

**Ганах І.І.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Губар В.Г.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ГЕТЕРОДИНА З НИЗЬКИМ СТРУМОМ СПОЖИВАННЯ НА БАЗІ СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТИ

*У роботі аргументується необхідність створення універсального гетеродина на базі синтезатора частоти, поєднаного з підсистемою керування значенням генерованої частоти та індикації параметрів генерованого сигналу і ряду додаткових параметрів. Наведено дані дослідження ринку відлагоджувальних плат зі встановленими синтезаторами частоти різних типів і зроблено висновки щодо доцільності їх використання у якості гетеродинів радіоприймальних пристроїв з батарейним живленням. Акцентовано увагу на деяких суттєвих недоліках цих відлагоджувальних плат, які звужують або роблять неможливим їх застосування у якості гетеродинів для малогабаритних, дешевих і масових радіоприймачів. Розглянуто окремі приклади застосування сучасних синтезаторів частоти для модернізації деяких зразків техніки зв'язку, яка виконана на застарілих електронних компонентах.*

*У статті запропоновано практичний підхід до проєктування простого і якісного гетеродина, який можна використовувати для побудови радіоприймальних пристроїв з одним, двома чи трьома перетвореннями частоти.*

*Малогабаритний багатоканальний гетеродин з низьким струмом споживання пропонується реалізувати із застосуванням популярної і надзвичайно дешевої мікросхеми синтезатора частоти типу Si5351.*

*Керування гетеродином, а також відображення ряду його параметрів на OLED дисплеї здійснюється за допомогою поширеного мікроконтролера STM32F030K6T6.*

*У статті показано, що завдяки застосуванню мікроконтролера і OLED дисплею блок універсального гетеродина може мати ряд корисних додаткових функцій і можливостей, які будуть якісно відрізняти його від наявних на ринку аналогів.*

*Запропонований пристрій у подальшому може стати основою для розробки радіоприймача з батарейним живленням, який може бути надзвичайно затребуваним в якості засобу зв'язку і оповіщення в умовах можливих військових конфліктів і техногенних катастроф.*

**Ключові слова:** універсальний гетеродин, синтезатор частоти, радіоприймальний пристрій, радіоприймач з батарейним живленням, OLED дисплей, Si5351, STM32F030K6T6.

**Постановка проблеми.** Практично кожний сучасний ВЧ (високочастотний) і НВЧ (надвисокочастотний) радіоприймальний пристрій має гетеродин, який побудований із застосуванням синтезатора частоти. Синтезатори частоти генерують сигнали, які можуть бути опорними для різних електронних блоків, мікроконтролерів, інтерфейсних мікросхем або бути сигналами гетеродина, що подаватимуться на змішувачі, помножувачі, модулятори, демодулятори та на інші ВЧ та НВЧ блоки.

Специфіка сьогоденного ринку побутової електроніки така, що він орієнтований на виробництво максимально дешевої, масової продукції і тому,

заввичай, сучасні приймальні пристрої будуються із застосуванням високоінтегрованих універсальних мікросхем, які орієнтовані на роботу у відносно вузьких діапазонах частот. Отже, мають посередні технічні параметри при невисокій вартості.

В той же час, практичний досвід застосування дешевих радіоприймальних пристроїв в умовах бойових дій та техногенних катастроф (прорив дамби Каховської ГЕС тощо) свідчить про необхідність створення приймальних пристроїв з більш просунутими технічними параметрами (чутливістю, вибірковістю тощо), а також ставить вимоги щодо можливості вдосконалення існуючих, що виконані на базі дискретних елементів і,

можливо, на застарілій елементній базі. Одним із кроків по створенню таких радіоприймальних пристроїв та модернізації існуючих може стати розробка універсальних гетеродинів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні існує велика кількість практичних реалізацій гетеродинів в радіоприймальних пристроях. Більшість з них в дешевих масових пристроях можуть бути виконані у складі універсальних аналогових мікросхем і мікросхем з цифровим керуванням, призначених для створення простих побутових радіоприймачів для прийому радіопередач в діапазонах ДХ, СХ, КХ і УКХ.

