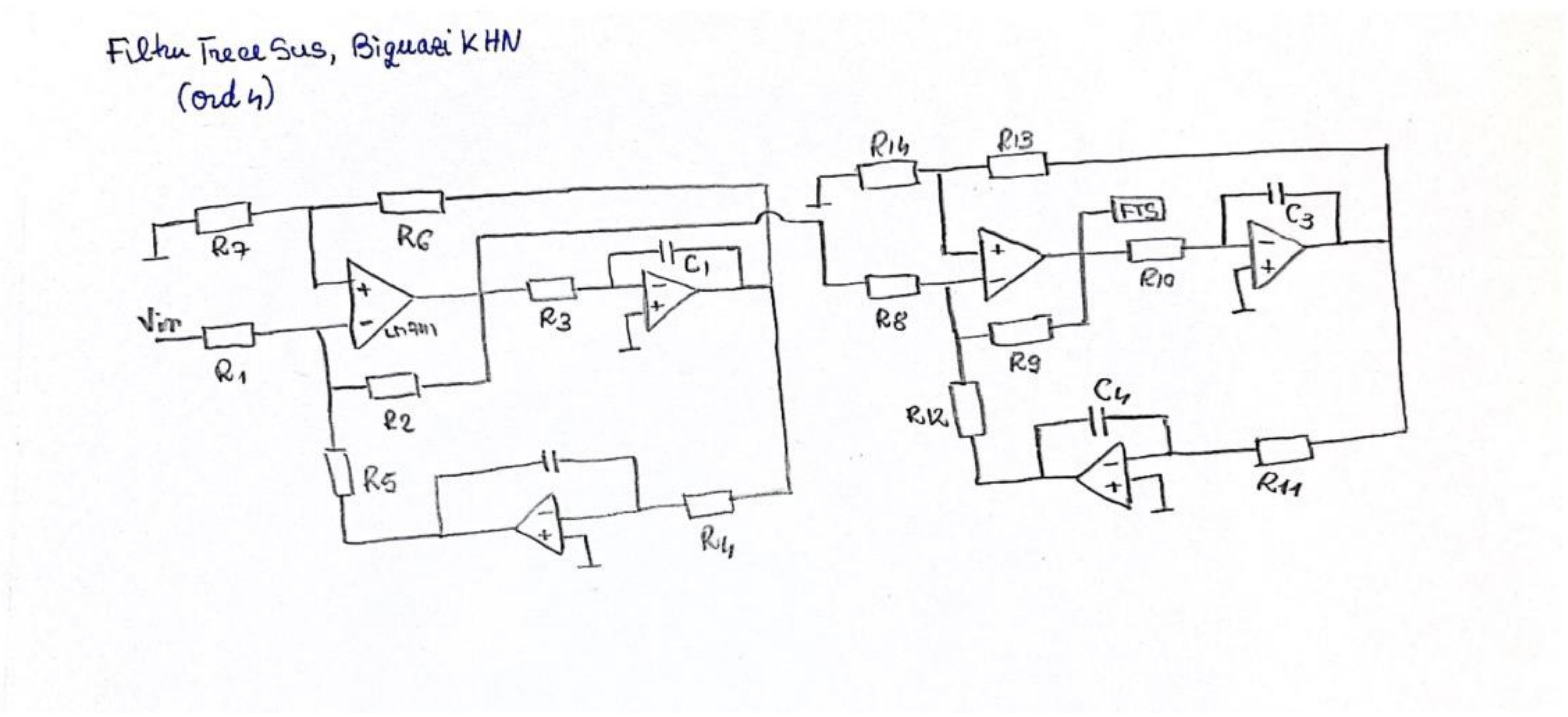
Sisteme cu circuite integrate analogice

Temă proiect:
Filtru Trece Sus Audio Înalte
Ord 4 cu Biquazi KHN
Frecvenţa: 3.5Khz

Zegreanu Paul-Cristian
Grupa 2231

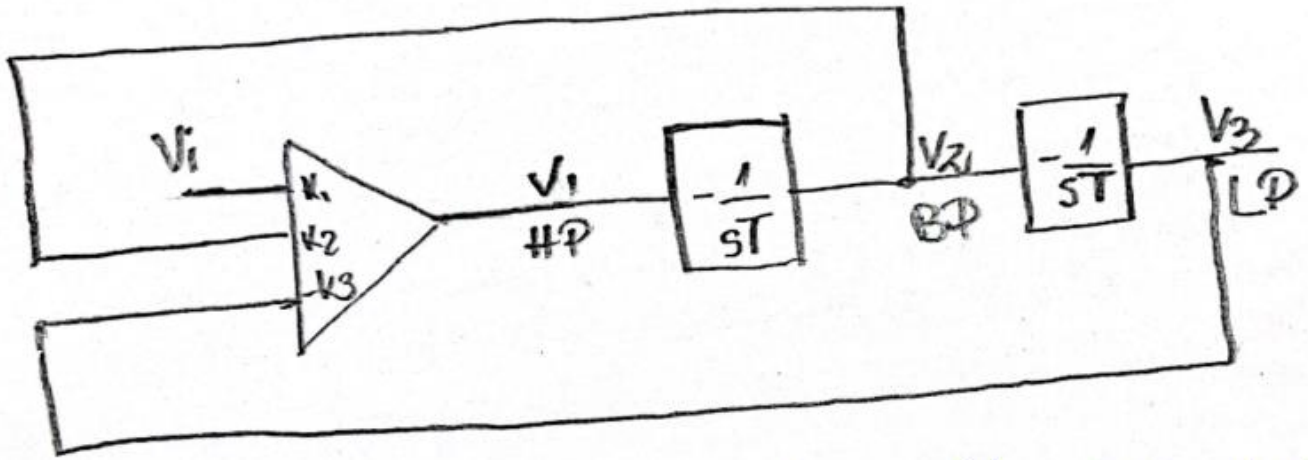
Deduceri și capturi simulări

Schema circuitului



Teorie din curs

Biquad Kerwin-Huelsman-Newcomb (KHN)



Avem: $V_3 = -\frac{1}{sT} V_2$; $V_2 = -\frac{1}{sT} V_1$; $V_1 = K_1 V_i + K_2 V_2 - K_3 V_3$

