



Виставкова компанія  
**ADT**



**NURE**  
Харківський національний  
університет радіоелектроніки

**СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА  
«KharkivProm Days. Виробництво і  
ефективність»**

27 лютого – 1 березня 2019 р.

**МАТЕРІАЛИ ФОРУМУ СЕКЦІЇ  
«Автоматизація, електроніка та  
робототехніка. Стратегії розвитку та  
інноваційні технології»**

27 лютого 2019 р.

Харків 2019

Спеціалізована виставка «KharkivProm Days. Виробництво і ефективність». Збірник матеріалів форуму секції «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології». – Харків, ХНУРЕ, Виставкова компанія ADT, 2019. - 48 с.

В збірник включені матеріали форуму секції «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології».

Видання підготоване  
Харківським національним університетом радіоелектроніки (ХНУРЕ)  
Виставковою компанією ADT

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14

Тел. +38 (057) 755 02 20

E-mail:

[sergiy.novoselov@nure.ua](mailto:sergiy.novoselov@nure.ua)

[iryna.svyd@nure.ua](mailto:iryna.svyd@nure.ua)

© Харківський  
національний університет  
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2019

© Виставкова компанія ADT, 2019

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

- Семенець В.В.** проф., ректор ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Янковський А.А.** начальник відділу мультимедійних засобів навчання ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Новоселов С.П.** проф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Свид І.В.** доц., зав. каф. МТС ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
- Сайківська Л.Ф.** доц. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ У ТЕХНІЧНІЙ ГАЛУЗІ

професор, д.т.н. Семенець В.В., доцент, к.т.н. Свид І.В.,  
доцент, к.т.н. Сайківська Л.Ф.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра Мікропроцесорних технологій і систем,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: liliia.saikivska@nure.ua

**Abstract.** The report set out the modern tasks of higher educational institutions, raised the issues of the quality of training technical specialists and proposed a method its improving on the example of Kharkov National University of Radio Electronics..

**Вступ.** У сучасному світовому суспільстві приділяється велика увага якості підготовки фахівців у вищих навчальних закладах. Якість освіти цікавить державу, роботодавців, викладачів, випускників, студентів. Освіта - це основний показник прогресивного розвитку держави. Освіта є систематичним двигуном прогресивних змін розвитку техногенної цивілізації в світовому суспільстві. Сучасним завданням вищої школи є гармонійне поєднання в освітньому процесі освітньої, наукової, інноваційної та практичної діяльності. Застосування інноваційних методів в сучасному освітньому процесі дозволить підвищити зацікавленість, умотивованість, науково-прикладне спрямування формування вектора освіти і якість підготовки студента [1-3]. Залучення представників бізнес-структур для проведення оглядових занять, екскурсій, семінарів, постановки практичних задач наукових робіт є актуальним для мотивації студентів до вивчення обраного ними напрямку. Студенти повинні чітко розуміти рейтингові позиції обраної спеціальності в країні і в світі.

**Основна частина.** Для якісного науково-освітнього процесу дуже важливим є створення сучасних лабораторій, які дають змогу на інноваційному рівні опановувати складні науково-практичні задачі, поставлені техногенним прогресом.

У ситуації, що склалася, формування сучасної матеріальної бази можливе тільки при створенні цільових науково-навчальних лабораторій і підрозділів. Одним з варіантів реалізації запропонованої методики може бути створення у вищих навчальних закладах фундаментальних спеціалізованих кафедр технічного спрямування, які будуть розвивати вузькоспеціалізовані науково-навчальні напрямки.

У Харківському національному університеті радіоелектроніки створена фундаментальна технічна кафедра мікропроцесорних технологій і систем (МТС) при факультеті Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації (ІРТЗІ).

Кафедра здійснює освітню, методичну, організаційну та наукову діяльність в галузі мікропроцесорних технологій і систем. Викладачі кафедри для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти технічних спеціальностей університету в циклі загальної і спеціальної професійної підготовки викладають нормативну дисципліну «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС)» обсягом 10 кредитів ECTS з такими модулями: «Моделювання цифрових сигналів засобами MATLAB і VHDL» (2 кредити ECTS); «Мікроконтролери» (4 кредити ECTS); «ПЛІС» (4 кредити ECTS). Підготовку за заявленою дисципліною проходять студенти третього курсу, які навчаються за технічними спеціальностями. З урахуванням досвіду європейських вищих навчальних закладів, партнерів ХНУРЕ, для підвищення якості практичної підготовки студентів, проведено наступний розподіл обсягу аудиторних годин з дисципліни: 25% - лекцій; 75% - лабораторних робіт.

Кафедра розвиває такі наукові напрямки: проектування пристроїв на мікроконтролерах і програмованих логічних інтегральних схемах; моделювання цифрових сигналів. Для проведення занять при кафедрі створена спеціалізована навчально-наукова лабораторія «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС». Лабораторія укомплектована сучасним апаратно-програмним обладнанням.

**Висновки.** Таким чином, якість підготовки фахівців на сьогоднішній день є актуальною задачею для вищих навчальних закладів. Створення фундаментальних кафедр і вузькоспеціалізованих лабораторій дозволяє студентам отримати навички роботи зі спеціалізованим обладнанням, більш глибоко опрацьовувати науково-навчальні напрямки, які цікавлять. Збільшення обсягу лабораторного практикуму дозволяє студентам отримати більш поглиблені практичні навички, навчитися вирішувати складні науково-технічні завдання. Використання кращих практик світового суспільства в освітній, науковій, інноваційній діяльності дозволяє формувати загальноприйняті системно-практичні компетентності.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про вищу освіту» від 1 лип. 2014 р. № 1556-VII // Офіц. вісн. України. – 2014. – № 63.
2. Інновації у вищій освіті: проблеми, досвід, перспективи: монографія. / П. Ю. Саух [та ін.]; ред. П. Ю. Саух. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2011.
3. Семенец В. В. Методика підвищення якості підготовки технічних спеціалістів / В. В. Семенец, И. В. Свид, Л. Ф. Сайковская. // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф. (Минск, 1-2 ноября 2018 года). – Минск : БГУИР. – 2018. – С. 415–416.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗВ'ЯЗКУ У LORA МЕРЕЖАХ

професор, к.т.н., Новоселов С.П., студент Кондратюк М.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та  
мехатроніки, Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: sergiy.novoselov@nure.ua

**Abstract.** In work the analysis of methods of the organization of svyaty in the Lora-networks is carried out The relevance of the work is described, the principle of packet transmission in the network, the dependence of the transmission time of one character on the spreading factor are considered. The estimate of the system capacity is given under the following assumptions; the network bandwidth graph. Calculated the maximum value of throughput when the intensity of the arrival of packets  $G$  is equal to 0.5 and when the intensity of the arrival of packets  $G$  is equal to 0.0256.

**Вступ.** На сьогодні існує безліч безпроводових технологій, відомих користувачам по їхніх маркетингових назвах, таким як Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, ZigBee, LTE та інші.

Основні параметри з'єднання, які використовуються в загальному випадку, це WiFi, Bluetooth та стільникового бездротовий зв'язок (4G). Але у кожного з них є недоліки: Wi-Fi використовує багато енергії; Bluetooth має обмежений діапазон; 4G також енергоємний та може бути дорогим, особливо для передачі великих об'ємів даних.

У найближчому майбутньому більшість наших електронних або квантових пристроїв будуть підключені до Інтернету через унікальну IP-адресу (в полі IPv6- адрес, оскільки IPv4 уже скоро стане елементом минулого) і, таким чином, його можна буде контролювати власником з будь-якого місця в будь-який час.

В деяких країнах плануються проекти розумних міст, створених на основі смарт-інфраструктури в поєднанні з використанням технології IoT. IoT також допоможе урядам і великим підприємствам в моніторингу, зборі, аналізу і прийнятті рішення щодо будь-якої ситуації протягом короткого часу. Проте слід пам'ятати, що постійний розвиток технології означатиме більше електронних відходів, таким чином, тема дослідження є актуальною.

**Основна частина.** Технологія модуляції LoRa являє собою метод модуляції, який забезпечує значно більшу дальність зв'язку (зону покриття), ніж інші конкуруючі з ним способи. Цей тип модуляції ґрунтується на технології модуляції з розширеним спектром і варіації лінійної частотної модуляції

Технологія LoRa значно підвищує чутливість приймача і, аналогічно іншим методам модуляції з розширеним спектром, використовує всю ширину смуги пропускання каналу для передачі сигналу, що робить його стійким до каналним шумів і нечутливим до зсувів, викликаних неточностями в налаштуванні частот при використанні недорогих опорних кварцових резонаторів [1].

Кожен пакет, що передається по мережі LoRaWAN, включає в себе преамбулу і блок даних фізичного рівня. Кількість символів в преамбулі є конфігурованим в діапазоні 6.65535.

Кількість символів в блоці даних фізичного рівня визначається наступною формулою [2]:

$$\text{payloadSymbNb} = 8 + \text{ceil} \left( \frac{8 \cdot PL - 4 \cdot SF + 28 + 16 \cdot CRC - 20 \cdot H}{4 \cdot (SF - 2 \cdot DE)} \right) \cdot (CR + 4)$$

де  $PL = 12 + FRM$  – кількість байт корисних даних в блоці фізичного рівня (PHYPayload);

$FRM$  – кількість байт корисних даних на рівні додатку (FRMPayload);

$SF$  – коефіцієнт розширення спектра;

$CRC = 1$ , коли передача поля  $CRC$  блоку корисного навантаження включена і  $CRC = 0$  – коли вимкнена;

$H = 0$ , коли передача заголовка (PHDR + PHDR\_CRC) включена і  $H = 1$  – коли заголовок відсутній;

$DE = 1$ , коли оптимізація для низьких швидкостей передачі включена і  $DE = 0$  – коли вимкнена (для  $SF = 11$  і  $SF = 12$  оптимізація швидкостей передачі повинна бути включена);

$CR = 1..4$  – швидкість коду;

$\text{ceil}$  – операція округлення до найближчого більшого цілого числа.

Тривалість передачі преамбули можна визначити за формулою:

$$T_{\text{preamble}} = (n_{\text{preamble}} + 4,25) \cdot T_{\text{sym}}$$

де  $T_{\text{sym}} = \frac{2^{SF}}{W}$  – тривалість передачі одного символу;

$W$  – смуга одного радіоканалу (125кГц).

Тривалість передачі блоку даних фізичного рівня визначається за формулою:

$$T_{\text{payload}} = \text{payloadSymbNb} \cdot T_{\text{sym}}$$

Тривалість передачі всього пакету по мережі LoRaWAN визначається за формулою:

$$T_{\text{packet}} = T_{\text{preamble}} + T_{\text{payload}}$$

В таблиці 1 наведена залежність тривалості передачі одного символу від коефіцієнту розширення спектра.

Таблиця 1 – Залежність тривалості передачі одного символу від коефіцієнту розширення спектра

SF	7	8	8	10	11	12
W, кГц	125	125	125	125	125	125
Tsym, мс	1,024	2,048	4,096	8,192	16,384	32,768

Всі LoRaWAN пристрої класу "A", включаючи кінцеві пристрої, а також LoRa-шлюз, використовують довільний (не синхронізований) доступ до загального середовища передачі. При цьому тимчасові інтервали відправки пакетів плануються кінцевими пристроями на основі власних потреб.

