

## ІНТЕГРАЛЬНА ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА – ОСНОВА МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ (ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)

*В статті наведено результати аналізу літературних джерел, присвячених застосуванню інтегральної функціональної електроніки в якості елементної бази сучасних високотехнологічних медичних приладів для сімейної і домашньої медицини. Безпосередньо аналізу конкретних схемотехнічних рішень передують характеристика біосигналів, які підлягають обробленню. Наведена схема та опис цифрового тонометра, який виконано на основі однієї із найсучасніших технологій вимірювання артеріального тиску – Intellisense, що передбачає постійний контроль АТ в процесі вимірювання. Цифровий стетоскоп забезпечує прослуховування шумів внутрішніх органів: легенів, бронхів, серця, судин і має широкі функціональні можливості, що забезпечує його всебічне використання в лікарській практиці.*

*Розглянуто структуру монітора пацієнта (приліжкового монітора) і досить детально – пульсоксиметра, який є одним із його основних блоків, і в той же час, знайшов широке застосування в домашній і сімейній медицині як окремий, функціонально завершений прилад.*

*Велика увага в статті приділена опису і функціональному призначенню аналогових інтерфейсів, вимірювальних підсилювачів, та інших схемотехнічних рішень, серед яких провідне місце займають розробки фірми Analog Devices.*

*Увага розробників заслуговують рекомендації щодо застосування ємнісних сенсорів і вибору контролерів для них. Наведено короткий опис мікросхем для підтримки мобільного зв'язку в стандартах типу Bluetooth і Zigbee.*

*Ключові слова: монітор, вимірювач, здавачі, інтерфейс, мікропроцесор, перетворювач, підсилювач, біосигнали, імпульси, технологія, стетоскоп, при ліжковий монітор, ємність, функціональні можливості, технічні характеристики, медичні прилади, інтегральна електроніка*

S.V. TYMCHYK, R.M. VYROZUB, S.M. ZLEPKO, O.S. KOZORIZ  
Vinnytsia national technical university

## FUNCTIONAL INTEGRAL ELECTRONICS - THE BASIS FOR MEDICAL DEVICES FAMILY MEDICINE (BASED ON LITERATURE)

*The article contains an analysis of literature on the use of integrated electronics as functional components of modern high-tech medical devices for the home and family medicine. Immediately analysis of specific schemes technical solutions biosignals preceding characteristic subject treatment. The following diagram and description of digital tonometer, which is made on the basis of one of the most modern technologies of measuring blood pressure - Intellisense, which provides continuous monitoring of blood pressure during the measurement. Digital Stethoscope provides a listening noise internal organs: lungs, bronchi, heart, blood vessels and has broad functionality that ensures its full use in medical practice.*

*The structure of patient monitor (under monitor hospital beds) and in detail - a pulse oximeter, which is one of its main units, and at the same time, is widely used in the home and family medicine as a separate, functionally complete unit.*

*Great attention is paid in the article description and functional purpose analog interfaces, measuring amplifiers, and other schemes technical solutions, among which the leaders develop the company Analog Devices.*

*Attention developers deserve recommendations on the use of capacitive sensors and controllers choice for them. A brief description chip to support mobile communications standards such as Bluetooth і Zigbee.*

*Keywords: process: monitor, measure, deliverer, interface microprocessor converter, amplifier, biosignals, pulses, technology, stethoscope, in bed monitor, capacity, features, specifications, medical devices, integrated electronics*

### Вступ

Життєдіяльність організму представляє собою сукупність фізіологічних процесів, що підтримують в ньому життя, є проявом цього життя і визначають множину можливих функціональних станів організму, кожний із яких характеризується якісною неоднорідністю, неоднозначністю та інформативністю у визначенні стану системи при дії різних зовнішніх впливів. При цьому, при визначенні функціональних станів має місце: індивідуальний розкид параметрів, який характеризує компенсаторні механізми впливу фізіологічних систем одна на одну; неузгодженість між собою при оцінюванні стану організму різних управляючих сигналів: фізичних, біохімічних, інформаційних; неоднакова здатність фізіологічних систем до самоорганізації і переналаштування; неоднозначність в визначенні норми фізіологічних показників; помилки при оцінюванні ступеня інформативності того чи іншого показника, тощо.

