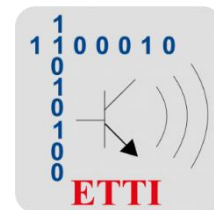




Universitatea POLITEHNICA din București
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației



Proiect 1 - Dispozitive și circuite electronice

Amplificator de tensiune

Profesori îndrumători:

Ș.I.Dr.Ing. Miron Cristea
Dr.Ing. Niculina Drăghici

Nume student: Damian Dorina-Mariana

Grupa: 432C

CUPRINS

1. Tema de proiectare	3
2. Schema bloc a circuitului	3
3. Schema electrică.....	4
4. Detalii de proiectare.....	4
4.1. Etajul de intrare	5
4.2. Etajul intermediar.....	6
4.3. Etajul de ieșire	7
5. Funcționalitatea circuitului	7
6. Punctul static de funcționare.....	8
7. Amplificarea în tensiune (în buclă închisă)	11
8. Domeniul temperaturilor de funcționare	12
9. Impedanța de intrare	13
10. Amplificarea în buclă deschisă.....	14
11. Bill Of Materials.....	15
12. Bibliografie	15

1. Tema de proiectare (N=9)

Să se proiecteze și realizeze un **amplificator de tensiune** având următoarele caracteristici:

- Amplificarea de tensiune **$A_v = 3 + N/2 = 7.5$**
- Tensiunea de intrare sinusoidală cu amplitudinea de 100mVv-v și $f=1\text{KHz}$;
- Impedanța de intrare **100k Ω** ;
- Rezistența de sarcină **1 Ω** ;
- Domeniul temperaturilor de funcționare: **0°-70°C** (verificabil prin testare în temperatură);
- Amplificarea în tensiune minimă (în buclă deschisă) a amplificatorului: **minim 200**;
- Semnalizarea prezenței tensiunilor de intrare/ieșire cu diodă de tip LED.

2. Schema bloc a circuitului

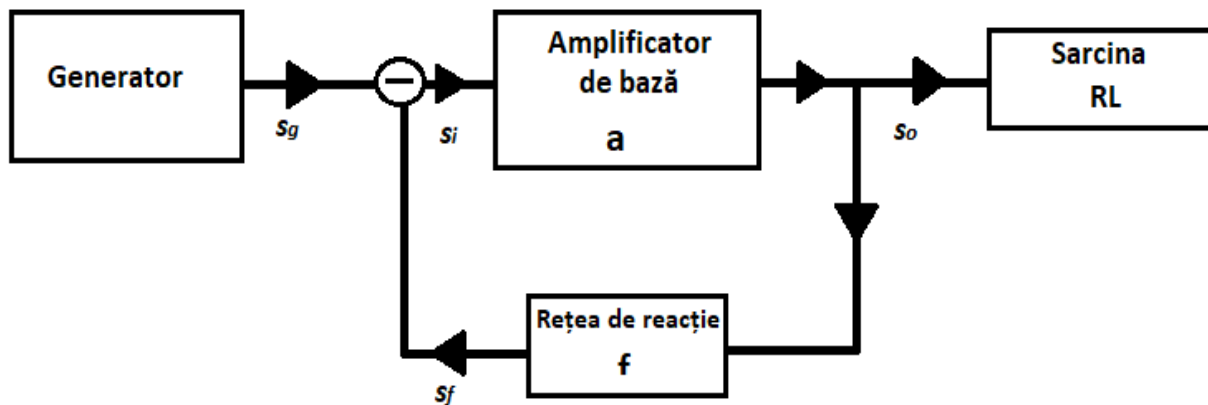


Fig. 1 Schema bloc a unui amplificator cu reacție negativă

Pentru a asigura funcționarea corectă a tuturor blocurilor componente, am introdus în schemă două surse de curent și o oglindă de curent.