Va rezulta:

$$\frac{V_1}{V_i} = \frac{s^2 \cdot T^2 \cdot K_1}{s^2 \cdot T^2 + s \cdot T \cdot K_2 + K_3}; \quad \frac{V_2}{V_i} = \frac{s \cdot T \cdot K_1}{s^2 T^2 + s \cdot T \cdot K_2 + K_3}$$

$$\frac{V_3}{V_i} = \frac{K_1}{s^2 T^2 + s \cdot T \cdot K_2 + K_3}$$

Deduceri formule

$$H_{FTS} = \frac{s^2}{s^2 + 2\frac{\omega_m}{Q}s + \omega_m^2} \qquad T = \frac{1}{R \cdot C}$$

$$k_1 = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$k_2 = \frac{R_7}{R_6 + R_7}\left(1 + \frac{R_2}{R_5 \parallel R_1}\right)$$

$$k_3 = -\frac{R_2}{R_5}$$

Dacă: $R_1 = R_3 = R_2 = R_7 = R_5$

$$k_1 = -1$$
$$k_2 = 3\frac{R}{R + R_6}$$
$$k_3 = 1$$

$$V_{HP} = 1\frac{s^2}{s^2 + \frac{k_2}{T}s + \frac{1}{T^2}}$$

$$\omega_m^2 = \frac{k^3}{T^2} \Rightarrow \omega_m = \frac{\sqrt{k_3}}{T} = \frac{1}{T}$$

$$\frac{k_2}{\cancel{T}} = 2\frac{\frac{\sqrt{k_3}}{\cancel{T}}}{Q}$$

$$k_2 = 2\frac{\omega_m}{Q} \text{ } \left(=\frac{1}{T}\right) \Rightarrow Q = \frac{1}{k_2}$$

$$Q = \frac{1}{\frac{3R}{R + R_C}} \Rightarrow \frac{R_6 + R}{3R} = Q$$

$$R_6 = 3R \cdot Q - R \Rightarrow R_6 = R(3Q - 1)$$

$R_1 = R_3 = R_2 = R_7 = R_5 = R$; $C_1 = C_2 = C$

$$\omega_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_m = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow R = \frac{1}{2\pi f C}$$

• luăm $C = 10nF$

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3{,}5 \cdot 10^3 \cdot 10^{-8}} = 4549\,\Omega = 4{,}54\,k\Omega$$

$$R_6 = R(3Q - 1) = 4{,}54 \cdot 10^3(3 \cdot 0{,}54 - 1) \cong 2{,}7\,k\Omega$$

• Pt Biquad 2

$$Q_2 = 1{,}31$$

$$R_{13} = R(3Q_2 - 1) = 4{,}54 \cdot 10^3(3 \cdot 1{,}31 - 1) \cong 13{,}3\,k\Omega$$

Coeficientii Butterworth

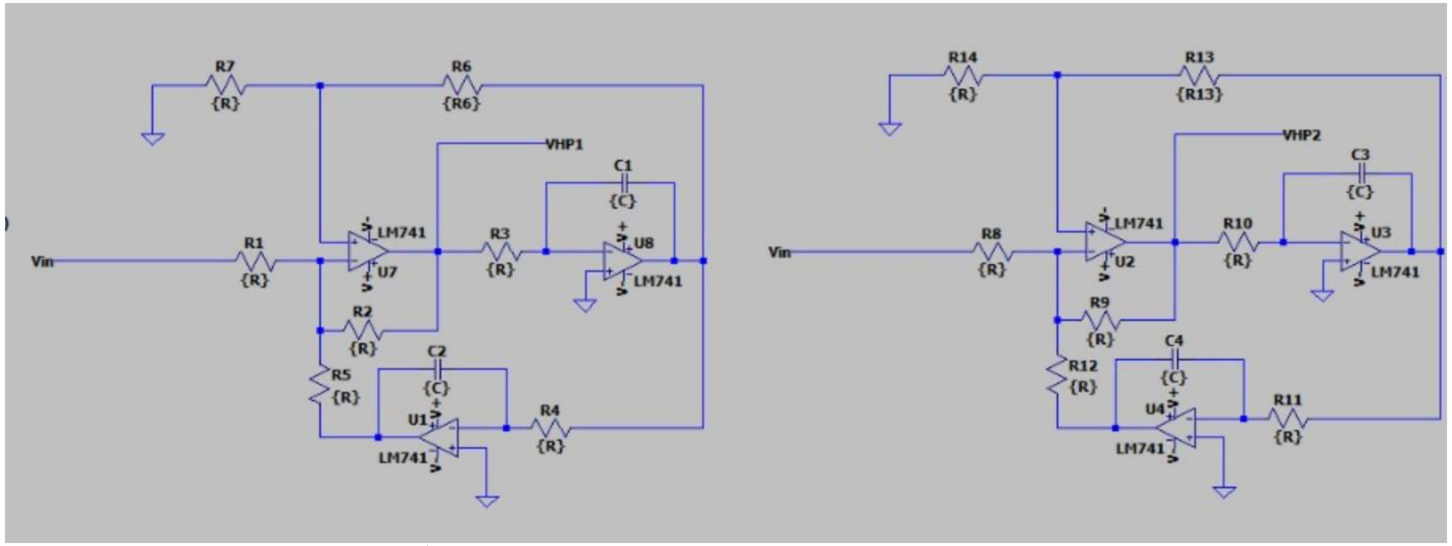
Butterworth coeficients

- $m = 4$, $i = 1$, $a_i = 1.8478$, $b_1 = 1$, $k_i = f_{ci}/f_c = 0{,}719$, $Q_i = 0{,}54$
  $i = 2$, $a_i = 0{,}7454$, $b_i = 1$, $k_i = f_{ci}/f_c = 1{,}390$, $Q_i = 1{,}31$