Даний механізм доступу вдає із себе протокол типу "чиста ALOHA" (pure ALOHA) на ім'я першої комп'ютерної мережі передачі даних з пакетною комутацією (ALOHAnet), розробленої в 1968-1970-х роках групою вчених Гавайського університету під керівництвом Нормана Абрамсона, що використала в якості середовища доступу до неї бездротову технологію [3].

Оцінка пропускну здатності системи "чиста ALOHA" визначається при наступних припущеннях:

- призначені для користувача дані, призначені для передачі, надходять на термінали випадково, утворюючи пуассоновський потік;
- відкинуті через помилки передачі пакети передаються повторно, утворюючи також пуассоновський потік;
- всі пакети даних мають однакову довжину і передаються однаково швидко;
- в мережі знаходиться нескінченне число віддалених терміналів (при цьому якщо якийсь термінал вже передає дані, це ніяк не впливає на ймовірність передачі даних іншими терміналами).

У цьому випадку ймовірність того, що за час передачі одного пакета  $T$  надійде ще  $k$  пакетів від всіх терміналів мережі визначається формулою Пуассона :

$$P_r(k) = \frac{G^k \cdot e^{-G}}{k!},$$

де  $G$  – інтенсивність надходження пакетів (або середнє число повідомлень для передачі, що з'явилося на всіх терміналах мережі за час  $T$ ).

Колізія не виникне, якщо на інтервалі передачі повідомлення, а також на одному попередньому інтервалі не з'являться ще пакети для передачі від



інших кінцевих пристроїв мережі ( $k = 0$ ). Отже, ймовірність успішної передачі становить

$$P = e^{-2G}.$$

Середнє число успішно переданих за час  $T$  пакетів, тобто пропускна здатність мережі, становить

$$S = G \cdot P = G \cdot e^{-2G}.$$

Графік пропускної здатності мережі наведено на рисунку 2.1.

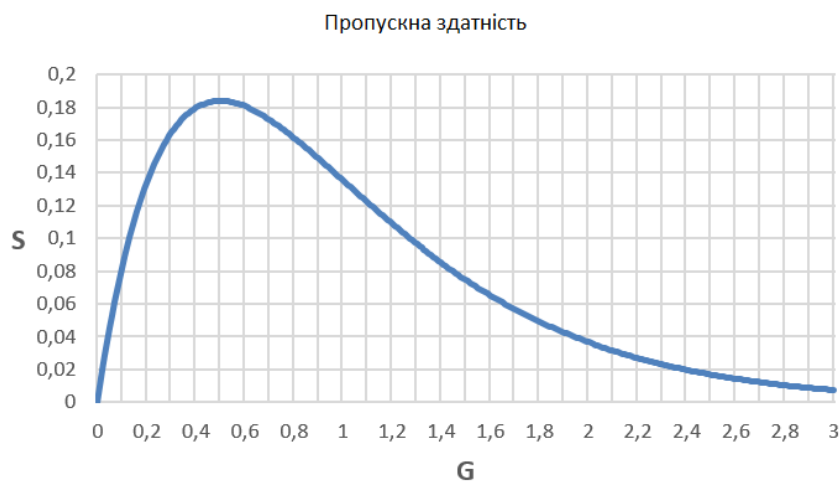


Рисунок 1 – Графік пропускної здатності мережі

**Висновки.** Максимальне значення пропускної здатності досягається при інтенсивності надходження пакетів  $G$  дорівнює 0,5 і становить 0,184 (при цьому ймовірність втрати пакетів через колізію –  $P_{LOSS}$  складе 63%).

При інтенсивності надходження пакетів  $G$  дорівнює 0,0256 ймовірність втрати пакетів через колізії  $P_{LOSS}$  становить 5%.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сети передачи данных на большие расстояния LoRaWAN [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www / URL: http://gamma.spb.ru/media/pdf/masters2015/LORA.pdf](http://gamma.spb.ru/media/pdf/masters2015/LORA.pdf) – Загл. з екрану.

2. Al-Juboori G., Tsimbalo E., Doufexi A. [et al.]. A comparison of OFDM and GFDM-Based MFSK modulation schemes for robust IoT applications // IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring). 2017. P. 1–5.

3. Vangelista L. Frequency shift chirp modulation: the LoRa modulation // IEEE Signal Processing Letters. 2017. Vol. 24, no. 12. P. 1818–1821. DOI: 10.1109/LSP.2017.2762960.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

асистент Теслюк С.І., студентка Мамонько Д.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра КІТАМ, Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: [dasha.mamonko@nure.ua](mailto:dasha.mamonko@nure.ua)

**Abstract.** In this paper, the methods of localization of an object in distributed sensor networks were considered. Their comparative analysis is carried out, the principle of determining the position of the object is described, their drawbacks are revealed. It is determined that during their implementation computational complexity arises, the amount of data for processing is constantly increasing and the number of sensors or microphones necessary for correct and complete work, the requirements for equipment, on which the coordinates of the object will be determined directly, are increased.

**Актуальність роботи.** В даний час спостерігається збільшення інтересу до вирішення завдання знаходження місцеположення мобільних об'єктів як в глобальних, так і в локальних координатах. Системи глобального позиціонування (GPS і ГЛОНАСС), отримали велике поширення завдяки широкому обхвату і досить високої точності поза приміщеннями. Однак такі системи виявляються неспроможними всередині будівель через перешкоди від апаратури в приміщеннях, а також поглинання сигналу корпусом самої будівлі.

Задача локалізації джерела сигналу є базовою в багатьох спеціалізованих системах, основним призначенням даних систем є визначення місця розташування рухомих об'єктів усередині приміщень. Дослідження локалізації об'єкта в виробничих приміщеннях є надзвичайно актуальною, оскільки вони на сьогоднішній день використовуються в багатьох системах, завдяки використанню сучасних сенсорів.

**Основна частина.** Методи локального позиціонування умовно можна поділити на 2 основні групи, в залежності від способу визначення місцезнаходження об'єкта (мобільного пристрою, МП): – метод, заснований на використанні тріангуляції; – метод, заснований на використанні трилатерації.

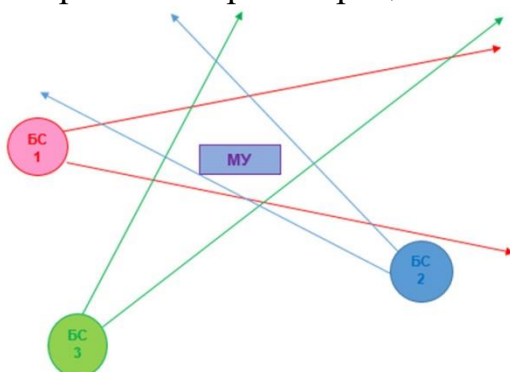


Рисунок 1 – Метод тріангуляції

Метод AoA (angle of arrival) заснований на визначенні напрямку на джерело сигналу. Для цього використовуються базові станції (БС), забезпечені декількома антенами: антеною, що обертається або фазованою антеною решіткою. Принцип розташування базових станцій показано на рисунку 1.

Отримавши направлення на джерело сигналу від БС, можна визначити місце його знаходження. Чим більше кількість БС, тим точніше можна визначити цю зону. Недоліки даного методу:– складність антени; – низька точність визначення місця розташування мобільного пристрою. Трилатерація являє собою суцільну мережу прилеглих один до одного трикутників, в яких вимірюють довжини всіх сторін; два пункти, як мінімум, повинні мати відомі координати.

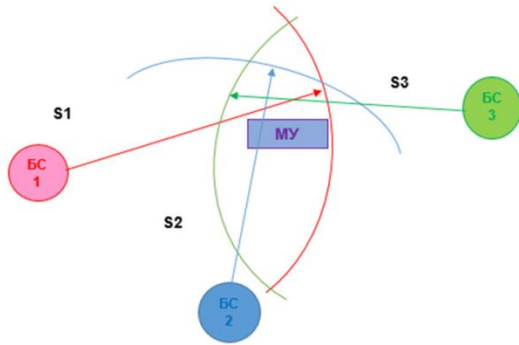


Рисунок 2 – Визначення вершин трикутників

теж виконується за формулами лінійної засічки.

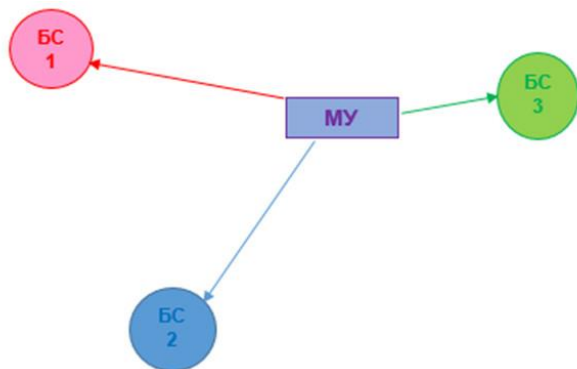


Рисунок 3 – Метод ТоА

відправленням сигналу мобільним пристроєм і отриманням його. На рисунку 3 показано принцип визначення позиції за методом ТоА. Недоліки даного методу: – необхідність синхронізації часу на всіх БС і МП; – складні алгоритми визначення місця розташування мобільного пристрою.

Метод ТоА дозволяє розпізнавати станції, як в двовимірному просторі, так і в тривимірному. Єдина відмінність полягатиме в тому, що потрібно збудувати не окружності, а сфери з заданим радіусом. Головними труднощами даного методу є те, що необхідно мати точну тимчасову синхронізацію всіх станцій. особливо складно синхронізувати за часом мобільні станції. При наявності помилок в синхронізації навіть на кілька відсотків виникає велика помилка в визначенні відстані через великій швидкості поширення сигналу.

Системи ТОА в основному вирішують рівняння швидкість дорівнює часу відстань,  $v \cdot t = d$ , або більш конкретно,  $v \delta t = \delta l$ , де  $\delta t = (t_i - t)$  різниця

Рішення першого трикутника трилатерації, в якому відомі координати двох пунктів і виміряні дві сторони, можна виконати за формулами лінійної засічки, причому потрібно вказувати праворуч або ліворуч від опорної лінії АВ розташовується вершина 1.

У другому трикутнику також є відомими координати двох вершин і довжини двох сторін; його рішення

Метод ТоА (time of arrival) заснований на вимірюванні затримки поширення радіосигналу між мобільним пристроєм і БС. Мінімальна кількість вимірювань для визначення місця розташування МП дорівнює трьом. Мобільний пристрій відправляє сигнал в точно відомий БС час. БС вимірює часовий інтервал між

між часом прибуття  $t_i$  в точці і джерелом за час  $t$ , і  $\delta t$  є відстанню між місцем розташування при вимірюванні  $x_i, y_i, z_i$  і місцем розташування джерела  $x, y, z$ . Таким чином, з теореми Піфагора, отримуємо, що

$$v(t_i - t) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}$$

Вимірювання ти в 4-х або більше місцях досить для визначення 4 невідомих  $x, y, z$ , і  $t$ . Приклад вимірювання можна побачити на рисунку 4.