Fig. 2 Schema electrică a amplificatorului de tensiune

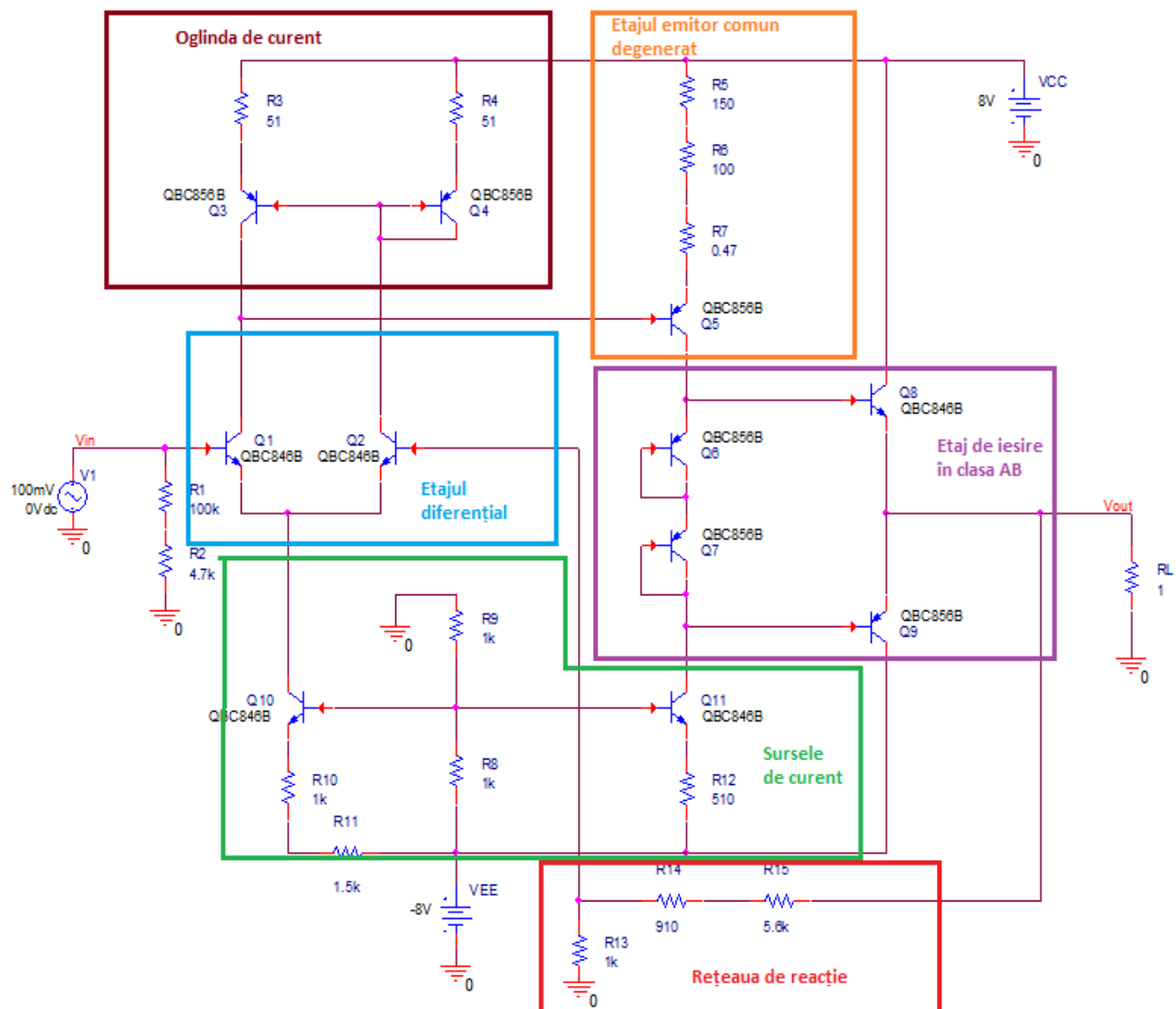


Fig. 3 Identificarea blocurilor componente pe schema electrică

4.1 Etajul de intrare

Etajul de intrare este realizat în configurație de amplificator diferențial, acesta are rolul de a realiza adaptarea de impedanță între sursa de semnal și următorul etaj.

Etajul diferențial este cel mai performant tip de etaj utilizat la intrare, însă caracteristicile acestuia pot fi îmbunătățite folosind anumite elemente auxiliare.

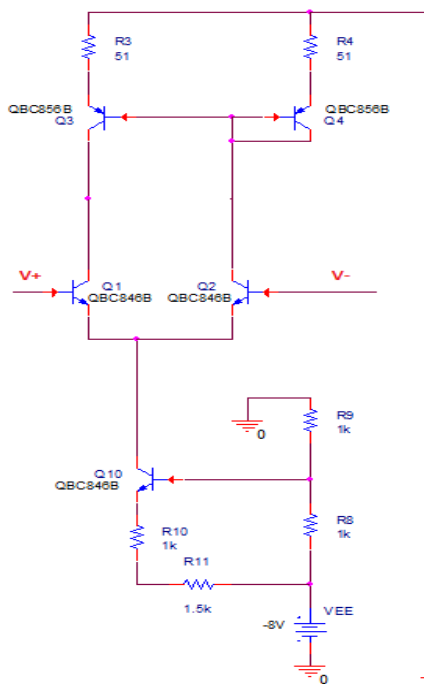


Fig. 4 Etajul de intrare

Etajul amplificator diferențial este realizat în principal cu tranzistoarele bipolare Q1 și Q2 de tip NPN. Pentru a îmbunătăți performanțele acestuia în ceea ce privește câștigul, nivelul de distorsionare a semnalului, am introdus doua blocuri auxiliare: *sursa de curent constant* și *oglindea de curent*.

Sursa de curent constant este formată din tranzistorul bipolar Q10 și rezistoarele R8, R9, R10, R11 și are rolul de a furniza etajului diferențial un curent de valoare fixă.

$$U_{R8} = V_{BE10} + I_{C10}(R10 + R11) \rightarrow I_{C10} = \frac{U_{R8} - V_{BE10}}{R10 + R11}$$

Oglinda de curent formată din tranzistoarele Q3, Q4 și rezistoarele R3, R4 are rolul de a asigura împărțirea egală a curentului furnizat de sursa de curent prin cele două tranzistoare din etajul diferențial. Această oglindă de curent se realizează foarte ușor folosind două tranzistoare bipolare, deoarece, la aceste tipuri de dispozitive active, există o dependență puternică între curentul de colector și tensiunea bază-emitor: $I_C \cong I_S \cdot \exp\left(\frac{qV_{BE}}{kT}\right)$ (Regim Activ Normal).

Deoarece Q3 și Q4 au aceeași tensiune bază-emitor, rezultă că și curenții lor de colector vor fi egali. Pentru a echilibra cât mai bine curenții am introdus rezistoarele R3 și R4.

4.2 Etajul intermediar

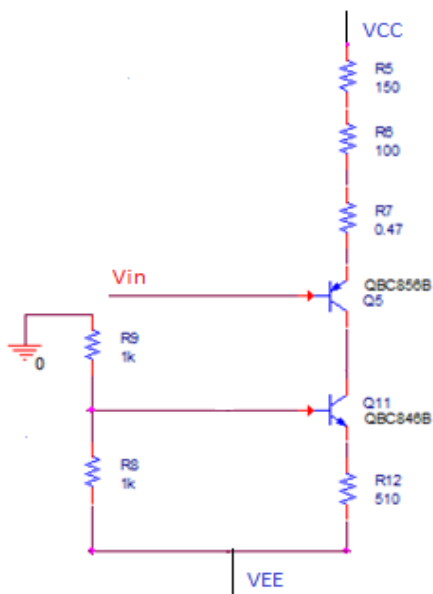
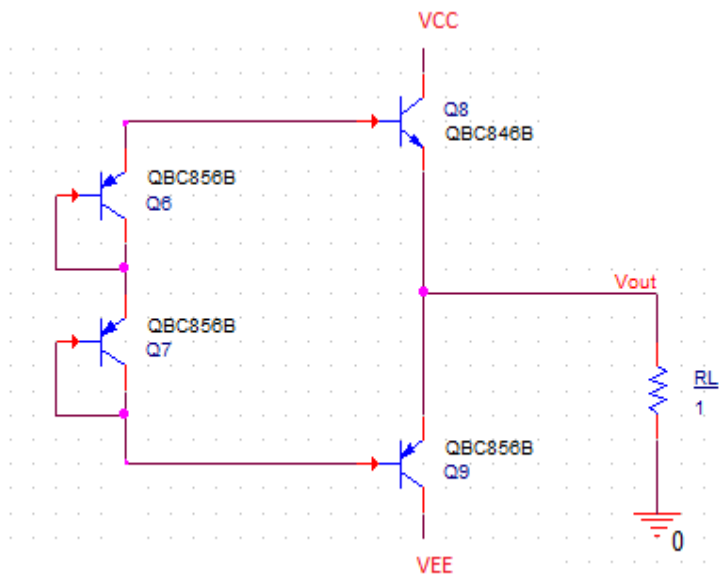


