

УДК 620.179.17

О. В. Десятніченко, асистент, Г. М. Сучков, д-р тех. наук, проф.,
 С. В. Хащина, аспірант, ЛЕ ЧІ Хиеу, аспірант, А. А. Синельникова, студент
 Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков,
 Україна
 Г. Г. Горбашова, аспірант
 Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
 м. Київ, e-mail: energy_sergey@mail.ru

ПОБУДОВА ПРИЙМАЮЧОГО АНАЛОГОВОГО ТРАКТУ НА БАЗІ БІКВАДРАТНОГО ФІЛЬТРУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-АКУСТИЧНІЙ ТОВЩИНОМЕТРІЇ ТА ДЕФЕКТОСКОПІЇ

Предложено принимающий аналоговый тракт на основе биквадратное фильтра. Рассмотрены основные этапы разработки. Проведена практическая реализация и испытание. Сделанные выводы о целесообразности использования и даны советы по выбору оптимальных настроек.

Ключевые слова: електромагнітно-акустический преобразователь, аналоговый тракт, биквадратное фильтр, операционный усилитель.

Запропоновано приймаючий аналоговий тракт на основі біквдратного фільтру. Розглянуті основні етапи розробки. Проведена практична реалізація та випробовування. Зроблені висновки щодо доцільності використання та дані поради по вибору оптимальних налаштувань.

Ключові слова: електромагнітно-акустический перетворювач, аналоговий тракт, біквдратний фільтр, операційний підсилювач.

Вступ

Основною проблемою, з якою стикається розробник ЕМА пристроїв – це низький рівень сигналу з ЕМА-перетворювача (ЕМАП) та високий рівень завад [1]. Галузь розробки ЕМА-пристроїв ще тільки починає набирати масового характеру, і в даний час відчувається брак розробок та спеціалізованих рішень, щодо побудови приймаючих аналогових трактів, які б задовольняли високим вимогам сучасного ринку. Виходячи з цього, дослідження та результати їх практичного втілення, що наведені в статті є актуальними.

Постановка задачі та мета роботи

Збуджуючий сигнал має певну, відому частоту, яка визначається параметрами самого ЕМАП. Прийнятий корисний сигнал має таку саму частоту, що дозволяє використати аналогові фільтри для зменшення рівня завад [2]. Активні фільтри будують з опорів, конденсаторів і підсилювачів (звичайно операційних) і вони призначені для того, щоб із усіх подаваних на їхній вхід сигналів, пропускати на вихід лише деяких заздалегідь заданих частот. Схеми, що використовують частотну вибірковість використовуються для посилення або ослаблення певних частот у звуковій апаратурі, у генераторах електромузичних інструментів, у сейсмічних приладах, у лініях зв'язку, а також у дослідницькій практиці для вивчення частотного складу найрізноманітніших сигналів, таких, наприклад, як біоструми мозку або механічні вібрації [3]. Активні фільтри знаходять застосування майже в будь-якій області електроніки.

Для наших задач використаємо біквдратний фільтр. Це дуже стабільний активний фільтр, що дозволяє одержувати значення добротності Q , що перевищують 100. Одною із властивостей біквдратного фільтра є незмінність його смуги пропускання при зміні середньої частоти. В біквдратних фільтрах, що налаштовуються, добротність збільшується з ростом частоти. Схема біквдратного смугового фільтра показана на рис. 1.

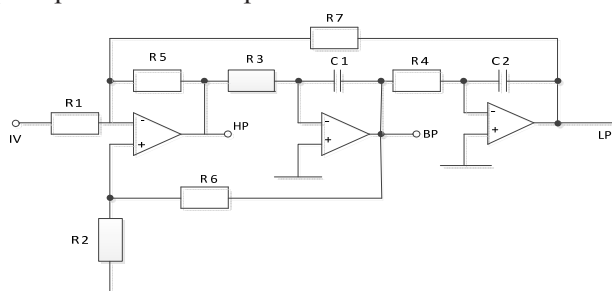


Рис. 1

Вона складається з підсумовуючого інтегратора, сигнал з якого надходить на інвертуючий підсилювач, сигнал з якого у свою чергу надходить на другий інтегратор.