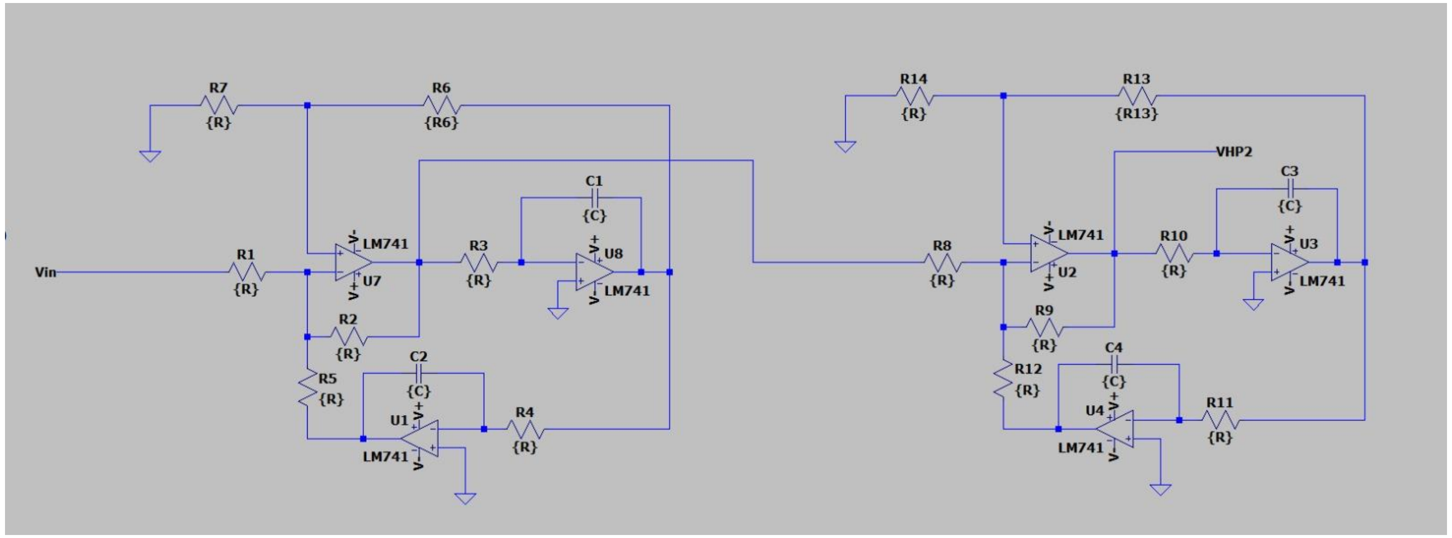
Capturi simulări LTSPICE

Circuite LTSPICE

➢a) Biquazi separaţi

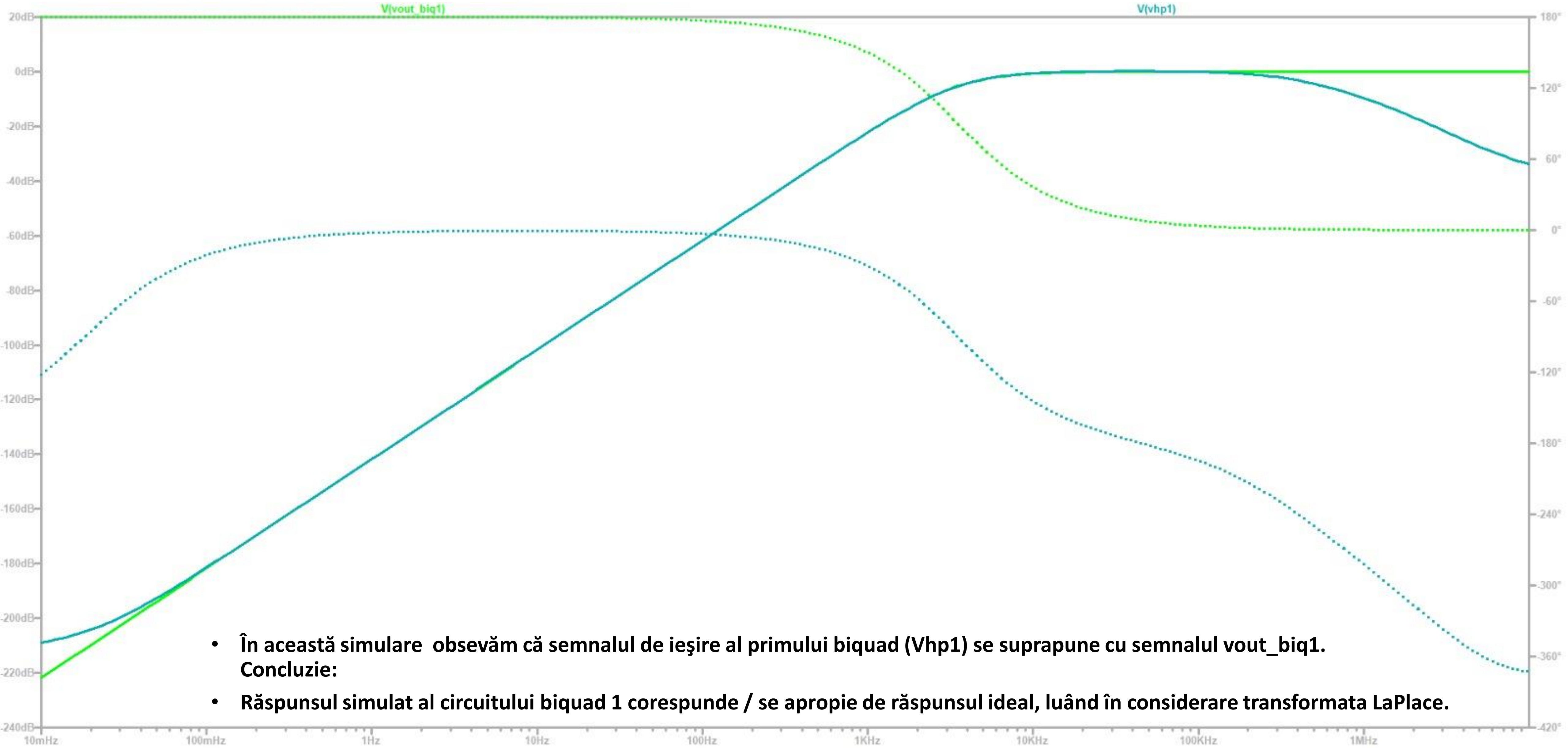


➢a) Biquazi interconectaţi



a) Simulare AC Biquad 1

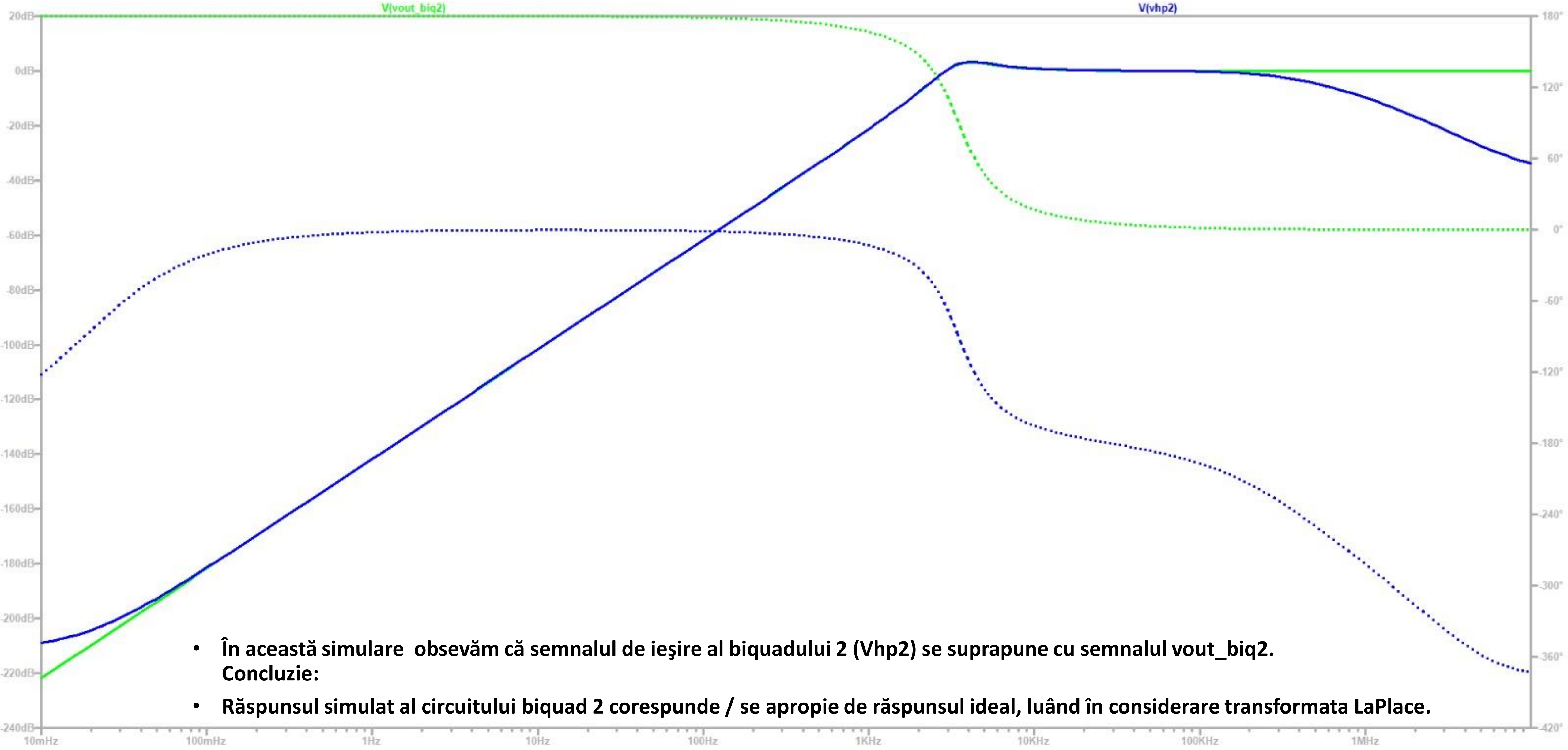
(Valorile rezistențe: R1=R2=R3=R4=R4=R7=4.54 kΩ, R6=2.7 kΩ)



- **În această simulare obsevăm că semnalul de ieşire al primului biquad (Vhp1) se suprapune cu semnalul vout_biq1. Concluzie:**
- **Răspunsul simulat al circuitului biquad 1 corespunde / se apropie de răspunsul ideal, luând în considerare transformata LaPlace.**

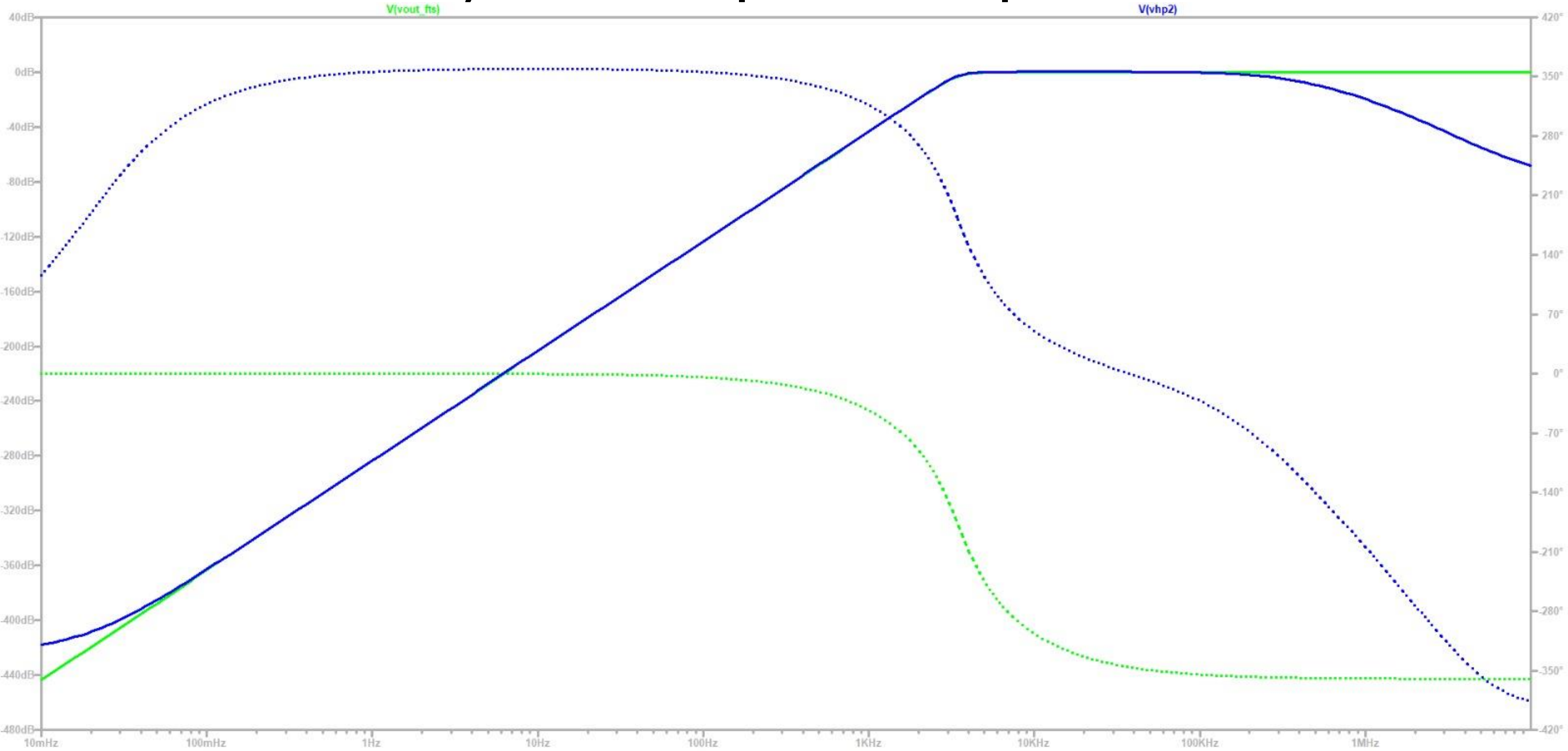
Simulare AC Biquad 2

(Valorile rezistențe: R8=R9=R10=R11=R12=R14=4.54 kΩ, R13=13.3 kΩ)



- **În această simulare obsevăm că semnalul de ieşire al biquadului 2 (Vhp2) se suprapune cu semnalul vout_biq2.**
  Concluzie:
- **Răspunsul simulat al circuitului biquad 2 corespunde / se apropie de răspunsul ideal, luând în considerare transformata LaPlace.**

b) Simulare AC prin ambii Biquazi



- **În această simulare, observăm că semnalul de la ieșirea celor două biquad-uri interconectate (Vhp2) se suprapune cu semnalul vout_fts.**
- **Concluzie: Răspunsul simulat al ambelor biquad-uri corespunde sau se apropie de răspunsul ideal, luând în considerare transformata LaPlace.**

