

# Бездротові модулі та мікроконтролери

Георгій Воронцов

**У статті розглянуто бездротові модулі та мікроконтролери компаній STMicroelectronics, Infineon, Panasonic, Miromico та Microchip. З цього списку читачам, можливо, незнайома тільки компанія Miromico. Однак, враховуючи, що модуль виробництва базується на добре відомих мікроконтролерах STMicroelectronics, було включено опис продукції Miromico до статті. Розглянуті компоненти підтримують стандарти Bluetooth і LoRa.**

## ВСТУП

Публікація продовжує цикл статей, присвячених бездротовим мікроконтролерам (МК). Попередні матеріали можна знайти в [1–8]. У цій статті ми коротко розглянемо МК і модулі, що підтримують стандарти Bluetooth і LoRa. Як видно з рисунка 1, на якому зображені області застосування різних бездротових технологій, обидва стандарти не конкурують між собою.

Технологія LoRa призначена в першу чергу для низькошвидкісної передачі даних на великі відстані. Швидкість передачі даних може варіюватися, як правило, в межах 290–5470 біт/с, а дальність передачі досягати декількох десятків кілометрів. Пристрої Bluetooth здатні передавати дані з максимальною швидкістю до 3 Мбіт/с, проте їх радіус дії обчислюється метрами.

## МІКРОКОНТРОЛЕР BLUENRG-LPS

В документації STMicroelectronics мікросхему BLUENRG-LPS називають СнК (система на кристалі). Однак, на нашу думку, термін «СнК» є досить розмитим: різні компанії-виробники використовують його для позначення мікросхем, що значно відрізняються за своїми функціональними можливостями. Тому щоб не вводити в оману читачів, в цьому випадку ми назвемо мікросхему BLUENRG-LPS мікроконтролером.

МК BLUENRG-LPS відповідає вимогам стандарту Bluetooth 5.3. Структурна схема МК BLUENRG-LPS наведена на рисунку 2, а структурна схема РЧ-модуля — на рисунку 3. Як і багато його аналогів, бездротовий МК BLUENRG-LPS базується на процесорі ядра ARM Cortex M0+. Максимальна частота тактування МК становить 64 МГц.

Як правило, основними параметрами подібних МК, виходячи з яких здійснюється їх вибір, є параметри РЧ-модуля та енергоспоживання МК. Тому коротко перелічимо деякі з них:

- напруга живлення: 1.7–3.6 В;
- енергоспоживання в активному режимі: 14 мкА/МГц;
- чутливість РЧ приймача при 1 Мбіт/с: –97 дБм;
- чутливість РЧ приймача при 125 Кбіт/с: –104 дБм;
- вихідна потужність на антенному виводі: до 8 дБм;
- швидкість передачі даних: 125 і 500 біт/с, 1 і 2 Мбіт/с;
- енергоспоживання в режимі зупинки: 8 нА;
- енергоспоживання в режимі глибокого сну: 0.8 або 1.0 мкА;
- пікове енергоспоживання при вихідній потужності 0 дБм: 4.3 мА;
- пікове енергоспоживання в режимі приймання: 3.4 мА;
- енергоспоживання в активному режимі 14 мкА/МГц;
- корпус: QFN32.

У МК передбачено три режими енергоспоживання:

- активний режим;
- режим глибокого сну (DEEPPSTOP)
- режим зупинки (SHUTDOWN).

В активному режимі всі вузли МК працюють. У режимі DEEPPSTOP процесорне ядро і РЧ-модуль знаходяться в режимі сну, немаскувальні переривання не активні. В області пам'яті RAM0 дані зберігаються, в області пам'яті RAM1 можливість збереження даних визначається користувачем. Домен календаря реального часу залишається активним. Події для пробудження з цього режиму формуються таймерами РЧ-модуля або домену реального часу, а також інтерфейсом з низьким енергоспоживанням LPUART або сигналами на портах вводу/виводу. Зверніть увагу, що при перевантаженні з цього режиму контекстне середовище зберігається, програма відновлює роботу.

