

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет
Кафедра прикладної радіоелектроніки

Магістерська дисертація
на тему: «Вузькосмуговий підсилювач частоти комутації
модуляційного
радіометра»

Керівник:
доцент, к.т.н., Яненко О. П.

Виконав:
студент 2 курсу, групи РІ-01мн
Вірченко Леонід Анатолійович

Київ – 2023 року

Вступ

- ▶ Реєстрація електромагнітного слабкого НВЧ-випромінювання модуляційними радіометрами відкриває багато нових можливостей. Проте виникають труднощі пов'язані з забезпеченням необхідної чутливості радіометричних систем, оскільки це надзвичайно мала потужність яку дуже важко зареєструвати і на роботу РС впливає багато чинників що зменшують чутливість. В модуляційному радіометрі значний вплив на його чутливість має температурна нестабільність вибіркового вузькосмугового підсилювача частоти комутації яку можна усунути застосувавши автоматичну систему підлаштування частоти.

Шуми

3

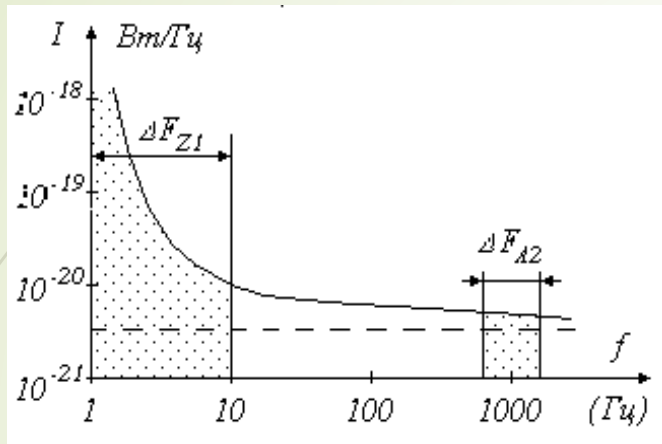


Рис. 1 Розподіл інтенсивності флікер-шуму [1]

Формула Найквіста описується виразом[2]:

$$P = kT \Delta f$$

де: k – стала Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$; T – термодинамічна температура об'єкту; Δf – смуга частот, аналізу (виміру).

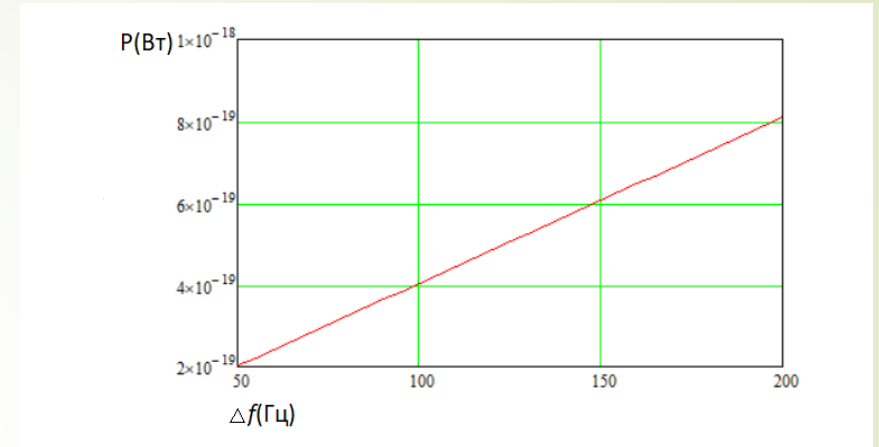


Рис. 2 Залежність рівня теплового шуму.

Шуми що не затримуються смуговим фільтром

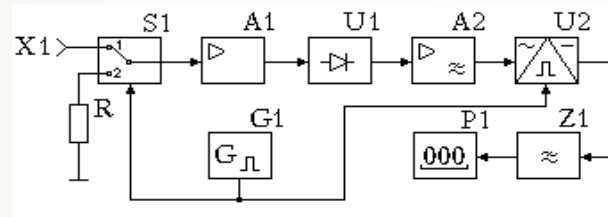


Рис. 3 Структурна схема радіометра прямого перетворення[1].