### Основний текст статті

За механізмом утворення біомедичні сигнали живого організму розподілені на дві основні групи.

I – до якої можна віднести біосигнали, що пов'язані з утворенням в організмі фізичних полів біологічного походження;

II – яка включає біосигнали, що пов'язані із зміною фізичних характеристик часток біологічної тканини, які відбуваються внаслідок впливу фізіологічних процесів [1].

Перша група сигналів включає сигнали, що зумовлені біоелектричною активністю органів і тканин,

які пов'язані з наявністю в організмі Н4 полів біологічного походження, електрохімічними і кінетичними процесами та характеризують діяльність окремих органів і функціональних систем. До них слід віднести: електрокардіограму, магнітокардіограму, електроенцефалограму, електроміограму, електроокулограму, електрогастрограму, шкірно-гальванічну реакцію, фонокардіограму і сфігмокардіограму [1].

До другої групи віднесені біосигнали, що пов'язані із зміною фізичних характеристик ділянки біологічної тканини які відбуваються під впливом фізіологічних процесів: реограма, фотоплетизмограма, плетизмограма, реоенцефалограма, реовазограма, реогепатограма [1].

При реєстрації і подальшому обробленні біосигналів слід пам'ятати, що „обов'язковою” їх складовою є зовнішні і внутрішні артефакти і перешкоди; шуми вимірювальної апаратури та об'єкту вимірювання; індивідуальність фізіологічних показників життєдіяльності та їх залежність від генетичних, вікових, кліматичних та інших особливостей.

Цифровий тонометр – прилад для вимірювання артеріального тиску складається з мікроконтролера, зовнішнього блоку з рідкокристалічним дисплеєм (LCD) і внутрішнім компресором, манжети, датчику тиску (Pressure Transducer), підсилювачем і клапана, керованого сигналом Air-Pressure Controller, USB-інтерфейсу. Блок-схема тонометра представлена на рис. 1 [2].