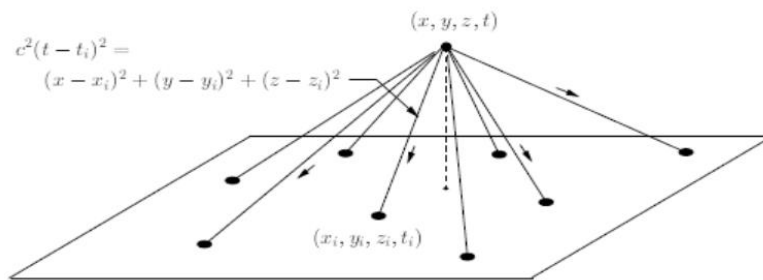


Рисунок 4 – Вимірювання в ТОА

Метод TDoA (time difference of arrival) заснований на вимірюванні різниці в часі передачі сигналу від мобільного пристрою до БС, з синхронізованими годинами і заздалегідь відомим місцем розташування. На рисунку 5 показано принцип визначення позиції за методом TDoA.

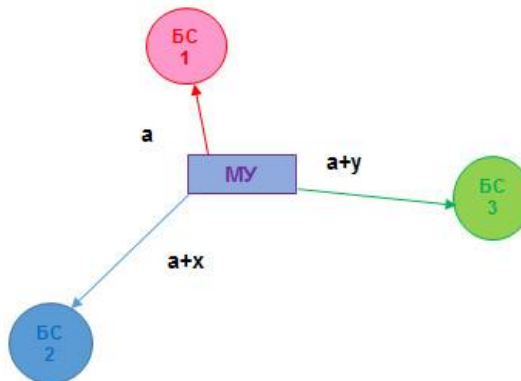


Рисунок 5 – Метод TDoA

Знаючи різницю в часі отримання сигналу за допомогою математичної обробки можна отримати відстань від мобільного пристрою до базових станцій. Недоліки даного методу: – необхідність синхронізації часу між усіма мобільними пристроями; – складні алгоритми визначення місця розташування мобільного пристрою.

В методі Time Difference of Arrival використовується відношення виміряного часу на кожній приймальній станції замість вимірювання абсолютного часу. Через це немає необхідності суворо синхронізувати за часом все станції, які є в системі. Необхідно, щоб було синхронізовано час тільки на стаціонарних приймальних станціях.

Time difference of arrival являє собою техніку, яка використовується в пеленгації і навігації, в якому час приходу конкретного сигналу, при фізично окремих приймальних станцій з точно синхронізованими тимчасові послання, обчислюються.

TDOA не слід плутати з часом прибуття (TOA). Навіть якщо потік TDOA виклик буде виглядати практично так само, як потік TOA виклику, є різниця в тому, як обчислюється розташування. TDOA і TOA схожі, але є різниця. TOA відрізняється тим, що він використовується абсолютний час прибуття на певну базову станцію, а не різницю між часом надходження на дві станції. Відстань може бути безпосередньо розрахована з моменту прибуття, так як сигнали передаються з відомою швидкістю. Час прибуття даних з двох базових станцій будуть звужувати положення двох точок і даних третьої базової станції потрібно вирішити точне положення.

**Висновки.** Необхідно відзначити, що для визначення місця розташування більшість систем використовують комбінацію методів, тому що такий підхід дозволяє усунути недоліки одного методу, доповнивши властивостями іншого. До того ж, різні системи ставлять перед собою різні завдання, для вирішення яких можуть також знадобитися різні методи. Метод вимірювання відстані залежить від наявного устаткування і наявності синхронізації між БС і мобільним пристроєм.

В залежності від складності існуючої задачі для визначення координат джерела та наявних технічних засобів необхідно обирати метод визначення враховуючи всі можливі ситуації. Необхідно одночасно враховувати бажану точність визначення місцеположення джерела, кількість самих джерел, що можуть створювати звук одночасно, кількість мікрофонів, що будуть оброблювати звук, синхронізацію між цими мікрофонами.

Для додатків реального часу локалізації МП, однією з головних проблем є значне зростання обчислювальної складності, пов'язані з появою все більш великих, активний чи пасивний, 24 розподілених сенсорних мереж. Ці датчики в значній мірі залежать від компонентів системи на батарейках для досягнення високої функціональної автоматизації в передачі сигналів і обробки інформації. Для того щоб зберегти вимоги до зв'язку мінімальним, бажано виконувати якомога більше обробки на приймачі платформах, якщо це можливо.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Gints Jekabsons, Vadim Kairish, Vadim Zuravlyov An Analysis of Wi-Fi Based Indoor Positioning Accuracy // Scientific Journal of Riga Technical University Computer Science. – 2010.
2. Системы локального позиционирования / [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www. URL: http://www.wless.ru/technology/?tech=11](http://www.wless.ru/technology/?tech=11) – 10.10.2018 р – Назва екрану.
3. Novoselov, S., Donskov, O. “Distributed Local Positioning System Using DWM1000 Location Chip” // 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, 2017, pp. 489-492.
4. Овчинников С.В. Системы позиционирования и мониторинга // Технологии и средства связи. – 2014. – № 2. – С. 18–22.

## ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ У ПОРТАТИВНИХ МЕДИЧНИХ ПРИСТРОЯХ

доцент, к.т.н., Сайківська Л.Ф.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра Мікропроцесорних технологій і систем,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: liliia.saikivska@nure.ua

**Abstract.** Portable Medical Equipment facilitates examination of patients outside hospitals and helps accelerate diagnosis establishment. In the paper presents advantages use of microcontrollers at portable medical equipment design. Small size, high performance, low power consumption, reliability and safety microcontrollers give this direction big perspective. And need qualified specialists with knowledge of the basic principles of microcontrollers device design.

**Вступ.** Для своєчасно встановлення діагнозу, отримання більш високого рівня його точності, швидкого реагування на зміну стану хворого все частіше використовується портативна медична техніка. Вона полегшує обстеження нетранспортабельних хворих як в лікарнях, так і в домашніх умовах, дає можливість цілодобового спостереження за станом здоров'я людини і навіть допомагає відслідковувати виконання графіка прийому ліків. Стрімке поширення портативної медичної техніки обумовлюється ще й запровадженням телемедицини. Таким чином, складається ситуація, коли медичні прилади можуть використовувати не тільки спеціалісти, а й громадяни без медичної освіти.

Медична портативна техніка призначена контролювати життєво важливі параметри, такі як частота серцевих скорочень, ЕКГ, рівень глюкози, артеріальний тиск, провідність шкіри, температуру та ін. Тому вона повинна забезпечувати достатню точність вимірювань, підтримувати автоматичне регулювання, проводити обробку, запис, архівацію й передачу медичної інформації, а також бути простою в управлінні та мати компактні розміри, мале енергоспоживання, забезпечувати проводову чи безпроводову передачу даних. А також витримувати норми безпеки та техніко-експлуатаційної надійності. [1, 2]

**Основна частина.** Світові виробники портативної медичної апаратури вже давно перейшли на розробку пристроїв на базі мікроконтролерів чи мікропроцесорів, які, як правило, використовуються в якості обчислювального та керуючого ядра [2, 3, 4, 5]. Вони дозволяють використовувати вбудовані в них алгоритми й команди для керування пристроєм, задавати параметри збору та первинної обробки біомедичної інформації, її візуалізацію, або передавання на сервер для обробки і детального аналізу.

Основною перевагою використання мікроконтролерів в портативній медичній апаратурі є їх порівняно не великі розміри при достатньо високій продуктивності. В портативній медичній апаратурі вже широко використовуються 32-розрядні мікроконтролери, які включають блок з плаваючою комою, АЦП та ЦАП, пристрої з флеш-пам'ятю до 1 МБ та до 15 комунікаційних інтерфейсів та ін. Це дає можливість одночасно визначати кілька показників стану людини. Крім того пріоритетним напрямком є мініатюризація медичної техніки, яка розрахована на мобільне використання.

Іншою перевагою використання мікроконтролерів в портативній медичній техніці є їх знижене енергоспоживання при високій продуктивності. Сучасні мікроконтролери мають кілька режимів енергозбереження та відносно малий час переходу у робочий стан. Виробники створюють компоненти, що забезпечують мінімальне споживання в кожному режимі роботи. Крім того, можливе використання в схемах спеціалізованих мікросхем, які дозволяють динамічно керувати енергоспоживанням за рахунок вимикання блоків, які в даний час не використовуються.

Деякі виробники мікроконтролерів випускають готові апаратні модулі для конкретного медичного обладнання, приклади готових медичних додатків та рекомендацій щодо їх використання, що полегшує роботу розробників та прискорює розробку портативної медичної техніки.

Крім того, пристрої, побудовані на основі мікроконтролерів, мають схожу структуру та принципи проектування, що значно полегшує етапи розробки портативних медичних пристроїв.[1, 6, 7]

На сьогодні в більшості вищих навчальних закладів України технічного профілю викладаються дисципліни, пов'язані з використанням мікроконтролерів, вивченням їх архітектури, методів та засобів програмування та проектування пристроїв на базі мікроконтролерів, мов програмування, які використовуються найчастіше (Асемблер, Сі, Сі++, VHDL та ін.) та спеціалізованого програмного забезпечення. Крім того, співробітниками та аспірантами спеціалізованих кафедр проводиться наукова робота, пов'язана з розробкою та дослідженням медичної техніки, у тому числі й портативної.

**Висновки.** Таким чином, з точки зору набору необхідної периферії, високої продуктивності, низького енергоспоживання, мініатюрних розмірів, надійності та безпеки при використанні розробка сучасної портативної медичної техніки на основі мікроконтролерів є актуальною і має подальші перспективи.

Крім того, необхідні кваліфіковані спеціалісти з розробки та виробництва портативної медичної техніки. Тому після закінчення вищого навчального закладу випускник повинен знати основні принципи та програмне забезпечення для проектування пристроїв, технічні особливості

мікроконтролерів, які використовуються у портативних медичних пристроях, вміти складати алгоритми та програми роботи мікроконтролерів та налагоджувати їх з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением: уч. Пособие // В.М. Строев, А.Ю. Куликов, С.В. Фролов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 96 с.

2. Старовойтова В.А., Тараник М.А., Копаница Г.Д. Исследование современных медицинских портативных устройств // Научно-практический журнал «Врач и информационные технологии», 2016, №2, с. 54-61. [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <https://www.idmz.ru>.

3. Копытин С., Марков М. Применение процессоров с архитектурой ARM в современной медицине // Научный журнал «Компоненты и технологии», 2012, № 5, с. 104-106. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.kit-e.ru>.

4. Самоделов А. MD8710 - универсальная платформа для мобильных медицинских приложений // Научный журнал «Компоненты и технологии», 2011, № 8, с. 120-129. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.kit-e.ru>.

5. Дорош О.І. Мобільний пристрій на базі ОС ANDROID // Вестник НТУ "ХПИ", Харьков, 2015, № 32 (1141) – с. 60-68.

6. ИМС для портативных медицинских приборов // Научно-технический журнал ЭКиС - Электронные компоненты и системы, 2013, №1, с. 7-22. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekis.kiev.ua>.

7. Сайковская Л.Ф. Аппаратное обеспечение оценки функционального состояния оператора зрительного профиля // Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник «РАДИОТЕХНИКА» - 2014. – вып. 179, с. 94-98.



## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ В РОБОЧОМУ ПРИМІЩЕННІ

професор, к.т.н., Новоселов С.П., студентка Тютюнник Ю.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: sergiy.novoselov@nure.ua

**Abstract.** In the given work the analysis of methods of control of the ventilation system was carried out. The types of ventilation and ventilation systems are considered. Requirements for the serviced buildings are given. The structural scheme of the ventilation control system in the workspace is developed. To simulate the work of the ventilation control system in the workplace, a laboratory stand was used which allows conducting research, simulation and study of a real ventilation control system.