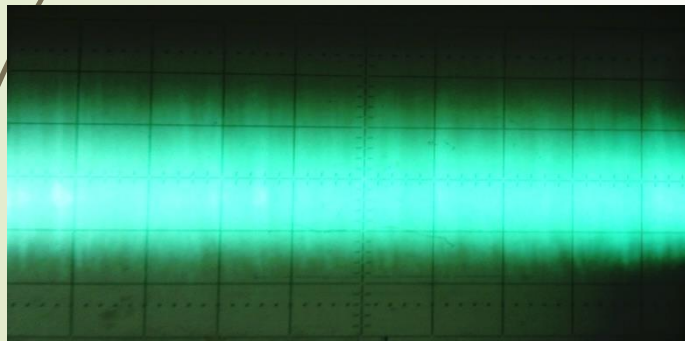


Рис. 3 Зашумлений сигнал на вході смугового фільтра[2].

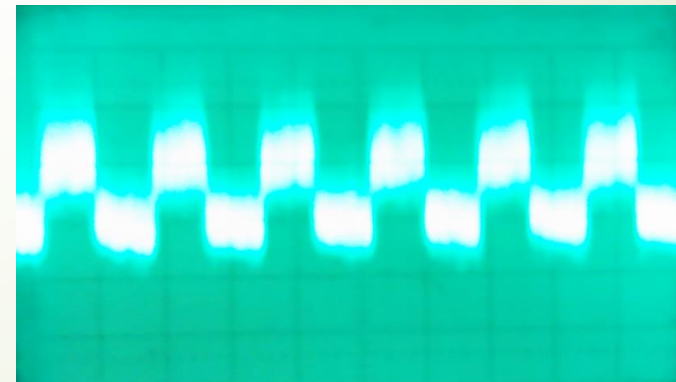


Рис. 4 Виділений сигнал на виході смугового фільтра підсилювача [2].

Аналіз впливу температури на центральну частоту фільтрів побудованих за схемами Саллена-Кея та множинних зворотніх зв'язків

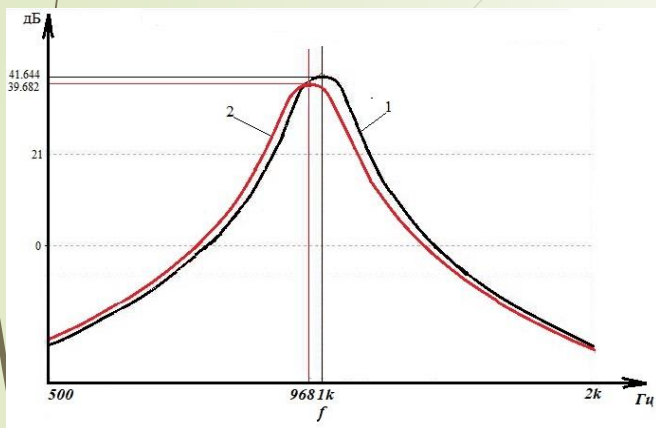


Рис.5 АЧХ фільтра за схемою Саллена-Кея: 1) при температурі 20°C
2) при температурі 60°C

З рис. 5 видно, що в результаті підвищення температури для схеми Саллена-Кея частота змістилась на 32 Гц, а підсилення впало на 1.962 дБ. З рис. 6 видно, що в результаті підвищення температури для фільтра побудованого за схемою множинних зворотніх зв'язків частота змістилась на 34 Гц, а підсилення впало на 0.296 дБ.

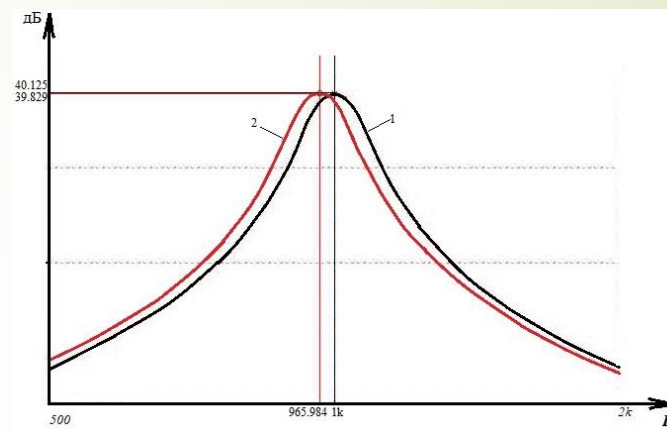
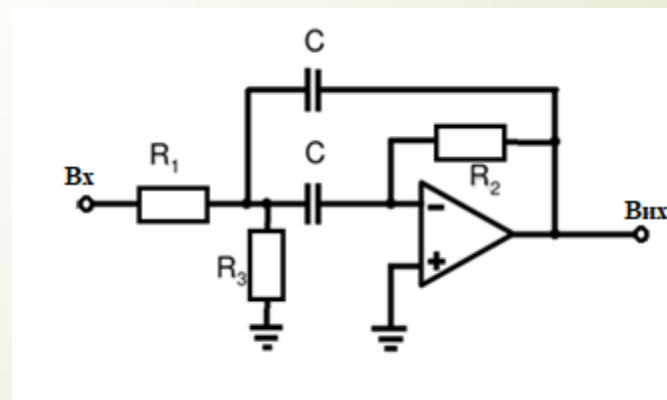