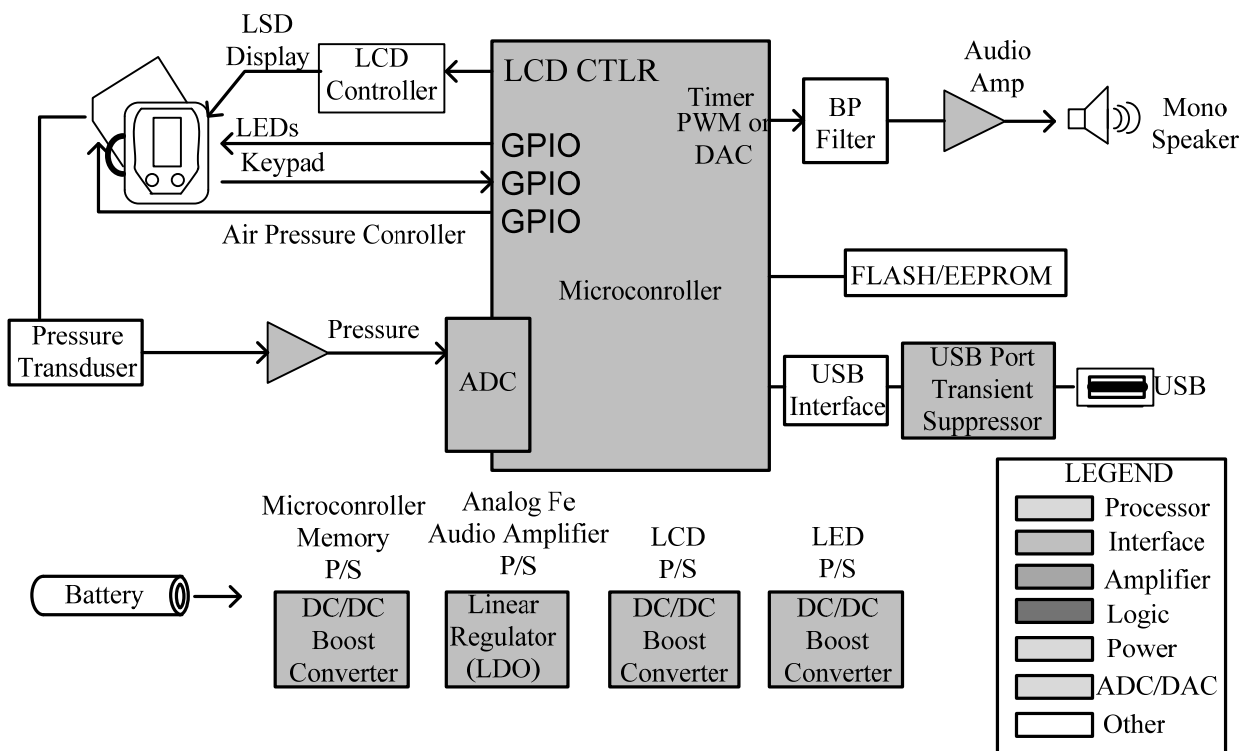


Рис. 1. Блок-схема цифрового тонометра

Функціональні можливості [2].

- Технологія інтелектуального вимірювання Intellisense, що представляє собою подвійний контроль АТ в процесі вимірювання, (прилад „прослуховує” пульс як в момент нагнітання повітря в манжету, так і на фазі стравлювання), забезпечує швидке вимірювання за рахунок безпомилкового вибору межі нагнітання і прискореного стравлювання в плечових тонометрах і за рахунок бездекомпресійного методу в зап'ястних моделях, детальний аналіз пульсової хвилі, мета якого – вибрати фрагмент з найбільш стабільною пульсацією.

- Функція APS, яка полягає в тому, що в конструкції вимірювача передбачено датчик положення, здатний визначити оптимальну висоту, на якій, при проведенні вимірювань, слід розташувати зап'ястя на рівні серця для отримання достовірних результатів вимірювань.

- Автоматична фіксація манжети на руці.
- Пам'ять для двох користувачів по 84 результату, а також гостьовий режим.
- Розрахунок середнього значення трьох послідовних вимірювань, середнє ранкове, середнє вечірнє значення.
- Індикатори аритмії, руху, підвищеного тиску, правильного положення корпусу тіла.
- Функція моніторингу ранкової гіпертензії.
- Оповіщення мовним сигналом результату вимірювання тиску і пульсу, а також про помилки, що виникають при порушенні умов вимірювання.

Цифровий стетоскоп – прилад для прослуховування шумів внутрішніх органів: легенів, бронхів, серця, судин складається з декількох головних елементів [2].

- Мікрофон - звуковий датчик.

- AudioCodec (звуковий кодер-декодер), призначений для посилення і перетворення звукового сигналу мікрофона в цифрову форму, а також для зворотного перетворення обробленого в процесорі сигналу в аналоговий вигляд для прослуховування його в навушниках стетоскопа.

- Processor (процесор) призначений для виконання всіх ключових функцій цифрового стетоскопа, включаючи виконання алгоритмів пошуку норми і дефектів серцебиття.

Для нормальної роботи стетоскопа до його складу входять такі периферійні пристрої, як MMC / SD карти пам'яті з перетворювачем рівня (LevelShifl) для довгострокового зберігання даних, сенсорний дисплей з підсвічуванням (TouchScreenControlDisplayBacklight) для візуального відображення сигналів, додаткова клавіатура (Keypad) для управління стетоскопом, інтерфейс передачі даних Bluetooth і USB для встановлення зв'язку з комп'ютером, а також перетворювач змінної напруги із зарядним пристроєм для акумулятора [2].

Функціональні можливості [2]:

- Підсилення звуку в 24 рази сильніше традиційного акустичного стетоскопа;  
 - Система придушення небажаного шуму навколишнього середовища та організму самого пацієнта (ANR) до 75%.