У режимі SHUTDOWN досягається мінімальне енергоспоживання. Так-

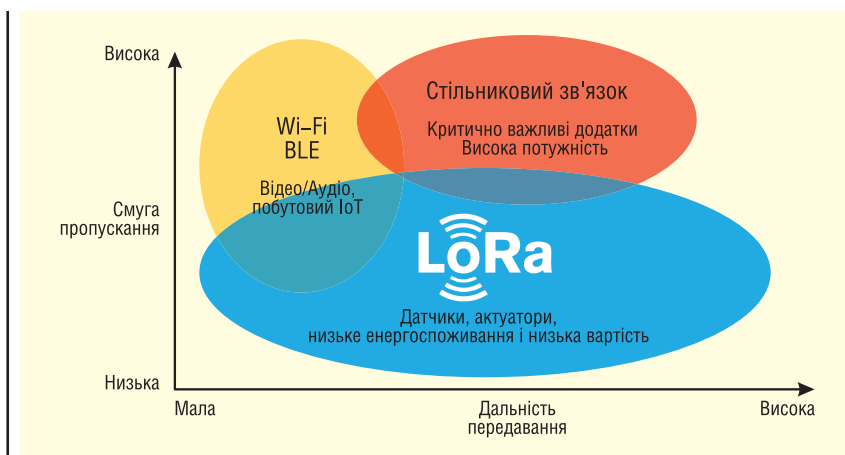


Рис. 1. Области застосування різних бездротових технологій

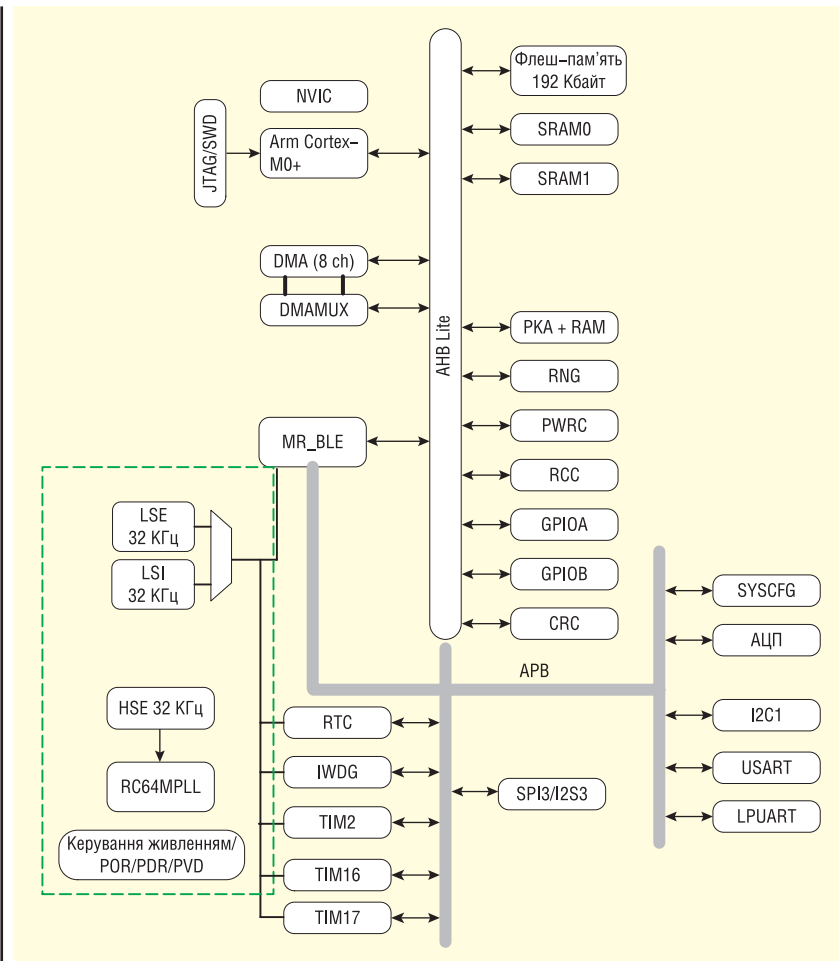


Рис. 2. Структурна схема МК BLUENRG-LPS

тування зупинено, живлення більшості модулів вимкнено. Єдиним джерелом пробудження в цьому режимі служить сигнал від зовнішнього пристрою на виводі скидання RSTN МК.

