să genereze tensiune de amplitudine de 10mV la frecvența de 1kHz. V3 trebuie defazată cu 180° . Măsurați tensiunea de ieșire V_o și calculați amplificarea diferențială.

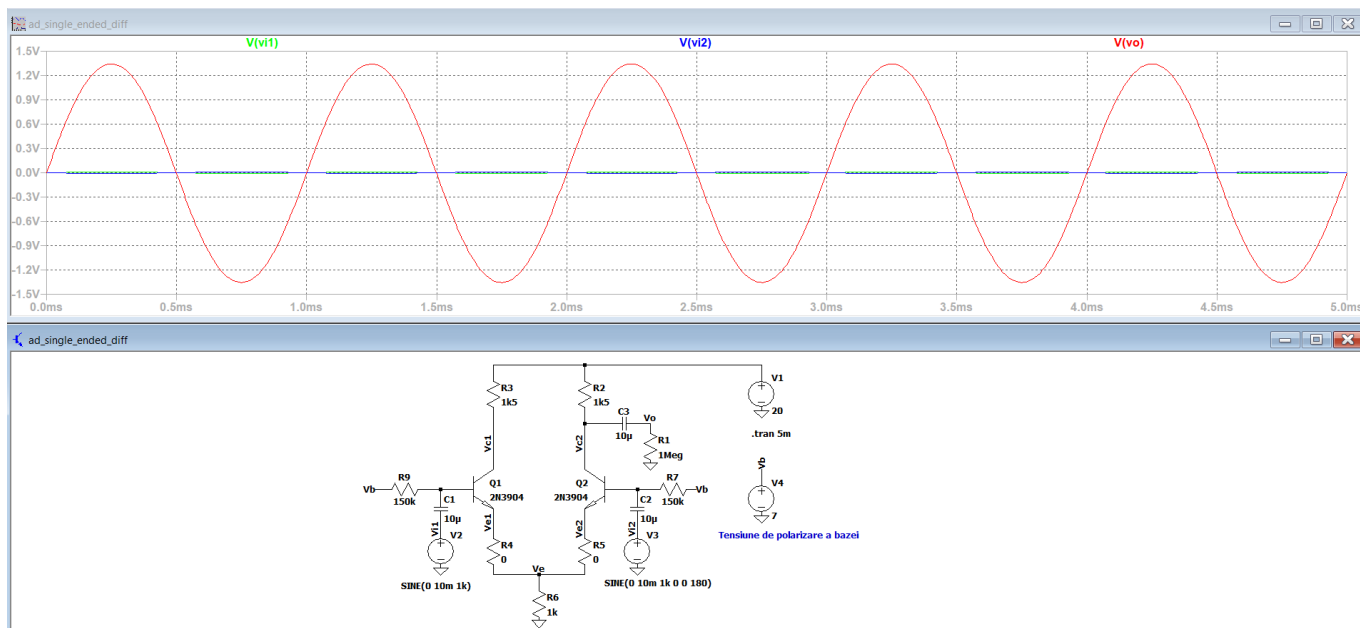
2. Modificați rezistențele R4 și R5 (realizați degenerarea emitorului) și fixați pentru ambele valoarea de 150Ω .

Rulați simularea, măsurați tensiunea de ieșire V_o și calculați amplificarea diferențială. Cum s-a modificat amplificarea față de cazul anterior?

Montajul poate fi văzut ca două circuite tip sarcină distribuită.