- Три режими фільтрації для аускультатії серця, легенів та інших звуків тіла: дзвін (20 ... 200 Hz), діафрагма (100 ... 500 Hz) і розширений режим (20 ... 1000 Hz).

- Можливість запису, зберігання та відтворення звуків на шести звукових доріжках на нормальній і половинчастій швидкості.

- Передача записаних звуків через інфрачервоний порт на інший стетоскоп або персональний комп'ютер для подальшого аналізу отриманих даних у вигляді фонокардіограми і спектрограми.

- Можливість отримувати інформацію у вигляді фонокардіограми на моніторі комп'ютера.

Приліжковий монітор, або як його ще називають, монітор пацієнта - невід'ємна частина будь-якої палати інтенсивної терапії та реанімаційного відділення. Без монітора пацієнта важко уявити сучасну лікарню. Високий рівень вимог до моніторингу стану пацієнта, лягає на монітор пацієнта. Тому чим вище якість і точність вимірювання монітора пацієнта, тим ефективніші заходи, що проводяться при лікуванні пацієнта. Монітор пацієнта (приліжковий монітор) дозволяє оцінити життєві показники, ефективність проведених реанімаційних заходів і корекцію лікарської терапії, тощо.

Структура монітора складається з декількох основних елементів: [2]:

- Аналогові датчики - ЕКГ-відведення, пульсоксиметр, вимірювач кров'яного тиску, температури тіла і т.д.

- OMAP-процесор, що представляє собою програмований мікроконтролер з внутрішньою пам'яттю, вбудованими ЦАП і АЦП, який складається з чотирьох основних незалежних функціональних блоків - процесорного ядра, акселератора графіки, акселератора зображень і відео, а також, сигнального процесора (DSP).

- Для управління монітором призначені сенсорний дисплей з підсвічуванням (BacklightTouchScreenControlDisplay), додатковий вихід на зовнішню клавіатуру (Keypad).

- Додаткова пам'ять у вигляді карт-рідера (MS / MMC / SDcard) і перетворювача рівня (LevelShifter) призначені для зберігання інформації про пацієнта.

- Аудіо кодер-декодер (Audio / VideoCodec) і звуковий динамік (AudioFeedback) призначені для звукової сигналізації при виникненні різних аварійних ситуацій, що відбуваються з апаратурою, або при перевищенні контрольованих параметрів пацієнта за рамки встановлених значень.

- USB-порт спільно з USB-трансівером призначені для підключення монітора до комп'ютера.

- Світлодіоди LED-drivers призначені для індикації моніторингу різних постійних напруг, що формуються блоком живлення монітора.

- За допомогою дротових (Ethernet) і бездротових комунікаційних технологій (Bluetooth, Wi-Fi, LowPowerWireless) монітор може бути підключений до будь-якого іншого лікарняного обладнання, включаючи наркозно-дихальні апарати, дефібрилятори, апаратури телемедицини для дистанційного моніторингу за хворим.

- Блок живлення (MainPowerSupply) перетворює змінну напругу 220 В у постійну, а також заряджає акумуляторну батарею і контролює рівень її зарядки [2].

До особливостей сьгоднішніх моніторів пацієнта можна віднести мобільність, простоту у використанні і передачу даних. Мобільність включає в себе портативність, а також здатність взаємодіяти з іншими медичними пристроями, такими як апарати для анестезії або дефібрилятори. Простота використання досягається сенсорним екраном, а передача даних можлива як через RS232, так і по бездротових протоколах.

Системи для такого моніторингу пацієнта схожі на мобільні телефонні системи. Технології OMAP з вбудованим ARM і DSP-ядром процесора безпосередньо вирішують ці проблеми [2]. Процесор OMAP 3 виконує послідовну цифрову обробку сигналів, вимірювання та аналіз контролю стану пацієнта. Потужний процесор ARM працює на високому рівні ОС (HLOS), що забезпечує для користувача широкі настройки і просту систему управління. Виявлення аномальних умов і взаємодія з центральним сервером має важливе значення в забезпеченні своєчасного рівня охорони здоров'я. OMAP 3 має великий набір периферійних пристроїв для підтримки різних варіантів підключення, таких як Bluetooth, WiFi, ZigBee та інших стандартів, що розвиваються [2].