У МК вбудована флеш-пам'ять ємністю 192 Кбайт і ОЗУ об'ємом 28 Кбайт, а також стандартні комунікаційні інтерфейси SPI, I<sup>2</sup>C і USART. До цього переліку додамо 12-біт 8-канальний АЦП послідовного наближення. BLUENRG-LPS може використовуватися в автономних або відкритих мережах. МК містить стек протоколів Bluetooth Low Energy і виконує нескладні прикладні програми. АЦП з максимальною частотою перетворення 1 МГц дозволяє створювати на його базі системи збору та обробки даних.

**МІКРОКОНТРОЛЕР CYW20820 КОМПАНІЇ INFINEON**

МК CYW20820 компанії Infineon, так само як і МК BLUENRG-LPS, підтримує стандарт Bluetooth, але версії 5.0. Структурна схема МК CYW20820 наведена на рисунку 4. МК базується на ядрі ARM Cortex M4, тому його функціонал значно перевищує можливості МК BLUENRG-LPS. Про відмінності функціональних можливостей МК легко судити за їх структурними схемами (див. рис. 1 і 3) і за кількістю виводів корпусів мікро-

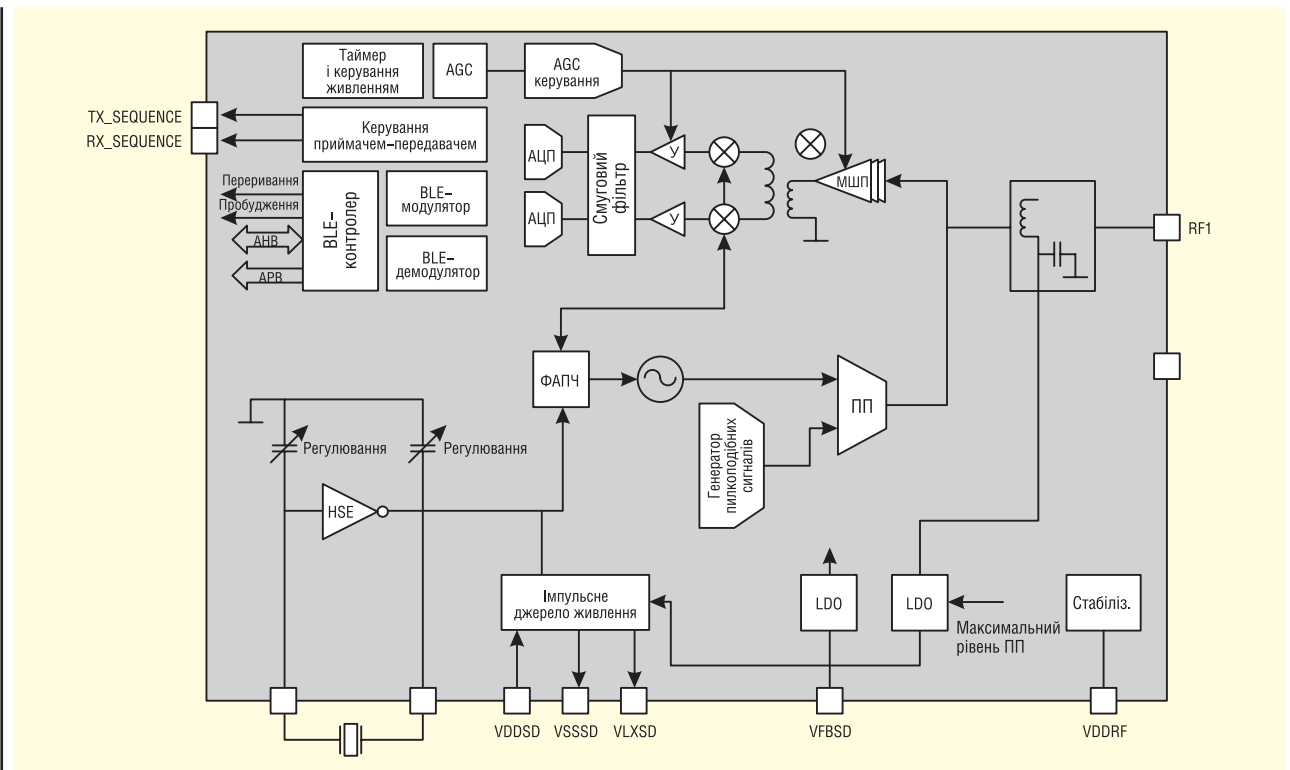
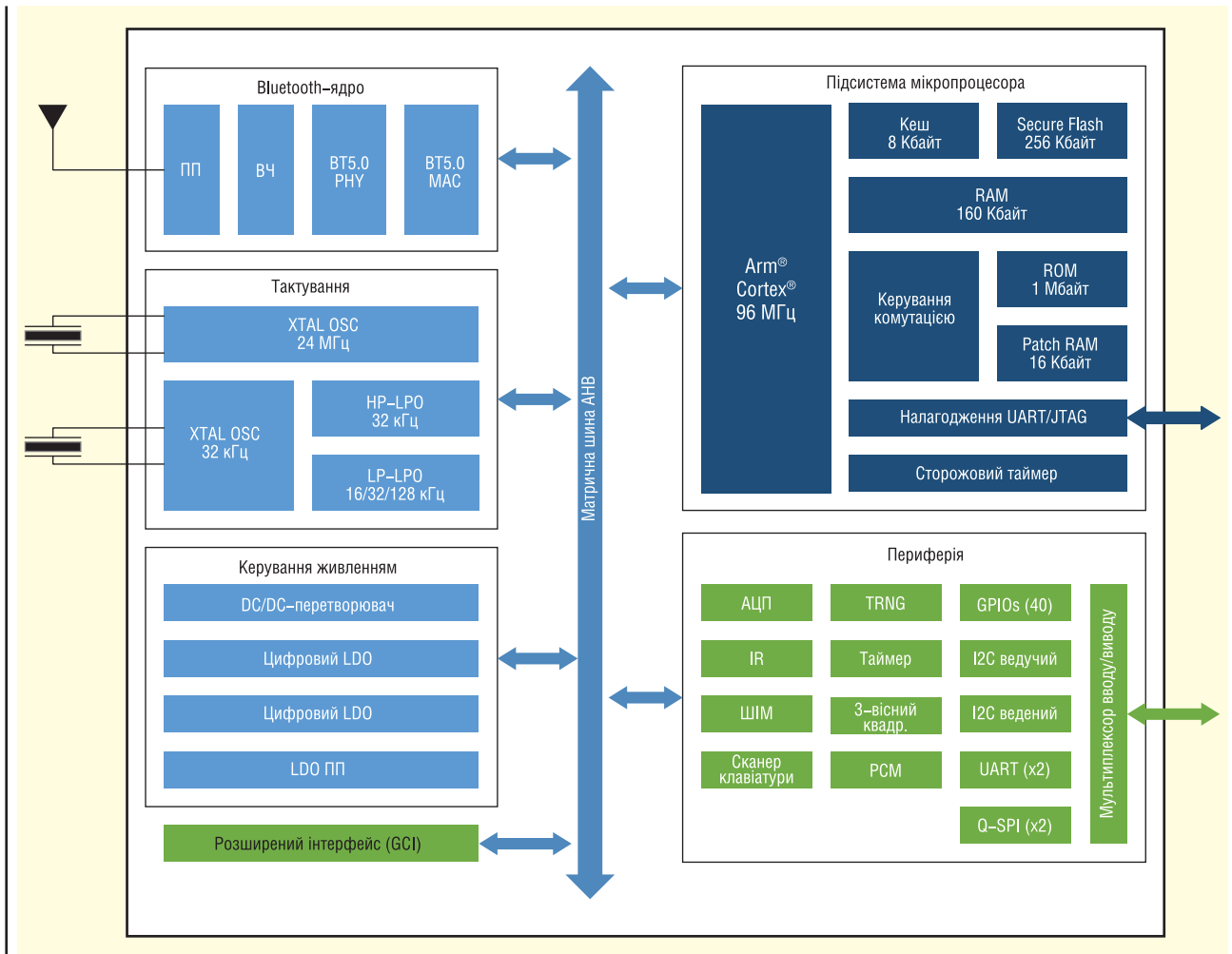


Рис. 3. Структурна схема РЧ-модуля МК BLUENRG-LPS



**Рис. 4. Структурна схема МК CYW20820**

схем. МК CYW20820 виготовляється в 62- і 112-вивідних FPBGA-корпусах.

