НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

**КУРСОВА РОБОТА**

з дисципліни: Схемотехніка аналогової та цифрової радіоелектронної апаратури

на тему: Підсилювач аудіо сигналу з функцією посилення низьких частот

Студента II курсу групи ДК-52

Напряму підготовки:  Радіоелектронні апарати

Спеціальності: Радіоелектронні апарати та засоби

\_\_\_ Лисенко А.С.

 (прізвище та ініціали)

Керівник:

\_ ст. викл., к.т.н. Короткий Є.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна оцінка:  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_        \_\_\_ст. викл., к.т.н. Короткий Є.В.\_\_\_

                                           (підпис)                      (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

                         \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_        \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

                                           (підпис)                       (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ – 2017 рік

ЗМІСТ

Вступ……………………………………………………………………………..3

Перелік умовних скорочень………………..…………………………………..5

Розділ 1. Вибір та дослідження принципової схеми приладу…………..……6

1.1. Принцип роботи та характеристики мікросхеми LM386.……………………………………………………………..……….6

Розділ 2. Розрахунок характеристик приладу. ………………………………11

Розділ 3. Моделювання роботи приладу……………………………………..15

Розділ 4. Розробка та дослідження конструкцій приладу…………………...20

Висновки………………………………………………………………………..24

Список використаних джерел………………………………………………....26

**ВСТУП**

Дана схема призначена для посилення аудіо звуку за допомогою універсальної і відомої інтегральної мікросхеми LM386.

Перевагою даного підсилювача є чудовий звук без сторонніх шумів і завад. Також в даній схемі присутнє додаткове керування рівнем низьких частот для більш якісного звучання.

Варто відзначити що, більшість значень компонентів в цій схемі не є критичним. Якщо у вас немає певного номіналу, спробуйте замінити на щось близьке і це буде працювати.

Метою проекту є вивчення принципової роботи ІС LM386 в якості основного компоненту аудіо підсилювача та виготовлення приладу, який на вхід буде приймати звуковий аудио сигнал та підсилювати його от 20 до 200 раз.

Завданням курсової роботи є:

* Вивчення принципової роботи ІС LM386 та застосування її в схемі підсилювач аудіо з функцією посилення низьких частот.
* Розрахувати амплітудно-частотну характеристику даного пристрою.
* Провести моделювання схеми та порівняти результати теоретичних розрахунків з практичними.
* Здійснити монтаж компонентів на макетну плату та перевірити роботу пристрою.

У першому розділі розглянуто принцип роботи інтегральної мікросхеми та принцип роботи аудіо підсилювача.

У другому розділі проведено розрахунок амплітудно-частотної характеристики.

Третій розділ включає в себе моделювання роботи приладу за допомогою програмного засобу LTSpice та наведено малюнки, характеристики приладу.

У четвертому розділі наведено зображення готової конструкції приладу та показано експериментальні характеристики приладу.

Перелік умовних скорочень

ІС – інтегральна мікросхема.

АЧХ –амплітудно-частотна характеристика

РОЗДІЛ 1

ВИБІР ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИЛАДУ

1.1 Принцип роботи та характеристики мікросхеми LM386

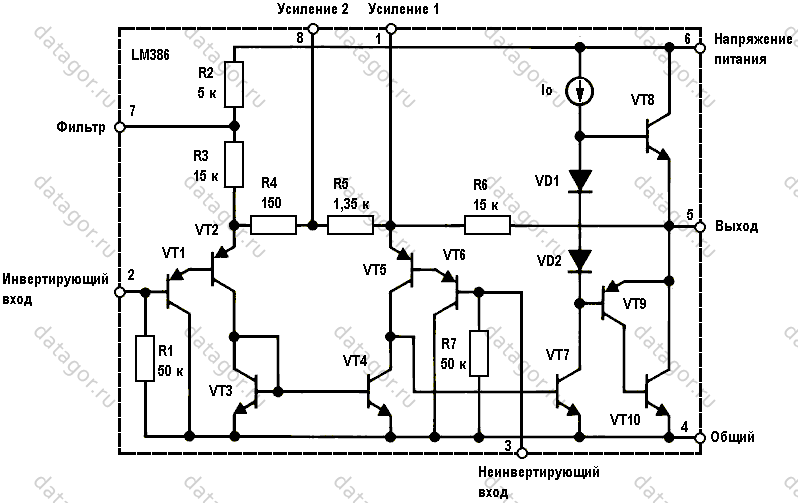
Спочатку розглянемо принцип роботи мікросхеми LM386.

LM386 дуже поширена інтегральна схемою (ІС) звукового підсилювача потужності, яку виробляє компанія National Semiconductor (зараз повністю входить до складу Texas Instruments). Напруга живлення мікросхеми може бути в межах від 4 до 12 В, а споживаний струм спокою становить всього 4 мА, що є ідеальним для більшості аудіо-проектів, одержуючих живлення від батареї. Підсилювач розвиває вихідну потужність 0,5 Вт при напрузі живлення 9 В і опорі навантаження 8 Ом. Коефіцієнт за потужністю цієї інтегральної мікросхеми може бути легко обраний від 20 до 200 за допомогою двох зовнішніх елементів, а її вихідна напруга автоматично встановлюється рівним половині напруги живлення.

На рис.1.1 зображена функціональна схема LM386. На ній транзистори структури p-n-p VT1, VT2 і VT5, VT6 утворюють диференційний підсилювач, в якому кожен з входів з'єднаний із загальним проводом через резистори R1 і R2, які визначають типовий вхідний опір 50 кОм.

Навантаженням диференціального підсилювача є струмове дзеркало на транзисторах VT3, VT4, а вихід (транзистор VT5) з'єднаний з входом підсилювача напруги VT7, включеного за схемою з загальним емітером. У ланцюг колектора VT7 послідовно включені діоди VD1, VD2, що служать для створення зсуву на базах вихідного каскаду, і джерело струму Io.

Підсилювач потужності працює в класі АВ і виконаний на транзисторах VT8 - VT10, включених по схемі із загальним колектором, тому коефіцієнт підсилення вихідного каскаду по напрузі близький до одиниці.

Рис.1.1 Функціональна схема низьковольтного аудіо підсилювача LM386

Резистори R2 і R3 задають струм транзисторів диференціального підсилювача. Точка з'єднання резисторів R2 і R3 виведена на зовнішній вивід мікросхеми (вивід 7), призначений для підключення зовнішнього фільтруючого конденсатора.

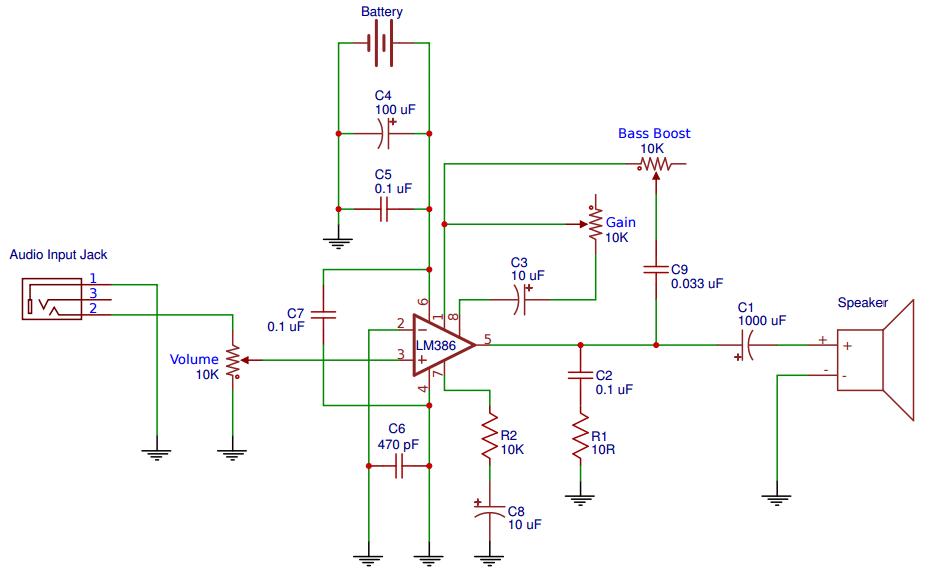
Емітери транзисторів диференціального каскаду VT2 і VT5 включені дещо нестандартно: не пов'язані один з одним, а містять резистори негативного зворотного зв'язку. Два з них - R4 і R5 послідовно включені між емітером VT2 і VT5, а третій - R6, підключений до емітера VT5 і виходу вихідного каскаду (емітери VT8, VT9).