Середня (резонансна) частота такого фільтру знаходиться із виразу:

$$f_0 = 1/2\pi CR_F \quad (1)$$

де $C=C1=C2$, $R_F=R3=R4$

Добротність фільтру можна визначити як

$$Q = 1/2(1+R/R_Q), \quad (2)$$

де $R=R5=R6=R7$, $R_Q=R2$.

Коефіцієнт підсилення визначається як:

$$K = R/R_G, \quad (3)$$

де $R=R5=R6=R7$ – резистор зворотного зв'язку, $R_G=R1$.

З формули (1) отримуємо вираз для номіналу резистора R_F виходячи із потрібної частоти f_0 :

$$R_F = 1/2\pi C f_0, \quad (4)$$

Розрахунки параметрів елементів біквдратного фільтру ведеться у такий спосіб:

1. Обираємо операційний підсилювач із шириною смуги пропускання f_c , яка принаймні в 10 – 20 раз перевищує f_0 .

2. Підбираємо номінал конденсатора, найближчий до наступного значення $C = 10/f_0$ мкФ.

3. Використовуємо необхідне значення центральної частоти для розрахунків значення R

4. Обчислюємо за необхідним значенням ширини смуги пропускання номінал опору R_F .

5. Виходячи з необхідного коефіцієнта передачі на центральній частоті смуги пропускання одержуємо значення опору R_F .

Резистор зворотного зв'язку R є навантаженням для операційного підсилювача. Його номінал рекомендується обирати виходячи із рекомендацій виробника мікросхеми ОП, щоб забезпечити стабільність його роботи. В загальному випадку використаємо номінал цього резистора $R=R5=R6=R7=10$ кОм.

Оберемо операційний підсилювач з граничною смугою пропускання 3ГГц виробництва Texas Instruments – THS4304.

Розрахуємо номінали для частот 500 кГц, 1 МГц, 2 МГц, 3 МГц. На рис. 2 показані чотири схеми з розрахунковими номіналами, для кожної з частот відповідно. Для моделювання схеми буде використано пакет micro-sap [4]. Результати моделювання показані на рис. 3: а – 500 кГц; б – 1 МГц; в – 2 МГц; г – 3 МГц. З результатів моделювання можна зробити висновок, що розрахунок номіналів елементів проведено вірно.

Висока гранична смуга операційного підсилювача впливає на його вартість. Визначимо вплив цього параметру з метою зниження вартості шляхом використання аналогів із меншою вартістю: ОРА656 з граничною частотою підсилення 500 МГц, THS4061 з граничною частотою підсилення 180 МГц та ОРА656 з граничною частотою підсилення 70 МГц.

