

МАКЕТ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОПЕРАЦИОНЕН УСИЛВАТЕЛ

Мила Илиева-Обретенова

Минно-Геоложки Университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, milailieva@abv.bg

РЕЗЮМЕ. В статията се представя макет за изследване на операционен усилвател. Описана е методика за изработването на макет. Резултатите са представени чрез данни и графики. Модерните електроизмервателни уреди позволяват запазване на данните в различни формати и обработка с подходящи редактори. Изброени са предимствата на макета. Бъдещата работа може да включва симулация на операционен усилвател в среда MultiSim и сравняване на резултатите от двете измервания.

TEST MODEL FOR OPERATION AMPLIFIER RESEARCH

Mila Ilieva-Obretenova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, milailieva@abv.bg

ABSTRACT. The paper represents test model for research of operation amplifier. Methods for test model elaboration are described. Results are given by data and charts. The modern measurement instruments allow data retaining in different formats and processing with appropriate editors. Advantages of test model are listed. The future work includes simulation of operation amplifier in MultiSim environment and comparison the results of both measurements.

Въведение

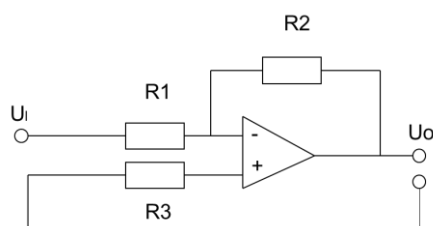
Учебните дисциплини „Електроника“ и „Електронни устройства в изчислителната техника“ представляват важен етап от обучението на специалности Електро-енергетика и електрообзавеждане (ЕЕЕО), Автоматика, информационна и управляваща техника (АИУТ) и Компютърни технологии в инженерната дейност (КТИД). Макетите, с които се работи в момента, са морално и физически остарели и затова е необходимо тяхното обновяване. Макетите за изследване на операционен усилвател са в най-лошо състояние и затова се започва от тях. С цел ускоряване на реализацията два макета се обединяват в един.

Методология

Методологията за изработване на макет за изследване на операционен усилвател съдържа следните стъпки:

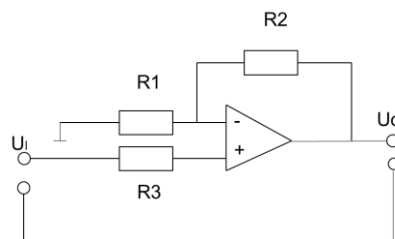
1. Подготовка на функционални схеми със стойности на елементите:

а. инвертиращ усилвател – принципната му схема е показана на фигура 1;



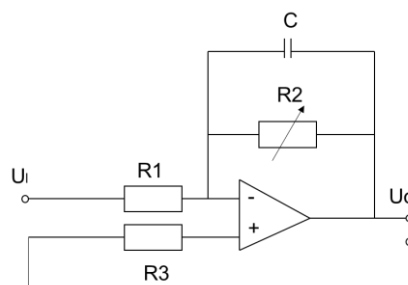
Фиг. 1. Принципна схема на инвертиращ усилвател

б. неинвертиращ усилвател – принципната му схема е показана на фигура 2;



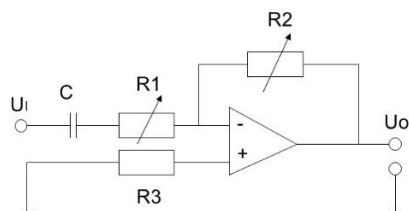
Фиг. 2. Принципна схема на неинвертиращ усилвател

с. нискочестотен филтър – принципната му схема е показана на фигура 3;



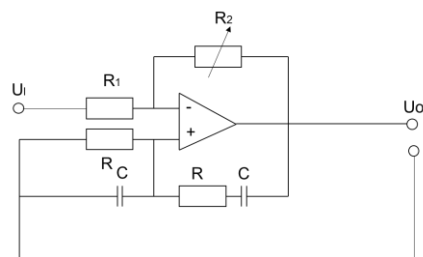
Фиг. 3. Принципна схема на нискочестотен филтър

- d. Високочестотен филтър - на фигура 4 е показана принципна му схема;



Фиг. 4. Принципна схема на високочестотен филтър

- e. Лентов филтър - на фигура 5 е показана принципна му схема.



