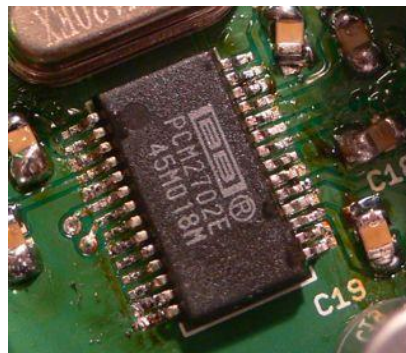




Домашна Работа



Тема: Двуканален Широколентов усилвател
 $A_u \geq 40\text{dB}$; $\Delta f = 500\text{Hz} - 2\text{MHz}$; $U_o = 1.5\text{V}$; $R_L = 2\text{k}\Omega$; $R_{oA} = 50\Omega$; $C_L = 200\text{pF}$; $R_{iA} = 50\Omega$;

Разработил: Диан Милчев Илиев
Фак.№ 101207035 - ФЕТТ - гр. 46

Дата: 25.05.2010г.
Гр. София

Ръководител:.....
(проф. Ф. Филипов)

Съдържание

Глава		Страница
1	Обяснителни записки	3
2	Блокова схема	4
3	Принципна схема	5
4	Изчисления и симулационни резултати	6
5	Спецификация на елементите	20
6	Печатна платка	21
7	Реализация на схемата чрез методите на дебелослойната технология	22
8	Използвана литература	27
9	Приложения	28

Обяснителни записки:

Широколентовите усилватели са клас електронни усилватели, характеризиращи се с усилване в голям честотен диапазон. Те са широко използвани при предаване и обработка на видео и комуникационни сигнали.

Обект на проектиране е комуникационен широколентов усилвател. Характерна особеност за него е ниските входно и изходно съпротивление. От зададените данни се вижда че той трябва да усилва пропусканите сигнали с 40dB, като изходното му напрежение да е 1,5V, а товарът е 2KΩ.

От изискването за изходно напрежение се определя колектор-емитерното напрежение на последното стъпало, така че то да е достатъчно за размаха на амплитудата без да се изкривява сигнала. Определянето става по формулата: $U_{CE} \geq 120\% * 2U_0$ от където можем да определим и големината на захранващия източник. За тази схема ще използваме стандартен 12 волтов захранващ блок (около 125mVA), добре изправен и филтриран. Може да се използва и батерия или акумулятор ако усилвателя се използва в мобилна апаратура.

От изискванията определяме структурата на усилвателя:

Изискването за широка лента ще изпълним с биполярни транзистори, тъй като честотната лента на усилвателя е относително тясна, а с биполярни транзистори ще постигнем по-голямо усилване.

Заради изискването за нискоомен изход, а и за да се усигори развързване на схемата от товара, последното стъпало ще бъде общ колектор (ОК). В средата на схемата ще поставим две схеми общ емитер (ОЕ). Тяхната цел е да усигорят основната част от усилването; като за улеснение в пресмятането и изпълнението, двете схеми ще са с еднакви параметри и ще имат локална ООВ по напрежение която ще подsigури намаляване на усилването до предварително избрана стойност и разширяват честотната лента на усилвателя. За да се премахне влиянието на крайния ОЕ върху предния, и за да се постигне симетрия и еднаквост на характеристиките, между двете стъпала поставяме схема общ колектор идентична с крайното стъпало. Изискването за нискоомен вход, изпълняваме чрез поставяне на схема обща база (ОБ) на входа на усилвателя.

Спираме избора си на малощумящия NPN транзистор BC107A. Той е маломощен, затворен в корпус ТО-18 (метален, осигурява охлаждане на колектора и екраниране на транзистора от външно въздействие); произведен от Siemens.

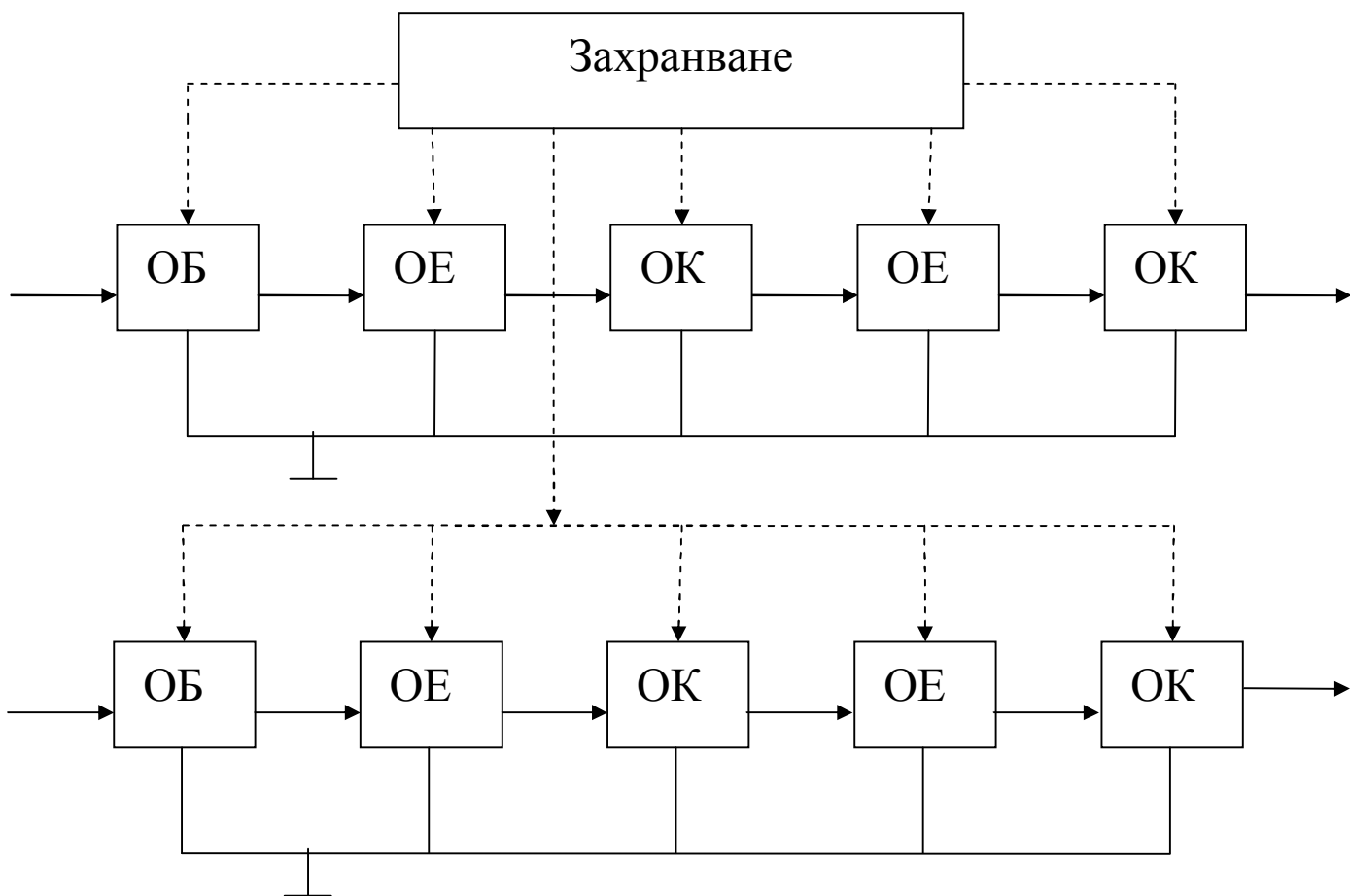
Нелинейните изкривявания при долната гранична честота се определят от стойността на използваните разделителни и филтрови кондензатори, като зависимостта е обратнопропорционална. Изкривяванията при горната гранична честота се определят от характеристиките на използвания транзистор и приложената обратна връзка.