Портативний медичний вимірювач [2] включає в себе: глюкометр, вимірювач газів крові, цифровий тонометр з вимірювачем частоти серцевих скорочень, цифровий термометр.

Для вимірювача глюкози, вимірювача газів крові, цифрового тонометра з вимірювачем частоти серцевих скорочень, цифрового термометра існують системні блоки, які є загальними для кожного: блок управління живленням, блок управління і обробки даних, блок підсилення та АЦП, дисплей і давачі. Зазначений мікроконтролерний портативний пристрій, працює від батареї і виконує вимірювання за допомогою біологічних сенсорів з топологією, що складається з різних блоків, які розрізняються набором функцій і методами збору, обробки і відображення інформації [2].

За аналогічним принципом, але з набагато більшими функціональними можливостями побудовано медичний прилад для домашнього користування [2], функціональна схема якого показана на рис.3.

Пульсоксиметр – це сучасний вимірювально-діагностичний медичний прилад, призначений для визначення насичення гемоглобіну артеріальної капілярної крові киснем (сатурації). Серцево-судинна система і легені людини безперервно працюють з однією метою - наситити киснем артеріальну кров. Є ряд захворювань, що супроводжуються хронічною нестачею кисню (гіпоксією), при яких цей показник вимагає постійного контролю і достовірних даних, неотримання яких значно ускладнює лікування. [2].

Будучи нескладним у використанні, пульсоксиметр є сьогодні незамінним приладом для здійснення як одноразового вимірювання, так і для тривалого моніторингу (постійного контролю) рівня сатурації і частоти серцевих скорочень (пульсу). Метод отримання даних – неінвазивний (не вимагає забору крові для дослідження), тому пульсоксиметр вимірює потрібні величини швидко і надійно. Перевага такого пульсоксиметра в тім, що для дослідження не потрібно брати кров з артерії. Крім того, пульсоксиметр дозволяє отримувати, обробляти дані і виводити їх на дисплей приладу і в випадку, якщо пацієнт знаходиться без свідомості (рис. 2) [2].