МК тактується частотою 96 МГц. Об'єм вбудованої флеш-пам'яті становить 256 Кбайт, а ємність вбудованого ОЗУ — 176 Кбайт. Максимальна швид-

кість передачі даних досягає 3 Мбіт/с. Входи вбудованого 28-канального сигма-дельта-АЦП можуть бути підключені до портів вводу/виводу.

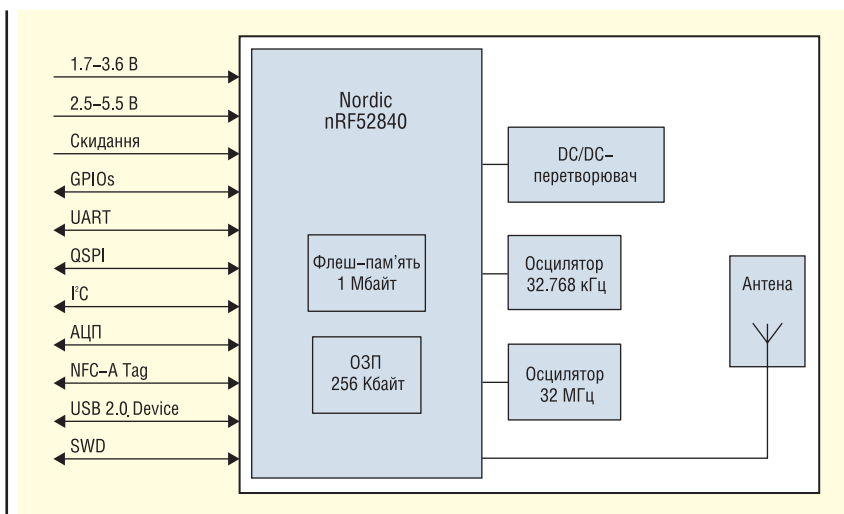
Сканер матриці клавіатури розміром 8x20 дозволяє організувати

простий інтерфейс користувача. Слід зазначити, що навіть при роботі в режимах зниженого енергоспоживання сканер дозволяє виявити натискання клавіші. Вбудовані одновісний і двовісний квадратурні декодери з шістьма модулями 16-біт ШІМ спрощують керування електроприводами механізмів у просторі 3D.

Починаючи з версії Bluetooth1.0 мікроконтролер підтримує всі молодші протоколи. Максимальна швидкість передачі даних досягає 3 Мбіт/с в протоколі Bluetooth2.0. Максимальна потужність вихідного сигналу досягає 11.5 дБм, а чутливість приймача становить -94.5 дБм при прийманні потоку даних 1 Мбіт/с.

**МОДУЛЬ PAN1780 КОМПАНІЇ PANASONIC**

Ядром модуля PAN1780 компанії Panasonic служить мультипротокольний МК nRF52840 компанії Nordic



**Рис. 5. Структурна схема модуля PAN1780**

Semiconductors з процесорним ядром ARM Cortex M4 і максимальною частотою тактування 64 МГц. Відповідно, і модуль PAN1780 підтримує протоколи Bluetooth5.1 LE, 802.15.4 ZigBee і Thread. Структурна схема модуля PAN1780 наведена на рисунку 5.

В МК вбудована флеш-пам'ять ємністю 1 Мбайт і ОЗУ об'ємом 256 Кбайт. Модуль має широкий для бездротових МК спектр комунікаційних інтерфейсів — чотири SPI, два I<sup>2</sup>C, два UART, а також чотири модулі ШІМ і 8-канальний АЦП. Ось деякі основні параметри модуля:

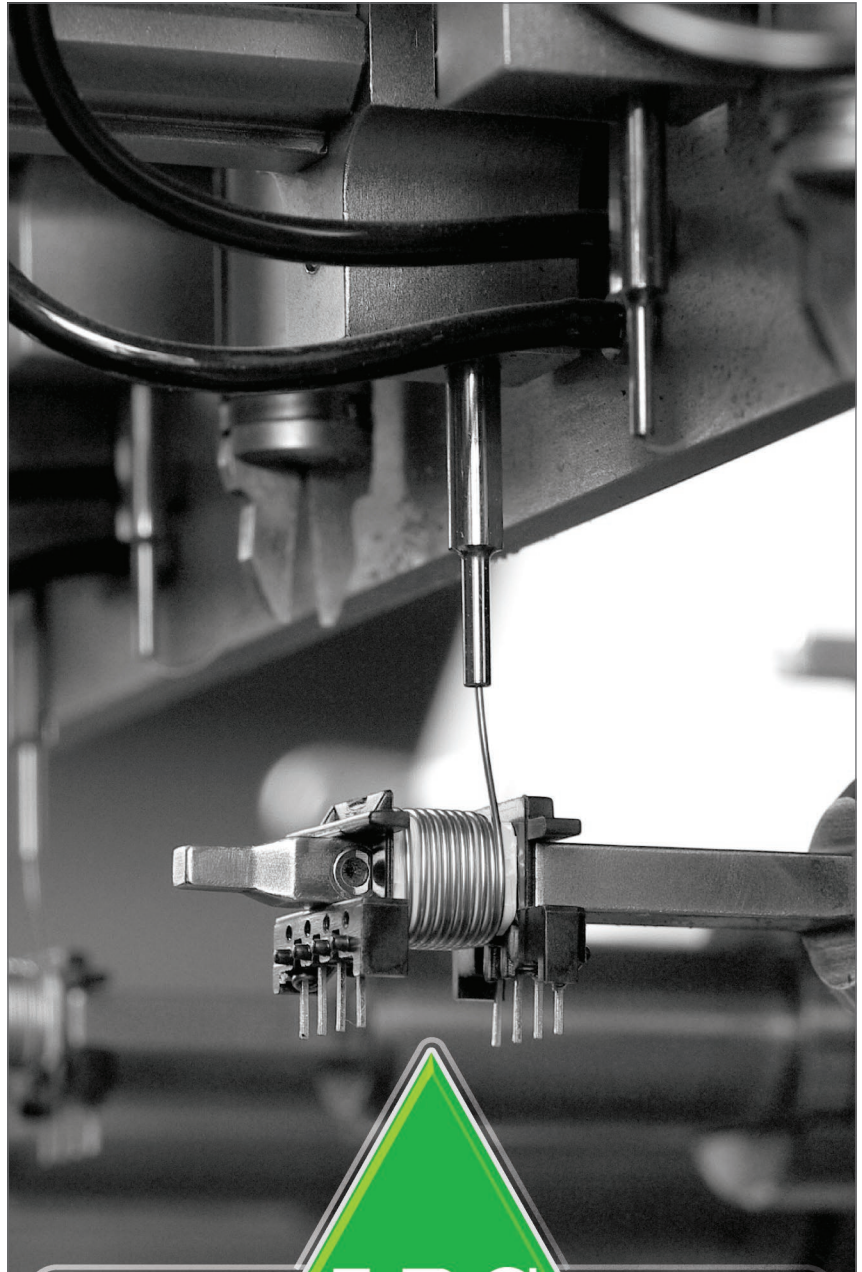
- напруга живлення: 1.7–5.5 В;
- режими зниженого енергоспоживання: 0.4 або 1.5 мкА при активному домені реального часу;
- чутливість РЧ-приймача при 1 Мбіт/с: –95 дБм;
- чутливість РЧ-приймача при 125 Кбіт/с: –103 дБм;
- максимальна вихідна потужність: 8 дБм;
- швидкість передачі даних: 125 і 500 Кбіт/с, 1 і 2 Мбіт/с;
- пікове енергоспоживання при вихідній потужності 0 дБм: 4.8 мА;
- пікове енергоспоживання в режимі приймання: 4.8 мА;
- розмір модуля: 15.6×8.7×2 мм.

### МОДУЛЬ STM LR1110 КОМПАНІЇ MIROMICO

Модуль STM LR1110 компанії Miromico призначений для роботи в стандарті LoRa/LoRaWAN. Залежно від модифікації пристрій базується на МК STM32L0 з процесорним ядром ARM Cortex M0+ або МК МК STM32L4 з процесорним ядром ARM Cortex M4. І в тому, і в іншому випадку МК забезпечує роботу всього стека протоколів і має ресурси для програм користувача. Обидва МК випускає компанія STMicroelectronics. В обох модифікаціях в модуль вбудований приймач GPS/GNSS.