Rezistențele recalculate
după componentele folosite la circuitul practic

$$\bullet\ C = 9{,}545\,mF,\ Q_1 = 0{,}54,\ Q_2 = 1{,}31$$

$$R = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{3} \cdot 9{,}545 \cdot 10^{\cancel{-9}\,-6}} \simeq 4766\,\Omega$$

$$= 4{,}7\,K\Omega$$

$$R_6 = R(3Q_1 - 1) = 4{,}7 \cdot 10^3 (\underbrace{3 \cdot 0{,}54 - 1}_{0{,}62}) = 2{,}9\,k \simeq 3\,K$$

$$R_{13} = R(3Q_2 - 1) = 4{,}7 \cdot 10^3 (\underbrace{3 \cdot 1{,}31 - 1}_{2{,}93}) = 13{,}77\,K$$

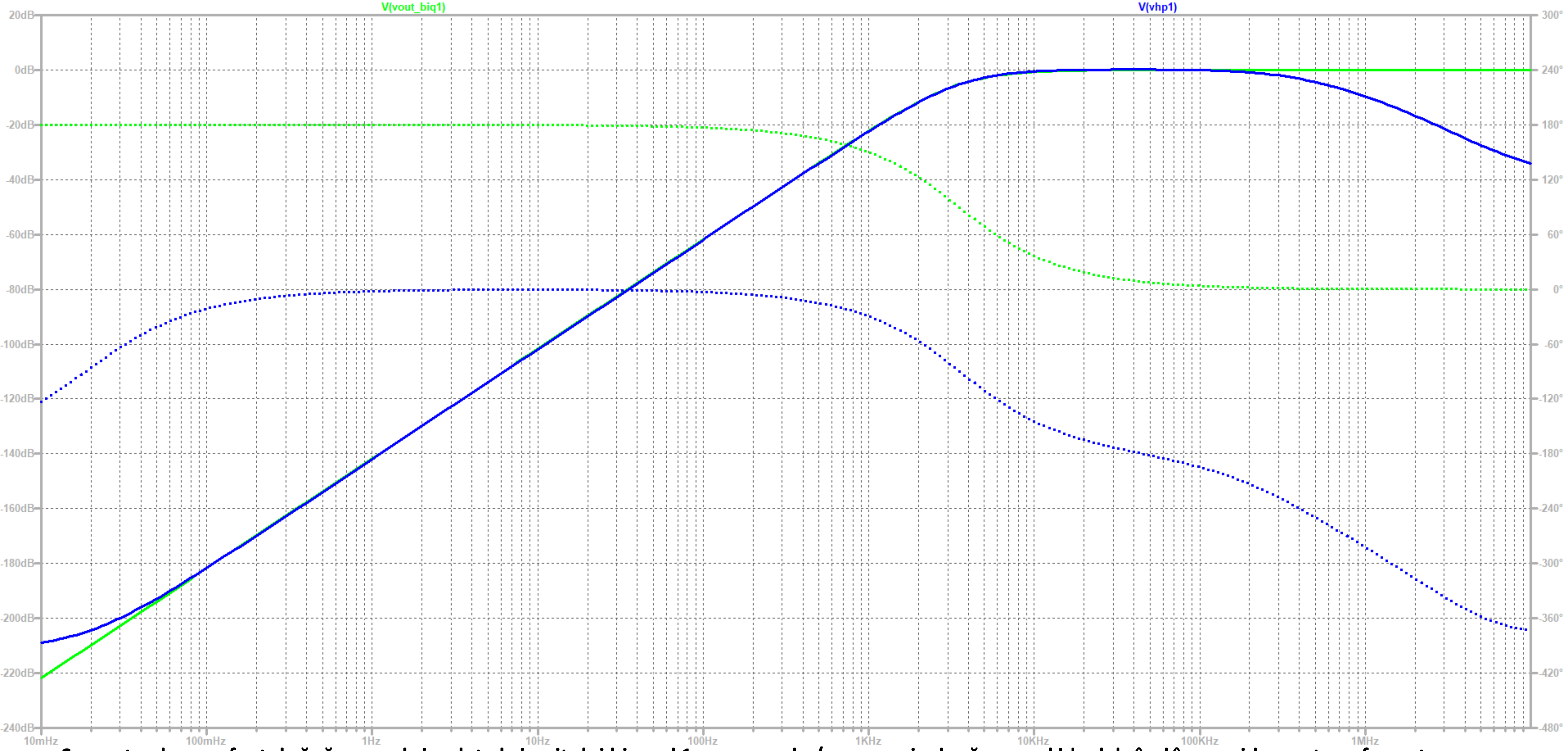
Valori rezistențe utilizate la circuitul practic:

R6=R6.1 serie cu R6.2 = 2.692 kΩ + 201.2 Ω = 2.89 kΩ

R13=R13.1 serie cu R13.2 = 12.24 kΩ + 991.2 Ω = 13,23 kΩ

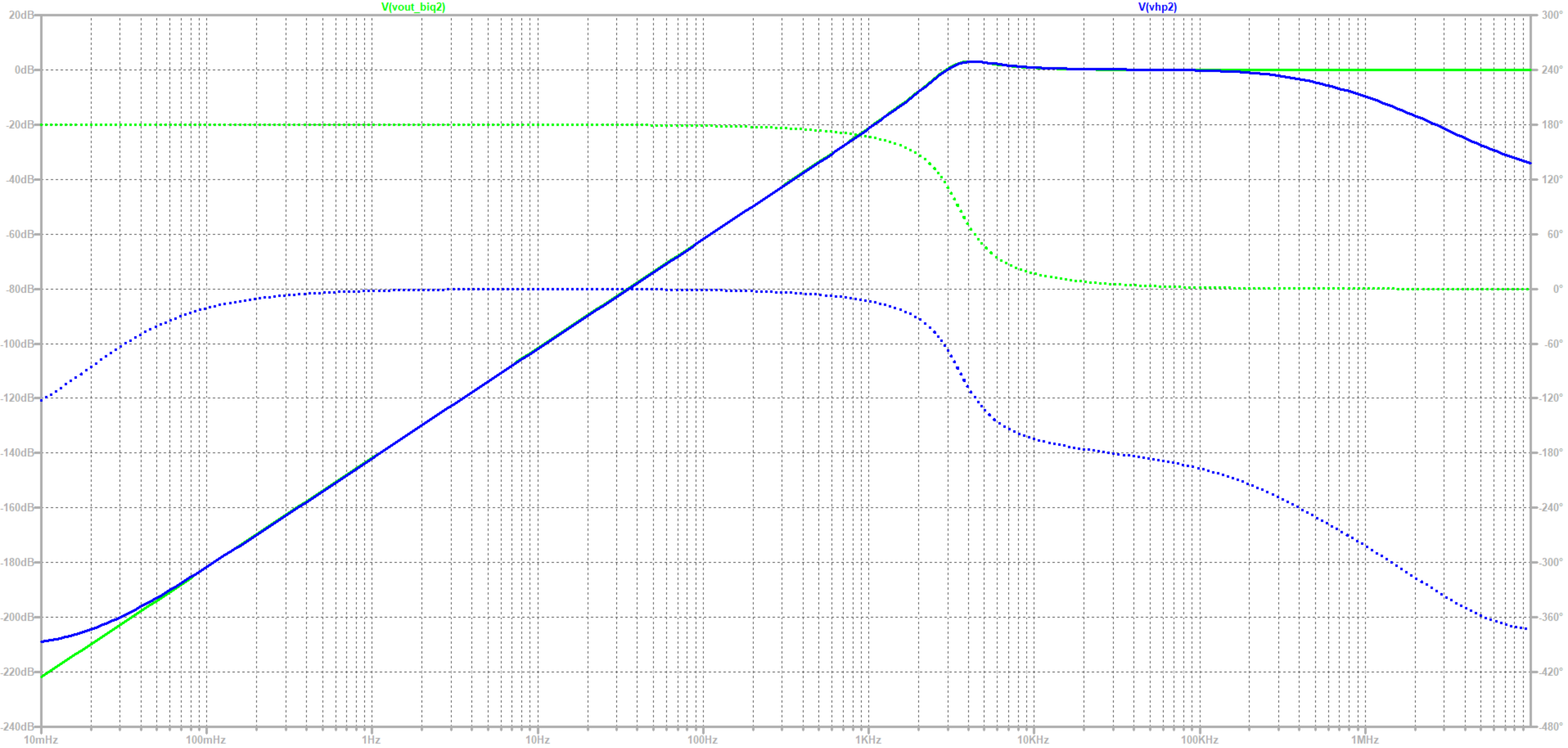
Capturi simulări LTSPICE cu rezistențele recalculate

a) Simulare AC Biquad 1



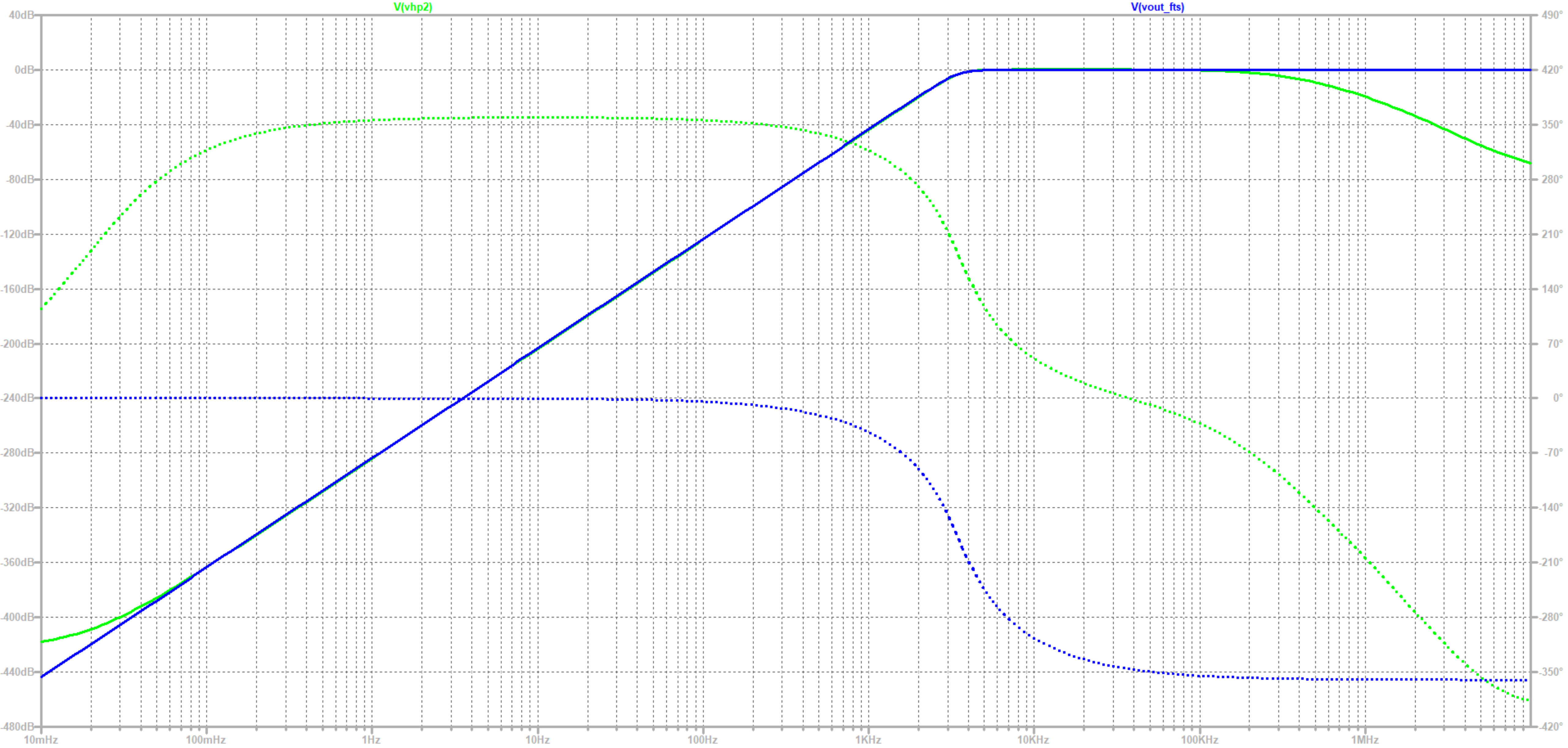
- **Se poate observa faptul că răspunsul simulat al circuitului biquad 1 corespunde / se apropie de răspunsul ideal, luând în considerare transformata LaPlace. (Valorile rezistențe: R1=R2=R3=R4=R4=R7=4.7 kΩ, R6=2.9 kΩ)**

Simulare AC Biquad 2



- Se poate observa faptul că răspunsul simulat al circuitului biquad 2 corespunde / se apropie de răspunsul ideal, luând în considerare transformata LaPlace. (Valorile rezistențe: R8=R9=R10=R11=R12=R14=4.7 kΩ, R13=13.2 kΩ)