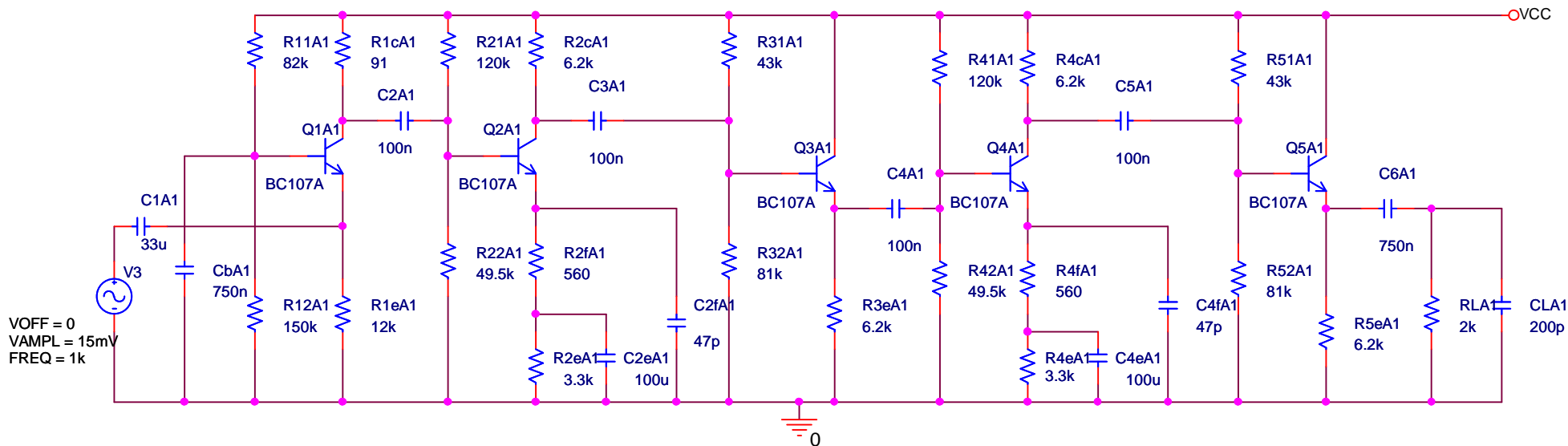
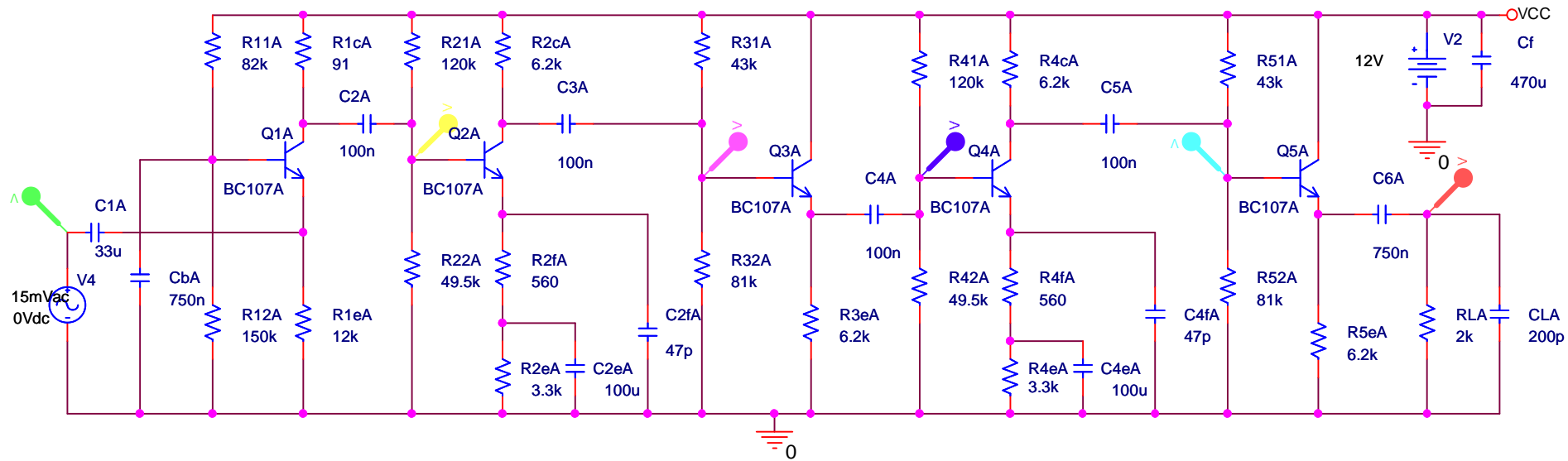
Тъй като не са зададени специфични изисквания за температурна сабилност, няма да усложняваме схемата с допълнителни елементи за температурна стабилизация (защото те ще усложнят изчисленията и ще ускапят проекта), а ще заложим температурната стабилизация избирайки подходящ ток на делителя. Правилото е, че колкото по-голям е тока на делителя спрямо базовия, толкова схемата е по-добре температурно стабилизирана. Практиката определя за най-подходящо стойностите на тока на делителя да са от 5 до 20 пъти базовия ток. За да усигорим по-добра температурна стабилизация ще залагаме тока на делителя около 20 пъти базовият ток.

Температурната стабилизация може да подобрим чрез включването на изправителен диод във веригата на делителя, между базата и R₁ (Катода е към базата). При монтажа диода се слага максимално близо до транзистора (добре ще е двата корпуса да са в пряк контакт, но да нямат електрическа връзка.)

За улесняване на производствената част, стойностите на различните елементи се избират така че да се избегне разнородност на стойностите, там където схемата позволява това без да се влошават параметрите на усилвателя.

Блокова схема:





VOFF = 0
 VAMPL = 15mV
 FREQ = 1k

Title		
Dual Line Wide Band Amplifier		
Size	Document Number	Rev
A	Awb 00 002 A	<RevCode>
Date:	Wednesday, May 26, 2010	Sheet 1 of 1

Изчислителни записки

Пето стъпало: тип – Общ колектор

Изисквания:

$$\begin{aligned} U_o &= 1.5V & R_L &= 2k\Omega \\ R_{oA} &= 50\Omega & C_L &= 200pF \\ E_{CC} &= 12V \end{aligned}$$

Избор на режим:

$$I_c \geq 1,2I_{cm} = 1,2 \frac{U_o}{R_L} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} = 0,9mA$$

$$I_c = 1mA$$

$$U_{CE} \geq 2,4U_o = 3,6V$$

$$U_{CE} = 5V$$

h – параметри:

$$\begin{aligned} h_{11} &= 5,13k\Omega & h_{21} &= 200 & r_{bb'} &= 10\Omega & C_{b'c} &= 12pF \\ h_{12} &= 1,8 \cdot 10^{-4} & h_{22} &= 11,7\mu S & S &= \frac{h_{21}}{h_{11}} = 39mS & C_{b'e} &= \frac{S}{2\pi f_T} = 25pF \end{aligned}$$

Изчисляване на постояннотоквата верига:

$$R_E = \frac{E_{CC} - U_{CE}}{I_c} = \frac{7}{1 \cdot 10^{-3}} = 6,97k\Omega$$

Стандартен: $R_{5E} = 6.8k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$U_E = E_{CC} - U_{CE} = 7V$$

$$I_B = \frac{I_c}{h_{21}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{220} = 5\mu A$$

$U_{BE} = 0,7V$ (определя се от спецификацията на транзистора)

$$U_B = U_E + U_{BE} = 7,72V;$$

$$I_d = 20 \cdot I_B$$

$$R_1 = \frac{E_{CC} - U_B}{I_d} = \frac{12 - 7,7}{100 \cdot 10^{-6}} = 43k\Omega$$

Стандартен: $R_{51} = 43k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_2 = \frac{U_B}{I_d - I_B} = \frac{7,7}{95 \cdot 10^{-6}} = 81k\Omega$$

Стандартен: $R_{52} = 80.6k\Omega \pm 1\%$ 50mW

*Тъй като няма точна стандартна стойност, се използват 2 резистора свързани последователно, за да се постигне необходимата стойност на изчисления резистор. Резистор R_2 определя базовия ток и за това е от особено значение да се спази изчислената стойност!

$$R'_L = R_E \parallel R_L \parallel \frac{1}{h_{22}} = 1518\Omega$$

$$A_U = \frac{1 + h_{21} \cdot R_L'}{h_{11} + (1 + h_{21}) \cdot R_L'} = 0,98$$

$$R_{oA} = \frac{h_{11} + R_G}{1 + h_{21}} \parallel R_E = 50 \Omega$$

$$R_{iA} = R_1 \parallel R_2 \parallel [h_{11} + (1 + h_{21}) \cdot R_L'] = 26 k\Omega$$

$$C_{b'e} = 8 pF \quad C_{b'c} = 3 pF \quad C_{Mi} = 5 pF$$

$$C_{i0} = C_{b'c} + C_{b'e} \cdot (1 - A_u) + C_{Mi} = 8.16 pF$$

$$M_{C1} = M_{C2} = 0,2 dB$$

$$C_5 \geq \frac{1}{2\pi f_b \cdot (R_G + R_{iA}) \cdot \sqrt{M_{C1}^2 - 1}} = \frac{1}{3145 \cdot 32000 \cdot 0,2} = 44.4 nF$$

Стандартен: $C_5 = 62 nF \pm 5\%$ /10V

$$C_6 \geq \frac{1}{2\pi f_b \cdot (R_{oA} + R_L) \cdot \sqrt{M_{C1}^2 - 1}} = \frac{1}{3145 \cdot 2050 \cdot 0,2} = 715 nF$$

Стандартен: $C_6 = 750 nF \pm 5\%$ /10V

$$\tau_{hi} = [(R_G + r_{bb'}) \parallel R_{iA}] C_{i0} = 1031.19 pF = 19,6 \cdot 10^{-9}$$

$$M_{hi} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{hi}^2} = 1$$

$$C_L' = C_L + C_{b'c} + C_{Mo} = 200 pF + 12 pF + 8 pF \approx 220 pF$$

$$\tau_{ho} = (R_L \parallel R_{oA}) \cdot C_L' = 1,2 \cdot 10^{-16}$$

$$M_{ho} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{ho}^2} = 1$$

$$M_h = M_{hi} \cdot M_{ho} = 1$$

Четвърто стъпало: тип – Общ Емитер

Изисквания:

$$\begin{aligned} R_{oA} &= 6k\Omega & R_G &= 6k\Omega \\ R_L &= 26k\Omega & C_{b'e} &= 8pF \\ C_L &= 8pF & C_{b'c} &= 3pF \\ U_o &= 1.53V & r_{bb'} &= 10\Omega \\ A_u &= 7.4 \end{aligned}$$

Избор на работна точка:

$$I_c > 1,2 \frac{U_o}{R_L} = 60\mu A$$

$$I_c = 0.7mA$$

$$U_{CE} > 2,4U_o = 3.67V$$

$$U_{CE} = 5V$$

h параметри за избраната работна точка:

$$\begin{aligned} h_{11} &= 5.94\Omega & h_{21} &= 198 & r_{bb'} &= 10\Omega & S &= 33.3mS \\ h_{12} &= 2.85 \cdot 10^{-4} & h_{22} &= 9.36\mu S \end{aligned}$$

Изчисляване на постоянотоковия режим:

$$R_{oA} = R_C \parallel \frac{1}{h_{22}} = 6k\Omega \Rightarrow R_C = 6.2k\Omega$$

Стандартен: $R_{4C} = 6.2k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_E' = \frac{E_{cc} - U_{CE} - I_c \cdot R_C}{I_c} = \frac{2.66}{0,7 \cdot 10^{-3}} = 3,8k\Omega$$

$$R_L' = R_L \parallel R_C \parallel \frac{1}{h_{22}} = 5k\Omega$$

$$A_u = \frac{SR_L'}{1 + \frac{R_G + r_{bb'}}{h_{11}} + S \cdot R_F} \Rightarrow S \cdot R_F = \frac{SR_L'}{A_u} - \left(1 + \frac{R_G + r_{bb'}}{h_{11}}\right) = \frac{166.5}{7.4} - \left(1 + \frac{6010}{5940}\right) = 20.5$$

$$R_F = \frac{20,5}{S} = 616\Omega \quad \text{Стандартен: } R_{4F} = 560\Omega \pm 5\% \text{ , } 50mW$$

$$A_{UF} = 7,6$$

* R_F определя ООВ по напрежение и колкото стойността му е по-голяма, толкова по дълбока е ООВ.

