

5. V.Nevzorov, L.Smerklo /The Selection of Cell Optimal Form and Cells Arrangement on the Chip at DMOSFET Design //The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, Proceedings of the VII<sup>th</sup> International Conference CADSM 2003, 18-22 February 2003 Lviv-SlavskeUkraine, p. 285.

6. Невзоров В.В., Смеркло Л.М. Мощные полевые транзисторы. // Радиопромышленность, вып.1, 1992 г., с.41.

УДК 621.375.029:621.369.61

А. Й. Семенюк

Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут

## РАДИОКАНАЛ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

© Семенюк А.Й., 2003

A. Semenyuk

## THE RADIO CHANNEL OF TV-IMAGE TRANSMISSION SYSTEM FOR MOVING OBJECTS.

© Semenyuk A.Й., 2003

**Наведено результати розробки та виготовлення радіоканалу системи передачі телевізійних зображень з рухомих об'єктів. Описано функціональні схеми передавача та приймача і їх основні технічні характеристики.**

**The results of design and production of the radio channel of TV-image transmission system for moving objects are presented in this paper. Also described block diagrams of transmitter and reciever and its main technical properties.**

**Вступ.** Радіоканал призначений для передачі відео, телеметричної та звукової інформації з рухомого об'єкта на стаціонарний пункт, на якому здійснюється підсилення, селекція, перетворення та демодуляція прийнятої інформації.

Наукова проблема створення зазначеного радіоканалу пов'язана з розробкою двох автономних пристроїв – передавача і приймача телевізійних і звукових сигналів, які мають забезпечити передачу якісного зображення в умовах складної електромагнітної обстановки, високої інтенсивності завад та жорстких умов експлуатації, з одного боку, але разом з тим параметри кожного пристрою є компромісними і вибрані з багатьох взаємопов'язаних вимог.

Створення подібних прийомо-передавальних пристроїв і їх застосування особливо актуальне для створення комплексів дистанційного керування виконавчими машинами та механізмами в умовах екологічно-забруднених об'єктів, де присутність оператора в цих умовах небезпечна або неможлива, а самі об'єкти знаходяться на значних відстанях, або за перешкодами, які виключають пряму видимість.

Над розробкою мініатюрних НВЧ прийомо-передавальних пристроїв працюють в ФГУП НПО "Оріон" м. Москва, Національному технічному університеті "КПІ", Львівському науково-дослідному радіотехнічному інституті та багато інших. У [1,2,3] частково показані

принципи побудови подібних пристроїв з хорошими характеристиками, реалізованих на високому сучасному науково-технічному рівні. Але сьогоднішній етап розвитку систем зв'язку настійливо висуває перед цими і іншими спорідненими пристроями вимогу все більшої мініатюризації та забезпечення роботи в складніших умовах експлуатації та складної електромагнітної обстановки.

У цій роботі наведені результати розробки складових частин радіоканалу системи передачі телевізійних зображень з розкриттям особливостей побудови проблематичних пристроїв.

**Формулювання задачі.** Для отримання якісного зображення в умовах складної електромагнітної обстановки і високої інтенсивності завад було вибрано радіосигнал в діапазоні частот 1 ГГц з частотною модуляцією при смузі відеосигналу  $\Delta F = 5$  МГц з індексом модуляції  $m=5,4$ , тому ширина спектра радіосигналу становить  $\Delta f = \Delta F \cdot m = 27$  МГц. Розрахуємо реальну чутливість приймального тракту

$$P_{\text{реал}} = k \cdot T_0 \cdot \Delta f \cdot N \cdot q$$

де  $k = 1,38 \times 10^{-23} \frac{\text{Вт}}{\text{Гц} \cdot \text{К}}$  – постійна Больцмана;

$T_0 = 300$  К – температура;

$N = 1,5$  (1,5 дБ) – коефіцієнт шуму приймача;

$q = 5$  (26 дБ) – співвідношення сигнал-шум на виході приймача при реальній чутливості;

звідки  $P_{\text{реал}} = 1,38 \times 10^{-23} \cdot 300 \cdot 27 \times 10^6 \cdot 1,5 \cdot 5 = 8,4 \times 10^{-13}$  Вт (121 дБ Вт)