Фиг. 5. Принципна схема на лентов филтър

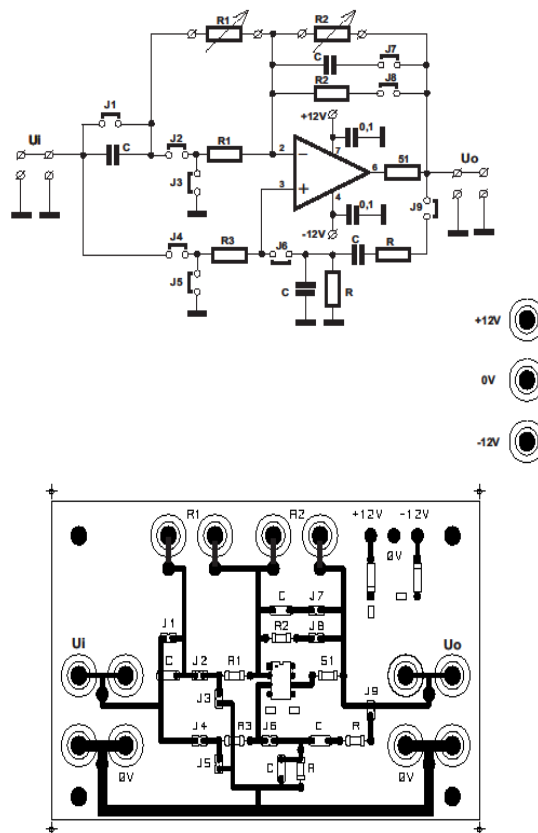
2. Методика на измерванията:
 - a. Кратка теоретична част;
 - b. Задачи за изпълнение;
 - c. Схема на опитната постановка;
 - d. Описание на използваните апарати;
 - e. Таблицы с входни и изходни данни; входните данни се задават с мерна единица и стойност, изходните данни – само с мерна единица.
 - f. Графики на изходните данни като функция на входните;
3. Изработване на печатна платка, обединяваща функционалните схеми с джъмperi;
4. Запояване на елементите, изработване на отвори и поставяне на букси;
5. Монтиране на платката върху поставка;
6. Тестване на макета.

Резултати

1. Макет

Макетът за изследване на операционен усилвател се изработва по описаната методика. На фигура 6 е показан проект на макет за изследване на операционен усилвател. В горната част е представена обобщена схема на петте функционални схеми с девет джъмпера. В долната част е показана печатната платка с елементи и пътечки.

СХЕМИ С ОПЕРАЦИОННИ УСИЛВАТЕЛИ



Фиг. 6. Проект на макет за изследване на операционен усилвател

На фигура 7 са показани монтажен чертеж на схема за изследване на инвертиращ усилвател (джъмperi J1, J2, J5, J8) и монтажен чертеж на схема за изследване на неинвертиращ усилвател (джъмperi J3, J4, J8).

Аналогично изглеждат и другите монтажни чертежи: за изследване на нискочестотен филтър (джъмperi J1, J2, J5, J7 и външно регулируемо съпротивление R2), за изследване на високочестотен филтър (джъмпер J5 и външни регулируеми съпротивления R1 и R2) и за изследване на лентов филтър (джъмperi J1, J2, J6, J9 и външно регулируемо съпротивление R2). На фигура 8 е показан готовият макет за изследване на операционен усилвател.



Изследването на операционния усилвател се извършва с модерни уреди, закупени по Наредба 9: сигнал-генератор, двуканален токоизправител, осцилоскоп и мултиметър.

Изследването на инвертиращ и на неинвертиращ усилвател се извършва с осцилоскоп. Осцилоскопът запазва данните в два формата. Първият формат е .bmp (bitmap). Този формат представя снимка на екрана на осцилоскопа и се отваря с редактор Photos. На фигура 9 са показани осцилограми на инвертиращ и на неинвертиращ усилвател.

- Осцилограма на неинвертиращ усилвател
- Осцилограма на инвертиращ усилвател

Вторият формат е .csv (comma separated value – данни, разделени със запетая). Този формат представя точки от сигнала, снети с определена честота (sampling rate), и се отваря с Excel. На фигура 10 са показани данни за измерването и данни от двата канала на осцилоскопа във формат .csv за инвертиращ усилвател.

Фиг. 10. Данни от осцилоскопа във формат .csv

Вижда се, че в този вид Excel не може да чертае графика. Затова е необходима допълнителна обработка. Файлът се отваря с Notepad, отстраняват се данните за измерването и се записва във формат .txt, за да се използва запетаята за разделител между данните. Фигура 11 показва файл на Excel, обработен в Notepad.