Вивід емітера VT5 і точка з'єднання резисторів R4, R5 виведені на зовнішні виводи мікросхеми (виводи 1 і 8 відповідно) і призначені для встановлення необхідного коефіцієнта посилення, який може варіюватися в діапазоні від 20 до 200. Якщо закоротити виводи 1 і 8 по змінному струму за допомогою зовнішнього конденсатора, то опір внутрішнього резистора R5 приймаємо рівним нулю, і повне посилення по напрузі складе 200. Без конденсатора між контактами 1 і 8, коефіцієнт посилення по напрузі буде 20.

Основні технічні характеристики мікросхеми LM386:

1. Вихідна потужність, Pвих = від 250 до 500 МВт,
2. Опір навантаження, Rн = 8 Ом.
3. Коефіцієнт посилення, Ku = від 26 до 46 дБ,
4. Полоса частот, B = від 20 Гц до 60 кГц,
5. Вхідний опір, Rвх = 50 кОм,
6. Коефіцієнт гармонік, Kг = 0,2%,
7. Напруга живлення, Uп = від 4 до 12 В,
8. Струм спокою, Io = 4 мА.

Розглянемо принципову схему приладу який потрібно буде виготовити та пояснимо призначення кожного компонента. Принципова схема показана на Рис.1.2.

 Рис.1.2 Принципова схема приладу

Компоненти:

1. Конденсатор C6 ємністю 470 пФ між інвертуючим входом (2) і землею (4) фільтрує радіозавади з дротів аудиовхода.
2. Конденсатор С4 з ємністю 100 мкФ між позитивними і негативними шляхами живлення буде фільтрувати низькочастотний шум, а конденсатор С5 з ємністю 0,1 мкФ буде фільтрувати високочастотний шум.
3. Конденсатор С7 з ємністю 0,1 мкФ між виводами 4 і 6, є додатковою розв'язкою між джерелом живлення і мікросхемою.
4. Резистор R2 з опором10 кОм і конденсатор C8 з ємністю10 мкФ послідовно включені між контактом 7 і землею для усунення вхідного аудіосигналу.
5. *Gain* - це посилення вхідного потенціалу і воно є характеристикою підсилювача. *Volume* дозволяє регулювати рівень звуку в діапазоні посилення, встановленому коефіцієнтом посилення. *Gain* встановлює діапазон можливих рівнів гучності. Наприклад, якщо ваш коефіцієнт посилення дорівнює 20, то діапазон гучності дорівнює від 0 до 20. Якщо ваш коефіцієнт посилення дорівнює 200, то діапазон гучності становить від 0 до 200. Управління посиленням може бути досягнуто підключенням конденсатора С3 з ємністю 10 мкФ між контактами 1 і 8. Без конденсатора між контактами 1 і 8 коефіцієнт посилення буде дорівнює 20. При використанні конденсатора з ємністю 10 мкФ коефіцієнт посилення буде встановлений на 200. Коефіцієнт посилення можна змінити на будь-яке значення між 20 і 200 шляхом розміщення потенціометра (*Gain*) послідовно з конденсатором.
6. Конденсатор С9 з ємністю 0.033 мкФ і потенціометр (*Bass Boost*) 10 кОм підключені послідовно між контактами 1 і 5 утворюють фільтр низьких частот який не пропускає високі частоти.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИЛАДУ

Було завдання розрахувати амплітудно-частотну характеристику нашого приладу.

Для початку розрахуємо коефіцієнт підсилення нашої інтегральної мікросхеми. На малюнку видно, що посилення диференціального підсилювача що складаються з транзисторів (Q2, Q4) регулюється двома резисторами посилення 1.35K + 150Ω (R5 + R5). Зовнішні контакти 1 і 8 забезпечують доступ для регулювання посилення від 20 до 200.

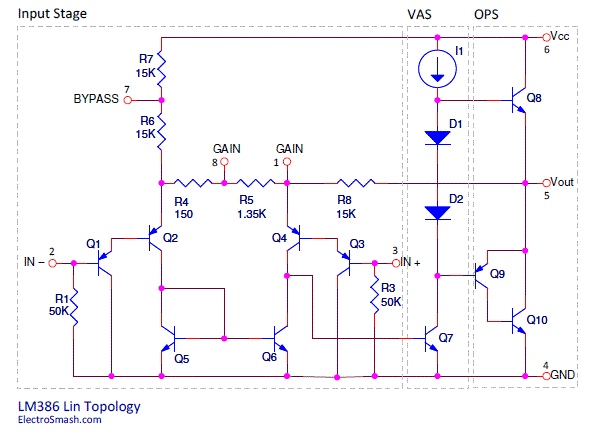


Рис.2.1. Схема підсилювача Lm386

Посилення напруги можна розрахувати в умовах спокою (без застосування вхідного сигналу) наступним чином:

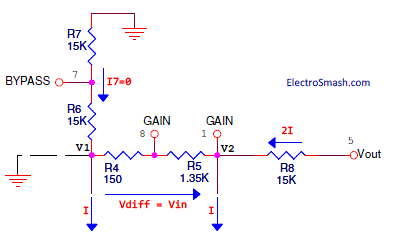


Рис.2.2. Частина схеми для розрахунку

Напруга на резисторах R4 і R5 (Vdiff) - це диференціальна вхідна напруга (Vin), оскільки напруга на базі-емітері падає в транзисторах PNP (Q1, Q2, Q3 і Q4) однаково на кожній стороні диференціального підсилювача.

Дзеркало струму, утворене транзисторами Q5 і Q6, генерує рівні струми по обидва боки диференціального підсилювача. Цей струм називається «I». Через дзеркало, інтенсивність струму через резистор R8 дорівнює 2I. Нехтуємо струмом (I7) який проходить через два резистора R6, R7 (15kΩ), так як вони мають великий імпеданс в порівнянні з іншими портами схеми. Таким чином:

На Рис.2.2. видно, що якщо i7 = 0, то:

Тобто:

З цього виразу випливає:

Ця формула також може бути переписана більш загальним чином:

Де і - опір між відповідними виходами.

Тепер розрахуємо для всієї схеми. Для початку треба порахувати коефіцієнт посилення на вході. Так як потенціометр - це подільник напруги то:

Тобто

Підставляємо значення у Mathcad і отримаємо Рис.2.3(а)., Рис.2.3(б).