Оцінімо втрати сигналу  $L$  на відстані  $l = 2$  км

$$L = 20 \cdot \lg \frac{4\pi \cdot l}{\lambda} \text{ [дБ]}$$

де  $\lambda = 0,33$  м – довжина хвилі радіосигналу

$$L = 20 \cdot \lg \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 2 \times 10^3}{0,33} = 98,4 \text{ дБ}$$

Якщо прийняти реальні коефіцієнти підсилення передавальної антени  $G_n = 6$  дБ та приймальної  $G_{np} = 12$  дБ, то необхідна потужність передавача буде

$$P_{\text{пер}} = P_{\text{реал}} - L + G_{\text{пер}} + G_n - L_{\text{пер}}$$

де  $L_{\text{пер}} = 40$  дБ – сумарні втрати атмосфери та перешкоди

$$P_{\text{пер}} = 121 - 96,4 + 6 + 12 - 40 = -0,4 \text{ дБ Вт (0,91 Вт)}$$

Тобто необхідна потужність радіосигналу на виході передавача має бути близько 1 Вт.

**Реалізація.** З метою реалізації наведених вище вимог до складових частин передавального й приймального трактів розглянемо особливості побудови як передавача і приймача, так і специфічних функціональних вузлів, які в них входять.

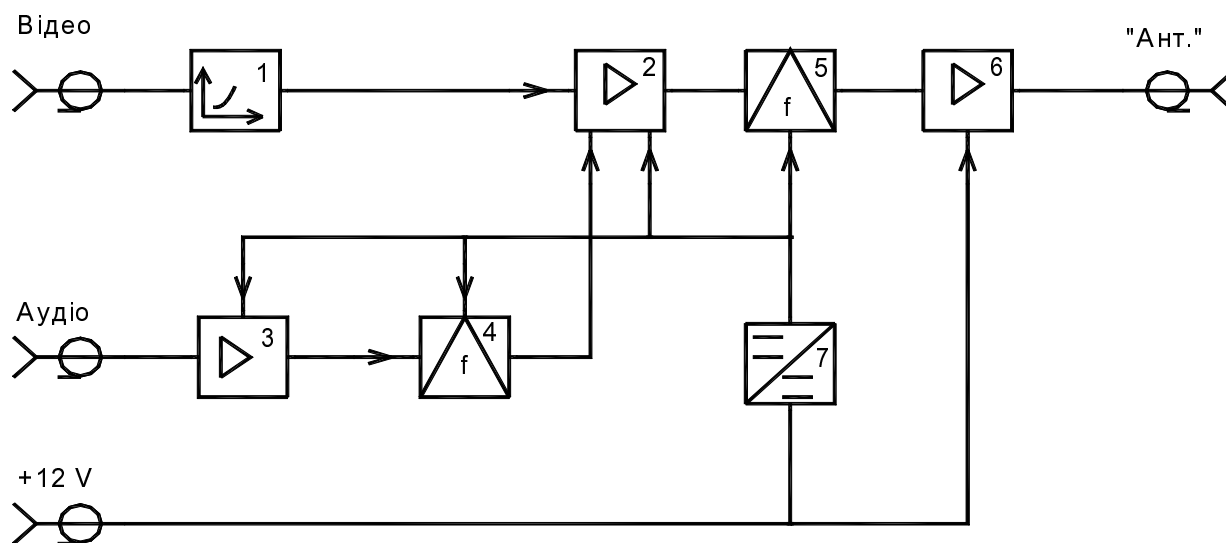


Рис. 1. Функціональна схема передавального пристрою

Функціональна схема передавального пристрою (рис. 1) складається з фільтра попередніх спотворень відеосигналу 1, який здійснює підйом високочастотних складових спектра, відеопідсилювача 2, на який також надходить сигнал звукової піднесучої, сформований за допомогою мікрофонного підсилювача 3, частотного модулятора звуку 4. Комплексний відео і ЧМ звуковий сигнали з виходу підсилювача 2 надходять на модулюючий вхід частотного модулятора 5. Для отримання ЧМ радіосигналу на високих частотах використовують різні схеми модуляторів: балансні, з переносом частоти, з використанням високочастотних генераторів на несучій частоті із зміною параметрів одного з реактивних елементів для модуляції [4].