Рис. 6 АЧХ фільтра за схемою множинних зворотніх зв'язків: 1) при температурі 20°C
2) при температурі 60°C



Вираз що описує залежність опору польового транзистора від керуючої напруги на затворі набуває вигляд[3]:

$$r_{CB}(U_{кер}) = \frac{U_{вiдc}^2}{2 \cdot I_{e(U_3=0)} \cdot \left(\frac{U_{кер}}{2} - U_{вiдc} \right)}$$

Центральна частота:

$$f_0 = \frac{1}{\pi C} \sqrt{\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \frac{U_{вiдc}^2}{2 \cdot I_{e(U_3=0)} \cdot \left(\frac{U_{on} - \frac{a U_0^2}{\pi} K_o K_{A3}}{2} - U_{вiдc} \right)}}$$

K_ϕ - коефіцієнт передачі фільтра.

K_o - коефіцієнт передачі детектора.

$U_{вiдc}$ - напруга на затворі транзистора при якій майже повністю перекривається канал польового транзистора, при цій напрузі струм стоку прямує до нуля.

r_{CB} - Опір каналу резистора.

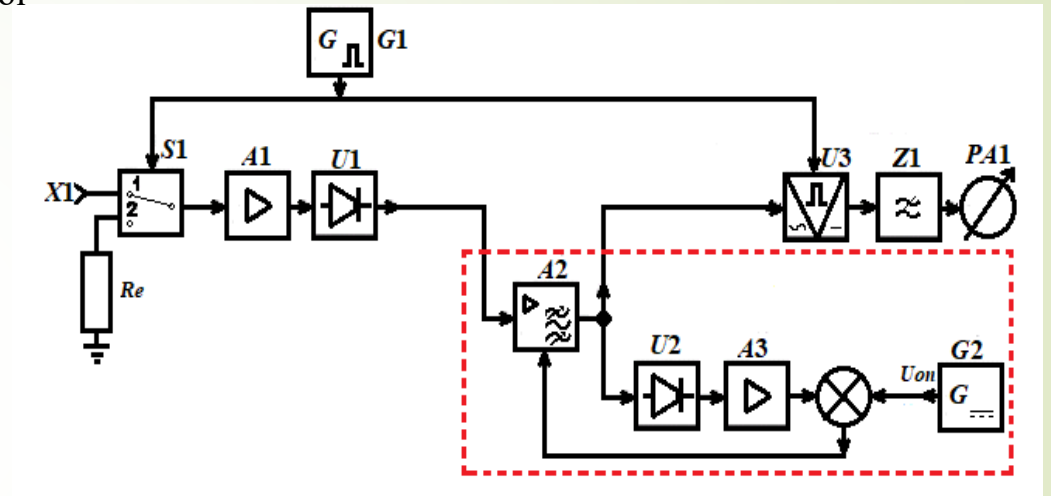


Рис.7 Схема смугового фільтра з операційним підсилювачем ввімкненим в коло зворотного зв'язку по схемі суматора (виділена прямокутником з штрих пунктирною лінією) у схемі модуляційного радіометра