$$R_E = R_E' - R_F = 3800 - 560 = 3240\Omega$$

Стандартен: $R_E = 3.3k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$C_F = \frac{C_{b'e} + (R_G + r_{bb'})SC_{b'c}}{SC_{b'c}} = 46.8pF$$

Стандартен: $C_{4F} = 47pF \pm 5\%$ /10V

$$U_E = 2,66V; U_{BE} = 0,61V \Rightarrow U_B = 3,65V$$

$$I_B = \frac{I_c}{h_{21}} = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{198} = 3,5\mu A$$

$$I_o = 21I_B$$

$$R_1 = \frac{E_{CC} - U_B}{21I_B} = \frac{12 - 3,38}{21 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}} = 117k\Omega$$

Стандартен: $R_{41} = 120k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_2 = \frac{U_B}{20I_B} = \frac{3,38}{20,0,7 \cdot 10^{-6}} = 49,5k\Omega$$

Стандартен: $R'_{42} = 49,9k\Omega \pm 1\%$, 50mW

$$R_{iA} = R_1 \parallel R_2 \parallel h_{21}R_F \approx 26000\Omega = 26k\Omega$$

$$M_{C1} = 0,2dB$$

$$C_4 \geq \frac{1}{2\pi f_b (R_G + R_{iA}) \sqrt{M_{C1}^2 - 1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 500 \cdot 26050 \cdot 0,2} = 61nF$$

Стандартен: $C_4 = 62nF \pm 5\%$ /10V

$$M_{CE}^2 = 0,2dB$$

$$C_E \geq \frac{S}{2\pi f_b \sqrt{M_{C3}^2 - 1}} = \frac{33,3 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 500 \cdot 0,2} = 48,8\mu F$$

Стандартен: $C_{4E} = 100\mu F \pm 5\%$ /10V

$$C_{i0} = C_{b'e} + C_{b'c} (1 + A_u) = 8pF + 30pF = 38pF$$

$$C_L' = C_L + C_{b'c} + C_{MO} = 8pF + 3,5pF + 8,5pF = 20pF$$

$$\tau_{hi} = [(R_G + r_{bb'}) \parallel R_{iA}] C_{i0} = 1,9 \cdot 10^{-9}$$

$$M_{hi} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{hi}^2} = 1$$

$$\tau_{ho} = (R_L \parallel R_{oA}) C_L' = 1,2 \cdot 10^{-7}$$

$$M_{ho} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{ho}^2} = 1$$

$$M_h = M_{hi} \cdot M_{ho} = 1$$

Трето стъпало: тип – Общ колектор

Изисквания:

$$\begin{aligned} U_0 &= 1.5V & R_L &= 2k\Omega \\ R_{oA} &= 50\Omega & C_L &= 200pF \\ E_{CC} &= 12V \end{aligned}$$

Избор на режим:

$$I_c \geq 1,2I_{cm} = 1,2 \frac{U_0}{R_L} = 1,2 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} = 10\mu A$$

$$I_c = 1mA$$

$$U_{CE} \geq 2,4U_0 = 0.48V$$

$$U_{CE} = 5V$$

h – параметри:

$$\begin{aligned} h_{11} &= 5,13k\Omega & h_{21} &= 200 & r_{bb'} &= 10\Omega & C_{b'c} &= 12pF \\ h_{12} &= 1,8 \cdot 10^{-4} & h_{22} &= 11,7\mu S & S &= \frac{h_{21}}{h_{11}} = 39mS & C_{b'e} &= \frac{S}{2\pi f_T} = 25pF \end{aligned}$$

Изчисляване на постояннотоковата верига:

$$R_E = \frac{E_{CC} - U_{CE}}{I_c} = \frac{7}{1 \cdot 10^{-3}} = 6,97k\Omega$$

Стандартен: $R_{3E} = 6.8k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$U_E = E_{CC} - U_{CE} = 7V$$

$$I_B = \frac{I_c}{h_{21}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{220} = 5\mu A$$

$U_{BE} = 0,7V$ (определя се от спецификацията на транзистора)

$$U_B = U_E + U_{BE} = 7,72V;$$

$$I_d = 20 \cdot I_B$$

$$R_1 = \frac{E_{CC} - U_B}{I_d} = \frac{12 - 7,7}{100 \cdot 10^{-6}} = 43k\Omega$$

Стандартен: $R_{31} = 43k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_2 = \frac{U_B}{I_d - I_B} = \frac{7,7}{95 \cdot 10^{-6}} = 81k\Omega$$

Стандартен: $R_{32} = 80.6k\Omega \pm 1\%$, 50mW

$$R'_L = R_E \parallel R_L \parallel \frac{1}{h_{22}} = 1518\Omega$$

$$A_U = \frac{1 + h_{21} \cdot R'_L}{h_{11} + (1 + h_{21}) \cdot R'_L} = 0,98$$

$$R_{oA} = \frac{h_{11} + R_G}{1 + h_{21}} \parallel R_E = 50\Omega$$

$$R_{iA} = R_1 \parallel R_2 \parallel [h_{11} + (1 + h_{21}) \cdot R'_L] = 26k\Omega$$

$$C_{b'e} = 8pF \quad C_{b'c} = 3pF \quad C_{Mi} = 5pF$$

$$C_{i0} = C_{b'c} + C_{b'e} \cdot (1 - A_u) + C_{Mi} = 8.16pF$$

$$M_{C1} = M_{C2} = 0,2dB$$

$$C_3 \geq \frac{1}{2\pi f_b \cdot (R_G + R_{iA}) \cdot \sqrt{M_{C1}^2 - 1}} = \frac{1}{3145.32000.0,2} = 44.4nF$$

Стандартен: $C_3 = 62nF \pm 5\%$ /10V

$$\tau_{hi} = [(R_G + r_{bb'}) \parallel R_{iA}] C_{i0} = 1031.19pF = 19,6 \cdot 10^{-9}$$

$$M_{hi} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{hi}^2} = 1$$

$$C_L' = C_L + C_{b'c} + C_{Mo} = 200pF + 12pF + 8pF \approx 220pF$$

$$\tau_{ho} = (R_L \parallel R_{oA}) \cdot C_L' = 1,2 \cdot 10^{-16}$$

$$M_{ho} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{ho}^2} = 1$$

$$M_h = M_{hi} \cdot M_{ho} = 1$$

Второ стъпало: тип – Общ Емитер

Изисквания:

$$\begin{aligned} R_{oA} &= 6k\Omega & R_G &= 6k\Omega \\ R_L &= 26k\Omega & C_{b'e} &= 8pF \\ C_L &= 8pF & C_{b'c} &= 3pF \\ U_o &= 1.53V & r_{bb'} &= 10\Omega \\ A_u &= 7.4 \end{aligned}$$

Избор на работна точка:

$$I_c > 1,2 \frac{U_o}{R_L} = 10\mu A$$

$$I_c = 0.7mA$$

$$U_{CE} > 2,4U_o = 0.5V$$

$$U_{CE} = 5V$$

h параметри за избраната работна точка:

$$\begin{aligned} h_{11} &= 5.94\Omega & h_{21} &= 198 & r_{bb'} &= 10\Omega & S &= 33.3mS \\ h_{12} &= 2.85 \cdot 10^{-4} & h_{22} &= 9.36\mu S \end{aligned}$$

Изчисляване на постояннотоквия режим:

$$R_{oA} = R_C \parallel \frac{1}{h_{22}} = 6k\Omega \Rightarrow R_C = 6.2k\Omega$$

Стандартен: $R_{4C} = 6.2k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_E' = \frac{E_{cc} - U_{CE} - I_c \cdot R_C}{I_c} = \frac{2.66}{0,7 \cdot 10^{-3}} = 3,8k\Omega$$

$$R_L' = R_L \parallel R_C \parallel \frac{1}{h_{22}} = 5k\Omega$$

$$A_u = \frac{SR_L'}{1 + \frac{R_G + r_{bb'}}{h_{11}} + S \cdot R_F} \Rightarrow S \cdot R_F = \frac{SR_L'}{A_u} - \left(1 + \frac{R_G + r_{bb'}}{h_{11}}\right) = \frac{166.5}{7.4} - \left(1 + \frac{6010}{5940}\right) = 20.5$$

$$R_F = \frac{20,5}{S} = 616\Omega \quad \text{Стандартен: } R_{2F} = 560\Omega \pm 5\% \text{ , } 50mW$$

$$A_{UF} = 7,6$$

* R_F определя ООВ по напрежение и колкото стойността му е по-голяма, толкова по дълбока е ООВ.

$$R_E = R_E' - R_F = 3800 - 560 = 3240\Omega$$

Стандартен: $R_{2E} = 3.3k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$C_F = \frac{C_{b'e} + (R_G + r_{bb'})SC_{b'c}}{SC_{b'c}} = 46.8pF$$

Стандартен: $C_{2F} = 47pF \pm 5\%$ /10V

$$U_E = 2,66V; U_{BE} = 0,61V \Rightarrow U_B = 3,65V$$

$$I_B = \frac{I_c}{h_{21}} = \frac{0,7 \cdot 10^{-3}}{198} = 3,5\mu A$$

$$I_o = 21I_B$$

$$R_1 = \frac{E_{CC} - U_B}{21I_B} = \frac{12 - 3,38}{21 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}} = 117k\Omega$$

Стандартен: $R_{21} = 120k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_2 = \frac{U_B}{20I_B} = \frac{3,38}{20,0,7 \cdot 10^{-6}} = 49,5k\Omega$$

Стандартен: $R_{22} = 49,9k\Omega \pm 1\%$, 50mW

$$R_{iA} = R_1 \parallel R_2 \parallel h_{21}R_F \approx 26000\Omega = 26k\Omega$$

$$M_{C1} = 0,2dB$$

$$C_2 \geq \frac{1}{2\pi f_b (R_G + R_{iA}) \sqrt{M_{C1}^2 - 1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 500 \cdot 26100 \cdot 0,2} = 57nF$$