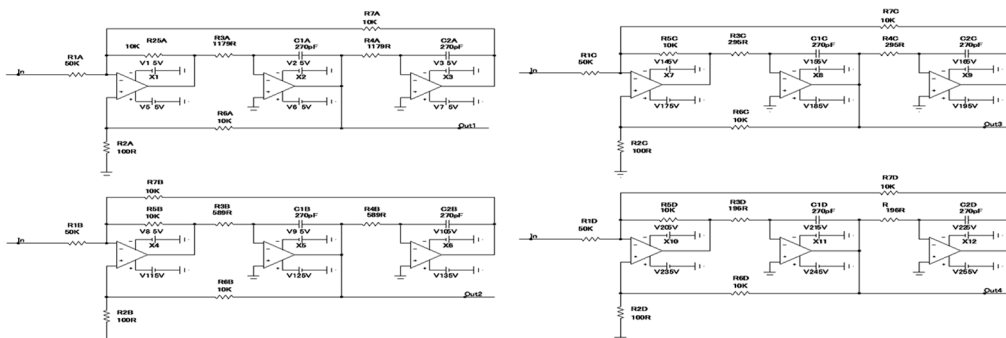


Рис. 2

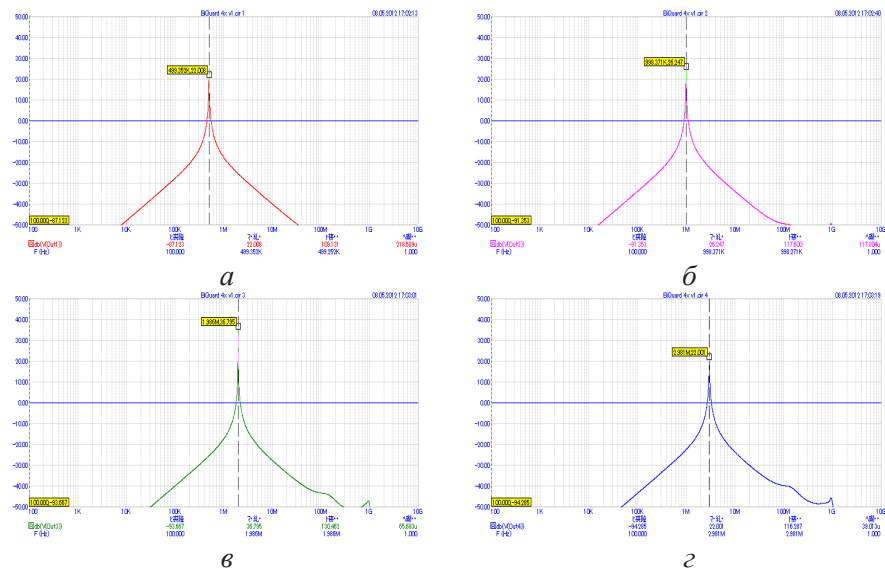


Рис. 3

На рис. 4 наведено порівняльні дані мікросхем THS4304 (штрих пунктиром) та .OPA656 (чорним кольором). Як видно з рисунку, робота мікросхем майже не відрізняється, а отже можна рекомендувати повну заміну для зменшення вартості пристрою.

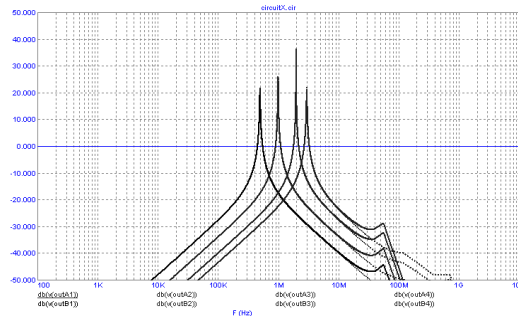


Рис. 4

На рис. 5 наведено порівняльні дані мікросхем THS4304 (штрих пунктиром) та THS4061 (чорним кольором). Використання цієї мікросхеми значно зменшує можливості підсилення на високих частотах.

На рис. 6 наведено порівняльні дані мікросхем THS4304 (штрих пунктиром) та THS4051 (чорним кольором). Результати подібні до порівняння з THS4061, але коефіцієнт підсилення на високих частотах ще нижчий.

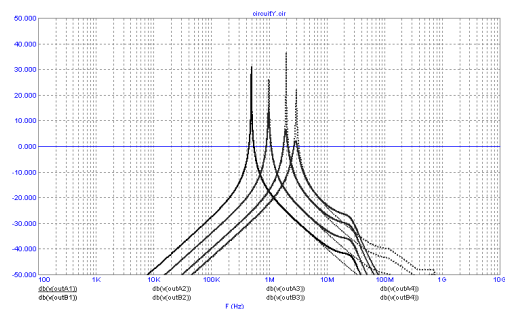


Рис. 5

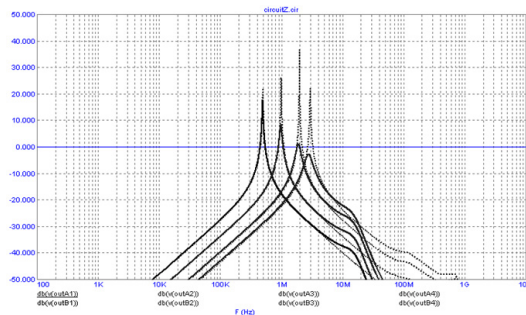


Рис. 6

Виходячи з цих результатів можна рекомендувати останні дві мікросхеми лише у разі великих вимог до зниження вартості приладу, або при використанні низькочастотних приладів.