Якщо розглядати технічні характеристики таких мікросхем, то необхідно зазначити, що практично всі вони можуть здійснювати прийом передач радіомовлення на частотах не вищих за 108 МГц (108 МГц – це найвища частота УКХ ЧМ радіомовлення). Приклад функціональної будови однієї з таких мікросхем наведено на рис. 1 [1].

Слід відзначити, що платою за таку універсальність є досить посередні шумові параметри вхідних радіочастотних каскадів підсилення та змішувачів цих мікросхем, адже всі вони виконуються на одному кристалі напівпровідника разом із цифровою частиною, яка відповідає за керування мікросхемами через інтерфейси обміну даними, фільтрування і демодуляцію сигналів. Тому відомі виробники якісних радіоприймальних пристроїв (JVC Kenwood, ICOM, AOR, Yaesu, Tecsun) продовжують застосовувати у своїй продукції схемотехніку, яка базується на окремих радіоелектронних компонентах і дозволяє реалізувати оптимальні параметри того чи іншого блоку.

Таким чином, розглядаючи практичні конструкції радіоприймальних пристроїв різних виробників, можна спостерігати безліч самих різноманітних варіантів виконання їх гетеродинів: від рішень на базі дискретних реалізацій ФАПЧ+ГКН, до інтегрованих (ФАПЧ з ГКН на одному кристалі) та, значно рідше, на DDS (Direct Digital Synthesizer).

Що ж стосується власне гетеродинів як окремих блоків, призначених для побудови чи модернізації радіоприймальних пристроїв, то вони не виробляються і на ринку практично відсутні як окремі, самостійні пристрої. Виключенням є лише спеціалізовані гетеродини для НВЧ професійної апаратури зв'язку, які розробляє і обмежено випускає дуже невелика кількість виробників. Одними з найбільш відомих виробників є, наприклад, Microlambda [2] і Pasternack [3].

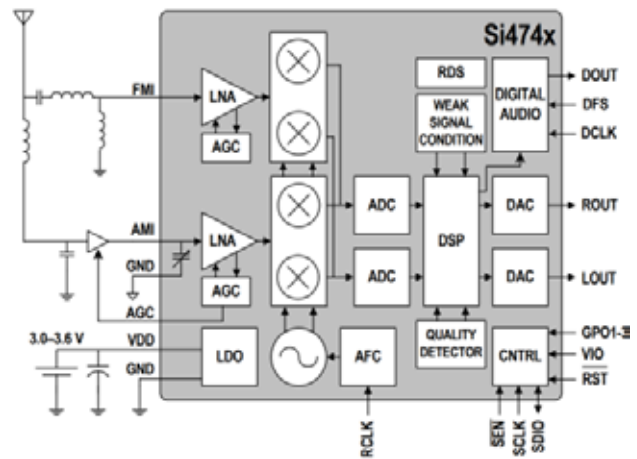


Рис. 1. Функціональна будова мікросхем сімейства Si474x [1]

Надзвичайно широка номенклатура різноманітних синтезаторів частоти, яка випускається провідними виробниками (Analog Devices, Texas Instruments, Nexperia, ST, Skyworks, Renesas тощо), дозволяє розробникам застосовувати їх в якості гетеродинів безпосередньо в конкретних моделях радіоприймальних пристроїв. Тому більшість практичних реалізацій гетеродинів як окремих універсальних блоків здійснюється, зазвичай, радіоаматорами або описується ними (чи професійними дослідниками і розробниками) виключно на відповідних форумах, у спеціалізованих журналах та літературі.

Найвні відлагоджувальні плати згаданих відомих виробників (рис. 2) є відносно дорогими та для забезпечення універсальності застосування не мають засобів індикації генерованої частоти, а також мікроконтролерів, за допомогою яких здійснюється керування синтезаторами частоти.

Виключенням є продукція деяких китайських підприємств, котрі виробляють плати з синтезаторами частоти та органами індикації і керування.