Стандартен: $C_2 = 62nF \pm 5\%$ /10V

$$M_{CE}^2 = 0,2dB$$

$$C_E \geq \frac{S}{2\pi f_b \sqrt{M_{C3}^2 - 1}} = \frac{33,3 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 500 \cdot 0,2} = 48,8\mu F$$

Стандартен: $C_{2E} = 100\mu F \pm 5\%$ /10V

$$C_{i0} = C_{b'e} + C_{b'c}(1 + A_u) = 8pF + 30pF = 38pF$$

$$C_L' = C_L + C_{b'c} + C_{MO} = 8pF + 3,5pF + 8,5pF = 20pF$$

$$\tau_{hi} = [(R_G + r_{bb'}) \parallel R_{iA}] C_{i0} = 1,9 \cdot 10^{-9}$$

$$M_{hi} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{hi}^2} = 1$$

$$\tau_{ho} = (R_L \parallel R_{oA}) C_L' = 1,2 \cdot 10^{-7}$$

$$M_{ho} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{ho}^2} = 1$$

$$M_h = M_{hi} \cdot M_{ho} = 1$$

Изисквания:

$$R_L = 26k\Omega$$

$$R_{iA} = 50\Omega \quad C_{b'e} = 8pF$$

$$C_L = 20pF \quad C_{b'c} = 3pF$$

$$U_o = 24mV \quad r_{bb'} = 10\Omega$$

$$A_u = 1.8$$

Избор на работна точка:

$$R_{iA} = \frac{1}{S} = 50\Omega \Rightarrow S = 20mS$$

$$I_c = 0.6mA$$

$$U_{CE} = 5V$$

h параметри за избраната работна точка:

$$h_{11} = 10\Omega \quad h_{21} = 200 \quad r_{bb'} = 10\Omega \quad S = 20mS$$

$$h_{12} = 2.85 \cdot 10^{-4} \quad h_{22} = 9.36\mu S$$

Изчисляване на постояннотоковия режим:

$$A_U = R_C S = 1.75 \Rightarrow R_C = \frac{A_U}{S} = 87.5\Omega$$

Стандартен: $R_{4C} = 91\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_E = \frac{E_{cc} - U_{CE} - I_C \cdot R_C}{I_C} = \frac{6.95}{0.6 \cdot 10^{-3}} = 11.6k\Omega$$

Стандартен: $R_{1E} = 12k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$U_E = 6.95V; U_{BE} = 0.65V \Rightarrow U_B = 7.6V$$

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21}} = \frac{0.6 \cdot 10^{-3}}{200} = 3\mu A$$

$$I_o = 18I_B$$

$$R_1 = \frac{E_{CC} - U_B}{18I_B} = \frac{12 - 7.6}{18.3 \cdot 10^{-6}} = 82k\Omega$$

Стандартен: $R_{11} = 82k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_2 = \frac{U_B}{20I_B} = \frac{7.6}{17.3 \cdot 10^{-6}} = 149k\Omega$$

Стандартен: $R_{12} = 150k\Omega \pm 5\%$, 50mW

$$R_{oA} = R_C = 91\Omega$$

$$M_{C1} = 0.2dB$$

$$C_1 \geq \frac{1}{2\pi f_b (R_G + R_{iA}) \sqrt{M_{C1}^2 - 1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 500 \cdot 50 \cdot 0.2} = 31.8\mu F$$

Стандартен: $C_2 = 33\mu F \pm 5\%$ /10V

$$M_{CB} = 0.2dB$$

$$C_B \geq \frac{1}{2\pi f_b (R_1 \parallel R_2) \sqrt{\frac{(1+p) - M_{C3}^2}{M_{C3}^2 - 1}}} = 188nF$$

Стандартен: $C_B = 750nF \pm 5\%$ /10V

$$C_{i\partial} = C_{b'e} + C_{b'c}(1 + A_u) = 8pF + 6pF = 14pF$$

$$C_L' = C_L + C_{b'c} + C_{MO} = 8pF + 3.5pF + 8.5pF = 20pF$$

$$\tau_{hi} = [(R_G + r_{bb'}) \parallel R_{iA}] C_{i\partial} = 0,112 \cdot 10^{-9}$$

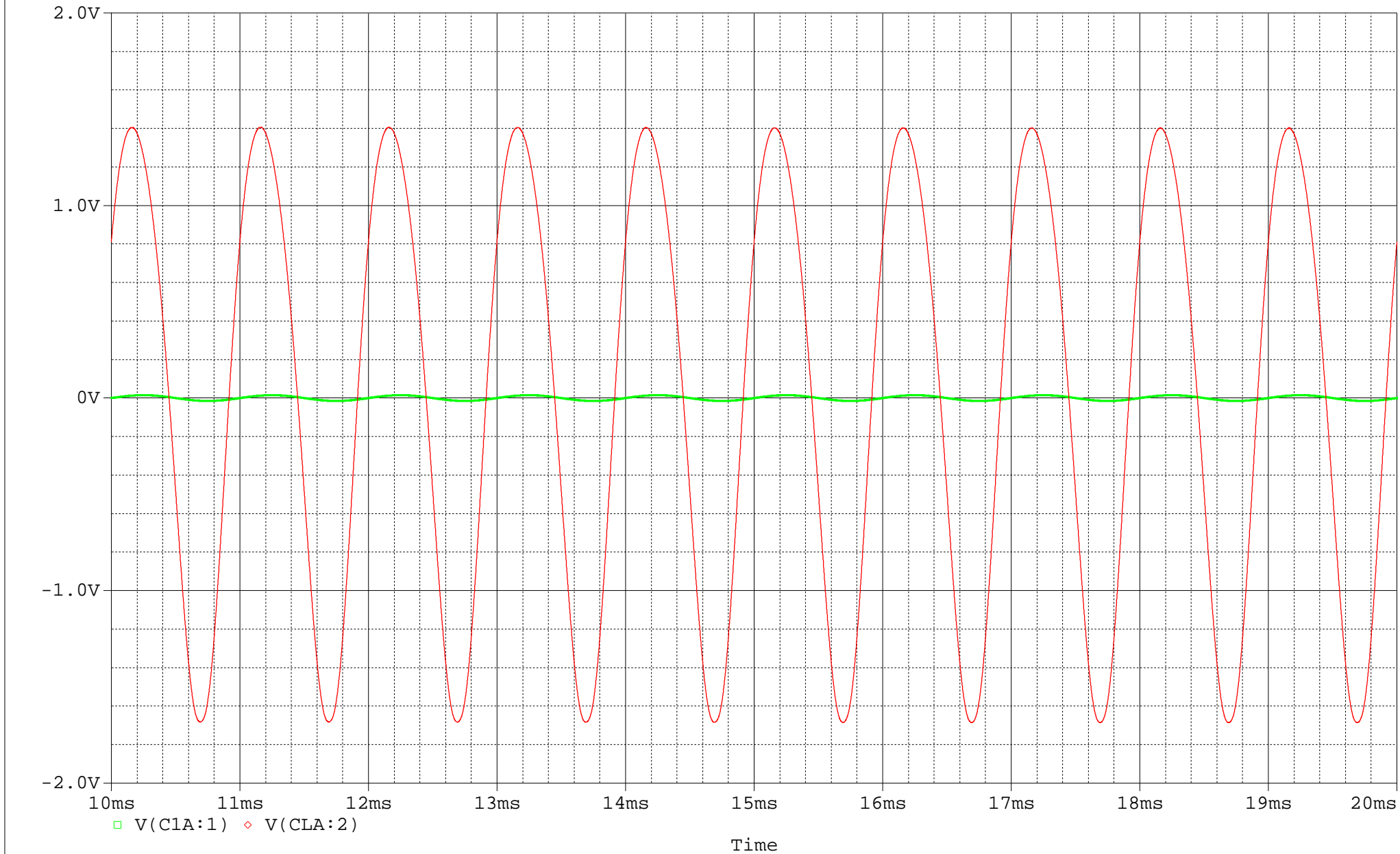
$$M_{hi} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{hi}^2} = 1$$