Як відомо, результати моделювання можуть значно відрізнятись від реальних. Щоб впевнитись в їх достовірності, проведемо моделювання за допомогою іншого пакету. Для перевірки використаємо пакет Multisim [5]. Як і в попередньому випадку, використаємо мікросхему THS4304, а моделювання проведемо одночасно для чотирьох фільтрів, розрахованих на частоти 500 кГц, 1 МГц, 2 МГц та 3 МГц (рис. 2). Результати моделювання наведено на рис. 7.

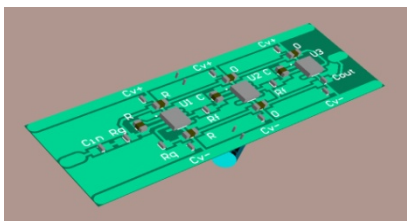


Рис. 8

Як видно з рисунку, результати моделювання збігаються з результатами, які отримали за допомогою пакету Micro-Cap, що свідчить про достовірність отриманих даних моделювання розробленої схеми.

Для розробки друкованої плати використовується пакет Altium Designer [6]. Altium Designer - комплексна система автоматизованого проектування (САПР) радіоелектронних засобів розроблена австралійською компанією Altium. Раніше ця ж фірма розробляла САПР P-CAD, який придбав надзвичайну популярність серед російських розробників друкованих плат. На рис. 8 показано розташування компонентів на 3-х вимірній моделі плати.

Плата виготовлялась на базі лабораторії кафедри ПМНК з використанням переносу зображення, що було роздруковане на лазерному принтері на плату. Травлення проводилося у хлорному залізі. Після запаювання елементів, плату підсилювача було встановлено в металевий корпус для зменшення впливу зовнішніх електромагнітних завад на його роботу. Зовнішній вигляд зібраного підсилювача наведено на рис. 9.

Використання зібраного підсилювача проводилося наступним чином. В макеті електромагнітно-акустичного товщиноміру [7] було замінено блок аналогового підсилювача розробленим блоком і були проведені ряд вимірювань з зазором 5мм між поверхнею датчика та об'єктом контролю. Вимірювання проводилися для різного значення коефіцієнту добротності підсилювача. Результати вимірювань показані на рис. 10. Як видно з результатів, підвищення добротності фільтра призводить до незначного підвищення коефіцієнту підсилення і підвищення співвідношення сигнал/шум, але також призводить до збудження підсилювача, що проявляється збільшенням «мертвого» часу з затягуванням імпульсів.

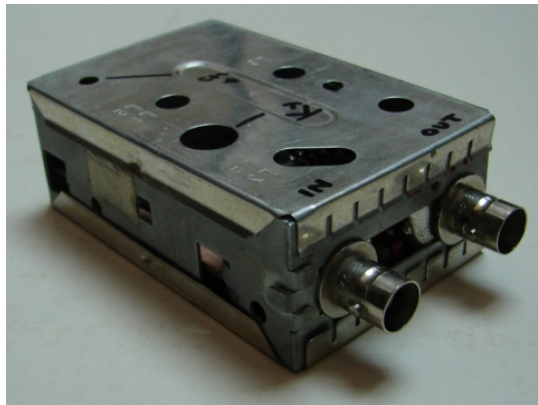


Рис. 9

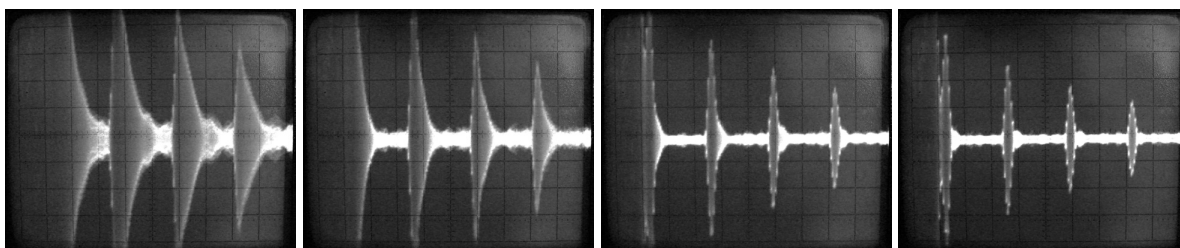


Рис. 10

Висновки

Розглянуті засади побудови аналогових фільтрів. Проведена розробка аналогового тракту на базі біквдратного активного фільтра. Розглянуті основні етапи розробки: вибір схеми, розрахунок