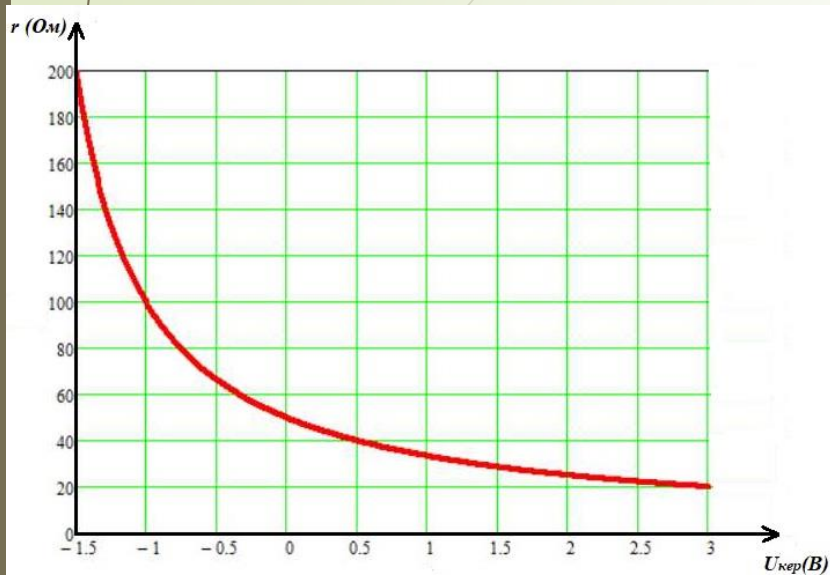


Рис. 8 Залежність опору польового транзистора JFET з каналом n-типу ввімкненого як VCR від керуючої напруги у цьому діапазоні опорів для транзистора VCR2N (20-200 Ом).



Рис.9 Залежність опору польового транзистора JFET з каналом n-типу ввімкненого як VCR від керуючої напруги на робочій ділянці.

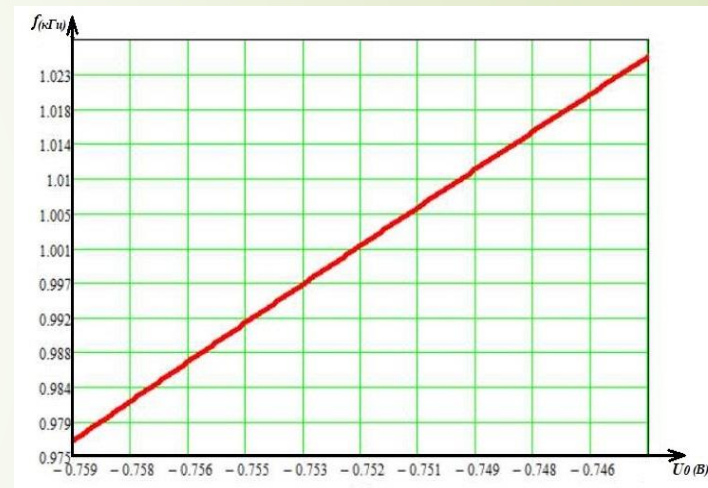
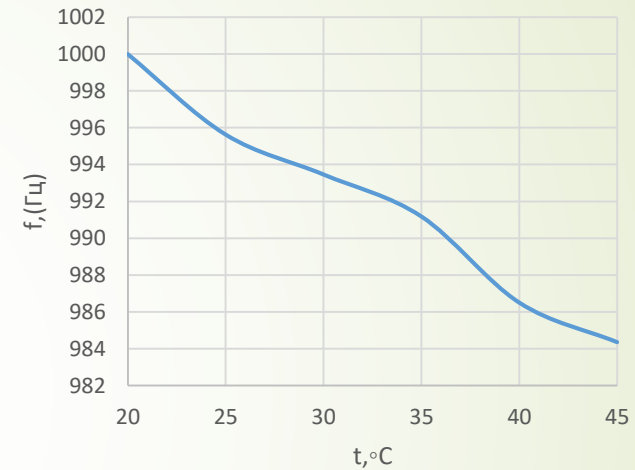


Рис.10 Залежність центральної частоти ланки смугового фільтру від керуючої напруги на затворі польового транзистора JFET з каналом n-типу ввімкненого як VCR.