**Вступ.** Системи вентиляції створюють умови для забезпечення технологічного процесу або підтримки в приміщенні заданих кліматичних умов для високопродуктивної роботи людини. У першому випадку система вентиляції буде називатися технологічною, а в другому – комфортною.

Технологічна вентиляція забезпечує в приміщенні заданий склад повітря, його температуру, вологість, рухливість відповідно до вимог технологічного процесу. Особливо високі ці вимоги в цехах таких виробництв, як радіотехнічна, електровакуумна, текстильна, хіміко-фармацевтична промисловість, сховища сільськогосподарської продукції, архіви, приміщення, в яких зберігаються історичні цінності (музеї, галереї, пам'ятники старовини) та ін. Комфортна вентиляція повинна забезпечити сприятливі санітарно-гігієнічні умови для працюючих в цих приміщеннях людей.

Методи управління мікрокліматом в робочих приміщеннях – це методи, мета яких полягає в стабілізації або цілеспрямованому зміні в часі параметрів мікроклімату: температури і вологості повітря, його рухливості і газового складу (концентрації шкідливих речовин).

Ефективним з енергетичної та в більшості випадків з економічної точки зору є управління параметрами мікроклімату за рахунок періодичного виключення систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Використання цього методу управління засновано на тепловій ємності приміщення, вологоємності і газової ємності повітря в об'ємі приміщення. Переривчаста робота систем доцільна в приміщеннях зі змінним режимом теплових, вологих і газових виділень в тому випадку, якщо допускаються значні коливання параметрів мікроклімату. Реалізація цього ефективного способу управління вимагає узгодженої дії комплексу систем опалення, охолодження та вентиляції. Метою роботи є дослідження роботи системи

керування вентиляції (СКВ) повітря.

**Основна частина.** Основним елементом системи вентиляції є приміщення, що обслуговуються, в яких постійно відбувається перехід повітря з одного стану в інший. Для підтримки заданих параметрів в приміщеннях, що обслуговуються, подається припливне повітря з параметрами, відмінними від параметрів всередині приміщення. Перемішуючись з внутрішнім повітрям і витісняючи його, припливне повітря асимілює надлишкове тепло і вологу або підігріває і зволожує повітря приміщення.

На рис. 1 наведена структурна схема системи керування вентиляцією в робочому приміщенні.

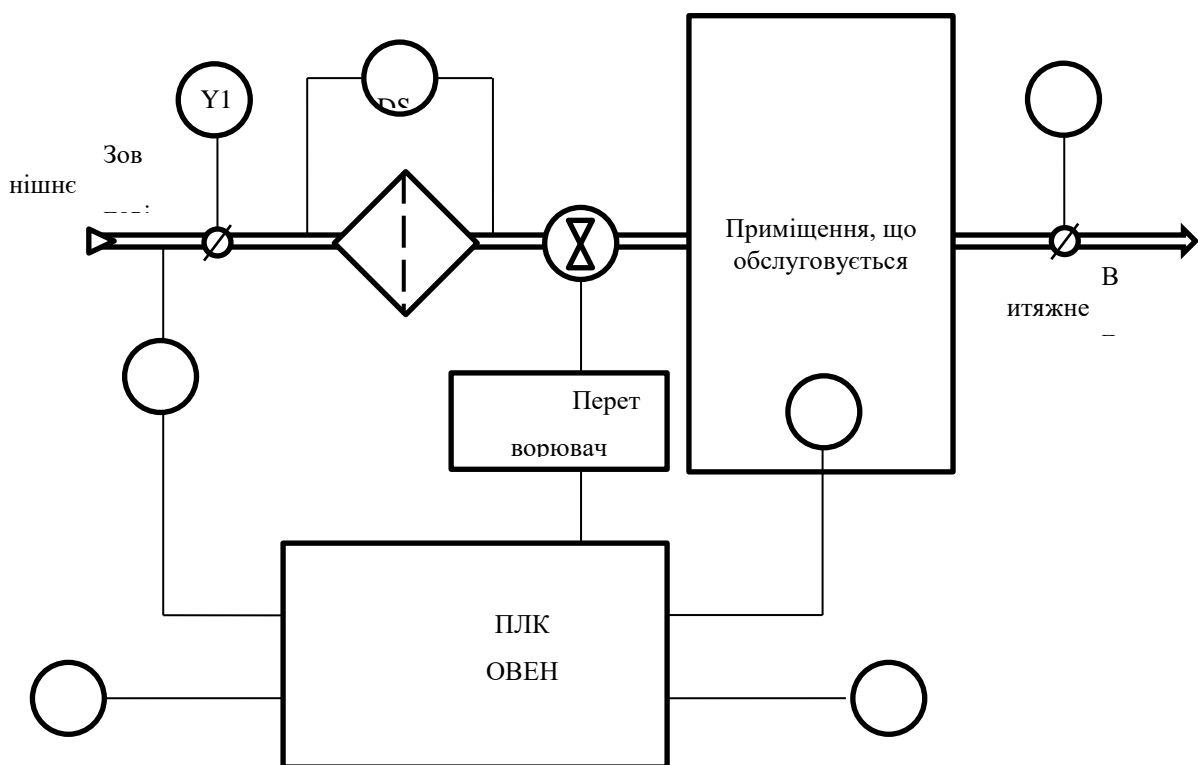




Рисунок 1 – Структурна схема системи керування вентиляцією в робочому приміщенні

В системі керування вентиляцією використовуються такі компоненти:

- T1 датчик температури зовнішнього повітря;
- T2 датчик температури в приміщенні, що обслуговується;
- Y1 – заслінка, яка перекриває потік вхідного повітря;
- Y2 – заслінка, яка перекриває витік вихідного повітря;
-  – фільтр повітря;
- PDS – диференційне реле перепаду тиску;
-  – вентилятор.

Для керування системою використовується програмований контролер фірми ОВЕН.

Для моделювання роботи схеми системи керування вентиляцією в робочому приміщенні використовується лабораторний стенд, який дозволяє проводити моделювання, дослідження, імітацію та вивчення реальної СКВ.

В лабораторному стенді для імітації роботи виконуючих пристроїв використовується мнемосхема, яка дозволяє провести дослідження та тестування поведінки системи вентиляції при зовнішньому впливі на неї.

Лабораторний стенд складається з наступних компонентів:

- промисловий логічний контролер ОВЕН ПЛК110;
- модуль дискретних виходів МУ110-32р;
- модуль аналогових входів МВ110-8А;
- панель керування ИП320;
- датчики:
  - 1) термopара КДС014-РТ1000.А4.40/1,5;
  - 2) термоперетворювач опору ДТПК 284-09.200с.1;
  - 3) тиску ОВЕН ПД100-ДИ1,0-181-1,0;
- блок мережевих фільтрів;
- блоки живлення для модулів та системи індикації ОВЕН БП15Б-Д2-5, потужністю 15 ВА;
- система індикації.

Датчик температури підключається до модуля вводу аналогових сигналів МВ110-8А. Даний модуль може працювати з аналоговими датчиками різних принципів дії – датчиками температури, термopарами і тиску. Модуль МВ110-8А перетворює вимірюванні параметри у значення фізичних величин і проводить подальшу передачу цих значень по мережі RS-485 до промислового контролеру.

Система індикації призначена для імітації роботи системи завдяки вбудованих на ній світлодіодів, та власне користувач може досліджувати роботу системи на мнемосхемі.

Для реалізації лабораторного стенду задіяні 20 дискретних входів, 24 дискретних виходів на промисловому контролері; 3 аналогові входи на модулі аналогового входу та 32 дискретних виходів на модулі дискретного виводу.

Модуль дискретного виводу призначений для управління сигналів із мережі RS-485 вбудованими виходами, використаних для підключення виконавчих механізмів – системою індикації із дискретним управлінням.

До дискретних входів контролера підключений пульт управління, у якому присутні кнопки для вмикання та вимикання механізмів на мнемосхемі лабораторного стенду.

Панель оператора ИП-320 представляє собою людино-машинний інтерфейс, призначений для відображення і редагування значень параметрів ПЛК, підтримує роботу з різними модулями вводу та виводу. В

ній відбувається відображення різних символів, графічних піктограм (індикаторів, графіків, лінійки); проводиться запис і читання значень регістрів ПЛК та інших приладів; можливий захист за допомогою паролю; відображення списку нештатних ситуацій у режимі реального часу; робота у режимі «Майстра мережі» (Master) чи «Підпорядкований» (Slave-пристрій).

Таким чином, за допомогою лабораторного стенду фірми ОВЕН було зібрано тестову модель системи управління вентиляцією.

Для розробки керуючої програми використовувалось інтегроване середовище CodeSys. Для програмування контролерів мовами стандарту МЕК 61131-3 розроблено середовище програмування CoDeSys (Controllers Development System), редактори та налагоджувальні засоби якого ґрунтуються на принципах популярних середовищах професійного програмування (VisualC++ тощо).

Після запуску емуляції процесу управління вентиляцією основне вікно програми CodeSys буде виглядати наступним чином (рис. 2). У вікні в режимі реального часу будуть відображатися значення всіх змінних, які були задіяні в основній програмі керування програмованим контролером ОВЕН. Також можна бачити стан перемикачів, які задані булевими змінними. В нашому випадку це змінна Fan.

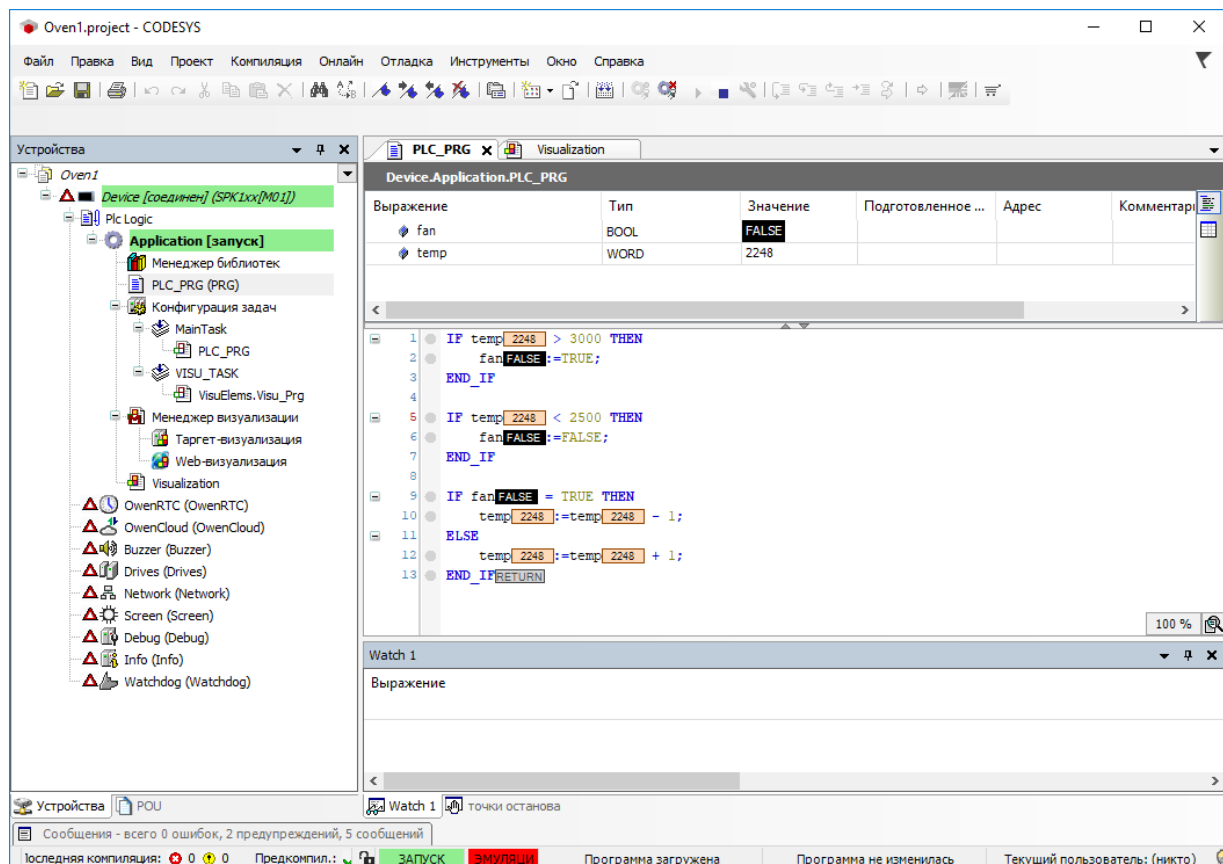


Рисунок 2 – Процес емуляції роботи автоматизованої системи управління вентиляцією