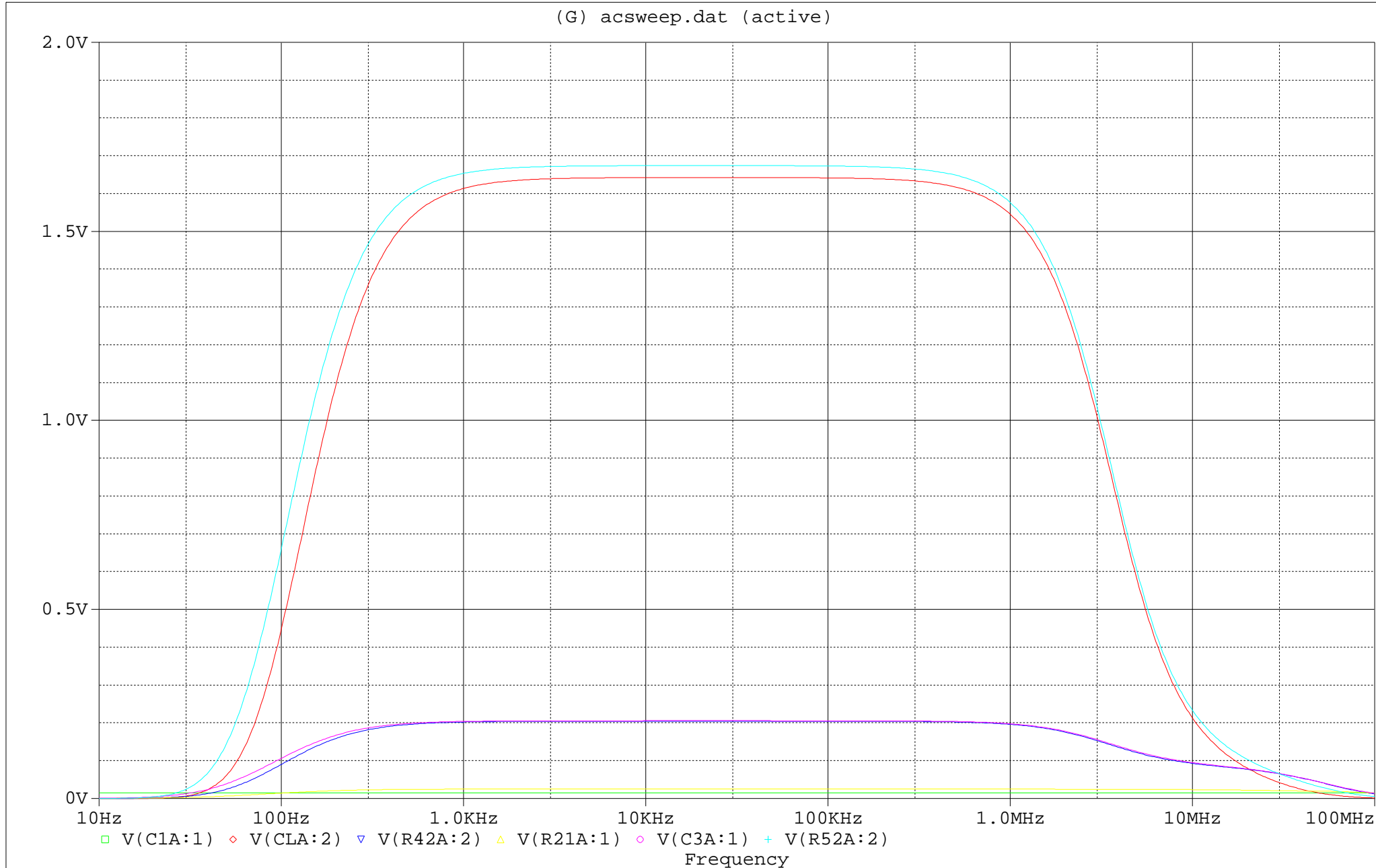
$$\tau_{ho} = (R_L \parallel R_{oA}) C_L' = 1,2 \cdot 10^{-7}$$

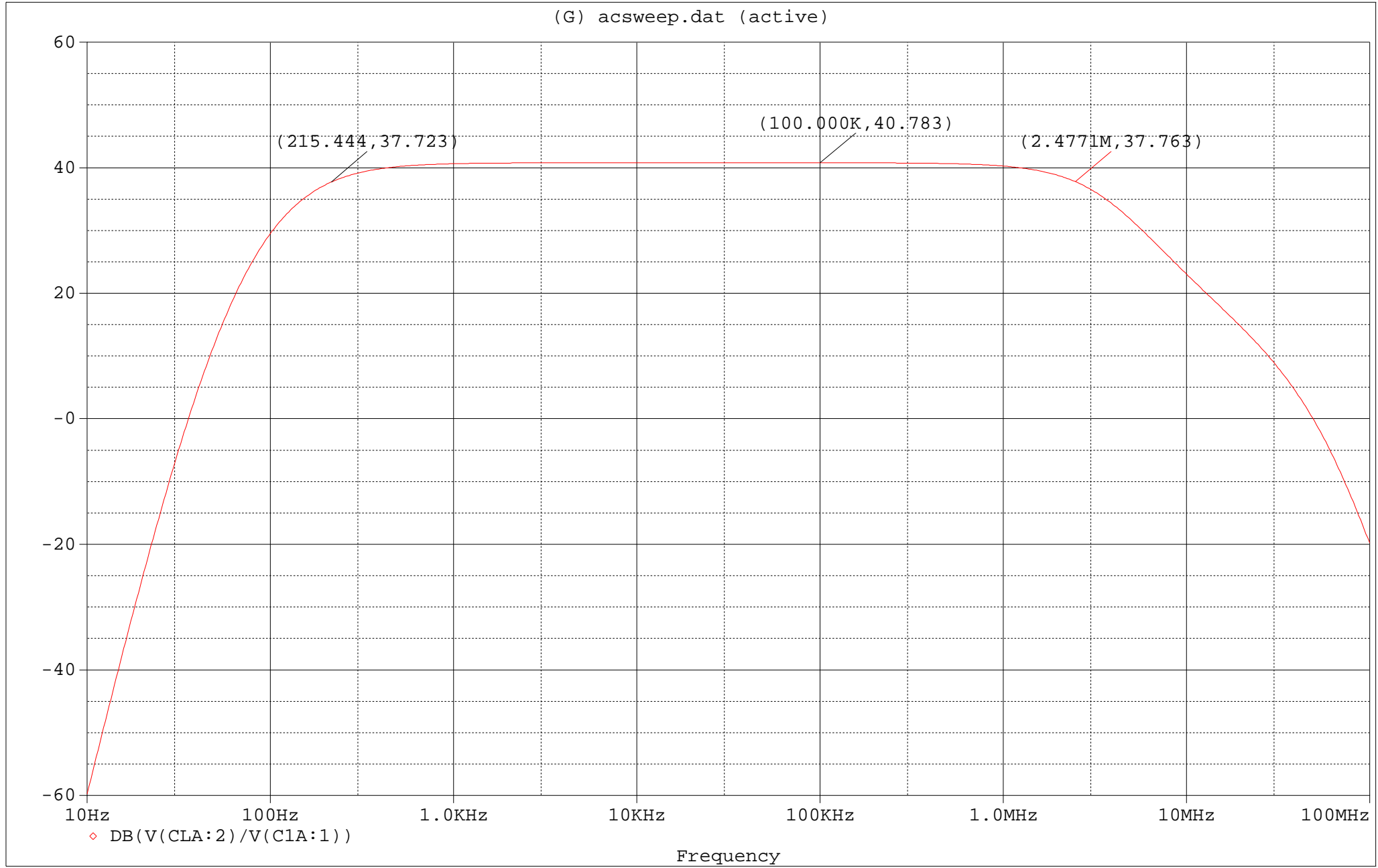
$$M_{ho} = \sqrt{1 + \omega_h^2 \cdot \tau_{ho}^2} = 1$$

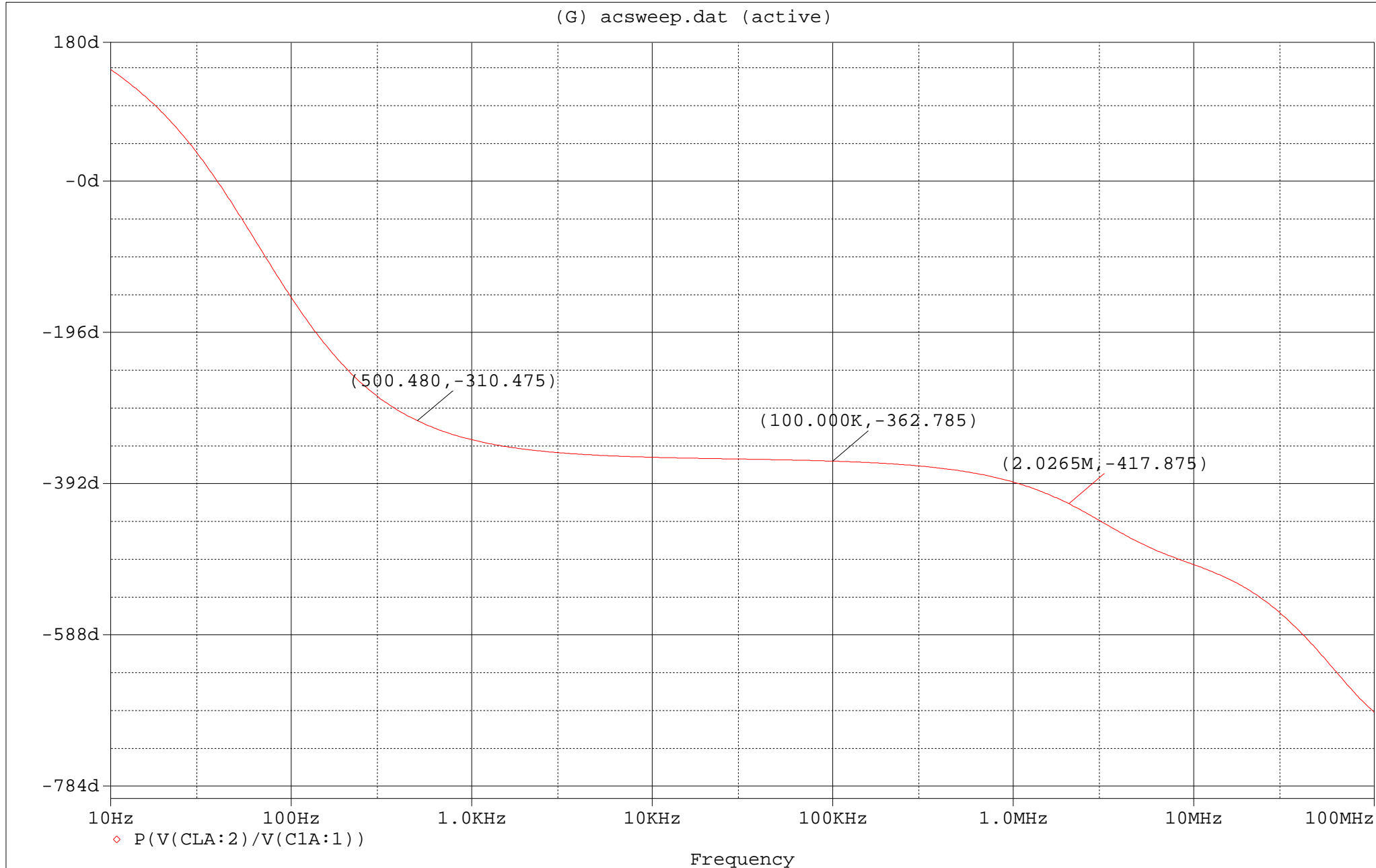
$$M_h = M_{hi} \cdot M_{ho} = 1$$

(A) time domain.dat (active)