-2.000000e-3,-4.00e-2,
-1.999000e-3,-4.00e-2,
-1.998000e-3,-4.00e-2,
-1.997000e-3,0.00e+0,
-1.996000e-3,0.00e+0,

Фиг. 11. Файл на Excel, обработен в Notepad

След това файлът отново се отваря с Excel, променя се изгледът на данните, за да се гарантира желаната точност, и Excel чертае графика. Фигура 12 показва файл в Notepad, обработен в Excel.

-0.002	-0.04
-0.001999	-0.04
-0.001998	-0.04
-0.001997	0
-0.001996	0

Фиг. 12. Файл в Notepad, обработен в Excel

Фигура 13 показва графика на инвертиращ усилвател, начертана с Excel с данните от фигура 12.



Фиг. 13. Графика на инвертиращ усилвател, начертана с Excel

Аналогично се обработват данните и за неинвертиращ усилвател.

2.2. Изследване на активни филтри

Изследването на активни филтри се извършва с мултиметър. Задава се желаното затихване в децибели и се отчита честотата, при която то се получава. Уредът показва и изходното напрежение в mV спрямо входното напрежение (например спрямо 100mV входно напрежение). Мултиметърът запазва данните само в един формат - .csv. На фигура 14 са показани данни за -3 dB на ниско-честотен филтър във формат .csv. Вижда се, че измененията са в четвъртия знак след десетичната запетая. Това означава, че стойността е стабилна във времето и може да се отчете честотата, при която се получава това затихване.

Time(dd),Time(hh:mm:ss),1st Value,1st Unit,2nd Value,2nd Unit,Count,Note			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,#START#,00001#			
00,00:00:00,-0.30055E+1,dB AC,--,--,0000002,00002#			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,0000003,00003#			
00,00:00:00,-0.30055E+1,dB AC,--,--,0000004,00004#			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,0000005,00005#			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,0000006,00006#			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,0000007,00007#			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,0000008,00008#			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,0000009,00009#			
00,00:00:00,-0.30046E+1,dB AC,--,--,0000010,00010#			

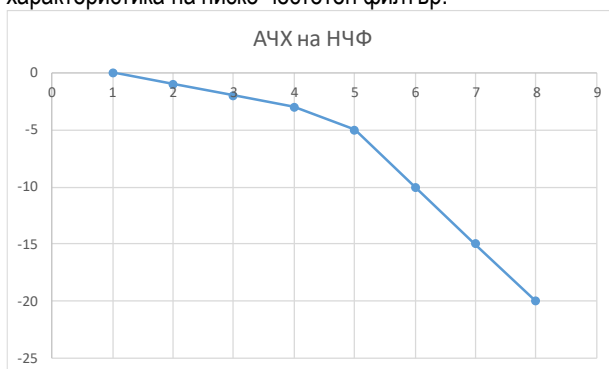
Фиг. 14. Данни за -3 dB на ниско-честотен филтър във формат .csv от мултиметъра

След това в друга таблица на Excel се въвеждат ръчно всички измерени затихвания и честотите, при които са получени. На фигура 15 са показани затихвания в dB и съответните честоти в Hz за НЧФ.

80	0,1
417	-1
605	-2
780,6	-3
1141	-5
2331	-10
4331	-15
7831	-20
F,Hz	A,dB

Фиг. 15. Затихвания в dB и съответните честоти в Hz за НЧФ

На следващия етап Excel чертае графика с данните от фигура 15. На фигура 16 е показана амплитудно-честотна характеристика на ниско-честотен филтър.



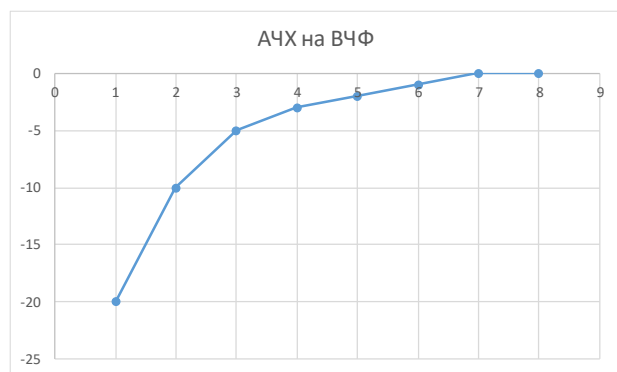
Фиг. 16. Амплитудно-честотна характеристика на НЧФ

Аналогично се запаметяват данните за затихванията във високо-честотен и лентов филтър. Тези данни се съпоставят с отчетените честоти и Excel чертае графики на амплитудно-честотните характеристики. Фигура 17 показва затихвания в dB и съответните честоти в Hz за ВЧФ.