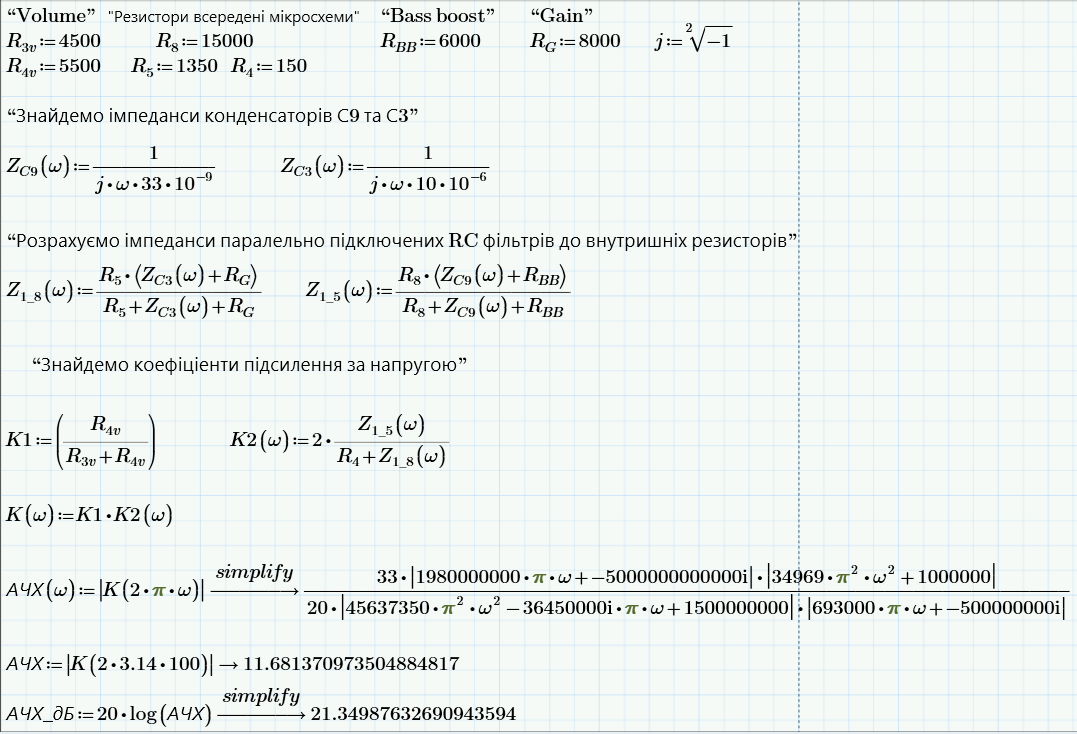


Рис.2.3(а). Розрахунок АЧХ для 100 Гц у програмному забезпечені Mathcad

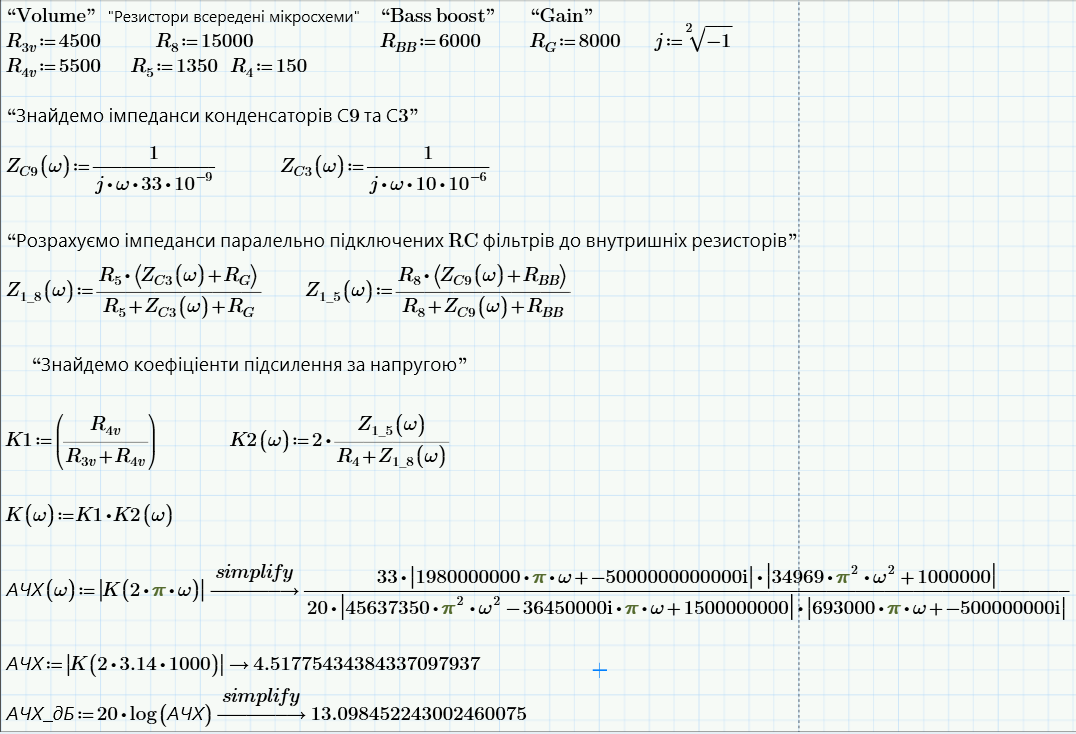


Рис.2.3(б). Розрахунок АЧХ для 1 кГц у програмному забезпечені Mathcad

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИЛАДУ

Необхідно провести моделювання роботи приладу, яке покаже коректність проведених розрахунків. Це потрібно для того щоб не витрачати час на конструювання приладу в реальності, а провівши моделювання зробити певні висновки.

Моделювання будемо проводити в програмі LTSpice. Дане програмне забезпечення дуже просте в користуванні і має багатий функціонал. Воно має велику популярність і як висновок не маленьку бібліотеку з різними компонентами. Це дозволяє за короткий проміжок часу провести необхідні моделювання і побачити, які процеси відбуваються в певних ділянках схеми.

Моделювання проводимо наступним чином:

1. Будуємо схему зображену на Рис.1.2.
2. Подаємо на вхід аудіо файл який бажаємо посилити.
3. На виході порівнюємо сигнал з вхідним.
4. Виконуємо швидке перетворення Фур’є.
5. Будуємо амплітудно-частотну характеристику пристрою для порівняння з теоретичними розрахунками.