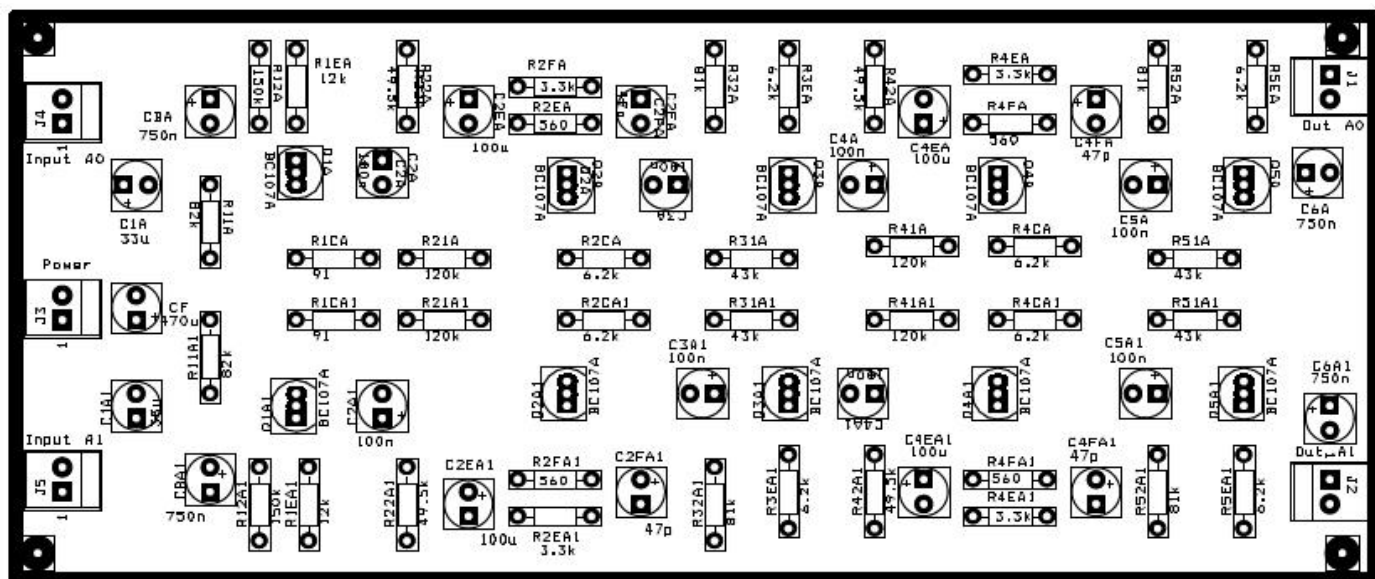


Списък на елементите

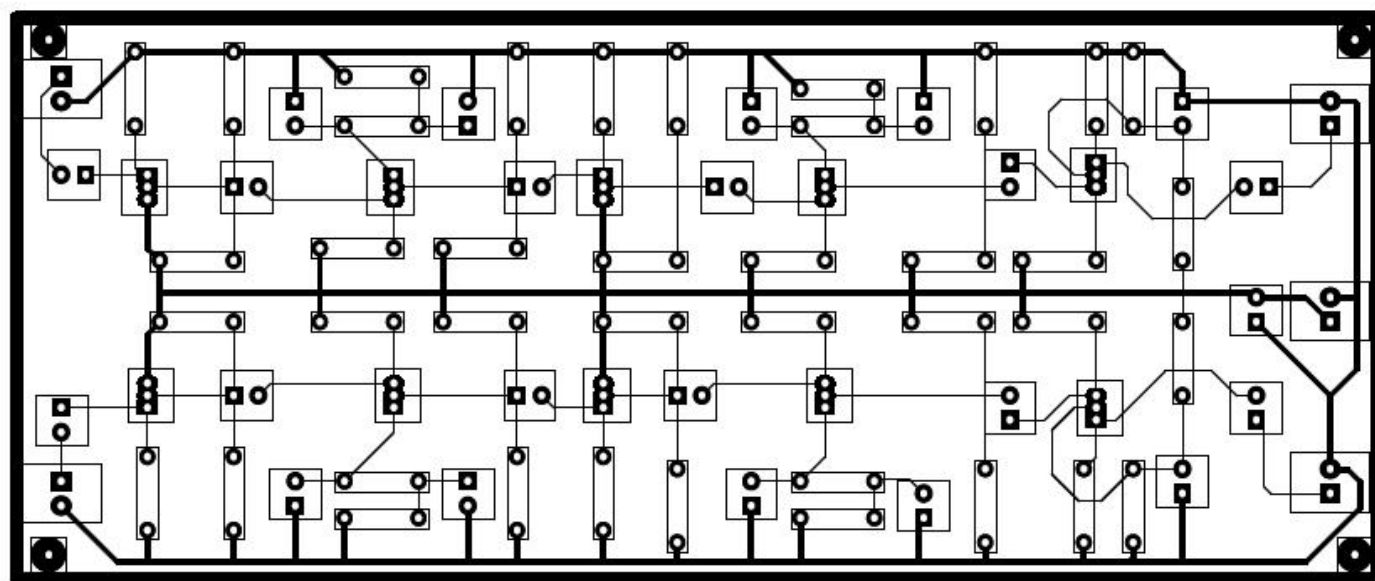
Означение в схемата	Наименование и означение	Кол.	Забележка			
C ₁	Кондензатор електролитен 33μF ±5% 10V	2				
C ₂ , C ₃ , C ₄ , C ₅	Кондензатор керамичен 100nF ±5% 16V	8				
C ₆ , C _B	Кондензатор керамичен 750nF ±5% 16V	4				
C _{2E} , C _{4E}	Кондензатор електролитен 100μF ±5% 10V	4				
C _{2F} , C _{4F}	Кондензатор керамичен 47pF ±5% 16V	4				
C _F	Кондензатор електролитен 470μF ±5% 10V	1				
R ₁₁	Резистор постоянен 82kΩ±5% 125mW	2	P _o >50mW			
R ₁₂	Резистор постоянен 150kΩ±5% 125mW	2	P _o >50mW			
R _{1C}	Резистор постоянен 91Ω±5% 125mW	2	P _o >50mW			
R _{1E}	Резистор постоянен 12kΩ±5% 125mW	2	P _o >50mW			
R ₂₁ , R ₄₁	Резистор постоянен 120kΩ±5% 125mW	4	P _o >50mW			
R ₂₂ , R ₄₂	Резистор постоянен 49,9kΩ±1% 125mW	4	P _o >50mW			
R _{2C} , R _{3E} , R _{4C} , R _{5C}	Резистор постоянен 6.2kΩ±5% 125mW	8	P _o >50mW			
R _{2F} , R _{4F}	Резистор постоянен 560Ω±5% 125mW	4	P _o >50mW			
R _{2E} , R _{4E} ,	Резистор постоянен 3,3kΩ±5% 125mW	4	P _o >50mW			
R ₃₁ , R ₅₁	Резистор постоянен 43kΩ±5% 125mW	4	P _o >50mW			
R ₃₂ , R ₅₂	Резистор постоянен 80,6kΩ±1% 125mW	4	P _o >50mW			
Q ₁ , Q ₂ , Q ₃ , Q ₄ , Q ₅	Транзистор Биполярен BC107A каталог „Siemens electronics“	10				
ТУ-София	Разработил Илиев	Наименование, доп.наименование Двуканален широколентов усилвател	Awb 00 002 A			
	Одобрил Проф. Филипов		Изм.	Дата на изд. 2010-05-25	Език BG	Лист 1/1

Печатна Платка

Страна Елементи:



Страна Спойки:



Размерите на платката са 140/60 mm

Реализация на схемата чрез методите на дебелослойната технология

В най-общи линии при слойната техника върху материал от диелектрик, наречен подложка се реализират пасивни елементи чрез нанасянето на различни слоеве от пасти с определени физични и електрически свойства. Активните елементи се добавят допълнително чрез спояване.

Пастите, които се нанасят чрез пресоване върху подложката, се изграждат от няколко компонента - пластификатори, разтворители, функционални съставки, определящи поведението на пастата и стъклената маса (основната съставка). За провеждащи шини, електроди, контактни площадки, индуктивности се прибавят функционални съставки, осигуряващи добра проводимост. При **съпротивителните пасти** тази съставка се състои от метали и метални окиси, главно от платиновата група, понякога с прибавка на сребро. **Диелектричните пасти** са изградени главно на базата на различни титанови стъкла, които се характеризират с голяма диелектрична константа и осигуряват добра разсейвана мощност.

За гарантиране на точно зададените стойности на съпротивленията и кондензаторите (за съпротивленията от 1 до 10%, а за кондензаторите от 10 до 30%) се използват различни технологични варианти, като отнемане от материала с помощта на струйна механична обработка (шлайфане), обработка с помощта на лазерен лъч и др. Трябва да се има пред вид, че при това стойността на кондензатора става по-малка, а на съпротивлението - по-голяма.

Резисторите и кондензаторите се оразмеряват като за база се избира листовото съпротивление (съответно капацитетът на квадрат), като по-нататък се изчислява необходимата стойност. Чрез подходящ избор на специфичното съпротивление в дебелослойната технология може да се гарантира необходимата стойност на листовото съпротивление, така че след хомогенизиране и синтероване на пастата да бъде реализирана необходимата стойност.