Fig. 5 Etajul intermediar

Acest etaj este reprezentat de un etaj de amplificare în configurație de emitor comun degenerat. A fost aleasă această configurație pentru a obține o amplificare mare în buclă deschisă. Denumirea de “degenerat” este dată de faptul că în emitorul tranzistorului Q5 este conectată gruparea serie formată din rezistoarele R5, R6 și R7.

Curentul prin acest etaj este asigurat de o sursă de curent constant, pentru a avea control asupra amplificării. Sursa de curent este formată cu ajutorul tranzistorului Q11 și rezistoarelor R8, R9, R12.

4.3 Etajul de ieșire



Etajul de ieșire reprezintă un amplificator în clasa AB și are rolul de a realiza adaptarea către impedanța sarcină. Acesta este realizat în conexiune de tip colector comun și are o amplificare unitară.

Fig. 6 Etajul de ieșire în clasa AB

5. Funcționalitatea circuitului

Circuitul realizat reprezintă un amplificator de tensiune a cărui amplificare este pozitivă, de valoare 7.5, astfel semnalul de intrare trebuie aplicat pe borna neinversoare a amplificatorului. În cazul schemei realizate, borna neinversoare se găsește în baza tranzistorului Q1, iar cea inversoare în baza tranzistorului Q2, cele două tranzistoare formând etajul amplificator diferențial.

Pentru a obține un câștig în tensiune mare (în buclă deschisă) am introdus un etaj de amplificare intermediar realizat în conexiune de tip emitor comun prin care va trece semnalul de intrare în drumul său către ieșire. Atât performanțele acestui etaj, cât și ale etajului de intrare sunt îmbunătățite prin furnizarea unor curenți constanți cu ajutorul unor surse de curent. În acest fel se poate avea un control mai bun asupra amplificării.

Etajul de ieșire în clasa AB preia semnalul de intrare amplificat de etajul emitor comun din colectorul tranzistorului Q5 și în funcție de variația acestuia (semialternanță negativă sau pozitivă) unul dintre tranzistorii Q8 și Q9 va fi deschis. Pentru semialternanța pozitivă a semnalului (deci valori pozitive), tranzistorul Q8 va fi deschis (în RAN), deoarece $V_{BE8}=V_{BE9} \cong 0.65V$, dar tranzistorul Q9 este PNP, ceea ce înseamnă că tensiunea V_{EB9} trebuie să fie pozitivă pentru a fi în RAN. În cazul semialternanței negative, $V_{BE8}=V_{BE9} \cong -0.65V$, deci doar Q9 va deschis. Acest etaj are în componență și două tranzistoare PNP care se comportă ca niște diode, deoarece baza și colectorul fiecăruia sunt conectate la același potențial, realizând o tensiune emitor-colector constantă: $V_{EB}=V_{EC} \cong 0.65V$. Rolul acestor transdiodă este de a asigura menținerea tensiunii bază-emitor a tranzistoarelor Q8 și Q9 la valoarea necesară pentru a funcționa în RAN. Fără ele, în momentul în care semnalul trece de la valori pozitive la valori negative și invers, ar exista o porțiune în care tranzistoarele Q8 și Q9 ar fi oprite și implicit o distorsionare a semnalului, deoarece nu există o tensiune suficientă pentru ca tensiunea V_{BE} să se păstreze la valoarea necesară funcționării în RAN a dispozitivelor.