Номенклатура встановлених на них синтезаторів частоти є досить обмеженою і, як правило, зводиться до таких відомих мікросхем, як ADF4350, ADF4351 або MAX2870 (рис. 3).

Застосувати в якості універсальних гетеродинів для радіоприймальної апаратури з батарейним живленням ці вироби буває досить складно, оскільки згадані синтезатори частоти мають відносно великий струм споживання (сотні міліампер), а мікроконтролери та органи індикації не передбачають індикацію частоти прийому з врахуванням додавання (чи віднімання) до неї значення ПЧ.



Рис. 2. Відлагоджувальні плати провідних виробників синтезаторів частоти [4–6]

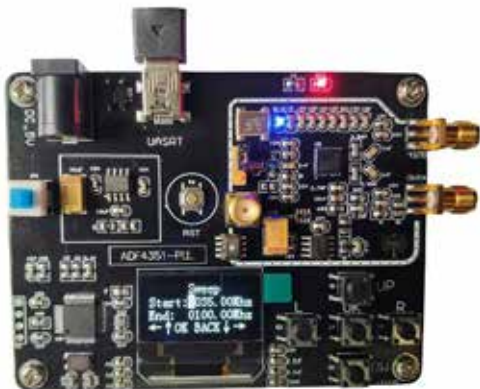


Рис. 3. Типова відлагоджувальна плата китайського виробництва зі встановленим синтезатором ADF4351 та МК сімейства STM32 [7]



Рис. 4. Відлагоджувальні плати, у яких використовуються мікросхеми-клони синтезатора частоти Si5351

Крім того, відлагоджувальні плати на базі цих синтезаторів мають один суттєвий недолік – найменше значення частоти генерації у них становить 35 МГц, тож вони не придатні для створення ДХ, СХ і КХ радіоприймачів.

Всі наявні на ринку пристрої такого типу не претендують на універсальність застосування, оскільки забезпечують лише генерацію обраної частоти без додаткових функцій, які необхідні у радіоприймачі. Більшість відлагоджувальних плат такого типу призначені для побудови радіоаматорських тестових генераторів, які, хоча і мають високу спектральну чистоту генерованого сигналу, але в них використані супутні компоненти, що не дозволяють реалізувати низьке споживання струму.

Слід зазначити, що відлагоджувальні плати зі встановленими синтезаторами частоти, котрі мають невеликий струм споживання, на ринку все ж присутні. Досить відомими і популярними є плати на основі синтезаторів частоти типу Si5351 [8; 9]. Вони мають невисоку вартість, але, як правило, виконані із застосуванням мікросхем-клонів оригінальної Si5351 (рис. 4), що в деяких випадках може позначатися на якості генерованих з їх допомогою ВЧ сигналів.

Проте, навіть такі плати можуть досить успішно застосовуватися для модернізації радіостанцій і радіоприймачів, які виконані на застарілій елементній базі. Так, відомо про ряд проєктів модернізації різних радіостанцій, наприклад, «Карат-2» із застосуванням відлагоджувальних плат на базі мікросхеми-клона синтезатора частоти Si5351 і плати Arduino, завдяки чому вони можуть стати багатоканальними (початково «Карат-2» – одноканальна), а також про успішну заміну штатного синтезатора частоти в радіостанціях «Яшма-Н».

Також необхідно відмітити і окремі спроби радіоаматорів налагодити випуск малосерійних виробів, у яких застосовуються синтезатори частоти типу Si5351 та позиціонувати їх як рішення для створення радіоаматорських засобів зв'язку. Приклад такого виробу показаний на рис. 5.

Хоча застосований синтезатор частоти Si5351 має невелике споживання струму, проте виріб має досить суттєвий недолік – у ньому відсутній режим standby і не вжито ніяких заходів для мінімізації струму споживання пристрою у цілому.

**Постановка завдання.** При проектуванні універсального гетеродина необхідно зважати на особливості і недоліки згаданих універсальних і відлагоджувальних плат (великий струм споживання, відсутність режиму standby, неможливість генерації сигналів з частотою нижчою 35 МГц тощо) з метою їх усунення. З урахуванням того, що розроблюваний пристрій не має прямих аналогів на ринку, при його проектуванні потрібно орієнтуватися на наявні аналогічні функціональні можливості і особливості окремих блоків радіоприймачних пристроїв, які мають у своєму складі гетеродина, органи керування та індикації.