Изчисляване на резисторите по дебелослойната технология:

Резисторите се проектират с 70% от номиналната им стойност за да се позволи донастройката им (при отнемане на материал съпротивлението нараства) - $R_i = 0,7 R$

R	Стойност	R _i	0,3R _i	3R _i
R ₁₁	82000	57400	17220	172200
R ₁₂	150000	105000	31500	315000
R _{1C}	91	63,7	19,11	191,1
R _{1E}	12000	8400	2520	25200
R ₂₁ , R ₄₁	120000	84000	25200	252000
R ₂₂ , R ₄₂	49900	34930	10479	104790
R _{2C} , R _{3E} , R _{4C} , R _{5C}	6200	4340	1302	13020
R _{2F} , R _{4F}	560	392	117,6	1176
R _{2E} , R _{4E} ,	3300	2310	693	6930
R ₃₁ , R ₅₁	43000	30100	9030	90300
R ₃₂ , R ₅₂	80600	56420	16926	169260

Разпределение на резисторите по групи в зависимост от листовото съпротивление:
 $0,3R_i < R_S < 3R_i$

Съпротивление на пастата R_S	Резистори
100	R_{1C}
1000	$R_{2F}, R_{4F}, R_{2E}, R_{4E}$
10000	$R_{1E}, R_{2C}, R_{3E}, R_{4C}, R_{5C}$
100000	$R_{11}, R_{12}, R_{21}, R_{41}, R_{22}, R_{42}, R_{32}, R_{52}, R_{31}, R_{51}$

Изчисляваме коефициента на формата, широчина, дължина и площ на резистора:

R	Стойност	R_i, Ω	R_s, Ω	P_i, W	Kf	b, mm	l, mm	S, mm ²
R_{11}	82000	57400	100000	0,0003391	0,574	0,443759	0,254718	0,113033
R_{12}	150000	105000	100000	0,0003823	1,05	0,348375	0,365794	0,127433
R_{1C}	91	63,7	100	0,00003026	0,637	0,125836	0,080157	0,010087
R_{1E}	12000	8400	10000	0,004038	0,84	1,265852	1,063316	1,346
R_{21}, R_{41}	120000	84000	100000	0,0006226	0,84	0,497055	0,417526	0,207533
R_{22}, R_{42}	49900	34930	100000	0,0002276	0,3493	0,466043	0,162789	0,075867
R_{2C}, R_{4C}	6200	4340	10000	0,003084	0,434	1,539046	0,667946	1,028
R_{3E}, R_{5C}	6200	4340	10000	0,007955	0,434	2,471807	1,072764	2,651667
R_{2F}, R_{4F}	560	392	1000	0,0002819	0,392	0,489603	0,191924	0,093967
R_{2E}, R_{4E}	3300	2310	1000	0,001661	2,31	0,489574	1,130916	0,553667
R_{31}, R_{51}	43000	30100	100000	0,000439	0,301	0,69725	0,209872	0,146333
R_{32}, R_{52}	80600	56420	100000	0,0007255	0,5642	0,654699	0,369381	0,241833

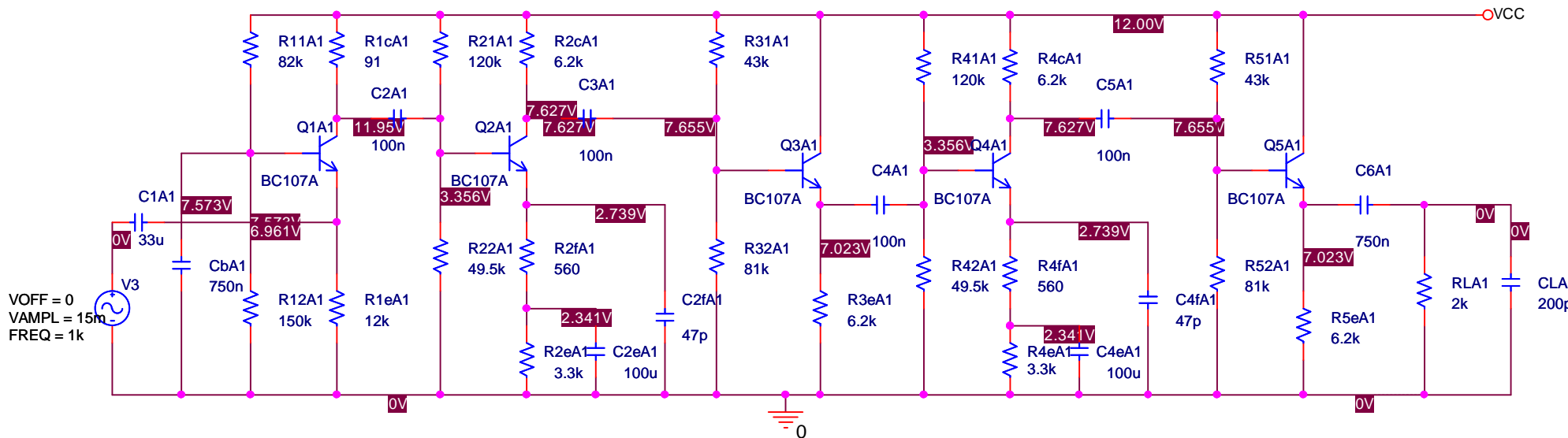
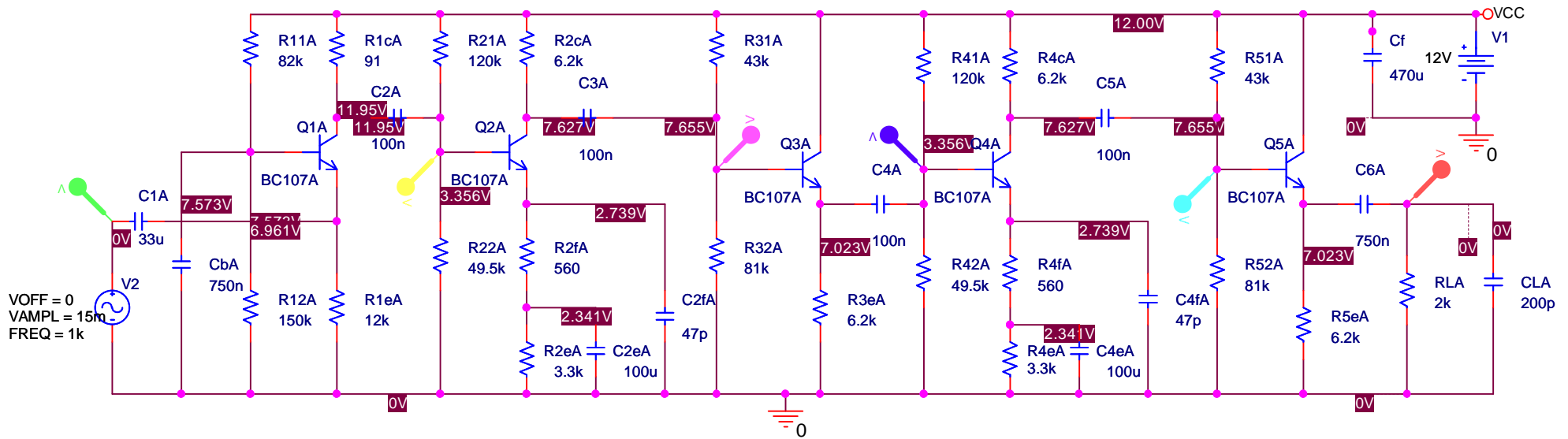
Определя се формата на резисторите - тъй като $K\phi < 10$, всички резистори са с форма на правоъгълник.

Електролитните кондензатори се изнасят от пладката, като на тяхно място се поставят подходящи конектори с SMD монтаж които позволяват да бъдат присъединение допълнително.

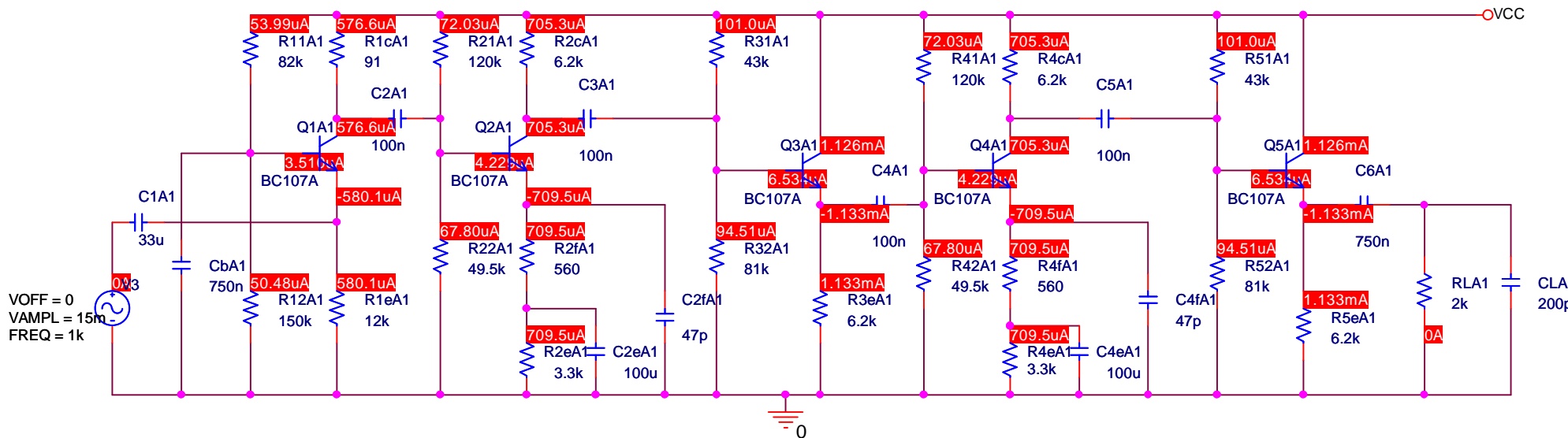
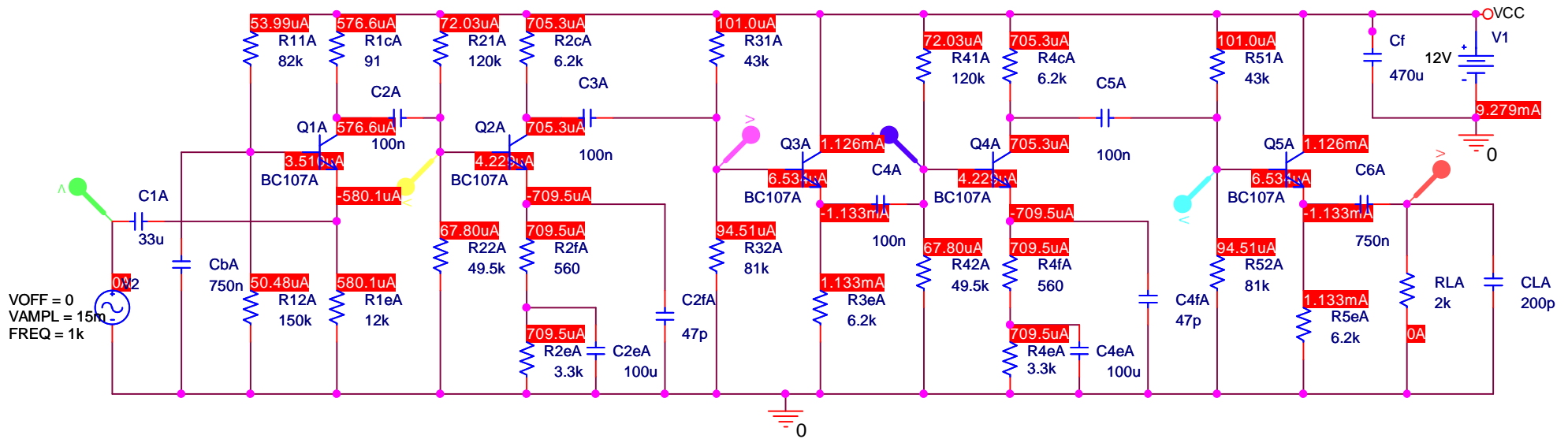
Неелектролитните кондензатори са в корпуси за SMD монтаж.