Моделювання в програмі NI Multisim

8

t, °C	20	25	30	35	40	45
f0, Гц	1000	995.63	993.462	991.177	986.562	984.354
Δf_{-3dB}	37.44	37.548	37.647	37.736	37.767	37.88
Δf_{-20dB}	107.69	107.697	107.688	107.67	107.365	107.807
А0 на 1кГц	7					
А0 на 1кГц	40.469	40.387	40.16	39.758	39.16	38.337



Таблиця 1 Зміна параметрів смугового фільтра при підвищенні температури

Рис.11 Залежність зміщення центральної частоти смугового фільтра від зміни температури

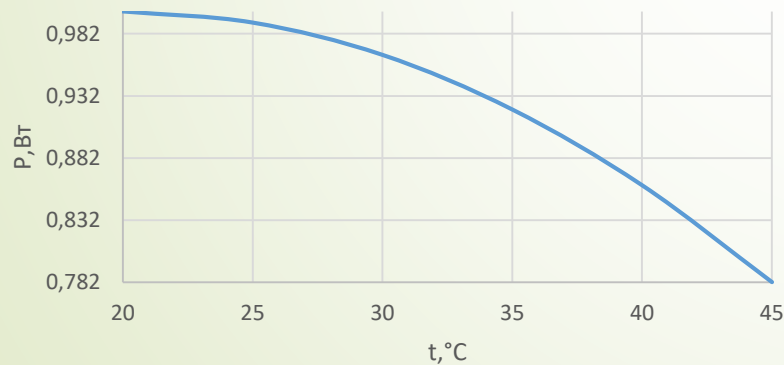


Рис.12 Залежність рівня вимірної потужності у відсотках від першопочаткової потужності при різних температурах