У пристрої необхідна можливість генерації трьох незалежних частот, що має забезпечити легкість і простоту його застосування при створенні супергетеродинів з одним, двома або трьома перетвореннями частоти.

Керування пристроєм має здійснюватися за допомогою тактових кнопок і енкодера. Розміщення кнопок, енкодера та їх функціональне призначення доцільно частково запозичити у провідних виробників скануючих радіоприймачів – компаній AOR та ICOM. Воно склалося історично більш ніж 25 років тому та є загальноприйнятим з точки зору ергономіки та звичок експлуатантів професійної техніки радіозв'язку (рис. 6).

**Виклад основного матеріалу.** Запропонована структурна схема універсального гетеродина для вирішення задачі генерації заданої частоти, індикації її значення та ряду додаткових параметрів представлена рис. 7.



Рис. 5. Універсальний радіоаматорський синтезатор частоти на базі Si5351



Рис. 6. Розміщення органів керування скануючого радіоприймача ICOM IC-R5 [10]

В якості синтезатора частоти пропонується застосувати мікросхему синтезатора частоти Si5351, яка дозволяє генерувати три незалежні частоти в діапазоні від 8 кГц до 160 МГц [11].

Таким чином запропонований пристрій має:

- блок керування, який складається з кнопок та енкодера;
- блок обробки даних, представлений мікроконтролером STM32F030K6T6;
- вихідний блок, у який входить синтезатор частоти Si5351 та блок індикації (складається

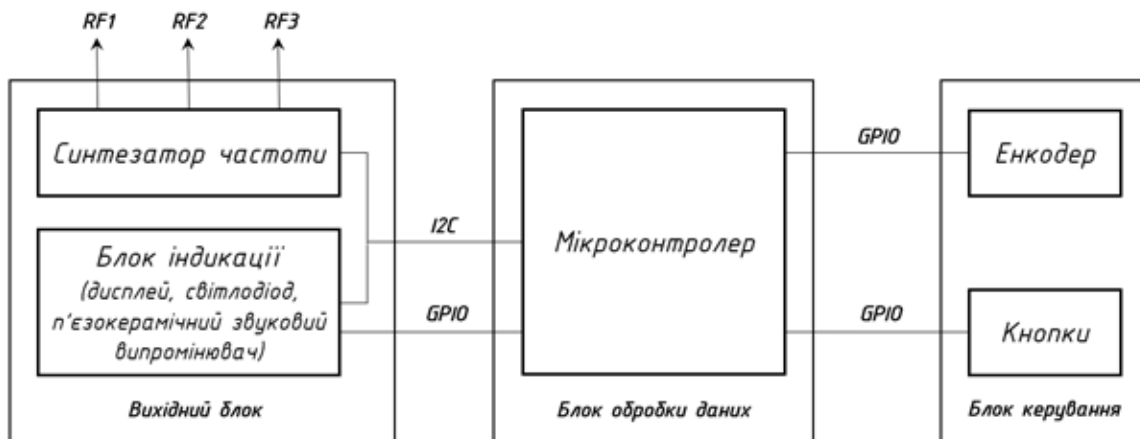


Рис. 7. Структурна схема універсального гетеродина



з графічного дисплею, світлодіода і п'єзокерамічного звукового випромінювача).

Якщо розглядати гетеродинами, що знаходяться не у складі універсальних мікросхем (приклад показано на рис. 1), то, зазвичай, у багатьох моделях радіоприймальної апаратури гетеродинами – це генератори, які виконані на ділянці друкованої плати чи у вигляді окремого блоку (часто екранованого). При цьому практичну реалізацію органів керування та індикації радіоприймальних пристроїв можна більше віднести до особливостей конструкції або зовнішнього дизайну тієї чи іншої моделі закінченого виробу, який наявний на ринку чи в номенклатурі продукції конкретного виробника. Запропоноване рішення є більш універсальним, оскільки має більш широкі можливості, ніж простий, окремий генератор частоти і поєднує основні функції (генерація, керування та індикація) із різними додатковими функціями.