Транзисторите са в корпус SOT23.

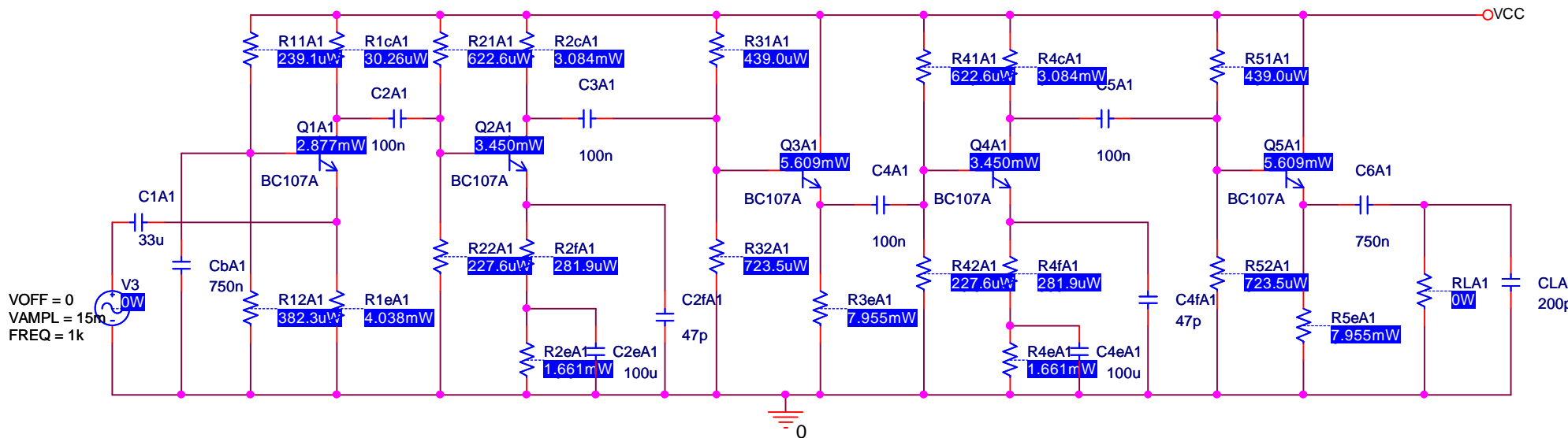
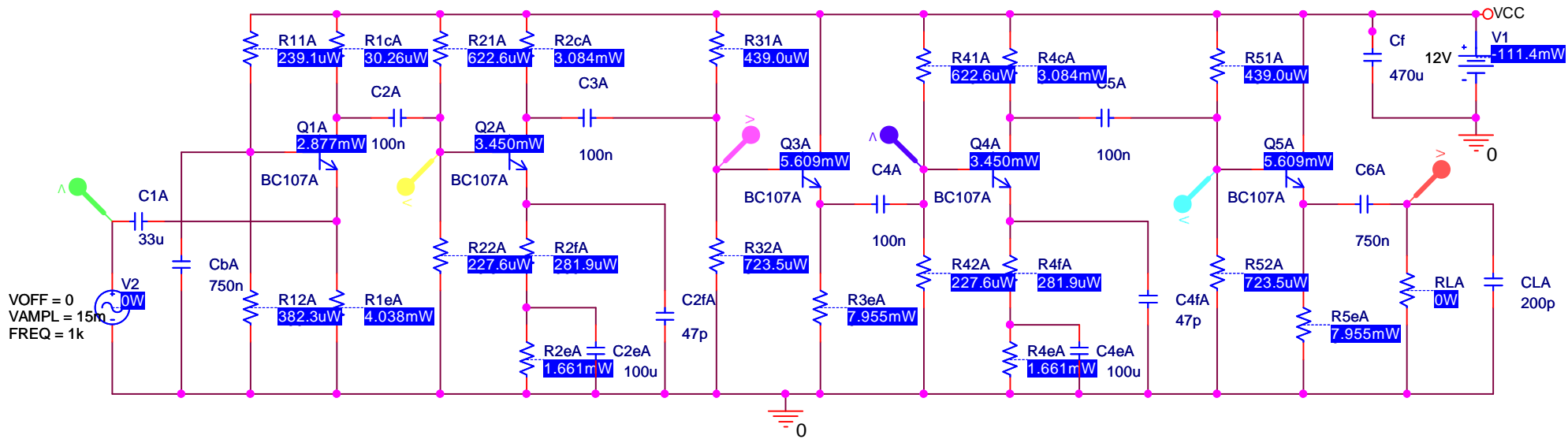
Мощността на резисторите снемат от симулационните данни:



Title		
Dual Line Wide Band Amplifier		
Size	Document Number	Rev
A	Awb 00 002 A	<RevCode>
Date:	Wednesday, May 26, 2010	Sheet 1 of 1

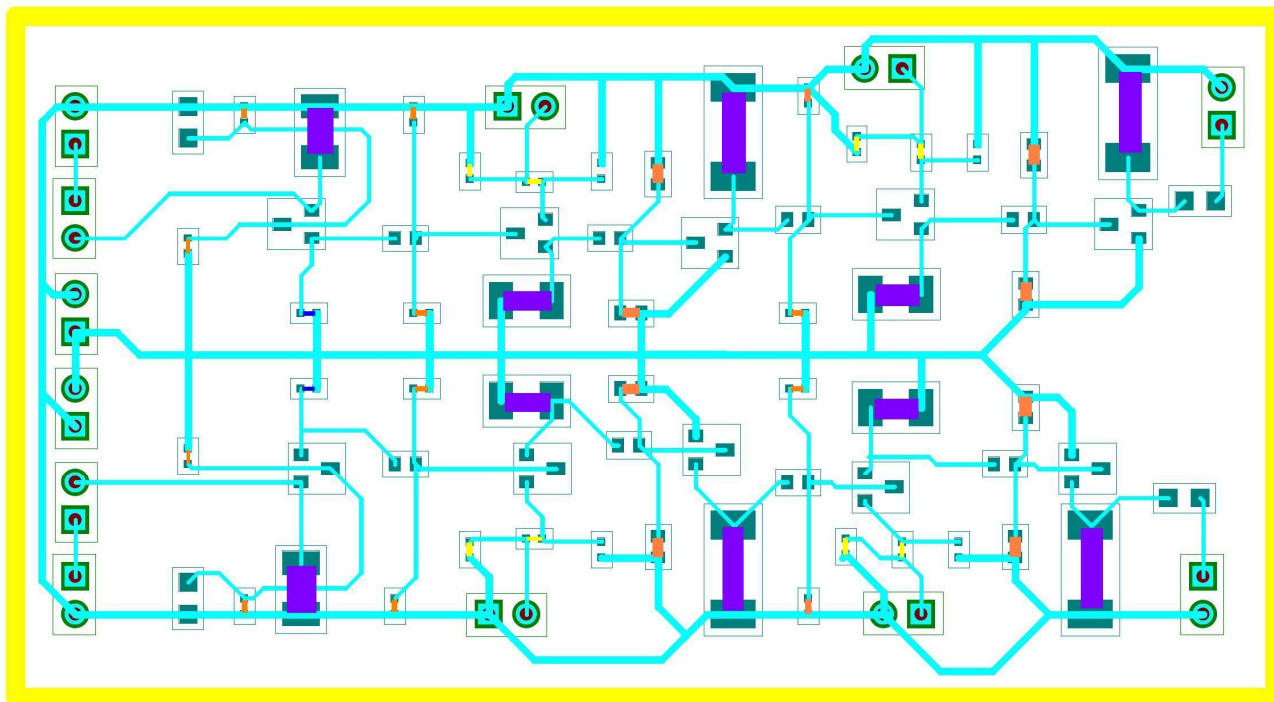


Title		
Dual Line Wide Band Amplifier		
Size	Document Number	Rev
A	Awb 00 002 A	<RevCode>
Date:	Wednesday, May 26, 2010	Sheet 1 of 1



Title		
Dual Line Wide Band Amplifier		
Size	Document Number	Rev
A	Awb 00 002 A	<RevCode>
Date:	Wednesday, May 26, 2010	Sheet 1 of 1

Печатен оригинал за хибридна схема:



Размера на платката е 85/46 mm (дадената фигура е в мащаб 2:1)

Използвана Литература:

1. Конструкция и технология на полупроводникови прибори – Ф. Филипов
2. Конструирание, технология и надеждност на радио- и съобщителна апаратура – Лидия Йорданова
3. Ръководство за курсово проектиране по електронни аналогови схеми и устройства – Златаров, Донева, Стаменов, Нихтянов, Аспарухова, Георгиев
4. Ръководство за лабораторни упражнения – Донева, Стаменов, Пандиев, Аспарухова, Якимов
5. Аналогова схемотехника – 1 – Пандиев, Донева, Стаменов
6. Спецификации - <http://alldatasheet.com/>