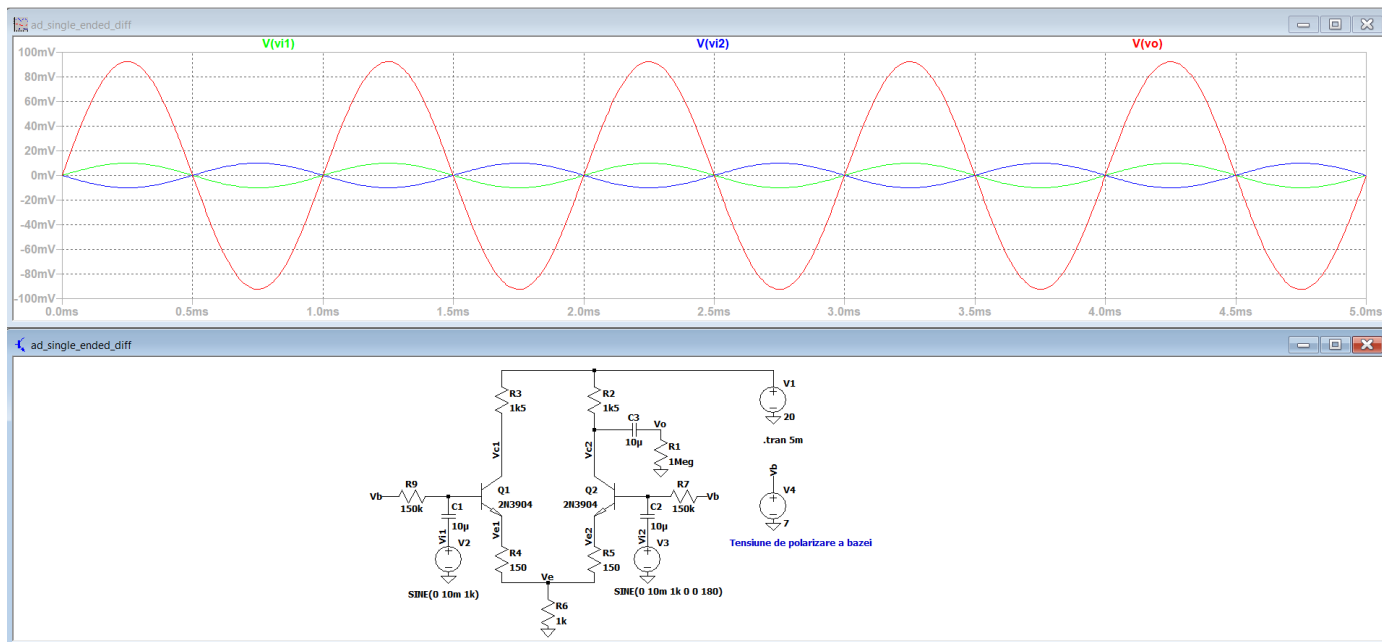
Deși amplificarea teoretică ar trebui să fie jumătate din R_c/R_e (masurăm în regim față de masă în loc să măsurăm tensiunea de ieșire între colectorul tranzistoarelor, deci amplificarea în acest regim este la jumătate), adică 5, aceasta este totuși mai mică. Care este motivul? Care dintre parametrii din modelul cu parametri hibridi (h_i , h_f , h_o , h_r) al tranzistorului se inseriază cu R_e (R4 sau R5)?

1.



Tensiunea de ieșire $V_o = 1.34 \text{ V}$; $V_i2 - V_i1 = 20 \text{ mV}$; Amplificarea diferențială $A_d = V_o / (V_i2 - V_i1) = 67$

2.



Tensiunea de ieșire $V_o = 92.4 \text{ mV}$; $V_i2 - V_i1 = 20 \text{ mV}$; Amplificarea diferențială $A_d = V_o / (V_i2 - V_i1) = 4.62$

Amplificarea diferențială obținută este mai mică decât cea obtinuta anterior.

3.3 Determinarea amplificării de mod comun. Influența rezistenței de cuplaj a emitoarelor asupra factorului de rejectie a modului comun.

Pentru această etapă a simulării, folosiți valorile de 150Ω pentru rezistențele din emitor pentru cele două tranzistoare. Folosiți valoarea de 100mV pentru noua amplitudine a semnalului pentru atacul de mod comun.

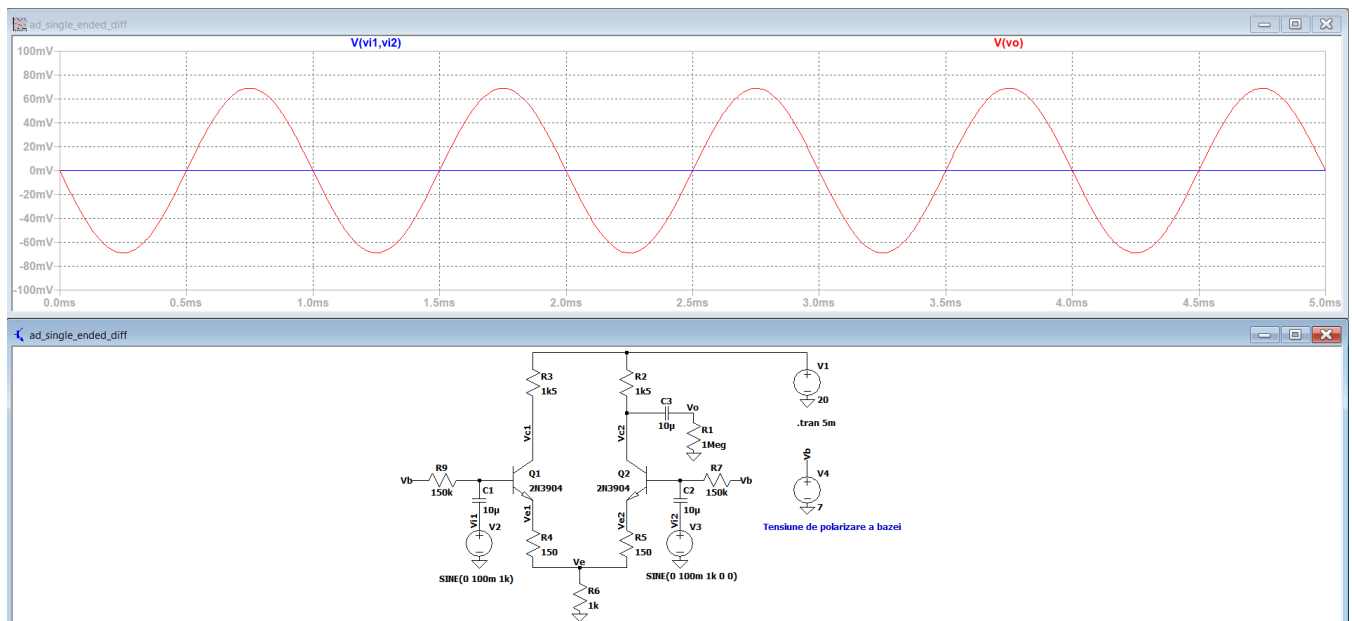
1. Modificați tipul de atac astfel încât ambele semnale de intrare (V_{i1} și V_{i2}) să fie identice, în fază. Ambele semnale fiind egale, tensiunea diferențială de intrare este de 0V , iar tensiunea de intrare mod comun este egală cu amplitudinea intrărilor.