Слід відмітити, що системи з частотною модуляцією дуже чутливі до пульсацій напруг живлення і завад, тому живлення всіх ланок формування відеосигналу, модулятора звуку і ЧМ генератора здійснюється через вискоефективний стабілізатор напруги 7 з багатоступневими фільтрами подачі живлення.

Підсилення ЧМ сигналу здійснюється в чотирикаскадному НВЧ підсилювачі, перших два каскади якого на транзисторах 2Т643А2, а два вихідних на транзисторах 2Т939А. Всі каскади однотипні схемотехнічно, проте відрізняються робочими струмами та ланками узгодження [6]. Проектування проводилось за допомогою пакета прикладних програм MICROWAVE OFFICE 4.22.

Кожен каскад (рис. 2) складається з НВЧ транзистора VT2, вхід і вихід якого узгоджений на мінімальний коефіцієнт стоячої хвилі за допомогою C2, C3, W1 та W2, C6 відповідно. За допомогою транзистора VT1 та резисторів R1...R4 здійснюється температурна стабілізація робочої точки НВЧ транзистора в широкому температурному діапазоні. Конденсатори C1, C4, C5 – блокуючі. Такий підсилювач забезпечує коефіцієнт підсилення 23 дБ, та вихідну потужність 1,5 Вт на частоті 1 ГГц

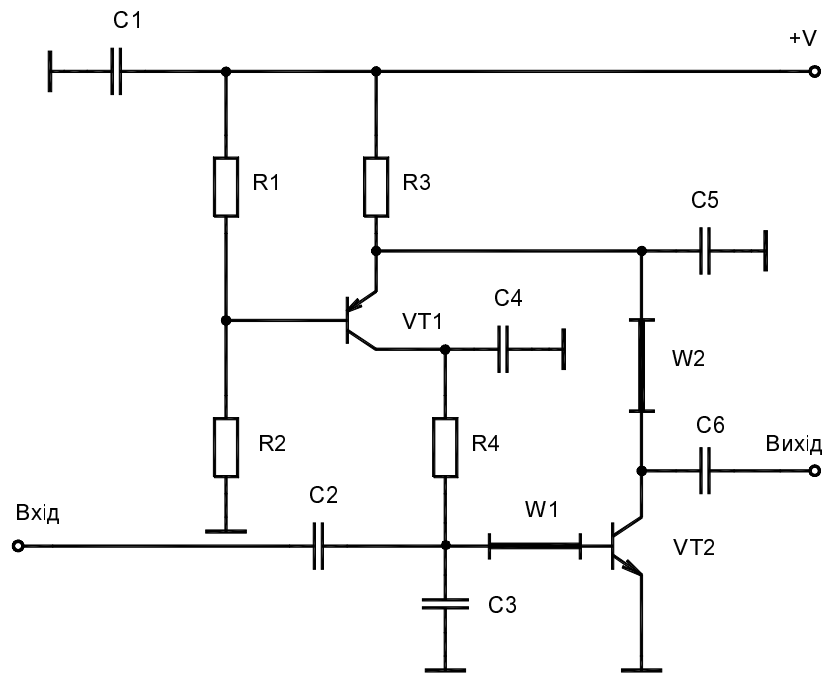


Рис. 2. Принципова схема каскаду підсилювача

Приєм сигналів з рухомого об'єкта здійснюється за допомогою приймальної антени та приймального пристрою, функціональна схема якого показана на рис. 3.