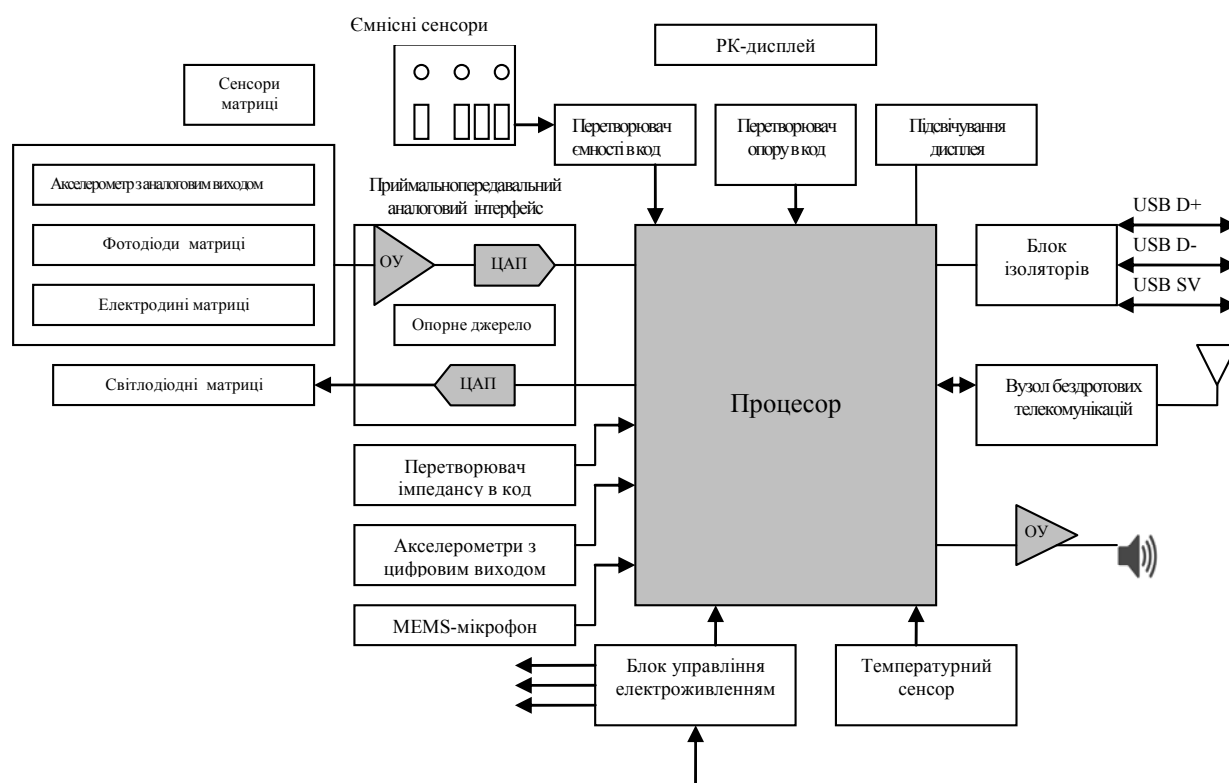


Рис. 2. Функціональна схема типового медичного приладу для домашнього користування [2]

Пульсоксиметр – має периферійний давач з двома світлодіодами, мікропроцесор і дисплей, на який виводиться крива пульсу, його частота і показник сатурації. Всі апарати оснащені звуковим сигналом, пропорційно відображають рівень сатурації.

Індивідуальний пульсоксиметр може бути рекомендований тим хворим, яким показана киснева терапія в амбулаторних умовах. Прилад в цьому випадку забезпечить найбільшу ефективність лікування, вимірюючи і контролюючи необхідні показники. Головні переваги, завдяки яким пульсоксиметр є конкурентоспроможним товаром медичного призначення - це його доступна ціна і висока точність одержуваних результатів [2].

Функціональна схема аналогового інтерфейсу ІМС AD8232 включає 4 функціональних вузла: вимірювальний підсилювач з ФВЧ, підсилювач зі змінним коефіцієнтом, ФНЧ, драйвер-підсилювач для ослаблення перешкоди загального виду (Right Led Drive - RLD), що генерується тілом пацієнта та опорний буферний каскаді [3, 4].

Вимірювальний підсилювач послаблює синфазну перешкоду до рівня 80 дБ. Він безпосередньо

підключений до медичного електроду, має високий вхідний імпеданс - до 100 МОм і фіксований коефіцієнт підсилення, рівний 100 та ФВЧ для ослаблення перешкод [3, 4].

Вихід вимірювального підсилювача підключений до входу операційного підсилювача з максимальним коефіцієнтом підсилення 1100. Звідси рівень вхідного сигналу аналогового інтерфейсу AD8232 не повинен перевищувати 2 мВ [3,4].

Компанія Analog Devices розробила 5-канальний аналоговий інтерфейс ADAS1000 для реєстрації кардіосигналів з електродів, розташованих на поверхні тіла пацієнта [3, 4]. За допомогою такого інтерфейсу забезпечується реєстрація не лише сигналів ЕКГ, а і сигналів, що генеруються кардіостимуляторами. Інтерфейс ADAS 1000, призначений для вимірювання сигналів ЕКГ по 6 відведенням. Каскадне включення двох інтерфейсів дозволяє подвоїти число відведень і довести їх до 12. Крім того, інтерфейс забезпечує вимірювання параметрів грудного дихання, що важливо враховувати при реєстрації ЕКГ. Однак основною особливістю інтерфейсу ADAS 1000 є вбудований алгоритм оцінки параметрів сигналів кардіостимуляторів. Тривалість реєструємих імпульсів від 100 мкс до 2 мс, амплітуда - від 400 мкВ до 1000 мВ, що відповідає вимогам стандартів IEC і AAVI [5].