Експериментальні результати

9

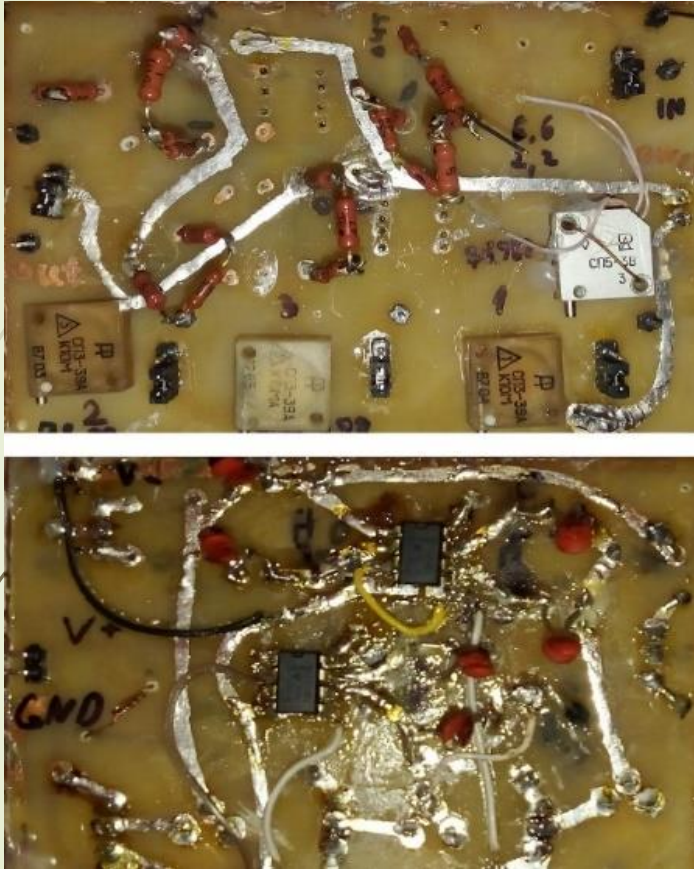


Рис. 13 Зразок вузькосмугового фільтру

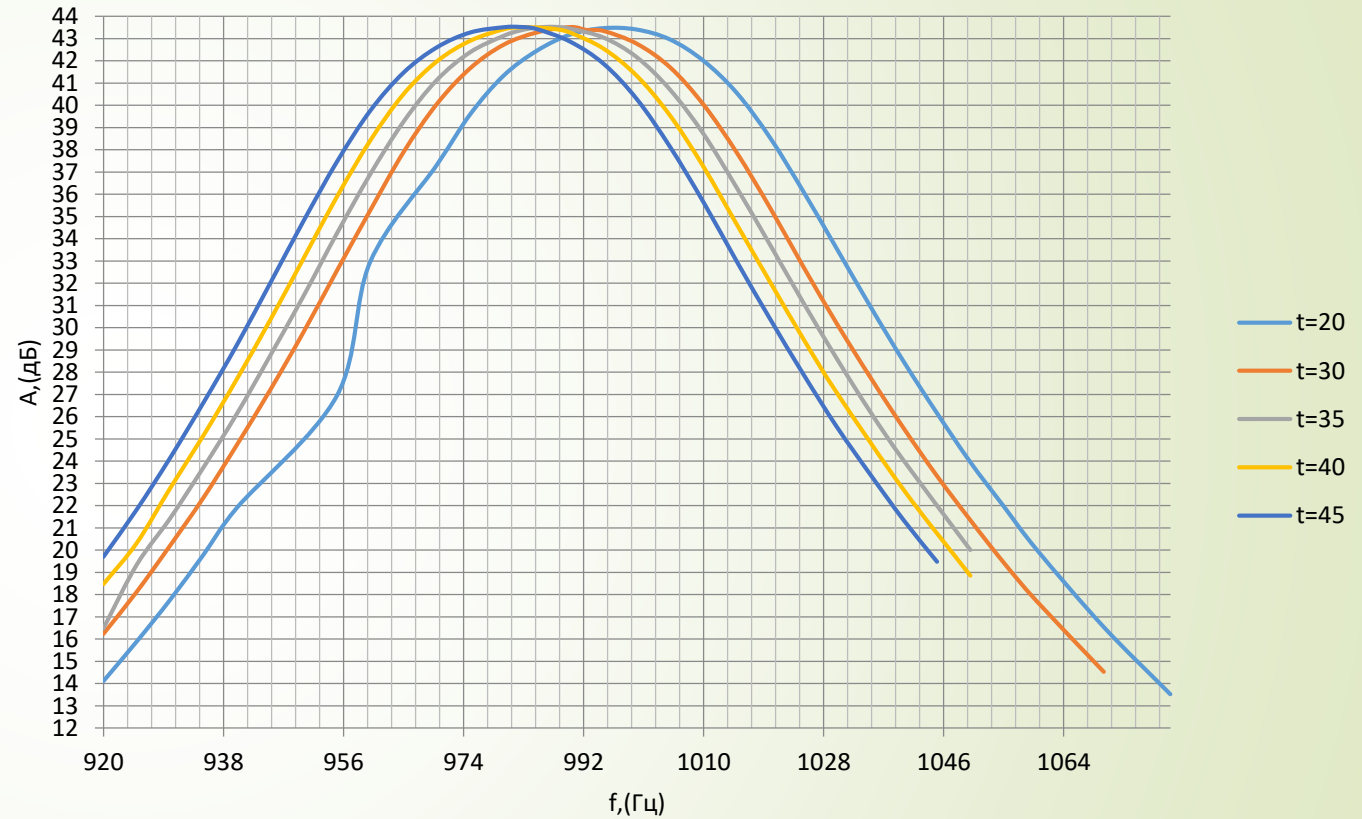


Рис. 14 Зведена залежність амплітуди вихідного сигналу вибіркового смугового фільтру частоти комутації радіометра в Multisim від частоти при зміні температури від 20 до 45°C