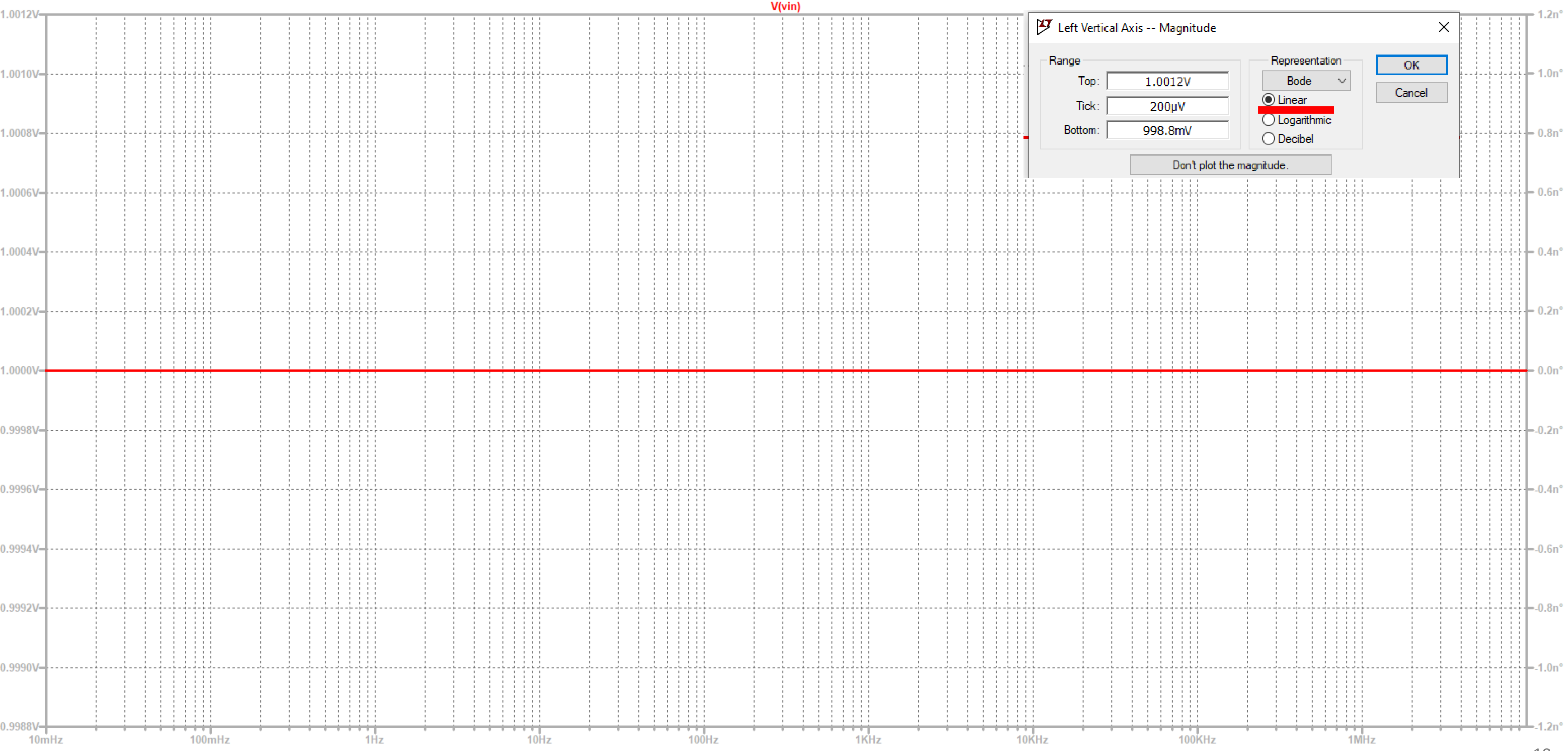
b) Simulare AC prin ambii Biquazi



- Se poate observa faptul că răspunsul simulat al ambelor biquad-uri corespunde sau se apropie de răspunsul ideal, luând în considerare transformata LaPlace. (Valorile rezistențe: R1=R2=R3=R4=R4=R7=4.7 kΩ, R6=2.9 kΩ, R13=13.2 kΩ)

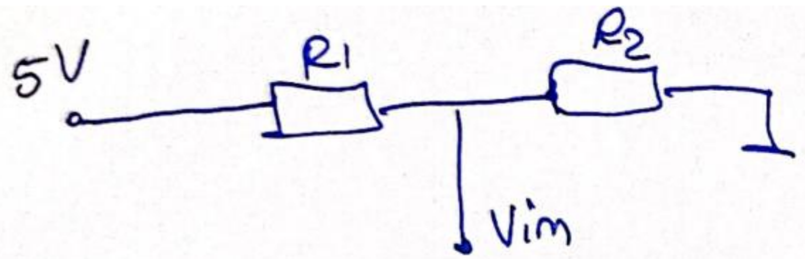
Capturi simulări Scopy Circuit Biquad 1

Simulare pe Vin



Divizor de tensiune pentru Vin

Deoarece din Adalm avem 5V, este necesar un divizor de tensiune pentru a obține Vin= 1V.



$$V_{im} = 1V$$

$$5 \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = 1 \Rightarrow \frac{5R_2}{R_1+R_2} = 1$$