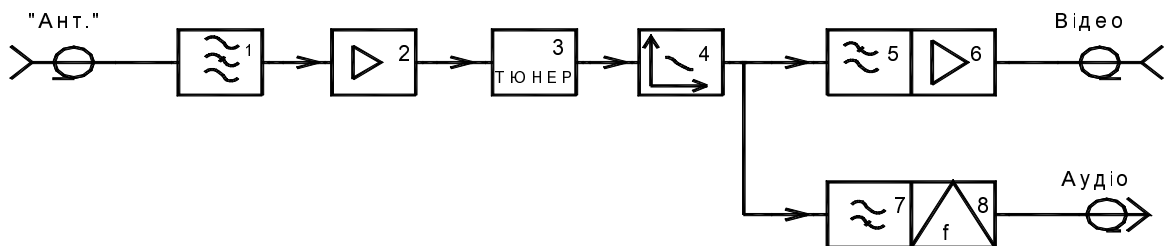


Рис. 3. Функціональна схема приймального пристрою

Вибір частотного діапазону здійснювався з умови можливості проникнення радіохвиль через в основному радіопрозорі перешкоди з великим затушенням. Для цього необхідні радіосигнали з великою довжиною хвилі. Але порівняно низькочастотні діапазони інтенсивно експлуатуються і заводська обстановка в них є надзвичайно складною. Тому вибір в дозволеному діапазоні частоти порядку 1 ГГц з порівняно широким спектром сигналу є оптимальним. Але при реалізації приймального пристрою необхідно прийняти неординарні міри з забезпечення його селективності. Відомі багато способів покращення вибірності за рахунок застосування на вході приймального тракту високодобротних вузькосмугових фільтрів, але при цьому вони погіршують чутливість приймачів через порівняно великі втрати. Тому проблема селекції вирішена шляхом розподілення селекційних ланок по тракту приймача, а саме: установки на вході приймача високодобротного відносно широкосмугового фільтра 1 з малими втратами, а подальшу селекцію здійснювати в тюнері сигналів 3, де можливо встановити вузькосмугові фільтри, нехтуючи їхніми втратами.

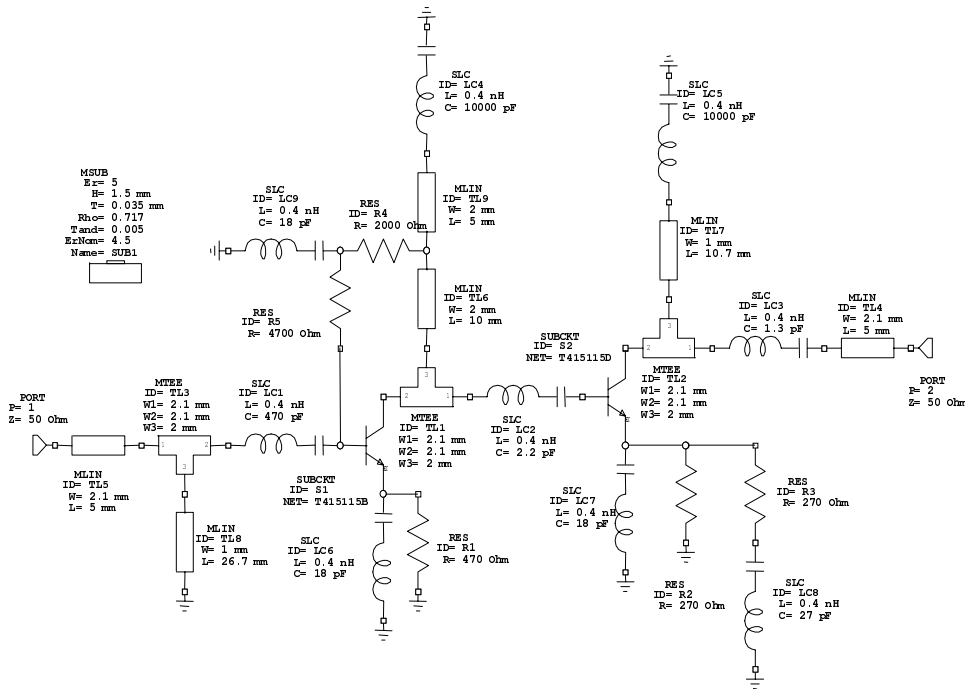
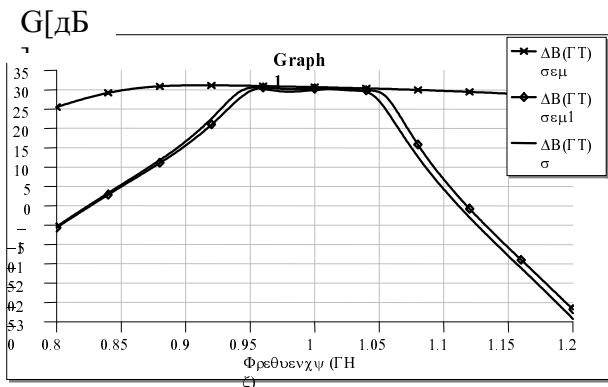