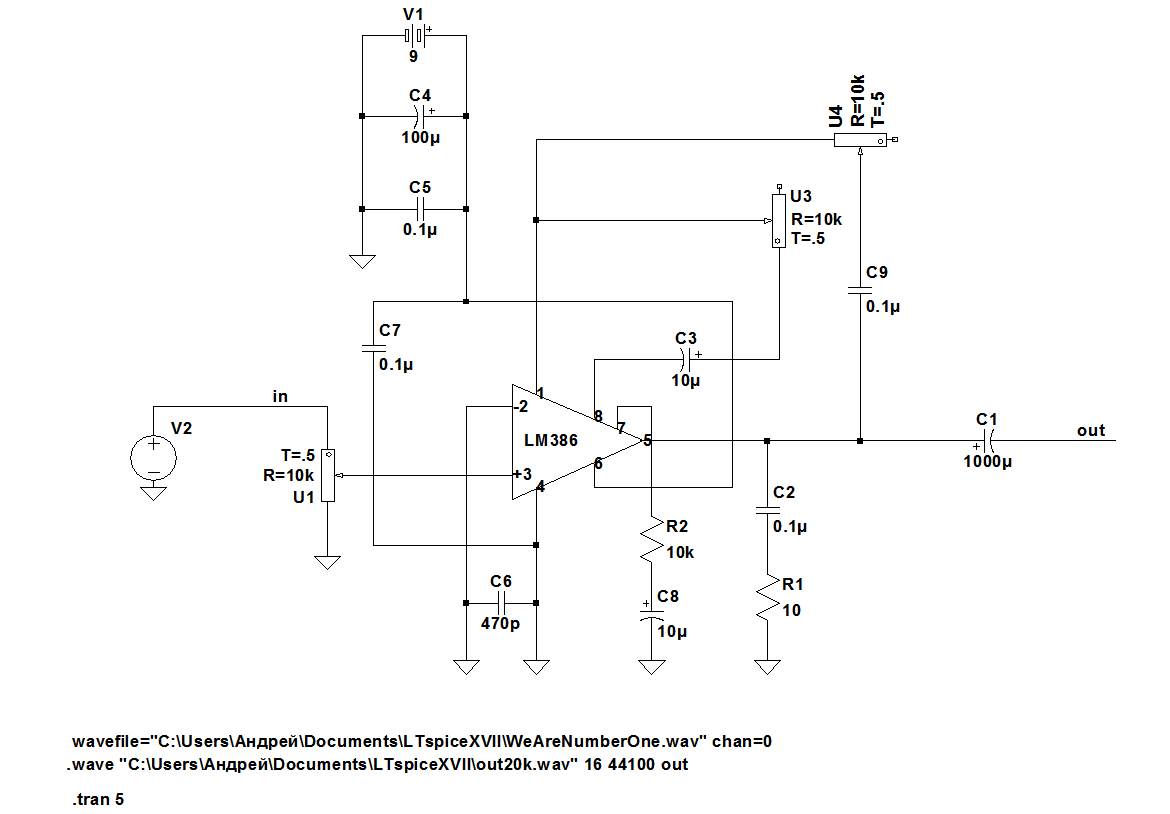


Рис.3.1. Скріншот схеми в LTSpice

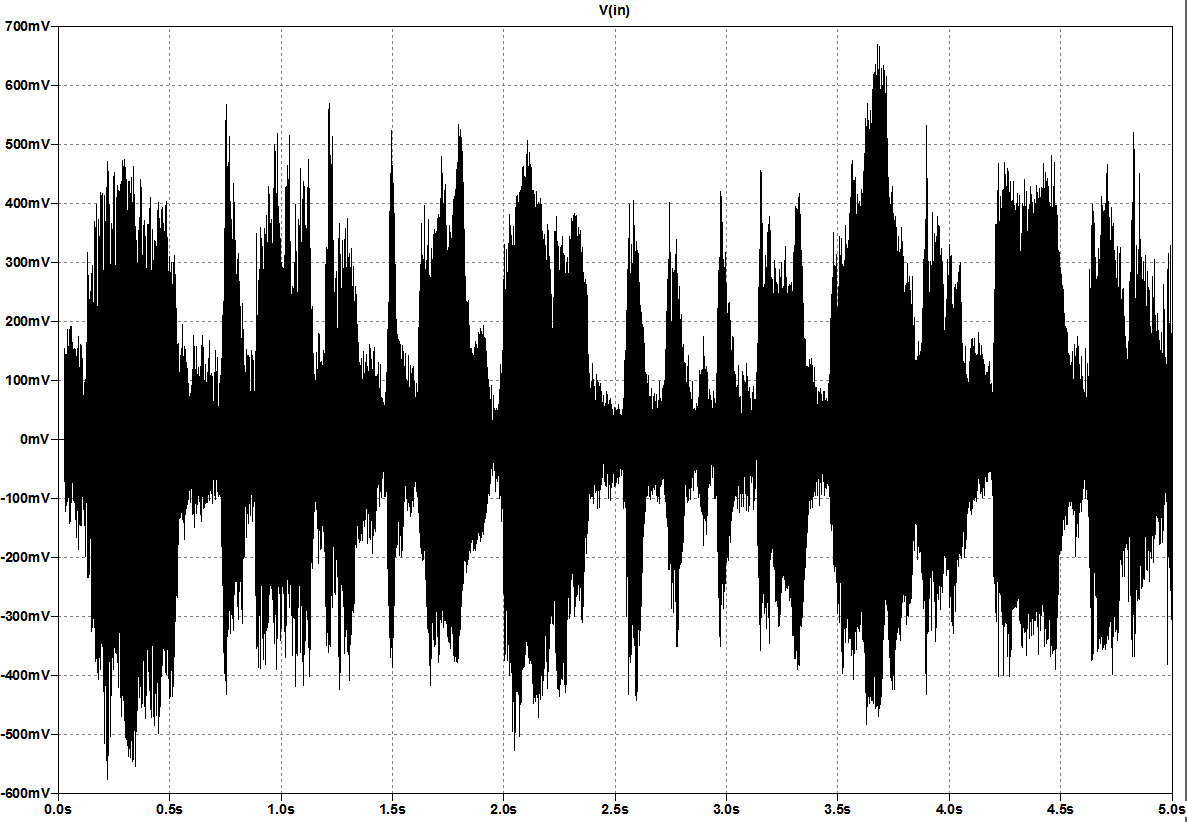


Рис.3.2(а). Скріншот вхідного сигналу в LTSpice.