номіналів компонентів, моделювання роботи. Розробка та виготовлення друкованої плати, виготовлення макету та його випробування. Отримані результати роботи підсилувача значно перевищують результати, отримані з використанням класичних схем, що свідчить про доцільність використання розглянутого тракту на практиці.

Список літератури

1. Амелина М. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8 / Амелина М. А., Амелин С. А. // Горячая линия-Телеком – 464 с.
2. Мошиц Г. Проектирование активных фильтров: Пер. с англ. / Мошиц Г., Хорн П. // М.: Мир, 1984 – 318 с.
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В. В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль / В. В. Клюев, И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
4. Сабунин А. Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. / Сабунин А.Е. / Солон-пресс. 2009 – 432 с.
5. Сучков Г. М. ЕМА товщинометрія. (Огляд) / Сучков Г. М., Петрищев О. М., Десятниченко А. В. и др. // Вісник НТУ “ХПІ”. – 2010. – Вип. 12. – С. 110–121.
6. Сучков Г. М. Макет електромагнітно-акустичного товщиноміру / Г.М.Сучков, А.В. Десятниченко // Приладобудування 2010: стан і перспективи: ІХ міжнар. наук.-техн. конф. , 27–28 квітня 2010 р. : тези доп. – К. : НТУУ “КПІ”, 2010. – С. 211–212.
7. Хернтер М.Е. Multisim 7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. / Хернтер М.Е. // ДМК. 2006 – 488 с.

THE CONSTRUCTION OF THE RECEPTION OF THE ANALOG SECTION ON THE BASIS OF BIQUADRATE FILTER FOR USE IN THE ELECTROMAGNETIC-ACOUSTIC THICKNESS MEASUREMENT AND FLAW DETECTION

A.V. Desyatnichenko, G.M. Suchkov, S.V. Haschina, Le Chi Hieu, A.A. Synel'nykove
National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"
A.G. Gorbashova
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

A receiving analog path based biquadratic filter. The main stages of development. Conducted practical implementation and testing. Conclusions regarding the advisability use of data and tips on selecting the optimum settings.

Key words: *electromagnetic-acoustic transducer, analog path, biquadrate filter operational amplifier.*

1. Amelina M. A. Circuit simulation program Micro-Cap 8 / Amelina M. A., Amelina S. A. // Goriachaia linia Telecom – 464 p. (Rus.)
2. Moshits G. Design of active filters: Trans. from English. / Moshits G., Horn T. // M.: Mir, 1984 – 318 p. (Rus.)
3. Non-destructive testing: Directory: Pod obsch. Red. V.V. Klyuyeva. T.3: Ultrasonic flaw detection / V. V. Kluev, I. N. Ermoloff, Y.V. Lange.–M.: Mashinostroenie, 2004. – 864 p. (Rus.)
4. Sabunin A. E., Altium Designer. New solutions to the design of electronic devices. / Sabunin A. E. / Solon-press. 2009 – 432 p. (Rus.)
5. Suchkov G. M. EMA tovschinometriya. (Looking around) / Suchkov G.M., Petrishchev O. M., Desyatnichenko A. V. etc. // Vesnik NTU “KPI”. 2010. – Vol. 12. – P.110-121. (Ukr.)
6. Suchkov G. M. Layout elektromagnitno-akustichnogo tovschinomiru / Suchkov G.M., Desyatnichenko A. V. // Pruladobuduvannia 2010: stan i perspektivu: IX international Scientific and Technical Conference/ 27 -28 april2010. theses of the report. K. : “NTUU KPI”, 2010. P. 211–212. (Ukr.)
7. Herniter M.E. Multisim: The modern system of computer simulation and circuit analysis of electronic devices. / Herniter M.E. // DМК.2006 – 488 p. (Rus.)