

УДК 621.396.62

Гарачук С.А.¹, Піроженко О.О.¹, Скидан Д.О.²

¹ старш.викл. каф. ІТЕЗ НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

РЕАЛІЗАЦІЯ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ЧМ-ВІДЕОПРИЙМАЧА 5,8 ГГц НА РОЗПОДІЛЕНИХ КОМПОНЕНТАХ

При проектуванні та виготовленні робототехнічних та безпілотних систем для передачі відеозображення часто використовують аналогові відеопередавачі цивільних діапазонів в т.ч. на 5,8ГГц.

Основна проблема існуючих приймачів бездротового аналогового відеосигналу на цих частотах є у тому, що вони виконуються на базі однієї мікросхеми, де вже вбудовано всі робочі вузли і відповідно виникають проблеми у разі необхідності внесення змін в режими роботи таких приймачів. Завдання полягало у вивченні можливостей побудови приймачів аналогового частотномодульованого відеосигналу стандарту PAL на розподілених компонентах.

Реалізована система приймача використовуватиме супергетеродинну архітектуру та працюватиме в поєднанні з комерційно доступним передавачем частотної відеомодуляції (FM) потужністю 600 мВт виробництва ImmersionRC. Цей передавач використовує аналогові композитні відеосигнали зі змінною фазою (PAL), його буде підключено до

невеликої камери відеоспостереження та змонтовано на портативну станцію мовлення.

Блок-схема на рис. 1 показує схему гетеродинного FM-приймача з одним перетворенням.

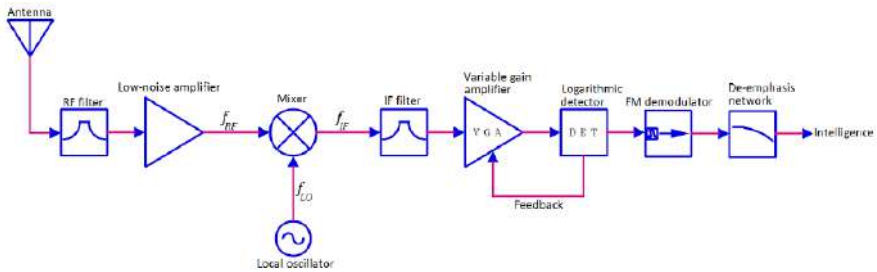


Рисунок 1 – Схема супергетеродинного FM-приймача з одинарним перетворенням

Через вимоги до динамічного діапазону системи приймача, як правило, необхідне посилення та обмеження рівня потужності ПЧ. Цього можна досягти за допомогою схеми автоматичного регулювання посилення (AGC). Коефіцієнт посилення пристрою АРП регулюється за допомогою входу напруги.

Блок-схема супергетеродинного FM-приймача, що показана на рис. 1, використовує FM-демодулятор PLL (Phase Locked-Loop) для виділення модульованого сигналу з перетвореного з пониженням ПЧ сигналу. Фундаментальна схема демодулятора ФАПЧ складається з фазового детектора, контурного фільтра та генератора, керованого напругою (VCO), з'єднаних у циклі негативного зворотного зв'язку. Блок-схема такої схеми показана на рис. 2.

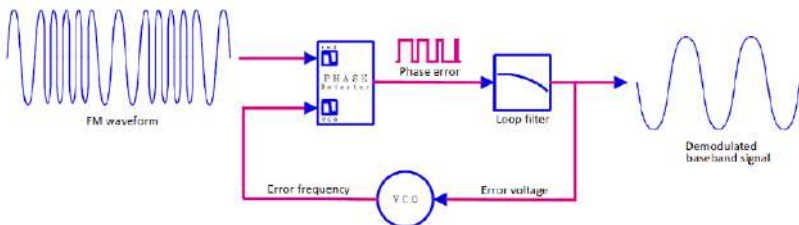


Рисунок 2 – Блок-схема демодулятора PLL FM

Першим компонентом ФАПЧ (PLL) демодулятора є фазовий детектор. Фазовий детектор порівнює фазу вхідного ЧМ-сигналу з фазою сигналу,

створеного VCO, і видає прямокутну хвилю з робочим циклом, пропорційним різниці фаз. Потім прямокутна хвиля фільтрується в контурному фільтрі. Петлевий фільтр, фільтр низьких частот, інтегрує робочий цикл прямокутної хвилі в напругу помилки, яка подається назад у VCO. Контур зворотного зв'язку замикається, коли напруга помилки повертається на VCO, а вихідний сигнал VCO повертається на фазовий детектор. Дія зворотного зв'язку відстежує фазу вхідного FM-сигналу з фазою сигналу VCO. Це означає, що напруга помилки, яка керує VCO, пропорційна девіації несучої, тобто модулюючого сигналу.

Система реалізована за допомогою пристроїв поверхневого та отвірного монтажу на чотирьох окремих каскадах друкованих плат (PCB). Ці каскади включають радіоінтерфейс 5,8 ГГц, каскад проміжної частоти (IF) 480 МГц, блок гетеродина (LO) і схему демодуляції частоти для сигналів частотної модуляції (FM). Кожен каскад приймача з'єднаний між собою за допомогою мініатюрних роз'ємів версії A (SMA).

Вхідна плата радіоприймача складається з підсилювача з низьким рівнем шуму (LNA), фільтра попереднього вибору з розподіленими елементами 5,8 ГГц і пасивного змішувача з подвійним балансом. Цей змішувач використовує сім дискретних частот інжекції на 5260-5380 МГц, які забезпечуються блоком гетеродина за допомогою програмованого пристрою синтезатора частоти з фазовою автопідстроюванням частоти (PLL).