**Висновки.** Під час виконання досліджень було проведено аналіз методів управління вентиляційною системою. Розглянуто види вентиляції та вентиляційних систем. Наведено вимоги до приміщень, що обслуговуються. Розроблено структурну схему системи керування вентиляцією в робочому приміщенні.

Для моделювання роботи системи управління вентиляцією в робочому приміщенні використовувався лабораторний стенд, який дозволяє проводити дослідження, імітацію та вивчення реальної системи управління вентиляцією.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Классификация систем вентиляции: какими они бывают? [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www. URL: https://alterair.ua/articles/klassifikatsiya-sistem-ventilyatsii](http://www.alterair.ua/articles/klassifikatsiya-sistem-ventilyatsii).
2. Системы автоматизированного проектирования электронных устройств и систем (E-CAD / EDA - системы): учебное пособие / Под ред. Ю.В. Петрова; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2015. – 120 с.
3. Варианты систем вентиляции квартир [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www. URL: http://www.server-service.uz/service/ventilyaciya/ventilyaciya-pomesheniya](http://www.server-service.uz/service/ventilyaciya/ventilyaciya-pomesheniya).
4. Автоматика инженерных систем зданий [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www. URL: http://www.lenprom.spb.ru/avtomatika](http://www.lenprom.spb.ru/avtomatika).
5. Системы автоматизированного проектирования электронных устройств и систем (E-CAD / EDA - системы): учебное пособие / Под ред. Ю.В. Петрова; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2015. – 120 с.

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНИМ СХОВИЩЕМ

старший викладач Сичова О.В., студентка Максименко К.С.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: oksana.sychova@nure.ua

**Abstract.** In the given work an algorithm for optimizing the location of components in the cells of an automated stock is proposed. The developed information system allows analyzing and processing data on the frequency of access and time of access to the cells. The analysis results allow optimizing the location of components in an automated stock. Experimental studies of the proposed method showed an increase in the productivity of the automated stock by 50.5% due to the optimization carried out.

**Вступ.** Автоматизовані сховища призначені для зберігання і оперативної видачі різних матеріальних цінностей за сучасною технологією і забезпечують максимальне використання об'ємів складських приміщень, високий ступінь автоматизації транспортно-навантажувальних операцій, максимальну швидкість, і, завдяки застосуванню приводів зі змінним струмом, простоту і надійність в експлуатації.

Ефективне розміщення товарів по місцях зберігання дозволяє значно оптимізувати:

- кількість переміщень працівників розподільчого центру (РЦ) при виконанні складських операцій;
- час, що витрачається на проведення складських операцій;
- збереження споживчих властивостей товару (за рахунок виконання умов зберігання конкретного товару);
- ефективність використання складського обладнання;
- ефективність використання складських приміщень.

Метою роботи є розробка алгоритму оптимізації розташування деталей для оптимізації роботи автоматизованого сховища на виробництві.

**Основна частина.** Забезпечення якості сучасних систем зберігання матеріальних цінностей неможливо без застосування моделей, що дозволяють оцінювати і оптимізувати процеси збору, зберігання і обробки інформації про кожну одиницю товару.

Для кожної інформаційної системи (ІС) розробляються свої моделі, що враховують цільове призначення і специфіку функціонування системи. Існує безліч аналітичних моделей, що дозволяють оцінювати окремі характеристики функціонування систем [1].

Для оцінки якості та оптимізації процесів функціонування ІС був запропонований комплекс математичних моделей процесів збору, зберігання і обробки інформації.

Для оцінки якості та оптимізації процесів функціонування ІС був запропонований комплекс математичних моделей процесів збору, зберігання і обробки інформації. Складовими показниками якості, що характеризують споживчі властивості використовуваної інформації в стаціонарному режимі функціонування ІС, є [2]:

- ймовірність надійного подання інформації при виконанні функціонального завдання (ФЗ);
- ймовірність відображення необхідної інформації за заданий час;
- ймовірність відсутності прихованих випадкових помилок у перевіреній інформації;
- ймовірність того, що до або під час виконання ФЗ не виникне прихованих випадкових помилок з боку користувачів або обслуговуючого персоналу ІС;
- ймовірність того, що до або під час виконання ФЗ не відбудеться прихованого вірусного впливу, і виконання ФЗ не перерветься антивірусної профілактикою;
- ймовірність збереження актуальності інформації на момент її використання;
- ймовірність збереження конфіденційності.

Основною умовою математичної коректності моделей є існування і незалежність характеристик, які описують функціонування ІС. Побудова моделей заснована на застосуванні граничної теореми для регенеруючих процесів, а також на використанні відомих результатів теорії масового обслуговування.

В якості програмної моделі будемо розглядати сховище деталей з трьома ярусами та трьома комірками на кожному поверсі. Для моделювання була обрана структура сховища з лінійним механізмом пересування каретки для завантаження або вивантаження деталей в відповідні комірки. Кожна комірка може містити певну кількість деталей одного типу. Кількість деталей не задається та вважається максимально можливою. Пересувна каретка за допомогою вертикальної та горизонтальної направляючих може бути позиціонована до будь якої комірки. Пересування можливо тільки по вільних напрямках, де немає перешкод, що заважають руху. Наприклад, неможливо рухатись по діагоналі.

Програмний засіб повинен мати можливість наочно демонструвати процес пересування каретки та видачі деталей. Мета моделювання полягає в визначенні часу, необхідного для виконання завдання пошуку та видачі набору деталей з різних комірок, розташованих на різних поверхах сховища. Правило вибору комірок розміщення товарів засновано на наступних показниках:

- частота зустрічі товару в замовленнях клієнта;
- кількість звернень до комірки з товаром.

Для розміщення товарів необхідно обчислити:

- значення показника для кожної товарної позиції та впорядкувати товарні позиції в порядку зменшення значення показника;
- відстань до кожної комірки для розміщення їх в порядку збільшення відстані.

Після того, як товари впорядковані відповідно до зменшення значення показника товарообігу, а комірки в порядку збільшення відстані і значення індексу області зберігання, розміщення товару відбувається у відповідності з наступним правилом:

- в упорядкованому списку вибирається товар  $g_i$ ;
- з переліку вибирається або частково заповнена, або порожня комірка  $c_{rj}$ ;
- обрана комірка  $c_{rj}$  заповнюється товаром  $g_i$ , доки комірка не буде повністю заповнена, або не буде досягнутий максимум вантажопідйомності комірки, або вся кількість товару не буде розміщена;
- якщо поточна комірка повністю заповнена, або досягнута максимальна вантажопідйомність комірки, переходимо до кроку 2;
- якщо вся кількість товару  $g_i$  розміщена, то переходимо до кроку 1.

Робота алгоритму завершується, коли весь товар розміщений по комірках.

Для проведення експерименту з метою дослідження алгоритму оптимізації роботи автоматизованого сховища була розроблена програмна модель автомата, який видає потрібний товар з віртуального сховища.

Програма дозволяє отримати числові значення часу доступу до конкретної комірки. Програма написана на мові програмування C# з використанням інтегрованого середовища MSVisualStudio.

В інтерфейсі програми передбачено дев'ять кнопок #1 – #9. За допомогою даних кнопок можна перемістити каретку до будь-якої комірки. При переміщенні каретки визначається час, який було затрачено на виконання даної операції, а також загальний час на виконання всіх задач. Для дослідження алгоритму оптимізації розташування деталей в комірках автоматизованого сховища було проведено ряд експериментальних досліджень.

Експеримент передбачав послідовну видачу деталей з комірок №2, №8, №4, №7. Результати експерименту показано на рис. 1.

Програма дозволяє бачити кількість звернень до зазначених комірок. Так до комірки №2 було здійснено одне звертання. До комірки №4 – 3 звертання. До комірки №7 – 2 звертання. До комірки №8 – 4 звертання. В результаті проведення експерименту при неоптимізованому розміщенню деталей в сховище повний час виконання завдання становить 111,89 секунд.

Згідно з розробленим алгоритмом треба оптимізувати розміщення деталей згідно з часом доступу до кожної комірки. Для виконання даної



задачі було проведено дослідження часу звернення до кожної комірки сховища. Загальний час видачі деталей складає 87,09 с. Результати експерименту зведено до табл. 1.

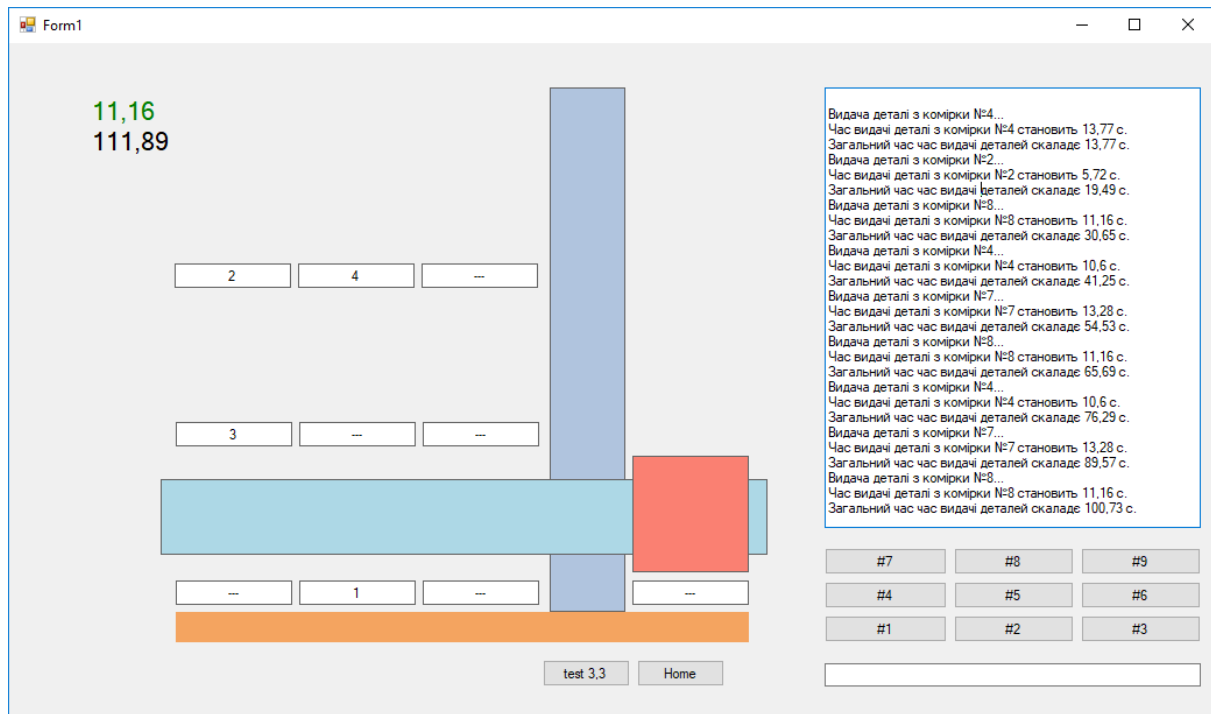


Рисунок 1 – Результати експерименту

Таблиця 1

Результати дослідження часу доступу до кожної комірки сховища

Номер комірки	Час доступу, с	Номер комірки	Час доступу, с	Номер комірки	Час доступу, с
1	7,84	4	10,6	7	13,28
2	5,72	5	8,48	8	11,16
3	3,6	6	6,36	9	9,04

Згідно з розробленим алгоритмом виконаємо сортування даних та розташуємо комірки за часом доступу (табл. 2).