6. Punctul static de funcționare

Verificarea tensiunilor

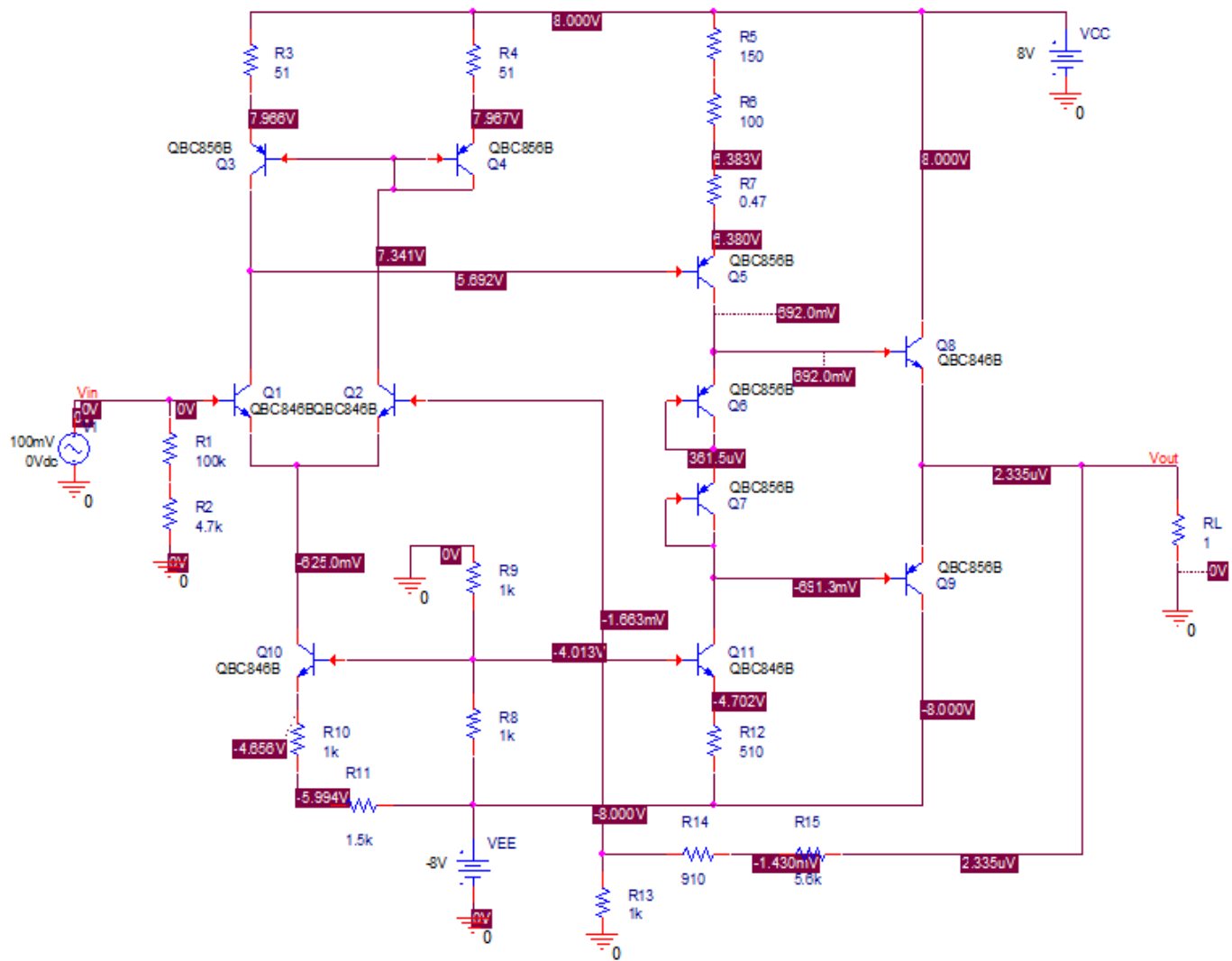


Fig. 7 Verificarea tensiunilor folosind simularea Bias Point

Verificarea curenților

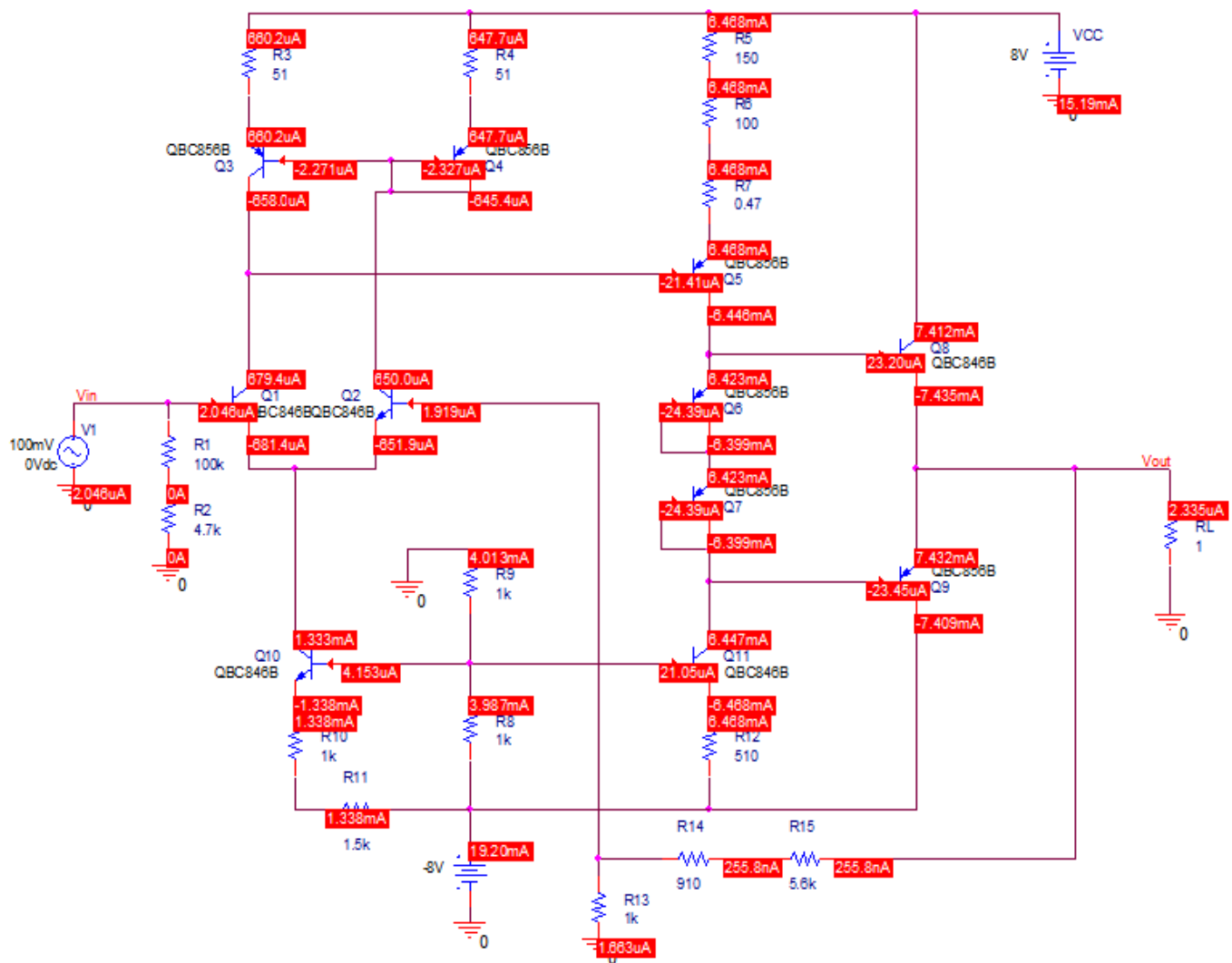


Fig. 8 Verificarea curenților folosind simularea Bias Point

Verificarea puterilor

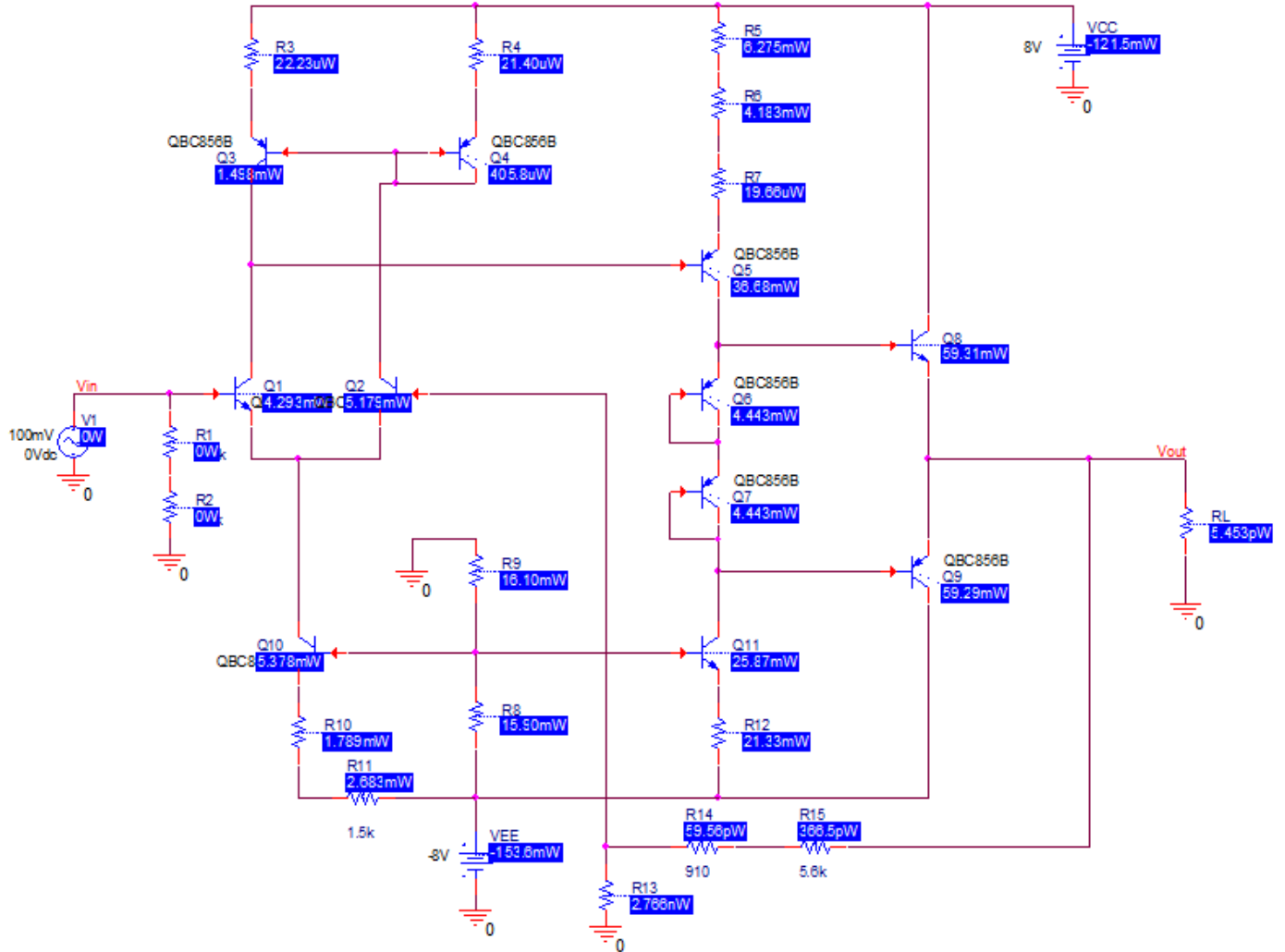


Fig. 9 Verificarea puterilor folosind simularea Bias Point

În urma simulărilor realizate putem constata că toate dispozitivele electronice active din circuit lucrează în regimul corespunzător de funcționare, mai exact în *regimul activ normal (RAN)*, iar puterile disipate de componentele din circuit nu depășesc limitele impuse de foile de catalog.

7. Amplificarea în tensiune (în buclă închisă)

Amplificarea impusă de cerințele de proiectare este $A_v = 7.5$. În urma simulării am obținut o amplificare $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 7.45$, mica diferență dintre cele două valori fiind cauzată de faptul că, în implementarea schemei, am folosit valorile rezistoarelor din lista componentelor SMD disponibile pentru realizarea proiectului.