Зважаючи на те, що навіть наявні на ринку моделі професійних і напівпрофесійних радіоприймачів інколи мають обмежений функціонал підсистем індикації та керування, у розроблюваному пристрої доцільним є одночасне поєднання декількох корисних функцій та реалізація таких конструктивних особливостей:

- генерація обраної частоти гетеродина з можливістю одночасної генерації трьох незалежних частот (за необхідності), що дає змогу застосовувати його у радіоприймачах з одним, подвійним чи потрійним перетворенням частоти;
- вибір кроку перебудови по частоті для зручного і швидкого налаштування на частоту радіопередачі та індикація його значення на OLED дисплеї;
- наявність органів керування (кнопки та енкодер), котрі варто розмістити згідно загальноприйнятих в апаратурі радіозв'язку стандартів «де-факто» та наділити їх функціональним призначенням, до якого звикли користувачі;
- можливість вимірювання напруги батареї живлення;
- індикація на OLED дисплеї частоти налаштування на радіостанцію з врахуванням значення ПЧ і типу введення частоти гетеродина у змішувач (т. зв. “low junction” і “high junction” LO);
- індикація на OLED дисплеї піддіапазону генерованої частоти (або частоти прийому);
- індикація значення напруги акумуляторної батареї, від якої живиться пристрій;
- наявність контролера заряду Li-Ion акумулятора;

- індикація роботи блоку за допомогою додаткового світлодіода у час, коли OLED дисплей погашений для економії споживання струму;
- підтвердження натискання кнопок звуковим сигналом, як це зроблено у багатьох поширених моделях радіоприймальних пристроїв.

При розробці блоку універсального гетеродина з елементами керування та індикації необхідно забезпечити мінімальний струм споживання пристрою як під час роботи, так і в режимі standby, а також високу надійність органів керування, оскільки передбачається, що користувач буде активно і часто з ними працювати.

З огляду на необхідність створення компактного пристрою з низьким струмом споживання, пропонується застосувати мікроконтролер сімейства Cortex M0 у 32-виводному корпусі типу LQFN-32 як такий, що має невеликі габарити, мале споживання струму, невисоку вартість та може бути відносно легко придбаний з огляду на всесвітню кризу виробництва напівпровідників. Згідно озвучених критеріїв вибору пропонується таким мікроконтролером обрати STM32F030K6T6.

Переважна більшість сучасних синтезаторів частоти представлена інтегрованими, однокристальними рішеннями. Проте, більшість із них, хоч і мають досить високі технічні характеристики, але не дуже придатні до застосування у масових побутових приладах через значну вартість, великий струм споживання, складність узгодження з іншими функціональними блоками радіоелектронної апаратури та необхідність використання спеціалізованих узгоджувальних елементів, розміщених на платах зі спеціальних діелектриків, а в окремих випадках – дорогих пасивних елементів (котушок індуктивності, конденсаторів). У той же час існує нагальна необхідність застосування простих, малогабаритних, недорогих синтезаторів частоти у складі ДХ, СХ, КХ, УКХ радіоприймачів з батарейним живленням, які можуть бути надзвичайно затребуваними в умовах стихійних лих, техногенних катастроф, бойових дій тощо. Низький струм споживання та мінімальна займана площа на друкованій платі – одні з ключових вимог до таких синтезаторів.

Таким чином із доступної номенклатури синтезаторів частоти пропонується обрати синтезатор Si5351A-B-GT, який повністю відповідає тим вимогам, які пред'являються до гетеродина.

Синтезатор Si5351 є надзвичайно масовим і настільки широко застосовується у побутовій техніці (комп'ютери, медіатанки, смарт-приставки, ігрові приставки, роутери тощо), що бібліотеки

для керування ним містяться навіть у стандартних дистрибутивах Linux.