Таблиця 2

Результати розташування комірок за часом доступу

Час доступу, с	Номер комірки	Час доступу, с	Номер комірки	Час доступу, с	Номер комірки
3,6	3	7,84	1	10,6	4
5,72	2	8,48	5	11,16	8
6,36	6	9,04	9	13,28	7

Згідно з розробленим алгоритмом та даними табл. 2 виконаємо оптимізацію розташування деталей в автоматизованому сховище (табл. 3).

Таблиця 3  
Результати оптимізації розташування деталей в автоматизованому сховищі

Новий номер комірки	Кількість звернень	Старий номер комірки
3	4	8
2	3	4
6	2	7
1	1	2

В результаті оптимізації повний час виконання становить 55,29 с. На відмінну від неоптимізованого розташування деталей, де час виконання завдання становив 111,89 с, загальний час зменшився на 56,6 с, що складає 50,5%.

**Висновки.** В даній роботі запропоновано алгоритм оптимізації розташування деталей в автоматизованому сховищі на виробництві. Експериментальні дослідження проводилися за допомогою розробленої програмної моделі автомата, який видає потрібний товар з віртуального сховища. Дослідження показали, що розроблений алгоритм дозволяє значно підвищити продуктивність роботи автоматизованого сховища за рахунок оптимізації розташування деталей в комірках.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багаева, Т. А. Автоматизация процесса реконфигурации сложной технической системы // Автоматизация в промышленности. 2009. №10. с. 11-14.
2. Єгупов, Ю.І. Організація виробництва на промисловому підприємстві: навчальний посібник / Ю.І. Єгупов; Мін-во освіти і науки України, Одеський держ. економ. ун-т. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 488 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ МОДУЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

асистент Функендорф А.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра ПІ, Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: anastasiia.funkendorf@nure.ua

**Abstract.** In work, an analysis of existing methods designing assembly technological processes is carried out. The disadvantages and advantages of each for designing robot's modular designs are determined. The generalized mathematical models of the assembly process, intermodular connections and their consistency are presented. A solution is proposed that will allow the design of such structures and technological processes of their compilation taking into account the coherence of their constituent elements and the principles of process iteration.

**Актуальність роботи.** Модульний підхід до конструювання робототехнічних засобів (РТЗ) різноманітного призначення є уніфікованим у рамках виробництва, експлуатації, обслуговування та утилізації. Існуючі на даний момент системи автоматизованого проектування (САПР) не дозволяють проводити проектування технологічних процесів (ТП) складання відповідних, конструкцій що обумовлено їх обмеженими функціональними можливостями рамках реалізації процесів автоматизованого модульного складання з урахуванням узгодженості складальних елементів у цілісній конструкції пристрою[1]. Внаслідок цього виникає актуальне наукове завдання, яке вимагає нових підходів і методів до проектування технологічних процесів складання модульних РТЗ, що потребує попереднього поглиблено дослідження вже існуючих рішень.

**Основна частина.** Класифікація методів автоматизованого проектування технологічних процесів, що знаходять найбільше поширення на цей час, представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Класифікація методів проектування ТП

Метод прямого проектування являє собою роботу з базами даних в режимі діалогу. Користувач викликає за допомогою меню потрібну базу даних, що містить типові рішення різного рівня (наприклад, склад операцій, переходів, типи обладнання, оснащення, складального інструмента) і вибирає найбільш підходяще з них. Обрана інформація автоматично заноситься до відповідних граф і рядки шаблону маршрутної і операційної карт [2]. Такий спроектований технологічний процес не буде оптимальним, оскільки підготовка проектного документа покладається на самого користувача, і оптимізація технологічних рішень не проводиться. Від класичного ручного проектування цей метод відрізняється меншими витратами часу на розробку технологічного процесу і підготовку технологічної документації.

Метод адресації (метод аналогів) припускає використання раніше спроектованих технологічних процесів, які зберігаються в базі даних. З безлічі наявних технологічних процесів вибирається один, який згодом допрацьовується до рівня робочого ТП для конкретної конструкції [2]. Цей метод працює швидко, так як заснований на типізації рішень, та використовує всі переваги методу групового складання модулів і організації групового виробництва такі як: використання високопродуктивного обладнання при малих партіях модулів; спеціалізація робочих місць; ефективна організація і планування виробництва. Однак, використання цього методу можливо лише в умовах, коли на підприємстві є розвинена групова технологія.

Метод синтезу заснований на використанні типових рішень низького рівня і є найбільш універсальним, так як дозволяє проектувати ТП для будь-якого РТЗ. Він застосовується, коли немає можливості звернутися до уніфікованого ТП. Проектування методом синтезу може бути реалізовано по одному з двох варіантів: з використанням спадного синтезу; з використанням висхідного синтезу.

Метод висхідного синтезу використовується, коли немає модулів-аналогів. Він передбачає використання елементарних типових рішень на найнижчому рівні, тобто процес проектування йде «знизу вгору». Сутність цього методу – проектування на основі наявної інформації. Весь процес проектування в даному випадку розбивається на два етапи. На першому етапі є інформація тільки про виробниче середовище і про модулі, тому тут вирішується завдання щодо визначення обсягу робіт, пов'язаних зі позиціонуванням та складанням модулів. Другий етап полягає в упорядкуванні безлічі переходів, отриманих на першому етапі, причому, для спрощення процесу проектування, повернення до попередніх рівнів не відбувається.

Метод спадного синтезу передбачає рух «зверху до низу», тобто на верхніх рівнях проектування приймаються укрупнені рішення, які в подальшому деталізуються [2]. При цьому можливе повернення на попередні (верхні) рівні для уточнення і корекції.

Перевагами методу синтезу є його універсальність і теоретична можливість проектувати технологічні процеси для будь-яких РТЗ, а також його орієнтованість на використання стратегії «спочатку вшир, а потім вглиб», т. е. можливість виконувати направлений пошук і досить швидко проектувати оптимальні технологічні процеси. Недоліками цього методу є його складність, що обумовлює більші витрати часу на його реалізацію, у порівнянні з іншими методами, а також те, складність налаштування системи проектування та її підтримання в умовах високих рівнів автоматизації виробництва.

В узагальненому вигляді спроектований складальний технологічний процес має носити ітераційний характер та обумовлюватись послідовністю зміни станів об'єкту складання, яким є модульна конструкція РТЗ. Ці стани відповідають встановленню кожного модуля та шляху його досягнення, характеризуються діями виконавчого обладнання, яке є визначеним для забезпечення певного між модульного з'єднання:

$$S_1 \xrightarrow{W_1} S_2 \xrightarrow{W_2} S_3 \xrightarrow{W_3} \dots \xrightarrow{W_{n-1}} S_n,$$

де  $S_1, S_2, \dots, S_n$  – стани об'єкту складання, які змінюються впродовж етапу, або цілісного технологічного процесу, що за своїм призначенням є відображенням відповідності складальних параметрів, притаманних модулю або складального елемента модуля та параметрів загальної конструкції РТЗ у відповідності до технічного завдання на його виробництво;

$W_1, W_2, \dots, W_n$  – шляхи досягнення наступного відповідного стану, що обумовлені зміною станів виконавчого обладнання та його характеристиками протягом часу [3, 4].

Стани об'єкту складання характеризуються відповідним набором параметрів, притаманних конкретному модулю, встановлення якого було реалізовано на відповідному етапі. Це має бути реалізовано з урахуванням як інформаційної, так і конструкційної узгодженості складальних модулів. Основними параметрами, що характеризують між модульні зв'язки та їх узгодженість є параметри з'єднань. Математична модель між модульних з'єднань РТЗ можна представити у вигляді кортежу параметрів механічних  $P_M$  та електричних з'єднань  $P_E$  а саме:

$$St_{Mod} = \{P_M, P_E; R\},$$

де  $R$  – показник взаємозв'язків між параметрами з'єднань [3, 4].

Взаємозв'язки між параметрами з'єднань модулів забезпечують узгодженість конструкції у цілісній системі шляхом відповідності параметрів

одного модулю, до параметрів іншого модулю. Таким чином, таку відносність можна виразити математично в узагальненому виді:

$$R_{i,j} = P_{Mi}^j : P_{Mj}^i,$$

де  $P$  – параметр типу з'єднань;

$i$  – модуль, для встановлення якого виконується з'єднання;

$j$  – модуль, з яким виконується з'єднання.

**Висновки.** Проведений аналіз існуючих методів дозволив виділити переваги та недоліки кожного з них в рамках задач проектування ТП складання модульних конструкцій РТЗ. Визначено, що не один з них не надає повного покриття необхідних задач з урахуванням ітераційності процесу проектування та узгодженості складових одиниць у цілісній конструкції. Можливим рішенням є комбінування основних принципів методу прямого проектування з принципами методу синтезу. Таким чином стає можливим поетапне планування технологічного процесу на базі вже існуючих типових операції ТП виготовлення аналогічних конструкцій з урахуванням їх сумісності з вже обраними модулями. Для можливості реалізації комбінування вже існуючих методів в умовах високих рівнів автоматизації виробництва необхідним є існування бази типових операцій утворення існуючих між модульних з'єднань з урахуванням позиціонування виконавчого обладнання. Також це дозволяє автоматизоване переналагодження виконавчого обладнання в умовах дотримання принципів модульності побудови керуючого коду, а також дозволяє організувати процес проектування не тільки ТП складання, але й конструкції приладів, що з урахуванням представлених моделей дозволить розробити новий метод проектування ТП складання модульних РТЗ з урахуванням етапів його конструювання.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Groover, M. CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing / M. Groover, E. Zimmers. – Pearson Education, 2003. – 512 p.

2. Лукинов, А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: Учебное пособие / А.П. Лукинов. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 608с.