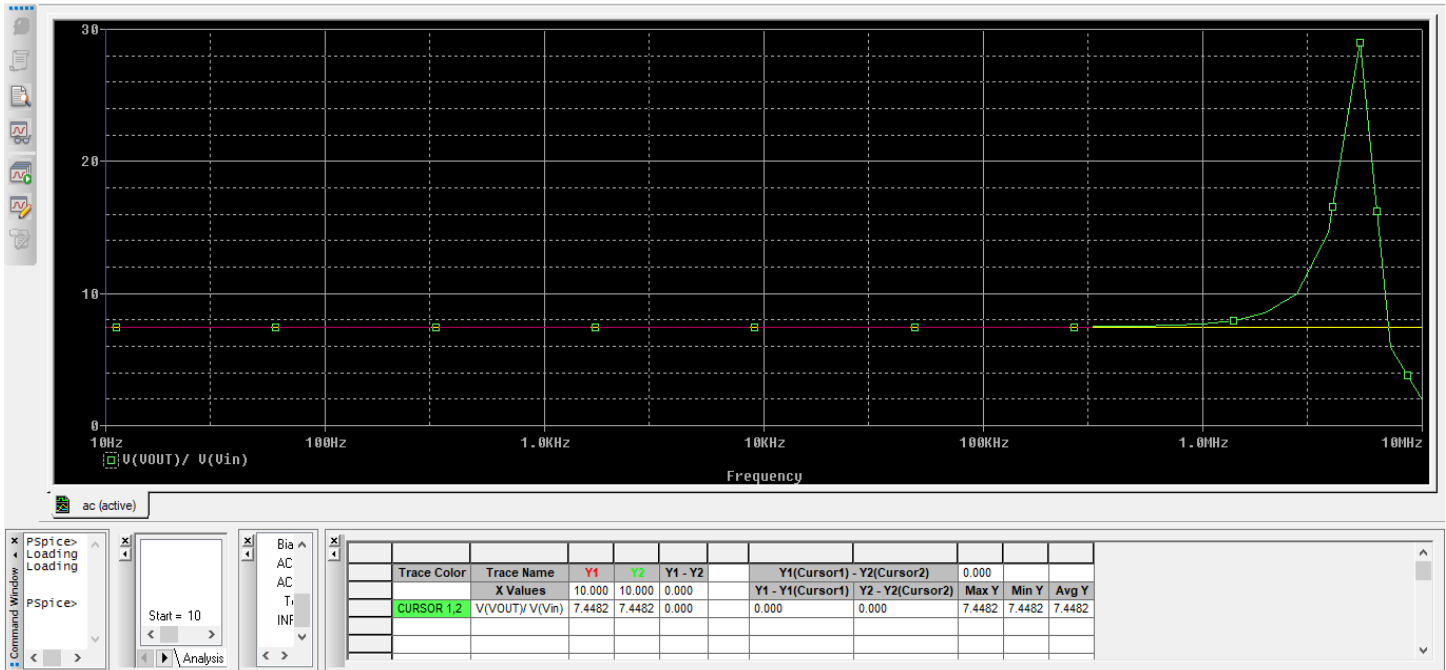


Fig. 10 Simularea amplificării în tensiune în funcție de frecvență

8. Domeniul temperaturilor de funcționare

Pentru a analiza funcționarea amplificatorului în intervalul de temperaturi 0°-70°C, am realizat o analiză a amplificării în funcție de frecvență la trei temperaturi diferite: 0°C, 25°C și 70°C.

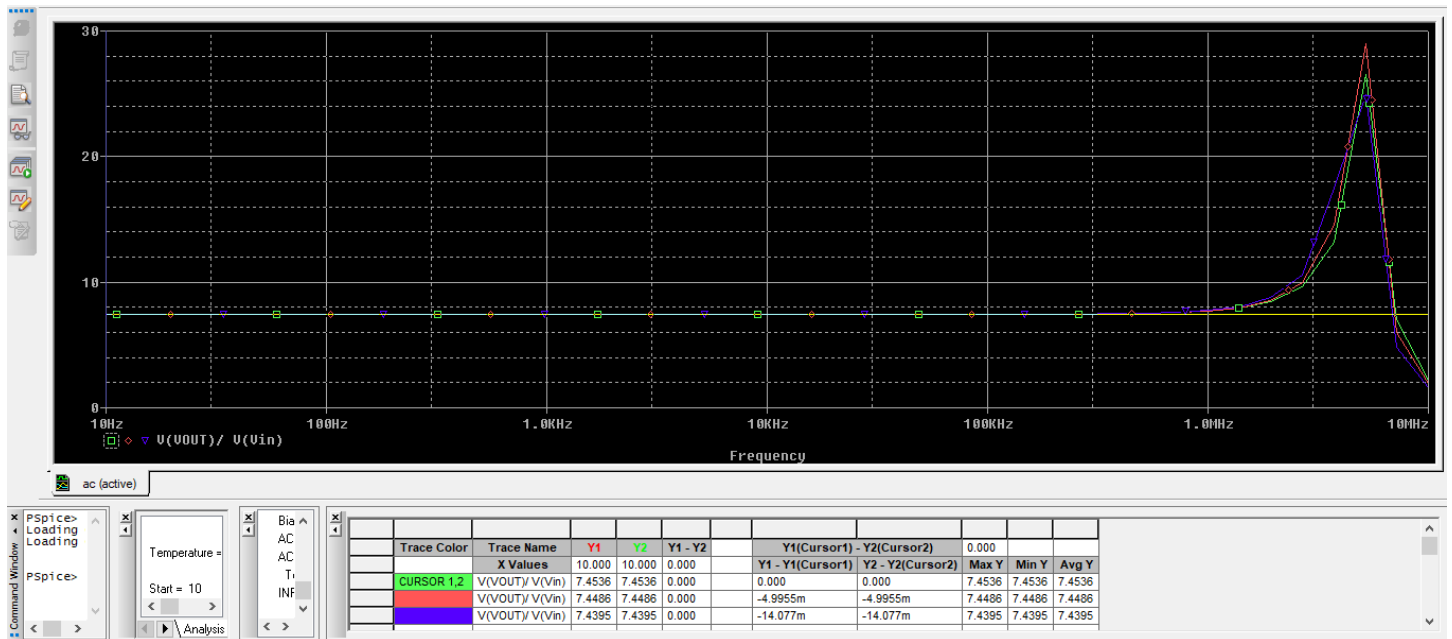


Fig. 11 Simularea amplificării la temperaturile de 0°C, 25°C, 70°C

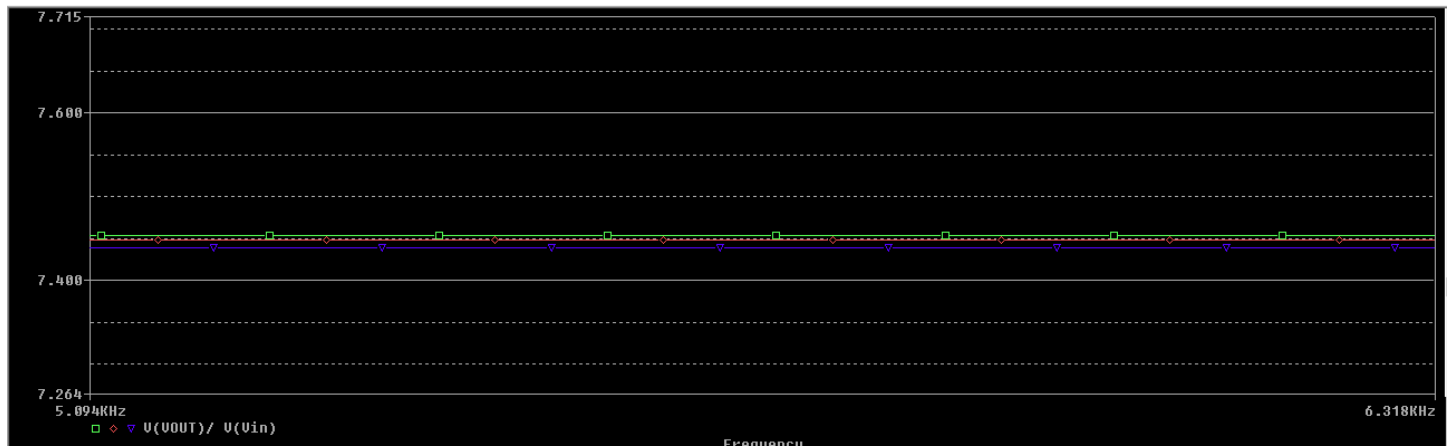


Fig. 12 Simularea amplificării într-un interval de frecvențe mai mic la temperaturile de 0°C, 25°C, 70°C