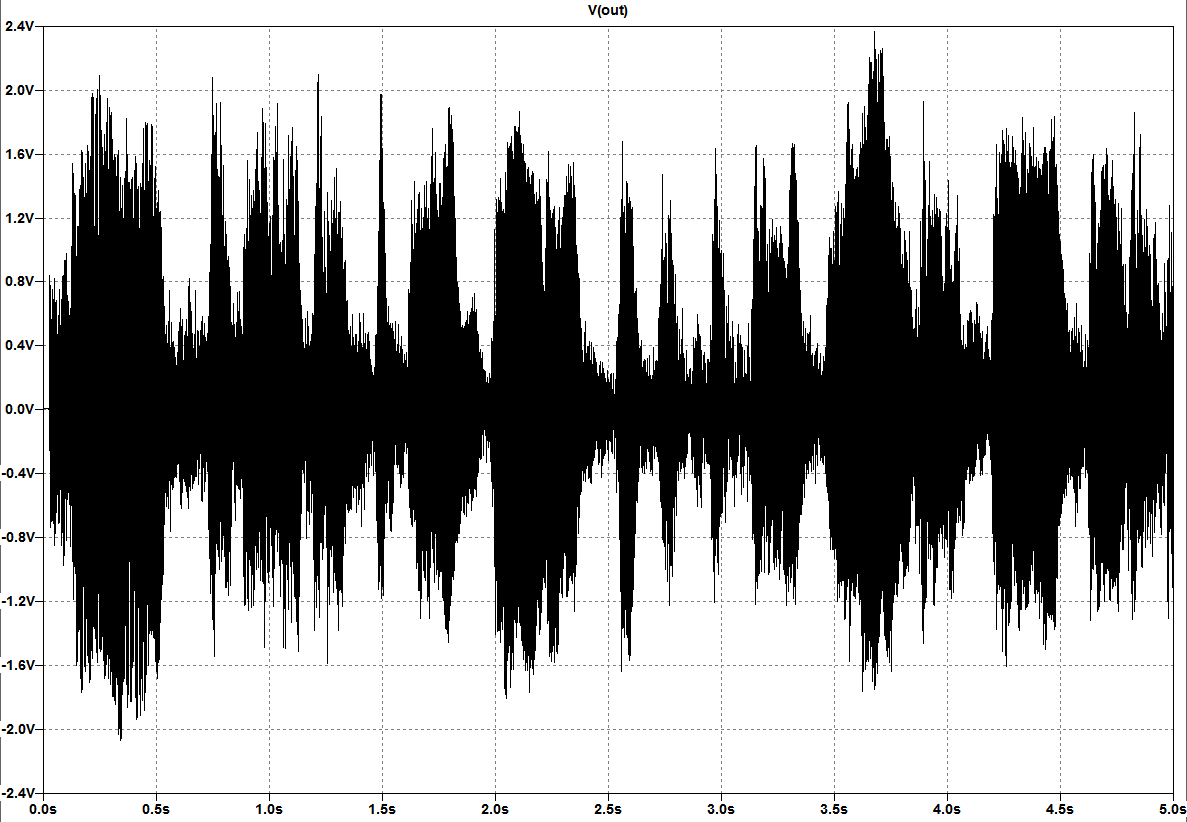


Рис.3.2(б). Скріншот вихідного сигналу в LTSpice

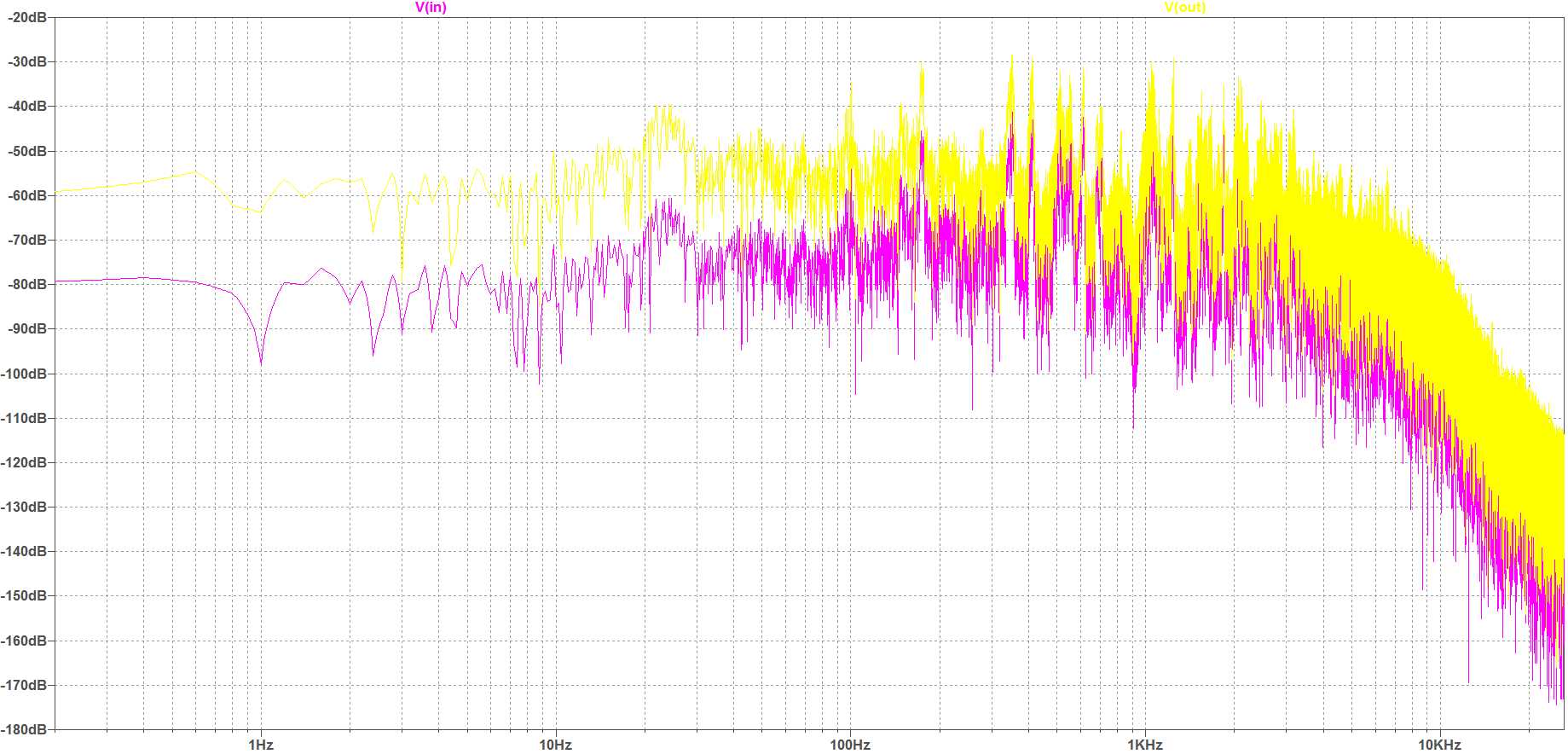


Рис.3.3. Скріншот швидкого перетворення Фур’є в LTSpice

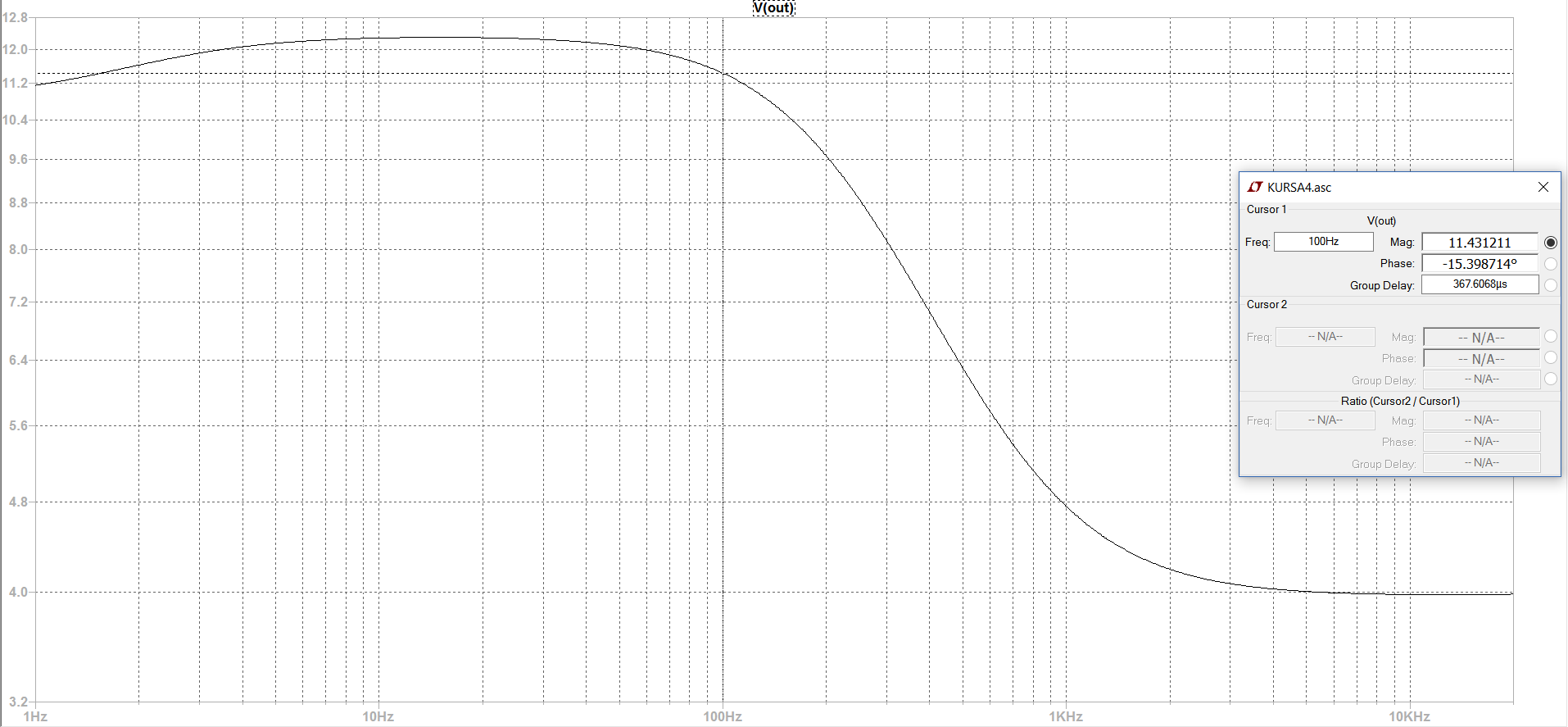


Рис.3.4(а). Скріншот амплітудно-частотної характеристики в LTSpice

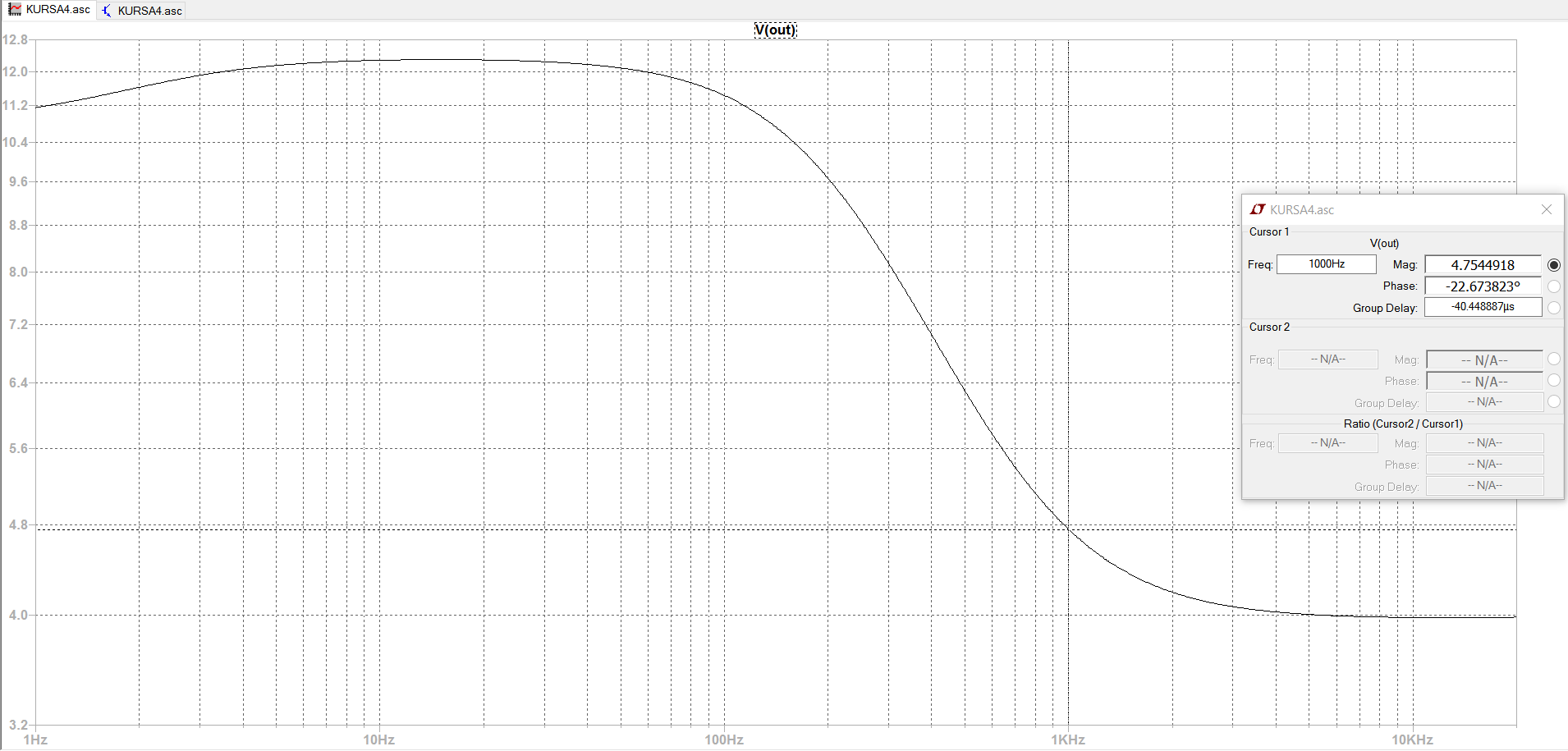


Рис.3.4(б). Скріншот амплітудно-частотної характеристики в LTSpice

На Рис.3.1 зображена принципова схема пристрою в програмі LTSpice. Всі компоненти були в стандартній бібліотеці LTSpice окрім операційного підсилювача. LM386 було завантажено разом з окремою бібліотекою з інтернету. Внизу вказано шлях до звукового файлу для вхідного сигналу, шлях куди буде записуватися посилений сигнал і параметри симуляції.

На Рис.3.2(а) зображено графік вхідного сигналу. Зверніть увагу, що максимальне значення амплітуди цього сигналу складає приблизно 650 мВ. На Рис.3.2(б) зображено графік вихідного сигналу. Ми можемо побачити, що максимальна напруга на цьому ж проміжку часу складає приблизно 2.4В. Це свідчить про те, що наша симуляція проведена коректно і ми отримали очікуваний результат.

На Рис.3.3. ми можемо побачити графік швидкого перетворення Фур’є. З цього графіка видно що на більш низьких частотах перетворення Фур'є вхідного сигналу нижче перетворення Фур'є вихідного. Після 100 Гц обидва графіка починають збігатися і при 20 кГц практично не помітна різниця. Це підтверджує той факт, що наша схема більше підсилює низькі частоти, ніж високі.