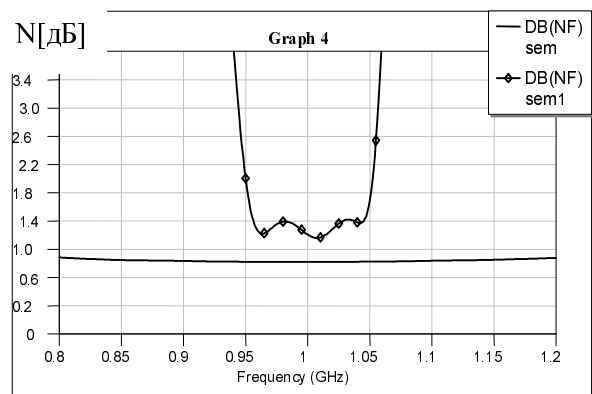
Рис. 4. Еквівалентна схема малошумного НВЧ підсилювача

Фільтр 1 боночного типу реалізований на четвертьхвильових резонаторах з четвертьхвильовими зв'язками в мікрополосковому виконанні і забезпечує вибірність більше 35 дБ при втратах в смузі пропускання 0,3 дБ.

Забезпечення високої реальної чутливості на вхідній частоті здійснюється шляхом установки на вході малошумного (МШП) НВЧ підсилювача 2. Він реалізований на двох транзисторах AT41411, перший з яких оптимізований на мінімальний коефіцієнт шуму, другий каскад на максимальне підсилення. Розрахунок і оптимізація МШП здійснювались за допомогою пакета прикладних програм MICROWAVE OFFICE 4.22 за еквівалентною схемою, показаною на рис.4. Спочатку було розраховано і оптимізовано окремо параметри МШП (коефіцієнт передачі і коефіцієнт шуму показані на рис. 5). Потім після синтезу смугового фільтра боночного типу



а)



б)

Рис. 5. Розрахункові і експериментальні характеристики НВЧ малошумного підсилювача:

а) коефіцієнта передачі в дБ: —x— розрахункова МШП, —◇—◇— розрахункова МШП з боночним фільтром, — експериментальна МШП з боночним фільтром;

б) коефіцієнта шуму в дБ: — МШП розрахункова, —◇—◇— МШП з боночним фільтром.

Було проведено сумісний розрахунок МШП з фільтром на вході (див. характеристики на рис. 5). Експериментальні характеристики МШП з фільтром показують високий степінь збігу з розрахунковими.

Враховуючи широкий робочий діапазон температур, режими транзисторів стабілізовані подібно, як у потужному підсилювачі, показаному на рис. 2. Підсилювач забезпечує коефіцієнт шуму 1,5 дБ, коефіцієнт підсилення 30 дБ в робочому діапазоні частот.

Селектором каналів використовується супергетеродинний тюнер 3, описаний в [5], в якому здійснюється підсилення, селекція, перетворення та демодуляція прийнятого сигналу. Комплексний відео-та аудіосигнал, після усунення попередніх частотних спотворень в 4, проходить розділення на відео та аудіосигнали за допомогою фільтра нижніх 5 та верхніх 7 частот відповідно. Відеосигнал підсилюється в 6 і надходить через вихід "Відео" на монітор.

Частотно модульована звукова піднесуча проходить селекцію, демодулюється в 8, а отриманий звуковий сигнал через вихід "Аудіо" надходить на засоби відтворення.

**Практичні результати розробки.** Конструктивно кожен функціональний вузол приймача реалізований в окремих корпусах, з'єднаних між собою кабелями. Всі пристрої виконані в гібридному інтегральному виконанні з поверхневим монтажем елементів.