9. Impedanța de intrare

Se dorește obținerea unei impedanțe de intrare de 100k Ω . În urma simulării am obținut impedanța de intrare egală cu **100.3k Ω**

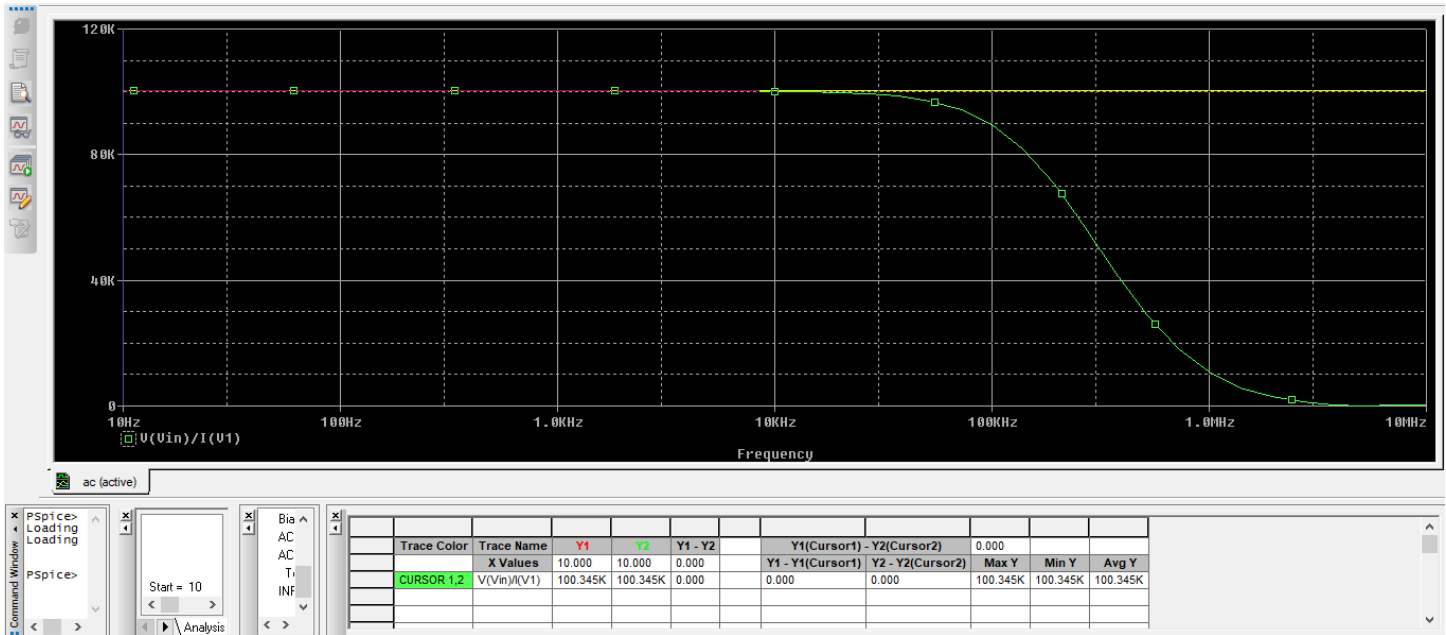


Fig. 13 Simularea impedanței de intrare

10. Amplificarea în buclă deschisă

Cerința de proiectare impune ca amplificarea în buclă deschisă să fie **minim 200**, iar în cazul circuitului de mai jos s-a obținut amplificarea egală cu **903**.