Людино-машинні інтерфейси повинні підтримувати безліч функцій і забезпечувати управління обладнанням не тільки при дотику до клавіатури, але і при зміні руху рук, очей, подачі звукових сигналів та ін. Крім того, сучасні інтелектуальні інтерфейси повинні відрізнятися високою надійністю і безпекою при використанні в заданих умовах експлуатації [5].

Ємнісні сенсори дозволяють управляти повністю герметичними приладами, які надійно захищені від впливу вологи, випарів, забруднюючих речовин. Крім того, в таких приладах відсутні традиційні перемикачі, а це, в свою чергу, позбавляє користувача від необхідності періодичної чистки клавіатури [6].

Відсутність електромеханічних перемикачів сприяє підвищенню надійності пристрою в цілому і полегшує його збірку. При зніманні даних з поверхні тіла пацієнта необхідно забезпечити високу якість контакту електрода з цією поверхнею. Для цього в медичний електрод при його виготовленні вбудовують ємнісний сенсор. Перед виконанням процедури знімання даних з електрода «опитують» вбудований ємнісний сенсор і шляхом нескладної обробки знятого сигналу отримують інформацію про якість контакту електрода з поверхнею шкіри в точці знімання даних [6].

При виборі контролера для ємнісного сенсора необхідно керуватися нижченаведеними рекомендаціями. Контролер повинен:

- працювати без зовнішніх RC-ланцюгів підстроювання параметрів;
- містити аналоговий інтерфейс для точного детектування сигналів з низьким рівнем, що сформовані на виході ємнісного сенсора;
- забезпечувати корекцію значень параметрів сенсора при їх дрейфі внаслідок зміни умов навколишнього середовища;
- мати ланцюги компенсації внутрішньої паразитної ємності і забезпечувати малий час відгуку на вплив [6].

Для підтримки мобільного зв'язку пацієнта з центрами медичної допомоги використовуються бездротові телекомунікації. Стандарти типу Bluetooth і Zigbee забезпечують такий зв'язок в декількох частотних діапазонах, включаючи діапазон 2,4 ГГц. Альтернативним діапазоном (нижче 1 ГГц) може служити ISM-діапазон, який не вимагає складного програмного забезпечення і підтримує надійний зв'язок за допомогою простого і недорогого обладнання. Компанія Analog Devices розробила приймачі для ISM-діапазону, виконані у вигляді систем на кристалі (SoC) [7, 8].

ІМС ADF7023 - високоінтегрований 2FSK / GFSK / OOK / MSK / GMSK-приймач, призначений для роботи в смугах частот 862 ... 928 МГц і 431 ... 464 МГц, що повністю перекриває смугу ISM-діапазону. Приймач ADF7023 повністю відповідає вимогам міжнародних стандартів ETSI EN 300-220, північноамериканського стандарту FCC (частина 15), а також стандартів КНР для вузькосмугових діапазонів передачі даних. Приймач підтримує швидкість передачі даних в діапазоні від 1 до 300 Кбіт в секунду [7, 8].

### Висновки

При виборі елементної бази необхідно враховувати ряд критеріїв, яким вона повинна відповідати. Базовим критерієм є відповідність технічних та експлуатаційних характеристик вимогам технічного завдання і заданим умовам роботи та експлуатації.

При виборі елементної бази, в т.ч. і функціональної електроніки, для медичної апаратури слід враховувати такі параметри і критерії:

а) технічні параметри: номінальне значення параметрів електрорадіоелементів згідно схеми принципової приладу; допустимі робочі напруги і потужності, специфічні (характерні тільки для даного типу комплектації) показники.

б) експлуатаційні параметри: діапазон робочих температур, відносна вологість повітря, стійкість до радіаційного випромінювання, параметри зовнішнього середовища, вібраційна стійкість, масогабаритні характеристики, надійність.

В останні роки все частіше використовують критерій «ціна/якість» або «ціна/функціональні можливості», який найбільш адекватно відображає вибір елементної бази відповідно до технічного завдання.