3. Невлюдов, І.Ш. Математична модель технологічного процесу складання роботів із конструкцією модульного типу / І.Ш. Невлюдов, К.Л. Хрустальов, А.О. Функендорф // Вчені записки ТНУ імені Вернадського. Серія: Технічні науки. 2018, №1, Том 29 (68). Частина 1. – с. 197-203.

4. Невлюдов, І. Ш. Моделі формалізації для вирішення задач автоматизації проектування конструкцій роботів з модульною структурою / І.Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, Є. А. Разумов-Фризюк, А. О. Функендорф // Системи управління, навігації та зв'язку: сб. наук. пр. – Полтава. – 2017. Вип. 2. – С. 36-38.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ З ЦИФРОВОЮ ОБРОБКОЮ СИГНАЛІВ НА МІКРОКОНТРОЛЕРАХ, ПЛІС І СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПРОЦЕСОРАХ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ**

доцент, к.т.н., Воргуль О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра мікропроцесорних технологій та систем,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: oleksandr.vorgul@nure.ua

**Abstract.** This paper discusses the features of using microcontrollers, specialized digital signal processors and field programmed gate arrays for signal processing. The number of transistors, clock frequency, product development time and non-recurring design costs are considered as the main factors affecting the quality of the system.

**Вступ.** Кафедра мікропроцесорних технологій і систем (МТС) Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) проводить підготовку фахівців з проектування апаратури різного призначення на найсучаснішій елементній базі. Тому необхідно усвідомити, якою є специфіка проектування систем на всіх етапах на основі елементної бази різних типів – на мікроконтролерах (МК), програмованих логічних інтегральних схемах (ПЛІС) і спеціалізованих для цифрової обробки сигналів процесорах (ЦПОС). І які тенденції розвитку цієї галузі.

**Нові технології, нові виклики.** У статті [1], опублікованій більше 8 років тому, при порівнянні різної елементної бази пропонується такі фактори: - складність (число транзисторів); необхідна тактова частота; продуктивність, виражена в певних одиницях; споживання енергії і ефективність, форм-фактор; економічні параметри; області застосування і можливості модернізації.

Під час досягнення ідеальної системи доводиться оперувати чотирма факторами:

- кількість використовуваних транзисторів, які впливають на розмір кристала і корпусу, вартість одиниці та споживану потужність. Досягнення в області технологій безперервно зменшують площа транзистора, але як статичне, так і динамічне енергоспоживання залежать від кількості транзисторів. Число транзисторів залишається важливою метрикою ефективності системи;

- необхідна тактова частота, яка впливає на продуктивність і енергоспоживання. Збільшення тактових частот, пов'язаних зі зменшенням геометрії процесу, допускає збільшення тактових циклів в заданому інтервалі часу, але за рахунок збільшення енергоспоживання. Менша кількість тактів означає менше енергоспоживання;

- час, витрачений на розробку програми, що сильно впливає на його сприйняття на ринку. Продукт, який не потрапляє в ринкове вікно, - це марна трата зусиль розробників. У багатьох випадках розробка програмного забезпечення може зайняти більше часу і коштує більше, ніж розробка апаратної частини;

- неповторювані витрати на проектування (НВП), такі як виробництво маски і вартість розробки апаратного і програмного забезпечення. Збільшення витрат на НВП, пов'язане з передовими технологічними процесами, робить їх недоступними для багатьох додатків. І навпаки, їх зниження і спрощення здешевлює процес в цілому.

**Основна частина.** Існують чотири популярні технології [1-5]:

- мікроконтролери (МК) - це пристрої загального призначення для обробки інформації і управління, які можуть бути адаптовані для широкого спектру додатків за допомогою програмного забезпечення. Зусилля по розробці додатків обмежуються розробкою і перевіркою програмного забезпечення, а витрати на НВП амортизуються серед всіх користувачів конкретної архітектури МК. Оптимізація тактового циклу визначається оптимізацією коду, а вміст коду впливає на кількість транзисторів, необхідних для пам'яті. Компактний код, який дозволяє найбільш ефективно використовувати архітектуру МК - дуже важливий. МК зазвичай використовують транзистори і тактову частоту ефективно, але не оптимально.

- цифрові процесори обробки сигналів (ЦПОС) жорстко пов'язують основні функції багатьох алгоритмів обробки сигналів. Це оптимізує використання транзисторів і тактові частоти для необхідних операцій за рахунок гнучкості. Код виходить лаконічніше, ніж для МК. Архітектура ЦПОС, що містить кілька комплектів шин, апаратний виділений (один або більше) помножувач, апаратний дільник, регістр зсуву тощо дозволяє виконувати операції за суттєво менший час. У багатьох випадках ЦПОС є оптимальним рішенням для деяких, але не для всіх функцій, необхідних для застосування. Багато МК включають базові операції ЦПОС в свій набір команд, що дозволяє їм виконувати просту обробку сигналів без необхідності виділеного ЦПОС.

- програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) обмежують зусилля по розробці кодів, необхідних для налаштування, і ділять витрати на НВП серед дуже великого числа користувачів за рахунок високого рівня надмірності транзисторів (і, отже, високих питомих витрат) і обмежена оптимізація тактових частот. Споживана потужність далека від оптимальної (так в [1]).

- три вищезгадані технології поставляються в якості стандартних продуктів. Специфічні для докладання функції, зокрема аналогові операції, часто повинні бути реалізовані поза кристалом. Розмір матриці, розмір корпусу, призначення і розташування доданків і енергоспоживання нижче



оптимальних в порівнянні з тим, що може бути досягнуто за допомогою четвертої технології, а саме ASIC. ASIC спеціально розроблена для конкретного додатка, можливо, встановлюють одне або кілька ядер МК або ЦПОС, з максимально можливою функціональністю всієї системи, реалізованою на одному кристалі. Це оптимізує кількість транзисторів і тактових частот (і, отже, вартість одиниці і споживану потужність) за рахунок часу розробки і вартості НВП, які, за звичай, на порядок вище, ніж у ЦП, ЦПОС або ПЛІС.

Розглянемо етапи проектування системи, реалізованої на різній елементній базі.

### **Мікроконтролер**

1. Постановка завдання на розробку виробу.
2. Складання структурної схеми майбутнього устрою
3. Вибір мікроконтролера на етапі вибору елементної бази
4. Далі розробка розділяється на розробку програмної та апаратної частини і може проводитися паралельно і різними командами розробників. Потрібне спеціалізоване програмне забезпечення.

5. На наступному етапі - налагодження. Може знадобитися додаткові апаратні засоби

6. Після успішного моделювання програми в доданому або зовнішньому ПО готова програма вноситься в МК

7. У деяких випадках потрібен внутрісхемний налагоджувач. Причому іноді він повинен бути динамічним, оскільки виконання програми по кроках не завжди доречне.

8. Якщо це ОКР і не потрібно масове виробництво, то заключний етап - сертифікація.

### **ЦПОС**

Етапи проектування подібними до таких у МК. Відмінність в специфічному апаратному забезпеченні. Це вплине на збільшення необхідного часу для освоєння продукту і на необхідність апаратних налагоджувальних стендів.

### **ПЛІС**

ПЛІС за етапами проектування істотно відрізняється тим, що його структура не задана, а вибирається (конфігурується) користувачем. Для цифрової обробки сигналів на борту виробу, крім великого числа логічних блоків, оперативної пам'яті і засобів синхронізації розміщують багато (сотні!) виділених помножувачів. У деяких випадках розробники вважають, що розміщувати софт-процесор в ПЛІС, значить, знизити ефективність і вбудовують процесор в ПЛІС. В результаті виходить система на кристалі.

Етапи проектування [3, 5]: 1. Системне проектування і високорівневий синтез. 2. Створення HDL проекту і управління процесом проектування 3. Моделювання та налагодження. 4. Формальна верифікація. 5. Програмно -

апаратна верифікація. 6. Логічний і фізичний синтез. 7. Інтеграція з проектованої друкованою платою

**Висновки.** МК сьогодення - це система на кристалі, мікропроцесор з пам'яттю і різним периферійним обладнанням. Роль мікроконтролера - управляти потоком даних, зазвичай не надто потужним. МК наполегливо з'являються і розвиваються в бік збільшення розрядності, збільшення потужності та швидкодії. Підходи до проектування практично не змінилися. Фахівців готують так само, змінюється лише програмне забезпечення.

Для ЦПОС характерна супергарвардська архітектура, що накладає свій відбиток на алгоритм обробки. Для даної технології характерна специфічна задача – потужний потік даних і алгоритм переробки цих даних. Налагодження алгоритму і верифікація продукту в цілому потребує як додаткових стендів для налагодження, так і ускладнення програми налагодження.

А сучасні ПЛІС – це теж давно не розсип елементів, які користувач може налаштувати на свій розсуд для виконання заданих логічних операцій, нехай і складних. По-перше, ПЛІС може дозволити собі довільну розрядність. Вона в пристрої може бути змінної. По-друге, візитна картка ПЛІС – паралельна робота гілок алгоритму. Все, що говорять справедливі критики ПЛІС, швидше за все, правда: і про більш високе енергоспоживання, і про більшу складність розробки, і про ціну. І фірми - розробники ПЛІС це теж знають і неухильно розвивають ПЛІС. В результаті енергоефективність поліпшується, співвідношення ціна / якість вдосконалюється, можливості програмного забезпечення збільшуються. А нам доведеться навчитися застосовувати не одну, а різні технології максимально ефективно.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Peter Bishop. A tradeoff between microcontroller, DSP, FPGA and ASIC technologies February 2009 print edition of EE Times Europe[Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1275272#](https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275272#).
2. Б.Афра, А. Кападийя DSP или FPGA ? как выбрать нужное устройство // Электроника: наука, технология, бизнес 8/2008 сс. 54-57
3. Рабоволюк А. Обзор маршрута проектирования ПЛИС FPGA Advantage компании Mentor Graphics //Компоненты и технологии 2005 г. № 7 сс. 70-74.
4. Потехин Д. С. Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС / Д. С. Потехин, И. Е. Тарасов. – Москва : Горячая линия - Телеком, 2007.
5. Соловьев В. В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии / В. В. Соловьев. – Москва : Горячая линия - Телеком, 2016.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБМІНУ ДАНИМИ В СЕНСОРНИХ БЕЗДРОВОВИХ МЕРЕЖАХ

професор, к.т.н., Новоселов С.П., старший викладач Сичова О.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: oksana.sychova@nure.ua

**Abstract.** In the given work the structure software module sensor network and the data transmission algorithm between the sensor network components were developed. For the experimental research a software model has been developed. The program allows you to simulate the placement of base stations indoors or at the automation facility. Studies have shown that to build a reliable touch network, even stations need to be placed evenly, and in some cases it is necessary to add new network elements to overcome the problem areas of message distribution. This will increase the reliability of the network when one or more base stations are out of order.

**Вступ.** Інтенсивний розвиток мікроелектроніки дозволив вирішити завдання створення дешевих, багатофункціональних пристроїв, що мають малі габарити і здатні передавати телеметричну інформацію по радіоканалу на короткі відстані. Вони стали базовими елементами в структурі бездротових сенсорних мереж. Відмінною особливістю сенсорів є мініатюрні розміри і низька собівартість. Це дозволяє використовувати їх у великій кількості для створення мережі збору і бездротової передачі телеметричних даних.