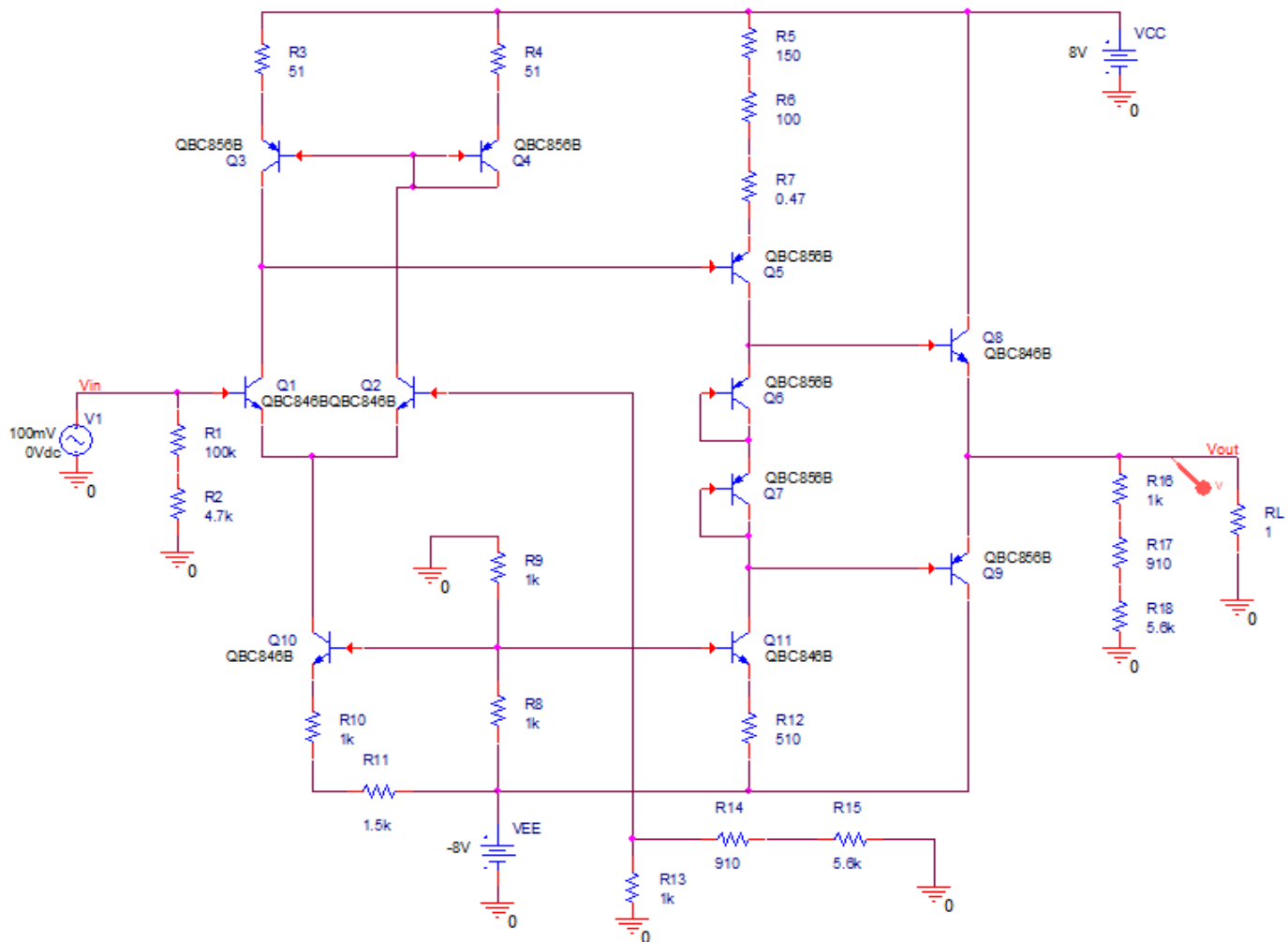


Fig. 14 Schema electrică a amplificatorului în buclă deschisă

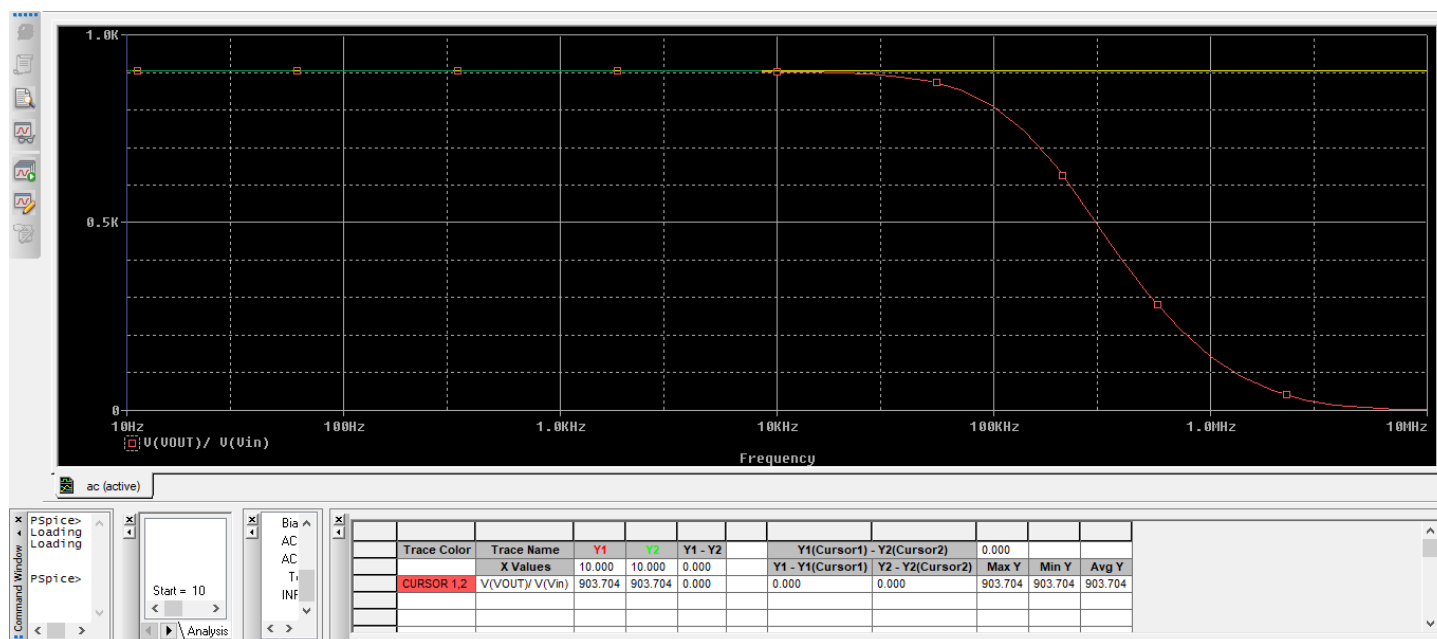


Fig. 15 Simularea amplificării în buclă deschisă

În urma simulării se poate observa că **amplificarea în buclă deschisă are valoarea $a_v = 903$** .

11. Bill Of Materials (BOM)

12:	Item	Quantity	Reference	Part
13:				
14:				
15:	1	5	Q1,Q2,Q8,Q10,Q11	QBC846B
16:	2	6	Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q9	QBC856B
17:	3	1	RL 1	
18:	4	1	R1 100k	
19:	5	1	R2 4.7k	
20:	6	2	R3,R4 51	
21:	7	1	R5 150	
22:	8	1	R6 100	
23:	9	1	R7 0.47	
24:	10	4	R8,R9,R10,R13 1k	
25:	11	1	R11 1.5k	
26:	12	1	R12 510	
27:	13	1	R14 910	
28:	14	1	R15 5.6k	
29:				

12. Bibliografie

- G. Brezeanu, F. Drăghici, *Circuite electronice fundamentale*, Ed. Niculescu, București, 2013;
- G. Brezeanu, F. Draghici, F. Mitu, G. Dilimot, *Circuite electronice fundamentale - probleme*, Editura Rosetti Educational, Bucuresti, editia II-2008;
- https://wiki.dcae.pub.ro/index.php/Cosmin_Popa#Cursuri
- <https://leachlegacy.ece.gatech.edu/ece3050/notes/ISources/isources.pdf>
- <https://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/class-ab-amplifier.html>