## Література

1. Федотов А. А. Математическое моделирование и анализ погрешностей измерительных преобразователей биомедицинских сигналов / А. А. Федотов, С. А. Акулов. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2013. – 282 с. – ISBN 978-5-9221-1446-2.
2. Строев В. М. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением : учебное пособие / В. М. Строев, А. Ю. Куликов, С. В. Фролов – Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ» – 2012. – 96 с. – ISBN 978-5-8265-1125-1.
3. Дж.-Х. Бродерс. ИМС для мониторов сердечных сокращений / Дж.-Х. Бродерс // Электронные компоненты и системы. – 2012. – № 12. – С. 3-5. – ISSN 1817-2369.
4. Информационный бюллетень компании Analog Devices. // Электронные компоненты и системы. – 2008. – Том 8. – Вып. 4. – 18 с.
5. Дж. Круз. Особенности регистрации стимулирующих импульсов, генерируемых имплантируемым кардиостимулятором / Дж. Круз, К. Редмонд. // Электронные компоненты и системы. – 2012. – № 12. – С. 6-10. – ISSN 1817-2369.
6. Н. Дžia. Применение преобразователей емкости в код в медицинской аппаратуре /Н. Дžia // Электронные компоненты и системы. – 2012. – № 6. – С. 27-31. – ISSN 1817-2369.
7. Панфилов Д. Введение в беспроводную технологию ZIGBEE стандарта 802.15.4 / Д. Панфилов, М. Соколов // Электронные компоненты. – 2004. – № 12. – С. 73-79.
8. Беспроводное подключение [Электронный ресурс] // Texas Instruments. – 2011. – 63 с. – Режим доступа : <http://www.ti.com/lit/sg/rust017/rust017.pdf>. – Дата обращения: 19.01.2016. – Название с экрана.

## References

1. Fedotov A. A. Matematicheskoe modelirovanie i analiz pogreshnostey izmeritelnykh preobrazovateley biomeditsinskih signalov / A. A. Fedotov, S. A. Akulov. – M.: FIZMATLIT. – 2013. – 282 s. – ISBN 978-5-9221-1446-2.
2. StroeV V. M. Proektirovanie izmeritelnykh meditsinskih priborov s mikroprotsessornym upravleniem : uchebnoe posobie / V. M. StroeV, A. Yu. Kulikov, S. V. Frolov – TamboV : Izdatel'stvo FGBOU VPO «TGTU» – 2012. – 96 s. – ISBN 978-5-8265-1125-1.
3. Dzh.-H. Broders. IMS dlya monitorov serdechnih sokrascheniy / Dzh.-H. Broders // Elektronnyye komponenty i sistemy. – 2012. – № 12. – S. 3-5. – ISSN 1817-2369.
4. Informatsionnyy byulleten kompanii Analog Devices. // Elektronnyye komponenty i sistemy. – 2008. – Tom 8. – Vyip. 4. – 18 s.
5. Dzh. Kruz. Osobennosti registratsii stimuliruyuschih impulsov, generiruemyykh implantiruemyim kardiostimulyatorom / Dzh. Kruz, K. Redmond. // Elektronnyye komponenty i sistemy. – 2012. – № 12. – S. 6-10. – ISSN 1817-2369.
6. N. Dzhia. Primenenie preobrazovateley emkosti v kod v meditsinskoj apparature /N. Dzhia // Elektronnyye komponenty i sistemy. – 2012. – № 6. – S. 27-31. – ISSN 1817-2369.
7. Panfilov D. Vvedenie v besprovodnuyu tehnologiyu ZIGBEE standarta 802.15.4 / D. Panfilov, M. Sokolov // Elektronnyye komponenty. – 2004. – № 12. – S. 73-79.
8. Besprovodnoe podklyuchenie [Elektronnyy resurs] // Texas Instruments. – 2011. – 63 s. – Rezhim dostupa : <http://www.ti.com/lit/sg/rust017/rust017.pdf>. – Data obrascheniya: 19.01.2016. – Nazvanie s ekrana.

Рецензія/Peer review : 7.2.2016 р. Надрукована/Printed : 26.3.2016 р.