Принципова схема

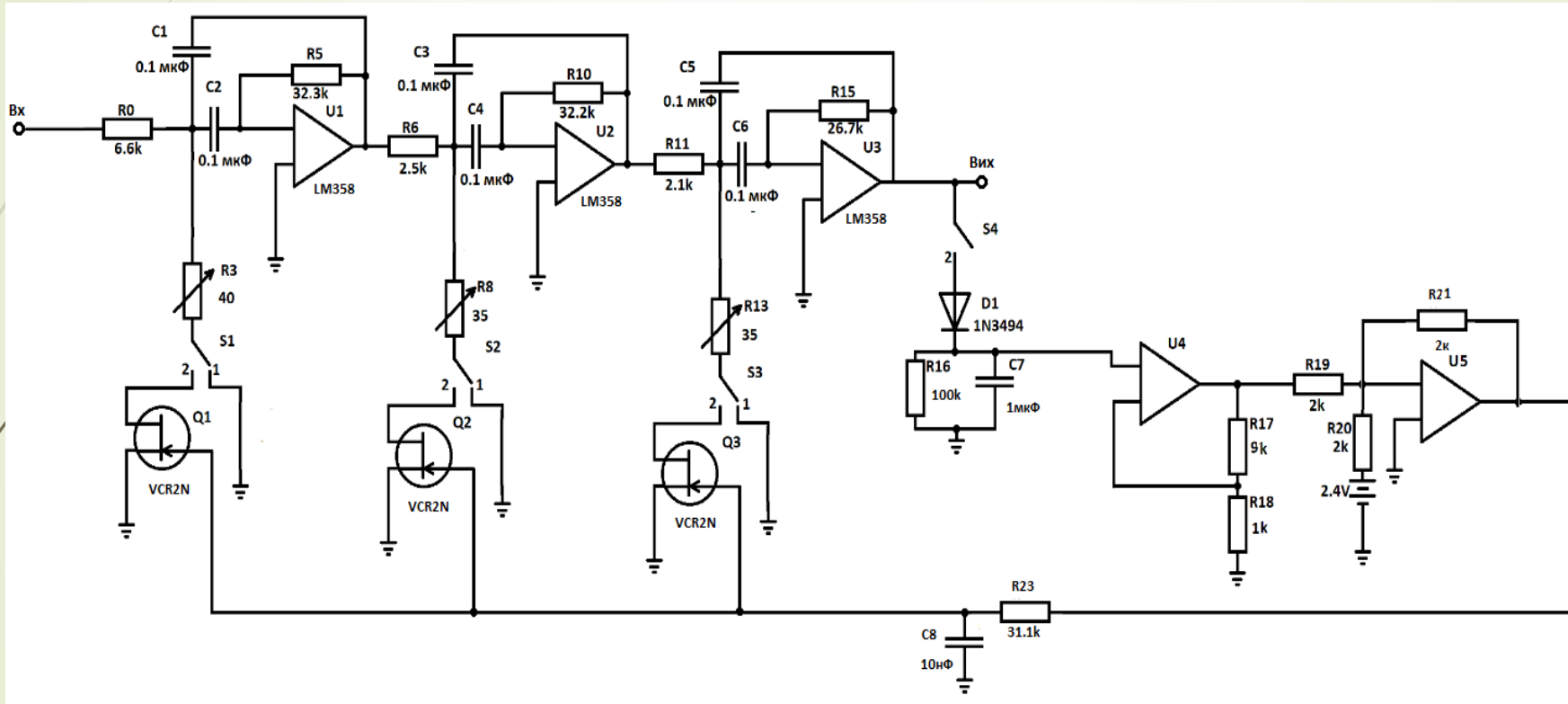


Рис.15 Принципова схема температуро незалежного активного смугового фільтру з автоматичним підлаштуванням АЧХ

Створення друкованої плати в AltiumDesigner

11

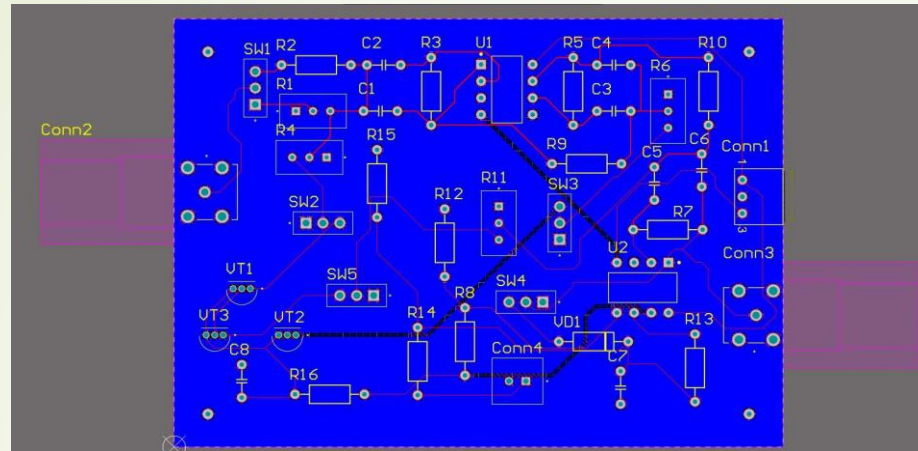


Рис.16 Провідний малюнок на друкованій платі з ТНТ компонентами.