Măsurați V_o și calculați amplificarea de mod comun a amplificatorului. Calculați CMRR.

2. Înlocuiți rezistența de cuplaj cu o sursă de curent care absoarbe 5mA

Rulați simularea și recalculați amplificarea de mod comun a amplificatorului și CMRR. Cum este noua valoare a factorului de rejectie a modului comun? Ce putem spune despre dependența CMRR față de rezistența de cuplaj a tranzistoarelor?

1.



Tensiunea de ieșire $V_o = 69\text{mV}$

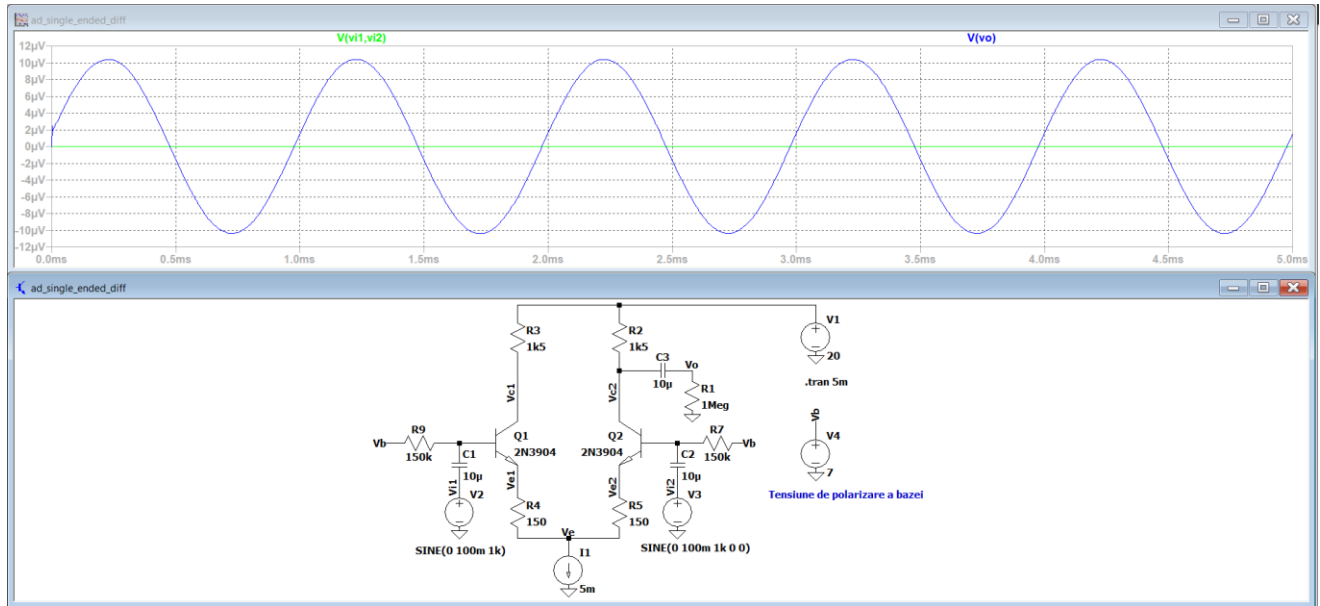
$V_{i2} = V_{i1} = 100\text{mV}$

Amplificarea de mod comun $A_c = V_o / V_i = 69/100 = 0.69$

$$R = A_d / A_c = 4.96 / 0.69 = 7.2$$

$$CMRR = 20 \log(r) = 17\text{dB}$$

2.



$$\text{Amplificarea diferențială: } A_d = V_o / (V_{i2} - V_{i1}) = 924 \text{ mV} / 200 \text{ mV} = 4.62$$

Amplificarea mod comun:

$$V_o = 10.39 \text{ } \mu\text{V} = 0.01039 \text{ mA}$$

$$V_{i2} = V_{i1} = 100 \text{ mV}$$

$$A_c = V_o / V_i = 0.01039 / 100 = 10.39 \cdot 10^{-5}$$

$$r = A_d / A_c = (4.62 / 10.39) \cdot 10^5 = 44465.83$$

$$CMRR = 20 \log(r) = 92.96\text{dB}$$

Observ că noua valoare a factorului de rejecție a modului comun este mai mare decât cea anterioară, deci avem o rejecție mai bună. Asadar, CMRR-ul crește odată cu creșterea rezistenței de cuplaj.