**Висновки.** У статті запропонований оригінальний пристрій – універсальний гетеродин з блоком індикації та керування, який може стати основою для розробки простих і дешевих радіоприймальних пристроїв, а також бути використаний для модернізації радіоприймачів і радіостанцій, які виконані на застарілій елементній базі. Ідея створення такого пристрою не є новою, проте аналіз технічних і споживчих характеристик його найближчих аналогів на ринку свідчить про те, що він матиме унікальне поєднання різноманіт-

них функціональних можливостей при невисокій ціні. Простота конструкції і гнучкість у способах використання у різній РЕА, робить такий пристрій цінною і затребуваною розробкою, яка може мати широкий спектр застосувань для цивільних і військових потреб.

Також даний пристрій може стати основою для подальших досліджень складових частин, вузлів і блоків радіоприймальних засобів з метою створення їх високоякісних зразків із високою чутливістю, вибірністю, невеликим струмом споживання і багатою функціональною насиченістю.

#### Список літератури:

1. Si4740/41/42/43/44/45-C10. AUTOMOTIVE AM/FM RADIO RECEIVER. URL: <https://www.skyworksinc.com/-/media/Skyworks/SL/documents/public/data-sheets/Si4740-41-42-43-44-45.pdf> (дата звернення 25.05.2024).
2. VCO and YIG Based Frequency Synthesizers for Leading-edge RF and Microwave System Design. URL: <https://www.microlambdawireless.com/components/frequency-synthesizers/> (дата звернення 25.05.2024).
3. Pasternack. Coaxial phase locked oscillators. URL: <https://www.pasternack.com/coaxial-phase-locked-oscillators-category.aspx> (дата звернення 25.05.2024).
4. EVAL-ADF4351. ADF4351 Evaluation Board. URL: <https://www.analog.com/en/resources/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/eval-adf4351.html#eb-overview> (дата звернення 25.05.2024).
5. Si53301/4 EVALUATION BOARD USER'S GUIDE. URL: <https://www.skyworksinc.com/-/media/Skyworks/SL/documents/public/user-guides/Si53301-4-EVB.pdf> (дата звернення 25.05.2024).
6. LMX2571 evaluation module for 1.34-GHz, low-power, extreme-temperature RF synthesizer. URL: <https://www.ti.com/tool/LMX2571EVM#overview> (дата звернення 25.05.2024).
7. ADF4351 Frequency Sweeper STM32 Single-Chip Phase-Locked Loop On-Board Module. URL: [https://www.aliexpress.com/item/1005006703707633.html?spm=a2g0o.productlist.main.7.43c4uBa1uBa1v7&algo\\_pvid=c4a72d4a-cb6f-4892-abbc-1930a6d3b27d&algo\\_exp\\_id=c4a72d4a-cb6f-4892-abbc-1930a6d3b27d-3&pdp\\_npi=4%40dis%21UAH%211847.69%211496.47%21%21%2145.40%2136.77%21%402116610517164811266351629e75bf%2112000038052321454%21sea%21UA%214483573914%21&currentPageLogUId=jCo5omab2AJG&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery\\_from%3A](https://www.aliexpress.com/item/1005006703707633.html?spm=a2g0o.productlist.main.7.43c4uBa1uBa1v7&algo_pvid=c4a72d4a-cb6f-4892-abbc-1930a6d3b27d&algo_exp_id=c4a72d4a-cb6f-4892-abbc-1930a6d3b27d-3&pdp_npi=4%40dis%21UAH%211847.69%211496.47%21%21%2145.40%2136.77%21%402116610517164811266351629e75bf%2112000038052321454%21sea%21UA%214483573914%21&currentPageLogUId=jCo5omab2AJG&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A) (дата звернення 25.05.2024).
8. SI5351 Clock Signal generator Digital module. URL: <https://www.aliexpress.com/w/wholesale-si5351-generator-frequency.html?spm=a2g0o.productlist.relatedlink.1.23d843d0JjQAZo> (дата звернення 25.05.2024).
9. DC 3V 5V SI5351 SI5351A I2C Clock Signal Generator Module. URL: [https://www.aliexpress.com/item/1005005925022469.html?spm=a2g0o.productlist.main.75.2ff3fUQZfUQZRd&algo\\_pvid=3a70f7fa-d0cf-4fc1-8c92-f3d6b2773cfb&algo\\_exp\\_id=3a70f7fa-d0cf-4fc1-8c92-f3d6b2773cfb-37&pdp\\_npi=4%40dis%21UAH%2152.01%2149.42%21%21%219.22%218.76%21%402101ef5e17164814817213301e7d3b%2112000034874930653%21sea%21UA%214483573914%21&currentPageLogUId=gsWHr9rv67d3&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery\\_from%3A](https://www.aliexpress.com/item/1005005925022469.html?spm=a2g0o.productlist.main.75.2ff3fUQZfUQZRd&algo_pvid=3a70f7fa-d0cf-4fc1-8c92-f3d6b2773cfb&algo_exp_id=3a70f7fa-d0cf-4fc1-8c92-f3d6b2773cfb-37&pdp_npi=4%40dis%21UAH%2152.01%2149.42%21%21%219.22%218.76%21%402101ef5e17164814817213301e7d3b%2112000034874930653%21sea%21UA%214483573914%21&currentPageLogUId=gsWHr9rv67d3&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A) (дата звернення 25.05.2024).
10. ICOM. Instruction manual. Communication receiver IC-R5. URL: [https://www.icomjapan.com/api/download.php?post\\_id=2907&fl=JTJGdXBsb2FkcyUyRnN1cHBvcnQIMkZtYW51YWwIMkZJQy1SNS5wZGY=](https://www.icomjapan.com/api/download.php?post_id=2907&fl=JTJGdXBsb2FkcyUyRnN1cHBvcnQIMkZtYW51YWwIMkZJQy1SNS5wZGY=) (дата звернення 25.05.2024).
11. Skyworks. I2C-PROGRAMMABLE ANY-FREQUENCY CMOS CLOCK GENERATOR + VCXO. URL: <https://www.skyworksinc.com/-/media/SkyWorks/SL/documents/public/data-sheets/Si5351-B.pdf> (дата звернення 25.05.2024).