Основні технічні характеристики приймача:

• Робоча частота	1000 мГц
• Чутливість приймача при відношенні сигнал-шум 26 дБ	122 дБ Вт
• Динамічний діапазон вхідних сигналів	52 дБ
• Вибірність по дзеркальному і побічних каналах прийому	> 60 дБ
• Вибірність по сусідньому каналу прийому	> 45 дБ
• Розмах відеосигналу на навантаженні 75 Ом	$1 \pm 0,1$ В
• Діапазон робочих температур	$-40 \dots +60$ °С
• Розмах аудіосигналу на навантаженні 600 Ом	0,6 В

Передавальний пристрій реалізований на гібридній інтегральній технології в окремому герметичному корпусі розміром 130×80×25 мм, який виготовлений із матеріалу D16 шляхом фрезерування і одночасно є радіатором для відводу тепла від потужних транзисторів.

Основні технічні характеристики передавача:

• Робоча частота	$1000 \pm 0,5$ мГц
• Вихідна потужність	1,5 Вт
• Ширина спектра сигналу	27 мГц
• Розмах вхідного відеосигналу	$1 \pm 0,1$ В
• Напруга живлення	$12,6_{-0,6}^{+1,4}$ В

Передавальний пристрій забезпечує свої параметри в жорстких умовах експлуатації по групі експлуатації 1.10 згідно з ГОСТ В.20.305 при температурі робочого середовища  $-40^0 \dots +60^0$  С та інших дестабілізуючих факторах.

**Висновки.** 1. Комплексний підхід до розробки радіоканалу, його функціональних вузлів, інтегральне виконання дали змогу створити мініатюрний приймальний та передавальний пристрої, придатні для передачі відео, аудіо та телеметричної інформації з великого класу рухомих об'єктів, які можуть працювати в жорстких умовах експлуатації, в тому числі на екологічно-забруднених територіях.

2. Вибраний тип сигналу, вибірність приймального тракту забезпечили використання радіоканалу в умовах складної електромагнітної обстановки та інтенсивних завад.

3. Отримані висока чутливість приймача, низький шумовий поріг прийому, великий динамічний діапазон та досягнута потужність передавача дозволили створити радіоканал, сигнали якого долають перешкоди з рівнем затухання більше 40 дБ. Систему також можна використовувати на відстанях передачі інформації більше 100 км при прямій видимості, що дозволяє використовувати її для розв'язання широкого спектра задач.

1. Алыбин В.Г., Зябликов С.Ю. и др. Миниатюрные приемные и передающие конвертеры С-диапазона для станций спутниковой связи.- В кн.: 12-я Международная Крымская конференция. "СВЧ – техника и телекоммуникационные технологии". Материалы конференции. (Севастополь, 9-13 сентября 2002 г. ). – Севастополь, Вебер, 2002 с. 103-106.

2. Алыбин В.Г., Зябликов С.Ю., Ребане В.А. и др. Приемный и передающий конверторы для станций спутниковой связи. //Радиотехника, – 2000. – № 3 – с. 31-36.

3. Владимиров В.М., Кулинич С.Н., Шихов Ю.Г. МШУ-активный полосопропускающий фильтр на 465 МГц. В кн.: 12-я Международная Крымская конференция. "СВЧ – техника и телекоммуникационные технологии.". Материалы конференции. (Севастополь, 9-13 сентября 2002 г. ). – Севастополь, Вебер, 2002 с.135-136.

4. Верецагин Е.М. Транзисторно-варакторные генераторы. Под ред. Ю.Г. Никитенко. – К., Техніка, 1979.

5. Семенюк Анатолій, Смеркло Любомир, Облакевич Віктор. Тюнер сигналів супутникового телебачення // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка". Львів, 2000, №339, с.85-93.

6. Л.И. Бабак, А.Н. Дьяченко, С.А. Дергунов. Расчет цепей коррекции мощных сверхширокополосных транзисторных СВЧ усилителей. Полупроводниковая электроника в технике связи. / Сборн. статей под ред. И.Ф.Николаевского. – М. Радио и связь. 1988. Вып. 27. с. 162-169.