На Рис.3.4(а) та Рис.3.4(б) зображено амплітудно-частотну характеристику нашого пристрою. Модуль коефіцієнту підсилення при 100 Гц дорівнює 11.43, а при 1 кГц 4.75 і зі збільшенням частоти спадає.

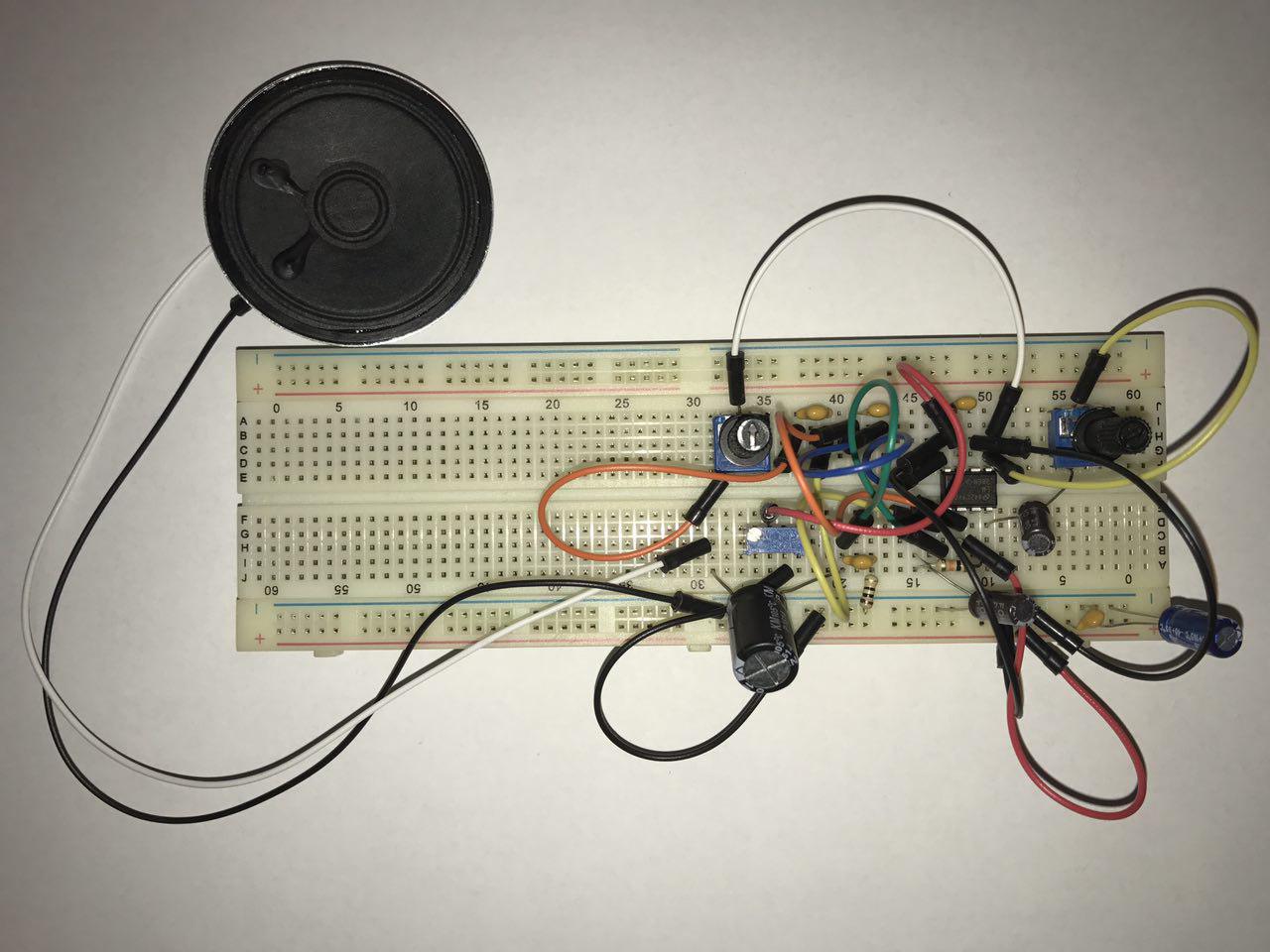
Можна підсумувати, що моделювання з деякою точністю підтверджує розрахунки, це дає нам змогу переконатись що схема функціонує згідно завдання, але треба враховувати те, що моделювання проведено для ідеальних компонентів, зокрема у конденсатора відсутній еквівалентний послідовний опір, також не враховується допуск резисторів, окрім цього, не враховуються деякі процеси які будуть наявні на реальній схемі тому на практиці будуть отримані дещо інші дані.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИЛАДУ

Розпочнемо конструювання приладу в реальності. Схема не є складною і для конструювання було обрано макетну плату з рівномірно розташованими отворами для розташування і необхідним чином з’єднування компонентів схеми між собою. Виготовлення готової конструкції таким методом займає не багато часу але якість звуку буде набагато гірше ніж спаяна схема. Та все ж таки прилад видає не поганий звук при такому конструюванні.