#### **Ganakh I.I., Gubar V.G. RESEARCH AND SOLUTION OF THE PROBLEM OF CREATING A UNIVERSAL HETERODINE WITH LOW CURRENT CONSUMPTION BASED ON A FREQUENCY SYNTHESIZER**

*The work argues for the need to create a universal local oscillator based on a frequency synthesizer, combined with a subsystem for controlling the value of the generated frequency and indicating the parameters of the generated signal and a number of additional parameters. The market research data of debugging boards with installed frequency synthesizers of various types is presented and conclusions are drawn regarding*

*the feasibility of their use as heterodynes of battery-powered radio receivers. Attention is focused on some significant shortcomings of these debugging boards, which narrow down or make impossible their use as local dynes for small-sized, cheap and mass-produced radio receivers. Some examples of the use of modern frequency synthesizers for the modernization of some samples of communication technology, which are made on outdated electronic components, are considered.*

*The article offers a practical approach to the design of a simple and high-quality local oscillator, which can be used to build radio receivers with one, two or three frequency conversions.*

*A small-sized multi-channel local oscillator with low current consumption is proposed to be implemented using the popular and extremely cheap Si5351 type frequency synthesizer microcircuit.*

*The control of the local oscillator, as well as the display of a number of its parameters on the OLED display, is expected to be carried out using a common STM32F030K6T6 microcontroller.*

*The article shows that thanks to the use of a microcontroller and an OLED display, the universal local oscillator block can have a number of useful additional functions and capabilities that will qualitatively distinguish it from analogues available on the market.*

*In the future, the proposed device can become the basis for the development of a battery-powered radio receiver, which can be extremely popular as a means of communication and notification in the conditions of possible military conflicts and man-made disasters.*

**Key words:** *universal local oscillator, frequency synthesizer, radio receiving device, battery-powered radio receiver, OLED display, Si5351, STM32F030K6T6.*