Об'єм флеш-пам'яті модуля становить 192 Кбайт, а ОЗУ — 20 Кбайт. Можна встановити додаткову флеш-пам'ять, тоді оновлення програми відбувається через бездротовий зв'язок (Over-the-Air). Структурна схема модуля STM LR1110 наведена на рисунку 6. Основні параметри модуля:

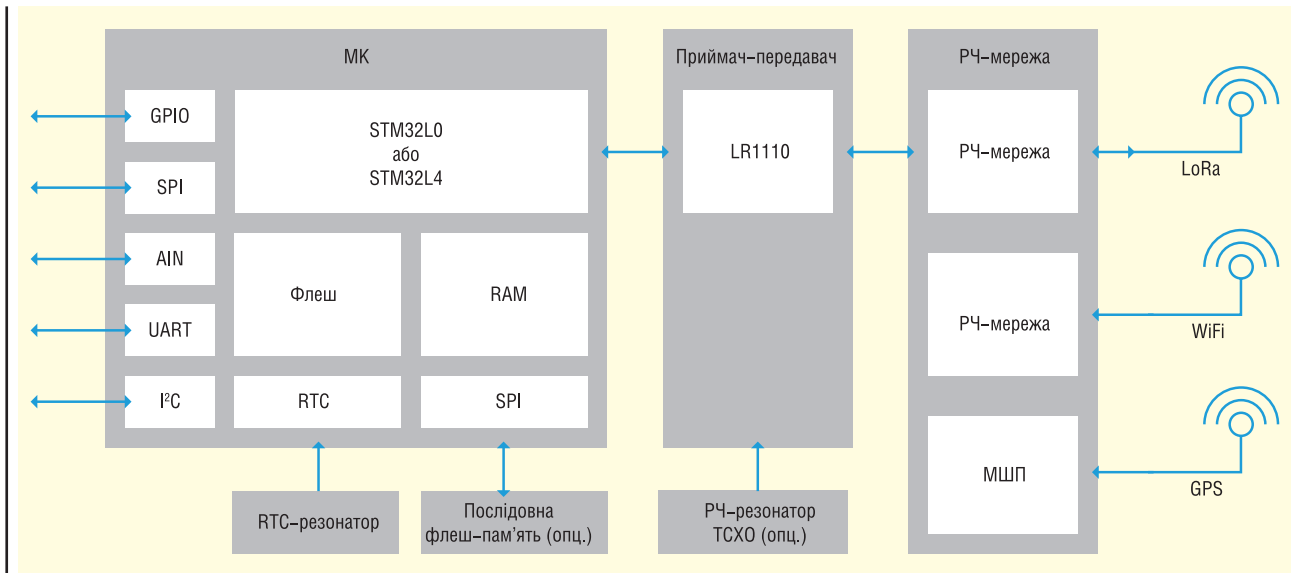
- напруга живлення: 1.9–3.6 В;
- смуга частот: 860–1 020 МГц;
- модуляція: (G)FSK, (G)MSK, ASK, OOK;
- радіус дії: до 100 км;



**ТОВ «АДС ТІМ» — ВЛАСНЕ ВИРОБНИЦТВО  
В УКРАЇНІ МОТОЧНИХ ВИРОБІВ  
ЗГІДНО ДОКУМЕНТАЦІЇ АБО ЗА ТЕХНІЧНИМ ЗАВДАННЯМ**

[www.adcgr.com](http://www.adcgr.com)