Ступінь ПЧ використовує петлю зворотного зв'язку з автоматичним регулюванням посилення (AGC) з динамічним діапазоном 60 дБ. Ця петля АРУ реалізована за допомогою спрямованого зв'язувача, пристрою детектора, схеми налаштування та підсилювача/аттенюатора зі змінним коефіцієнтом посилення (VGA). ПЧ на частоті 480 МГц вибирається за допомогою фільтра поверхневої акустичної хвилі (ПАХ) 25 МГц.

ПЧ демодулюється до формату композитного відео PAL за допомогою дискримінатора PLL FM, призначеного для супутникових сигналів прямої трансляції (DBS). Цей пристрій підключається до окремого каскаду демодуляції в поєднанні зі схемою налаштування зображення та мережею зменшення акценту FM. Вихід каскаду демодулятора є композитним відеосигналом 75 Ом PAL.

Антенна приймача підключається безпосередньо до переднього каскаду. Цей етап забезпечує підсилення, попередній вибір і понижувальне перетворення радіочастотного сигналу 5,8 ГГц. Вхідний каскад складається з МШП 16 дБ, фільтра попереднього відбору та пасивного подвійного збалансованого змішувача.

Окремий гетеродин забезпечує сім низьких частот інжекції 5260-5380 МГц на змішувач, розташований на передньому каскаді. Кожна частота

гетеродина генерується за допомогою програмованого синтезатора частоти ФАПЧ із вбудованим генератором, що керується напругою (VCO).

ПЧ із пониженим перетворенням, що надходить із переднього каскаду, становить 480 МГц. Цей сигнал поширюється на каскад проміжної частоти і відбирається за допомогою фільтра поверхневої акустичної хвилі (ПАВ) 25 МГц. ПЧ потім посилюється монолітним підсилювачем мікрохвильової інтегральної схеми (ММІС) з фіксованою частотою 32 дБ. Петля зворотного зв'язку АРП 60 дБ регулює рівень потужності ПЧ до кінцевого каскаду демодулятора ЧМ системи приймача.

Завершальним компонентом переднього каскаду є змішувач. Метою цього мікшера є понижуєче перетворення сигналу 5,8 ГГц, що транслюється відеопередавачем. Пасивний подвійний збалансований змішувач HMC218BMS8E виробництва компанії Hittite був обраний для забезпечення пониження перетворення в ПЧ на 480 МГц.

Синтезатор частоти AD F4355 може генерувати вихідні частоти від 51,5625 МГц до 6600 МГц і управляється за допомогою 13 програмованих регістрів даних на кристалі. Кожен регістр налаштовує функції ADF4355, такі як його ядро VCO, цілочисельні та дробові дільники, насос заряду та кілька інших блоків усередині пристрою.

Кожен регістр даних має довжину 4 байти (32 біти), і більшість із них потребують конфігурації кожного разу, коли пристрій активується. Крім того, деякі регістри потрібно було переконфігурувати в попередньо визначеній послідовності під час роботи, щоб дозволити коригування вихідної частоти. Кожен регістр даних всередині ADF4355-3 налаштований на 3-провідну шину SPI.

Після фільтра розмістили підсилювач BGA2869 виробництва NXP semiconductors. BGA2869 — це підсилювач із внутрішньо узгодженою монолітною мікрохвильовою інтегральною схемою (ММІС) із фіксованим коефіцієнтом посилення, оптимізований для роботи від 0,2 до 2,2 ГГц.

Ступінь FM-демодулятора є завершальним етапом системи відеоприймача. Метою цього етапу є виділення сигналу з перетвореного з пониженням частоти FM сигналу 480 МГц. FM-демодуляція реалізована за допомогою мікросхеми TDA8730 виробництва Philips semiconductors. Ця мікросхема є FM-демодулятором 479,5 МГц, PLL, спочатку розробленим для композитних відеосигналів DBS (пряме супутникове мовлення).

Вихід TDA8730 підключений до схеми налаштування зображення. Ця схема складається з двох високошвидкісних операційних підсилювачів і необхідна для налаштування амплітуди та зсуву демодульованого сигналу. Ця схема встановлює рівень яскравості та контрастності композитного відеосигналу PAL.

Зображення кінцевої реалізації приймача показано на рис. 3

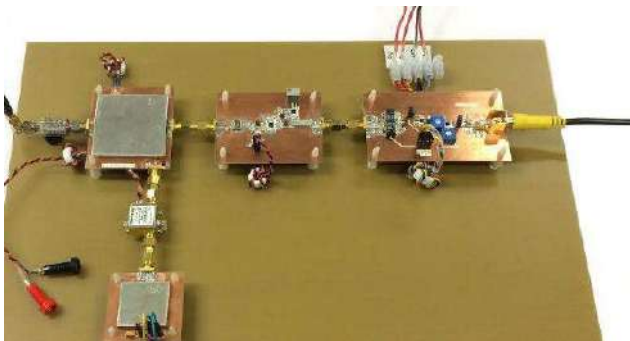


Рисунок 3 – Остаточна реалізація приймача

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jeffrey S. Beasley, “Modern Electronic Communication”, Pearson, 1st ed. 2013. pp. 211-218.
2. “Pre-emphasis characteristics for frequency modulation radio-relay systems for television”, <https://www.itu.int/dms pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.405-1-197007-WPDF-E.pdf>