Для забезпечення правильного і найбільш якісного функціонування приладу компоненти слід розміщувати якомога ближче один до одного, щоб зменшити паразитні параметри та зайвих і поганих ефектів.

Рис.4.1(а). Фото зібраної схеми зверху

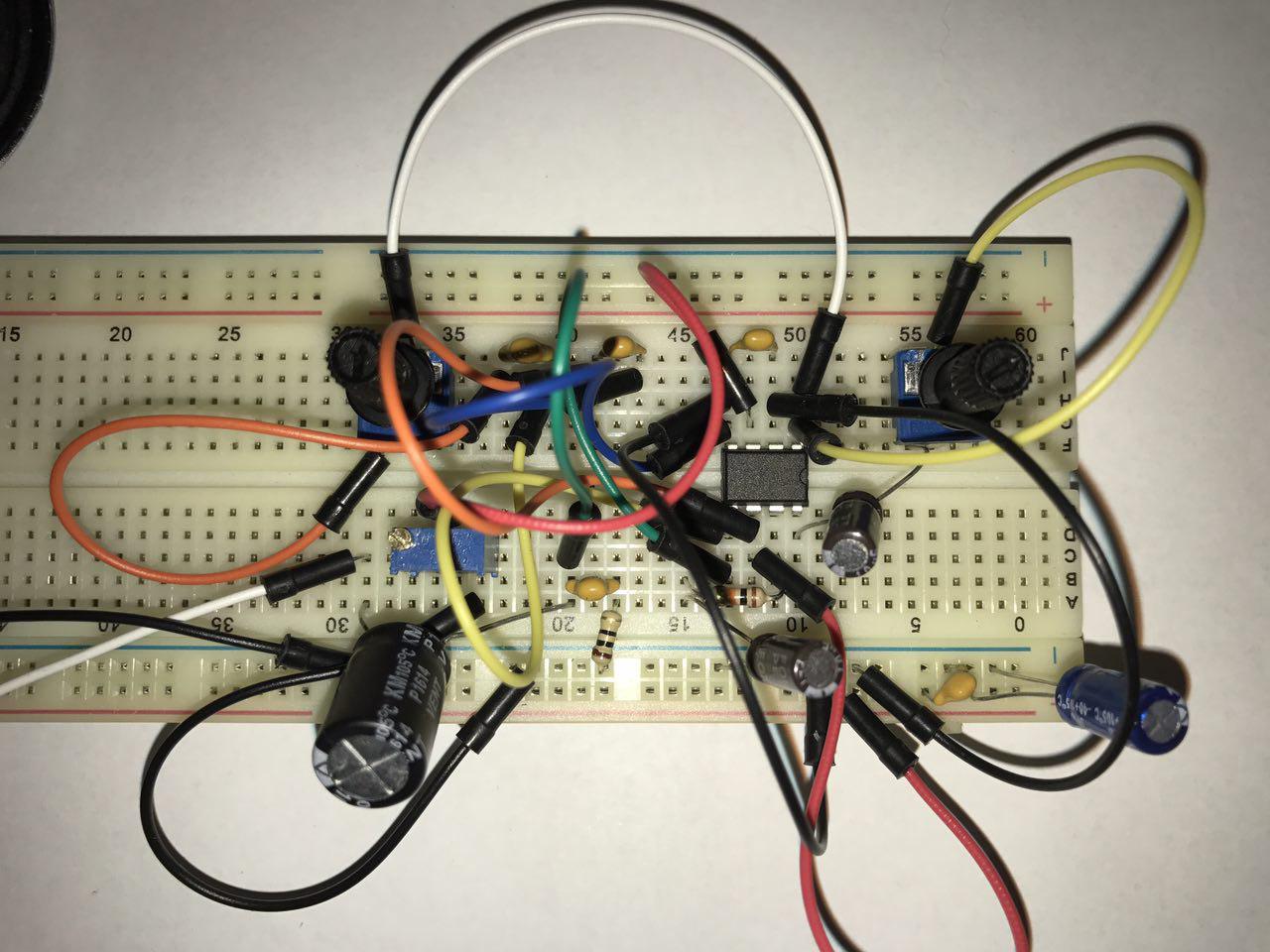


Рис.4.1(б). Фото зібраної схеми зверху (ближче)

Перевіримо наш зібраний пристрій за допомогою експериментальних досліджень. Як і в попередньому розділі, треба побудувати амплітудно частотну характеристику і порівняти її з симуляцією проведеної в програмному забезпеченні LTSpice, а також порівняти з теоретичним розрахунками.