**тел. +38 044 206 22 52  
моб. +38 067 249 77 58  
+38 050 464 22 52**



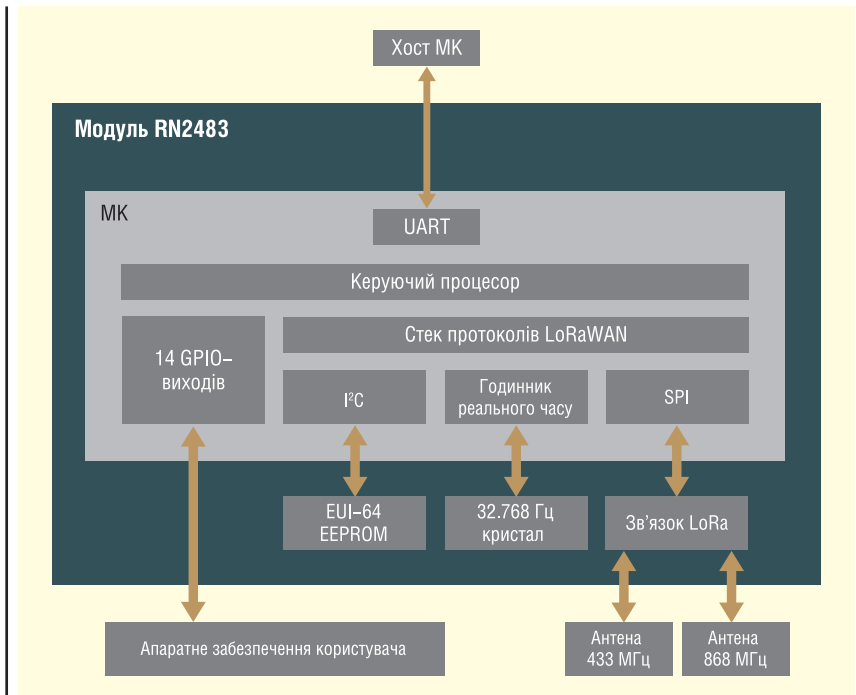
**Рис. 6.** Структурна схема модуля STM LR1110

- максимальна потужність вихідного сигналу: 10–15 дБм;
- чутливість приймача в режимі LoRa: –144 дБм;
- чутливість приймача в режимі Wi-Fi в смузі частот 2412–2484 МГц: –94 дБм;
- чутливість приймача GPS/GNSS: –141 дБм;
- струм споживання в режимі передачі: 3–5.4 мА;
- розмір модуля: 14x19x2 мм.

**МОДУЛЬ RN2483  
КОМПАНІЇ MICROCHIP**

Модуль RN2483 компанії Microchip призначений для роботи в стандарті LoRa/LoRaWAN. Його структурна схема показана на рисунку 7.

- напруга живлення: 2.1–3.6 В;
- робочі частоти: 433.05–434.790 і 863–870 МГц;
- модуляція: FSK, GFSK;
- максимальна швидкість передачі даних при модуляції FSK: до 300 Кбіт/с;
- максимальна швидкість передачі даних в режимі LoRa: 10 937 біт/с;
- радіус дії: до 15 км;
- максимальна потужність вихідного сигналу на частоті 433 МГц: 13.6 дБм;
- максимальна потужність вихідного сигналу на частоті 968 МГц: 14.1 дБм;
- струм споживання в режимі передачі за напруги живлення 3.6 В: 38.9 мА;
- струм споживання в режимі приймання за напруги живлення 3.6 В: 14.22 мА;
- струм споживання в режимі сну за напруги живлення 3.6 В: 1.6 мА;



**Рис. 7.** Структурна схема модуля RN2483

- чутливість приймача: –146 дБм
- розмір модуля: 17.8x26.7x3.34 мм.

*Література*

1. Г. Воронцов. Беспроводные микроконтроллеры семейства STM32WB55xx от STMicroelectronics// CHIP NEWS Украина. №8. 2019.
2. А. Чистохвалов. Беспроводные микроконтроллеры с процессорным ядром CortexM33// CHIP NEWS Украина. №8. 2019.
3. А. Чистохвалов. «Беспроводной» микроконтроллер AXM0F243 от ON Semi

conductor// CHIP NEWS Украина. № 1. 2020.

4. Г. Воронцов. Беспроводные микроконтроллеры// CHIP NEWS Украина. №8. 2020.

5. Г. Воронцов. Беспроводные микроконтроллеры// CHIP NEWS Украина. №9. 2020.

6. Г. Воронцов. Беспроводные микроконтроллеры и модули// CHIP NEWS Украина. №4. 2021.

7. Г. Воронцов. Бездротові мікроконтролери//CHIP NEWS. №2. 2022.

8. Г. Воронцов. Бездротові мікроконтролери//CHIP NEWS. № 10. 2025 **CH**