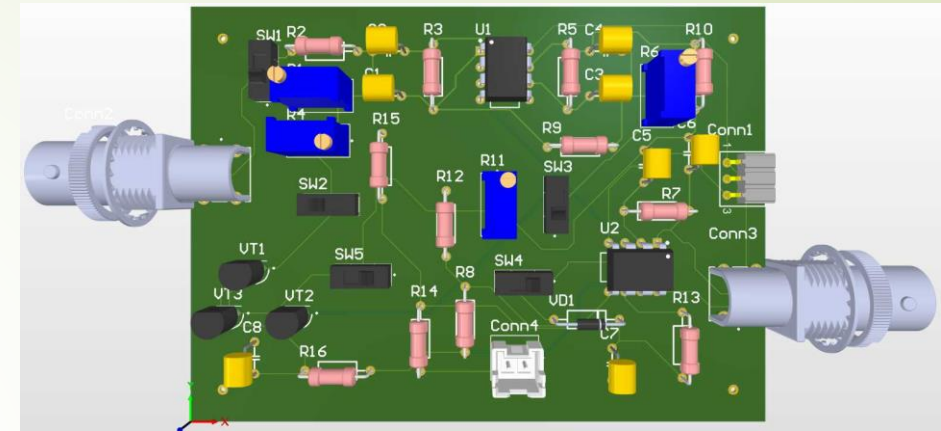


Рис.17 3D зображення друкованої плати з ТНТ компонентами.

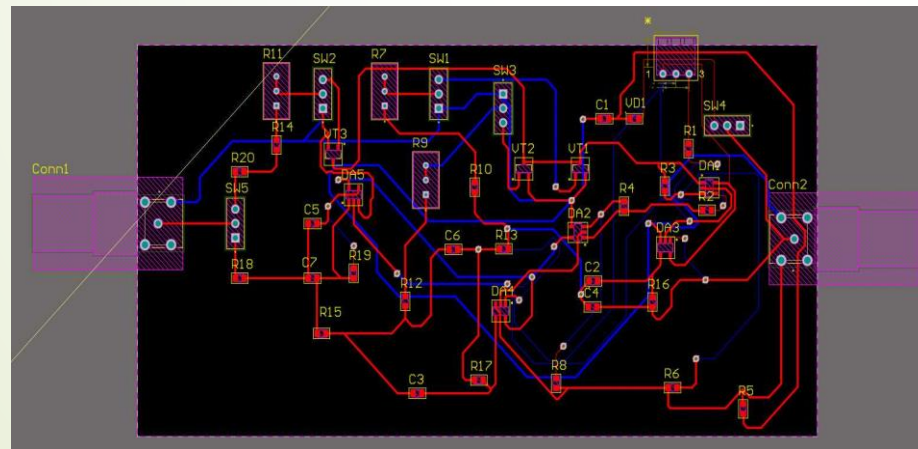


Рис.18 Провідний малюнок на друкованій платі з SMD компонентами

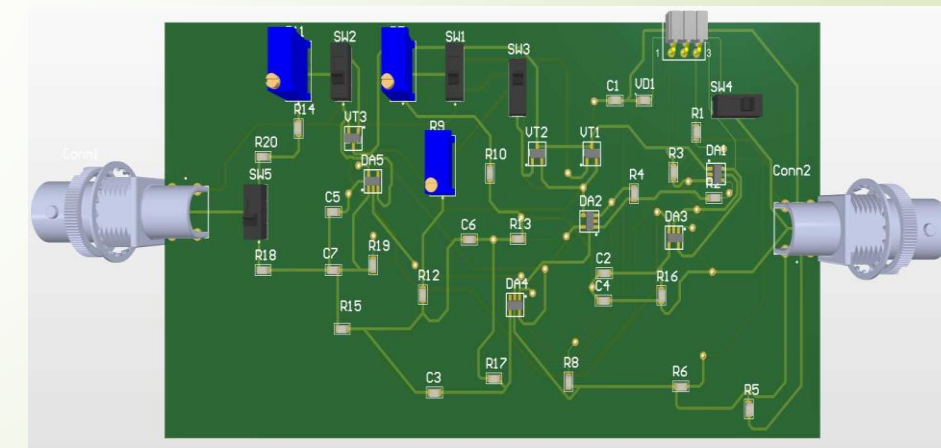


Рис.19 3D зображення друкованої плати з SMD компонентами.

Дякую за увагу!

Список використаних джерел:

- 1.Скрипник Ю.О., Манойлов В.П., Яненко О.П. Модуляційні радіометричні пристрої та системи НВЧ-діапазону: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ. – 2001. – 374 с.
- 2.Яненко О.П.,Перегудов С.М.,Вірченко Л.А. Особливості формування шумових параметрів модуляційного радіометра. ІХ Міжнародна науково-технічна конференція "Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи" 2020.РТПСАС-2020
- 3.David Kleinfeld «The field effect transistor as a voltage controlled resistor»- Physics 120 - Spring 2016