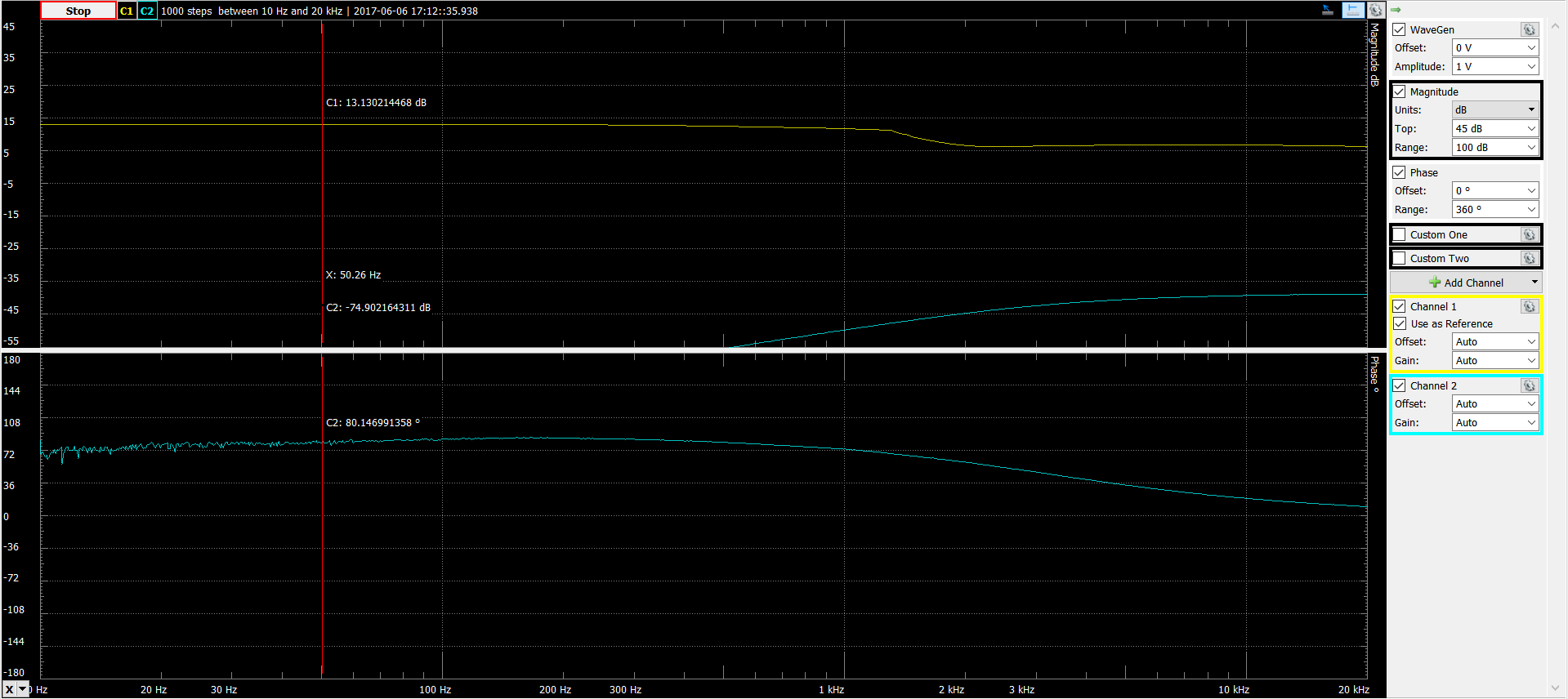


Рис.4.2(а). Амплітудно-частотна характеристика пристрою

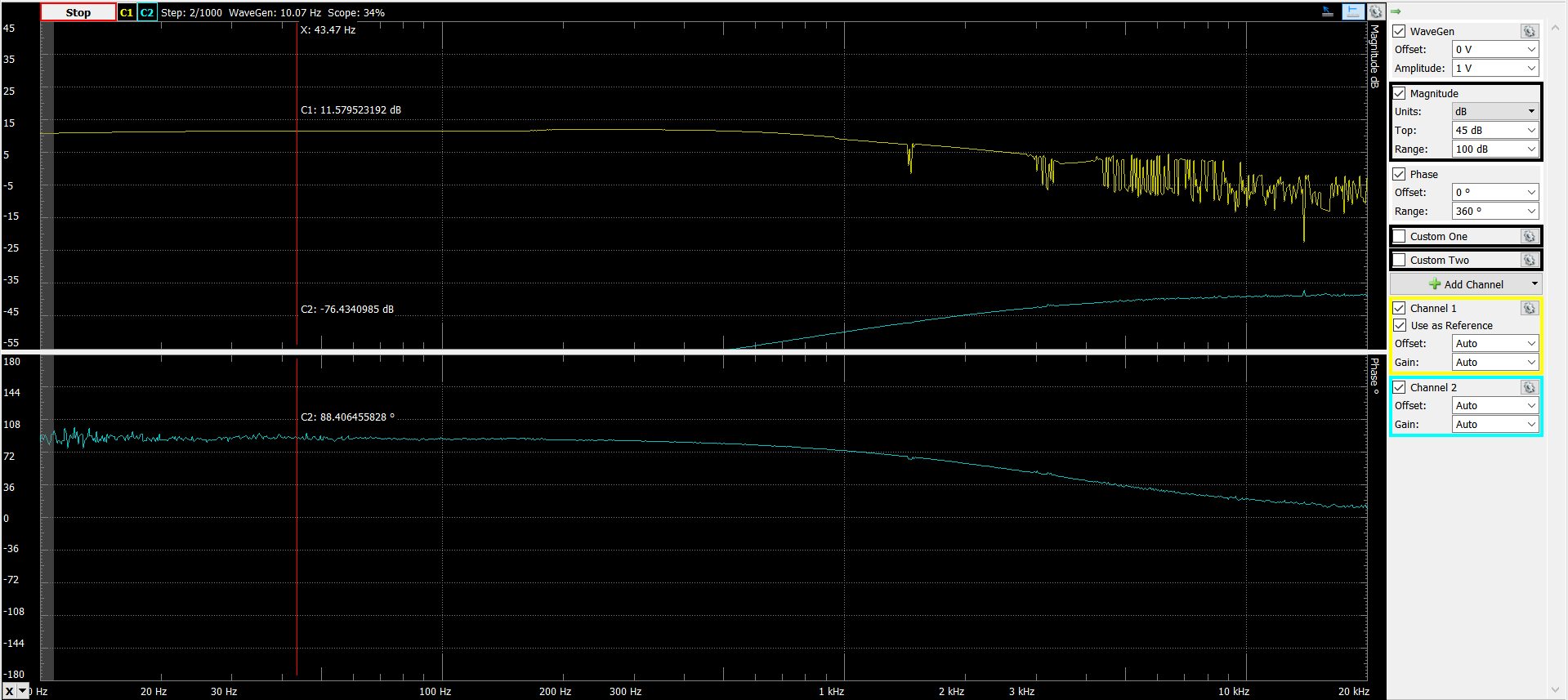


Рис.4.2(б). Амплітудно-частотна характеристика пристрою

09З графіків на Рис.4.2(а) і Рис.4.2(б) можна зробити наступні висновки:

* Значення при тих же самих параметрах відрізняються від теоретичних і симуляції. Це пов'язано з тим, що наша схема була зібрана на макетної платі і більшість елементів були з'єднані за допомогою провідників які збільшують паразитні параметри.
* На другому графіку (Рис.4.2(б)) для більшого ефекту підсилення нижніх частот ручку потенціометра було викручено до максимального значення. Можна помітити невеликий приріст пікового значення на нижніх частотах. При високих частотах починається шум.
* На Рис.4.2(а) зображений графік з номіналами елементів які брали участь при розрахунках і симуляції. До 1 кГц графік досить таки прямолінійний і лежить в межах 13-14 децибел. Так як схема була зібрана на макетної платі, а не спаяна, то результати відрізняються від симуляції і теоретичних розрахунків.

ВИСНОВКИ

Проведемо підсумок по виконаній роботі.

В першому розділі ми розглянули принципову схему нашого пристрою, мікросхему на якій працює підсилювач. Пояснили призначення кожного компонента як в схемі так і в самій мікросхемі.

У другому розділи ми розрахували АЧХ нашого приладу для того щоб порівняти з симуляцією та експериментальними дослідженнями. Окремо розрахували коефіцієнт посилення по напрузі для мікросхеми і зокрема для всієї схеми. За допомогою програмного забезпечення Mathcad знайшли точне значення АЧХ для певної частоти.

В третьому розділі була побудована схема і проведена симуляція в програмному забезпеченні LTSpice. Навели декілька графіків порівняння вхідного і вихідного сигналу, перетворення Фур’є та АЧХ.

В четвертому розділі навели фото приладу та графіки експериментальних досліджень. Пояснили розбіжність в графіках теоретичних та експериментальних.

Порівняння характеристик наведено в Табл.1.

Таблиця 1.

**Порівняння експериментального АЧХ схеми з теоретичним**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Дослід  Частота, Гц | Експериментальний | Теоретичний | Симуляція |
| 100 | 13, 45 | 11, 681 | 11, 43 |
| 1000 | 3, 06 | 4, 51 | 4,75 |

Порівнюючи характерні залежності приладу в моделюванні та на реальній схемі є певні розрізнення які з одного боку визначаються не досконалою роботою програми моделювання, а з іншого не дуже вдалим розташуванням компонентів на реальній схемі, також через відмінність від номіналу компонентів що нанесений на корпусі від фактичного номіналу компонента.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Build a Great Sounding Audio Amplifier (with Bass Boost) from the LM386

[Electronic resource]. Access mode: <http://www.circuitbasics.com/build-a-great-sounding-audio-amplifier-with-bass-boost-from-the-lm386/>

1. LM386, KA386, КР1438УН2 – «чемпион» среди аудиоусилителей [Electronic resource]. Access mode: <https://datagor.ru/amplifiers/chipamps/2764-lm386-ka386-kr1438un2-chempion-sredi-audiousiliteley.html>
2. LM386 Audio Amplifier Analysis [Electronic resource]. Access mode: <http://www.electrosmash.com/lm386-analysis>
3. LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier [Electronic resource]. Access mode: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm386.pdf>