220	-20
750	-10
1579,7	-5
2341,7	-3
3222	-2
3534	-1
4592,4	0,5
9021,4	0
F, Hz	A, dB

Фиг. 17. Затихвания в dB и съответните честоти в Hz за ВЧФ

Фигура 18 показва амплитудно-честотната характеристика на високо-честотен филтър.



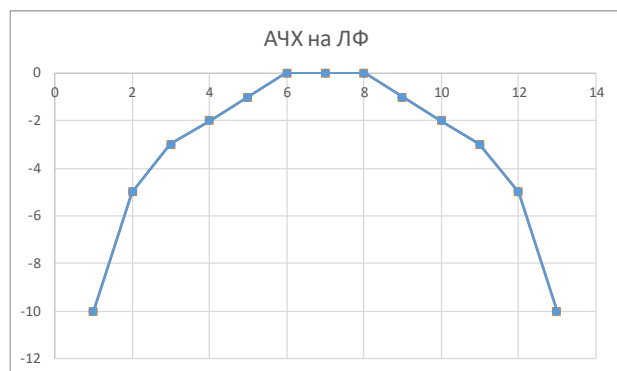
Фиг. 18. Амплитудно-честотна характеристика на ВЧФ

Фигура 19 показва затихвания в dB и съответните честоти в Hz за лентов филтър.

7	-10
1457	-5
1917	-3
2187	-2
2507	-1
2737	0,5
3387,99	0
3940	0,5
4280	-1
4890	-2
5540	-3
7220	-5
26220	-10
F, Hz	A, dB

Фиг. 19. Затихвания в dB и съответните честоти в Hz за ЛФ

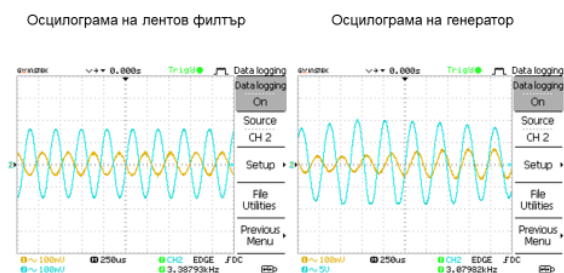
Фигура 20 показва амплитудно-честотната характеристика на лентов филтър.



Фиг. 20. Амплитудно-честотна характеристика на ЛФ

На фигура 21 е показана осцилограма на генератор, получена от лентовия филтър чрез регулиране на съпротивление R2 в отрицателната обратна връзка. Вижда се, че изходът на операционния усилвател генерира честота.

Осцилограми на лентов филтър и на генератор



Фиг. 21. Осцилограми на лентов филтър и на генератор, получен от лентовия филтър

Заклучение

В статията е представен макет за изследване на операционен усилвател. Описана е методиката за изработване на макета. Резултатите са представени чрез данни и графики. Предимствата на макета са следните:

1. Макетът е компактен и позволява детайлизирано изследване на функциите на операционен усилвател;
2. Джъмперите позволяват бързо, лесно и безопасно превключване на отделните схеми;
3. Макетът е съвместим с модерните електро-измервателни уреди и представлява добра основа за разучаване на техните функции;
4. Макетът и новите уреди създават предпоставки за разработване на нова методика за измерване. Например, не е необходимо да се изчислява константата на уреда, уредът автоматично показва обхвата и стойността.
5. Предвижда се дългосрочно използване на макета в условията на бурно развитие на нови технологии.
- 6.

Като бъдеща работа може да се разработи симулация на операционен усилвател в среда MultiSim и да се сравнят резултатите.

Литература

- Илиева-Обретенова, М., 2015, Практикум по полупроводникови елементи и основи на електрониката в минната промишленост, ТУ-София
- Петков, С., Д. Костов, 1986, Основи на електрониката и електронни устройства за минната промишленост, Издателство „Техника“, София
- Петков, С., Д. Костов, 1987, Ръководство по основи на електрониката и електронни устройства за минната промишленост, Издателство „Техника“, София
- Райдър, Д., 1980, Основи на електрониката. Приложения, Издателство „Техника“, София

Благодарности

На лаборатория по Приложна електроника към ТУ-София за помощ в реализацията на макета.

На Николай Лаков от катедра ЕМП за филм с детайли по настройките на осцилоскопа.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Електротехника“.