Alegem $R_1 = 10K$ $\Rightarrow$

$$5R_2 = 10k + R_2$$

$$4R_2 = 10$$

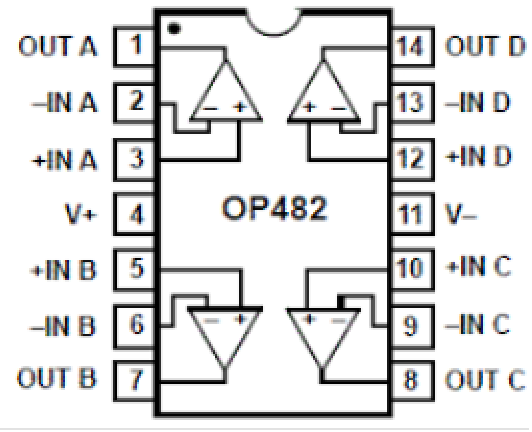
$$R_2 = \frac{10}{4} = 2{,}5\,k\Omega$$

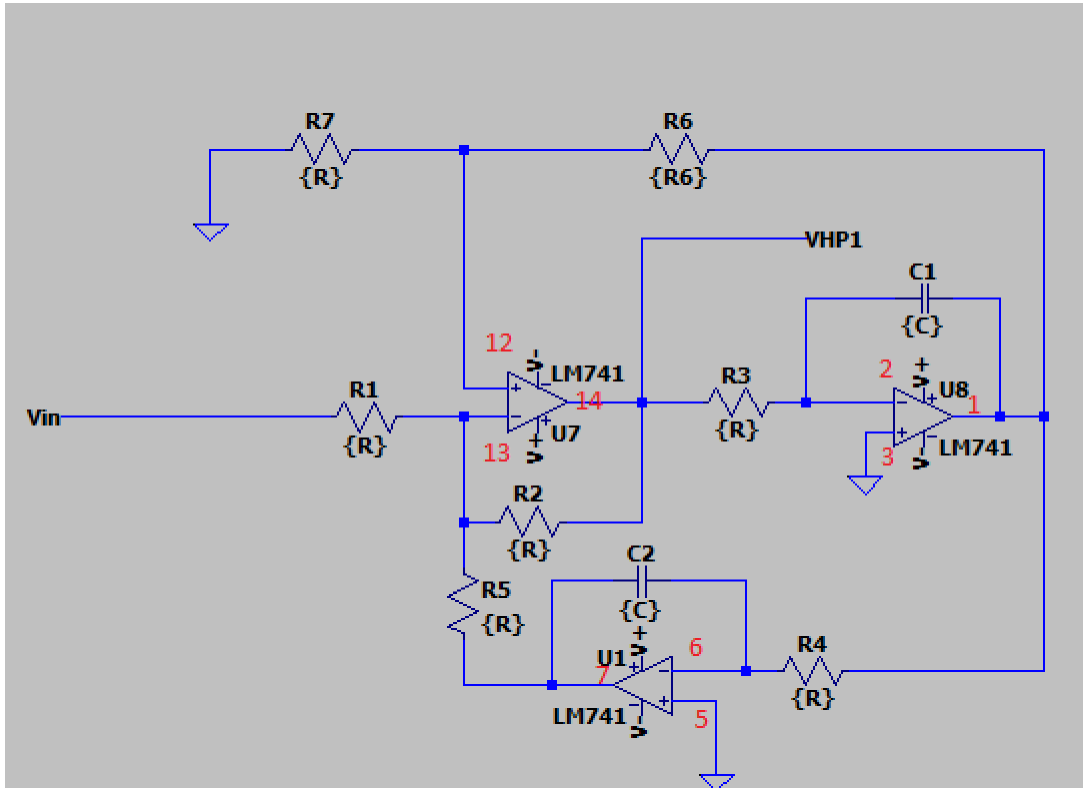
Valori rezistențe utilizate la circuitul practic:

R2=R2.1 serie cu R2.2 = 2.191kΩ + 218=2.409kΩ

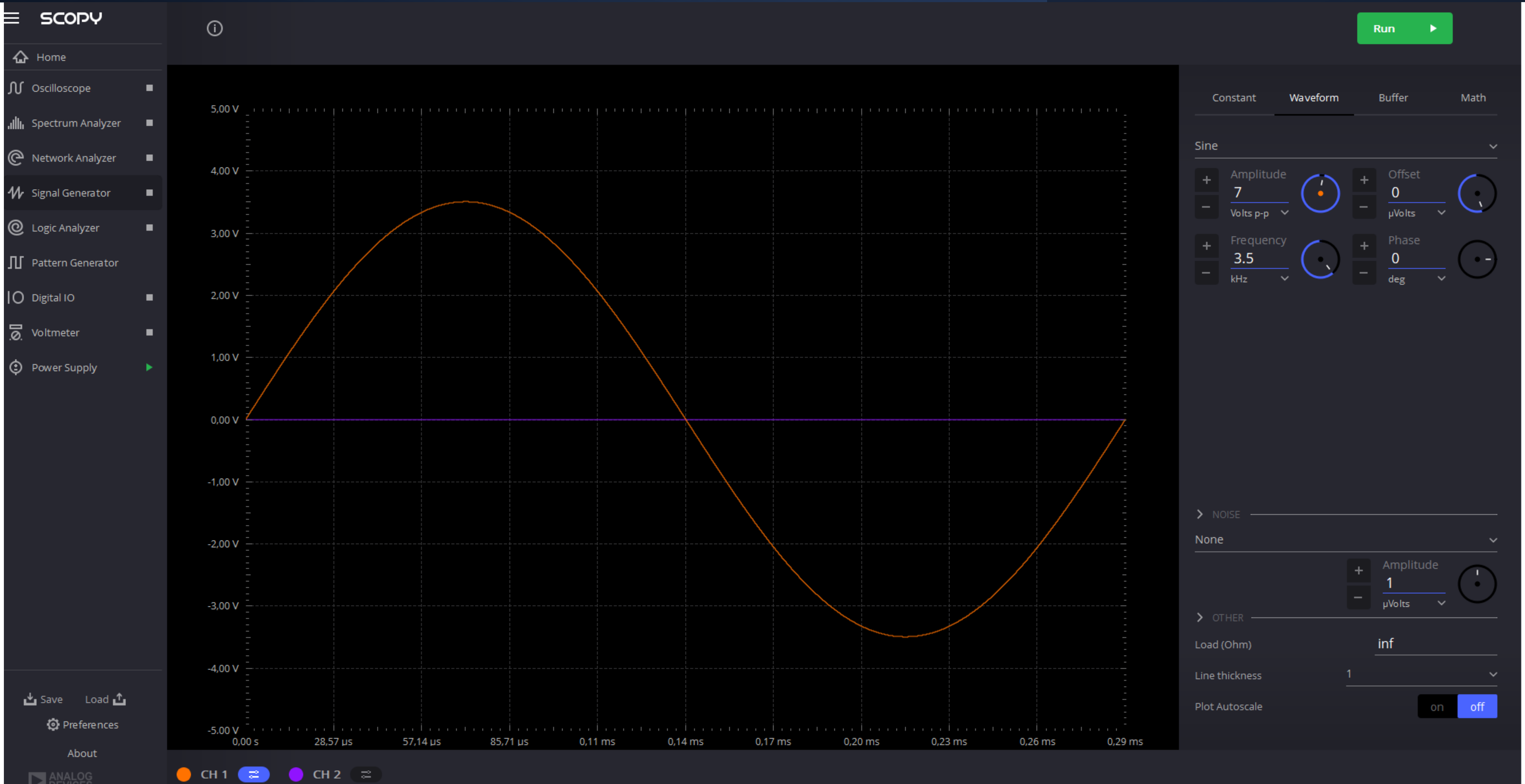
R1=10.24kΩ

OP482 din foaia de catalog





a) Generare semnal
(Pentru a lua sinus în banda de trecere)



- Firul Galben din Adalm conectat la Vin
- Firul Portocaliu Conectat la Vin
- Firul Albastru conectat la ieșirea AO U3

b)Caracteristică din Network Analyzer

Referințe

- https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/op282_482.pdf
- https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/model-transfer-functions-by-applying-the-laplace-transform-in-ltspice.html
- https://www.analog.com/media/en/training-seminars/design-handbooks/basic-linear-design/chapter8.pdf