Передача даних відбувається поетапно – від одного пристрою до іншого, а маршрути передачі формуються автоматично таким чином, щоб за кінцеве число пересилань по мережі між найближчими вузлами пакет з даними був переданий на шлюз, який має з'єднання з сервером. У разі виходу з ладу одного або декількох вузлів, структура мережі автоматично змінюється, забезпечуючи можливість доставки інформації з усіх працюючих сенсорів до шлюзу.

Метою досліджень є розробка алгоритму обміну повідомленнями та проведення експериментальних досліджень принципів обміну даними в сенсорних мережах.

**Основна частина.** Експеримент проводився методом імітаційного моделювання. В якості імітаційної моделі виступає розроблена програма, за допомогою якою можна візуально оцінити процес побудови зав'язків між сенсорними модулями. Програма може виконувати такі функції:

- надавати оператору змогу вільно розміщувати базові сенсорні модулі (базові станції) на поверхні імітаційного поля;
- надавати можливість оператору видаляти непотрібні модулі з імітаційного поля;

- автоматично прокладати маршрути взаємодії між сенсорними модулями в залежності від стану кожного модуля;
- графічно відображати побудовані маршрути передавання інформації між модулями сенсорної мережі;
- мати можливість змінювати стан кожного модуля (активний чи неактивний);
- відображати у вигляді списку всі додані сенсорні модулі на імітаційне поле;
- відображати протокол дослідження.

На основі принципу побудови реального модулю сенсорної мережі було побудовано програмний модуль імітаційної моделі. Структурна схема моделі програмного аналога сенсорного модуля наведена на рис. 1.

До складу моделі програмного аналога сенсорного модуля входять:

- інтерфейс одержання повідомлення (аналог приймача);
- блок обробки повідомлення (аналог мікроконтролера);
- інтерфейс відправлення повідомлення (аналог передавача);
- блок відображення інформації;
- блок зберігання даних.

Через інтерфейс одержання повідомлення до програмного модуля надходять повідомлення від інших програмних сенсорних модулів.

Блок обробки повідомлень аналізує отриману інформацію, обробляє її та в залежності від алгоритму роботи та адреси, що міститься в повідомленні передає її до інших модулів сенсорної мережі.

Інтерфейс відправлення повідомлення використовується для спілкування з іншими модулями програмного середовища.

За допомогою блоку відображення інформації оператору надається графічна інформація про стан програмного модуля імітаційної системи.

Блок зберігання даних використовується для побудови звіту про стан проведеного експерименту.

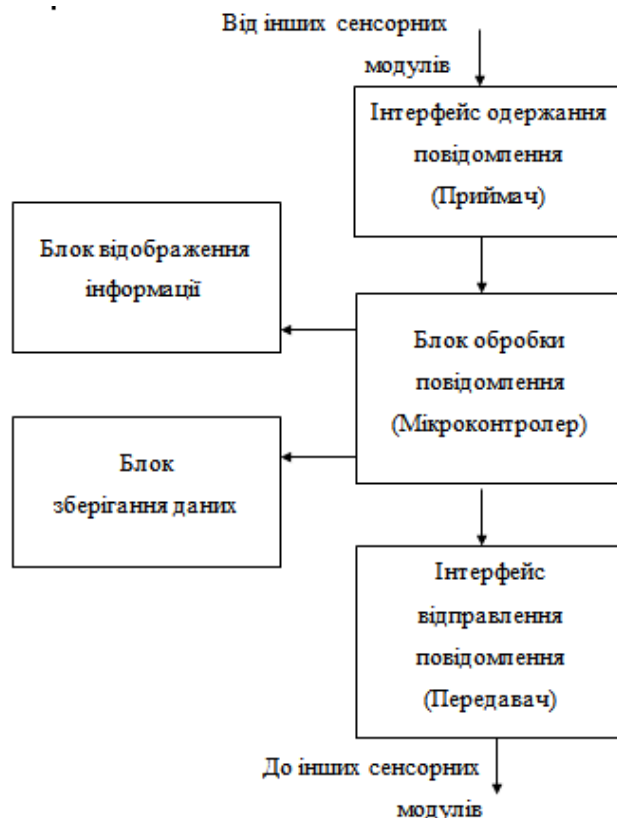


Рисунок 1 – Структурна схема моделі програмного аналога сенсорного модуля

В процесі роботи сенсорної мережі передбачено використання двох типів повідомлень. Перший тип – повідомлення, що виникають при першому включенні мережі, або при перебудові її зав'язків.

При першому включенні, необхідно виконати ініціалізацію базових станцій і побудувати структуру мережі. Для цього майстер-станція виробляє послідовне опитування всіх адрес базових станцій і запам'ятовує адреси відповіді вузлів.

Алгоритм передачі даних між компонентами сенсорної мережі розділений на два незалежних потоки.

Перший потік – періодичний обмін повідомленнями між модулями мережі з метою визначення часу передачі повідомлення між міткою і видимими базовими станціями. Отримана інформація зберігається у вигляді таблиці в пам'яті базових станцій.

Другий потік – періодичне опитування всіх активних базових станцій з метою отримання відомостей про час передачі повідомлення до працюючих міток. На підставі отриманих даних розраховується оптимальний маршрут доставки даних між елементами сенсорної мережі.

На рис. 2 показано порядок передачі даних в сенсорній мережі. Як можна бачити з наведеного рисунку, в роботі використовується ширококомовний принцип передачі даних між компонентами мережі. Розглянемо приклад посилки запиту від базової станції та отримання відповіді від компонента сенсорної мережі.

На першому етапі виконується формування пакета і відправка запиту базовою станцією. У пакет додається унікальний ідентифікатор запиту.

На другому етапі сусідні з базовою станцією вузли отримують запит. Кожен пристрій, отримавши запит, аналізує його. Визначається унікальний ідентифікатор і порівнюється з тим, який зберігався в пам'яті. Якщо такий запит уже був отриманий, то він ігнорується.

Далі перевіряється факт приналежності запиту даному датчику. Якщо немає, то через певний час затримки  $t_1$  виконується подальше пересилання запиту іншому компоненту мережі.

Затримка робиться для того, щоб виключити накладення сигналів в мережі. Вона вибирається випадково, але в межах заданих параметрів.

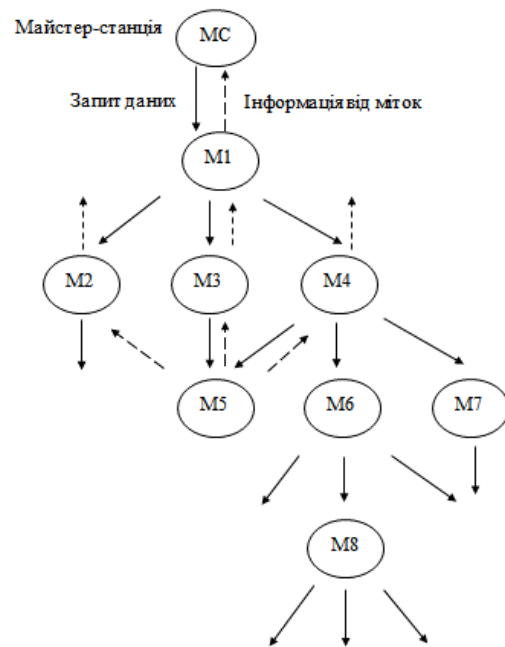


Рисунок 2 – Принцип передачі даних в сенсорній мережі

Таким чином, сигнал поширюється за всіма компонентами мережі, поки не буде знайдений адресат.

На третьому етапі один з пристроїв, який отримав сигнал, є ціллю для даного запиту. Цей пристрій виконує ту команду, яка містилася в запиті і формує пакет для зворотного відправлення. У пакет додається новий унікальний ідентифікатор, щоб інші пристрої мали можливість передавати цей пакет. Перед відправкою пакету знову робиться затримка на час  $t_2$  для гарантування завершення поширення першої хвилі даних.

Четвертий етап – це передача відповідних даних від датчика до базового блоку. Він виконується аналогічно попереднім.

Для виконання експериментальних досліджень побудуємо структуру сенсорної мережі, яка складається з 10 базових станцій.

На рис. 3 показано приклад довільного розташування станцій на поверхні імітаційного поля.

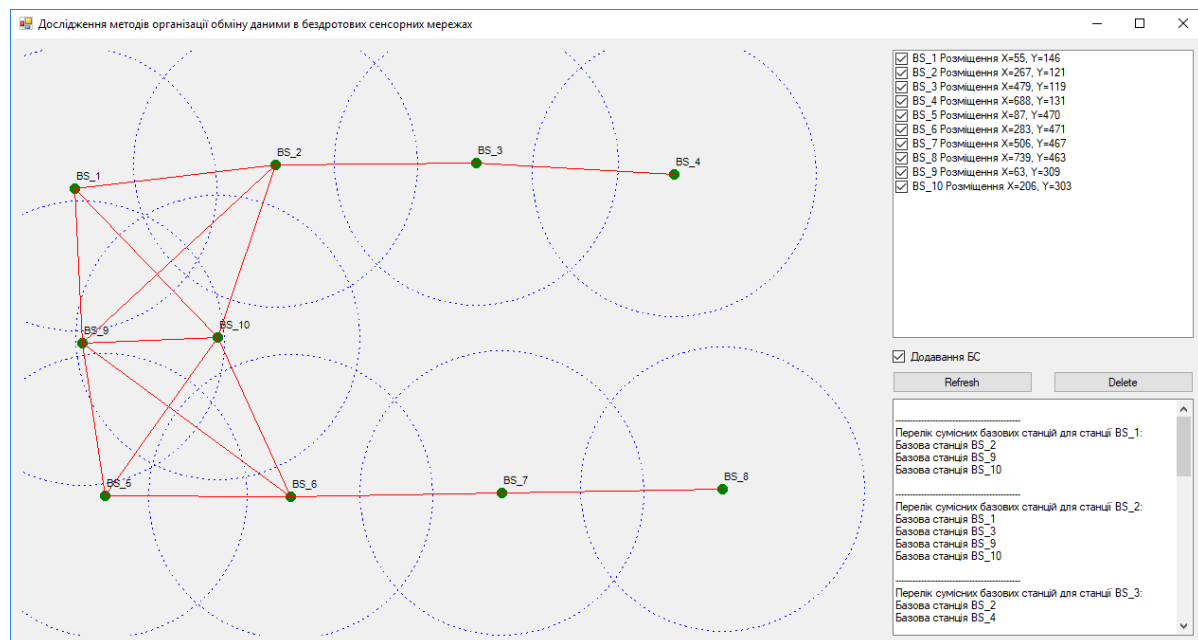


Рисунок 3 – Приклад розташування станцій на поверхні імітаційного поля

Як можна бачити з наведеного рисунку, розташовані модулі мають зв'язок один з одним в межах радіусу дії. Радіус дії показано пунктиром. Якщо базові станції активні і радіус дії дозволяє їм обмінюватись даними, між ними будується маршрут передачі повідомлень. На рисунку це тонкі лінії між базовими станціями.

Наступний експеримент показав, що дана конфігурація мережі не є оптимальною та може зруйнуватись при виключенні певної базової станції.

На рис. 4 показано приклад стану мережі при виході з ладу базової станції №2. Як можна бачити, через базову станцію №2 передавались повідомлення до станцій №3 та №4. При вимкненні базової станції №2 зв'язок було втрачено і уся гілка станцій була втрачена.

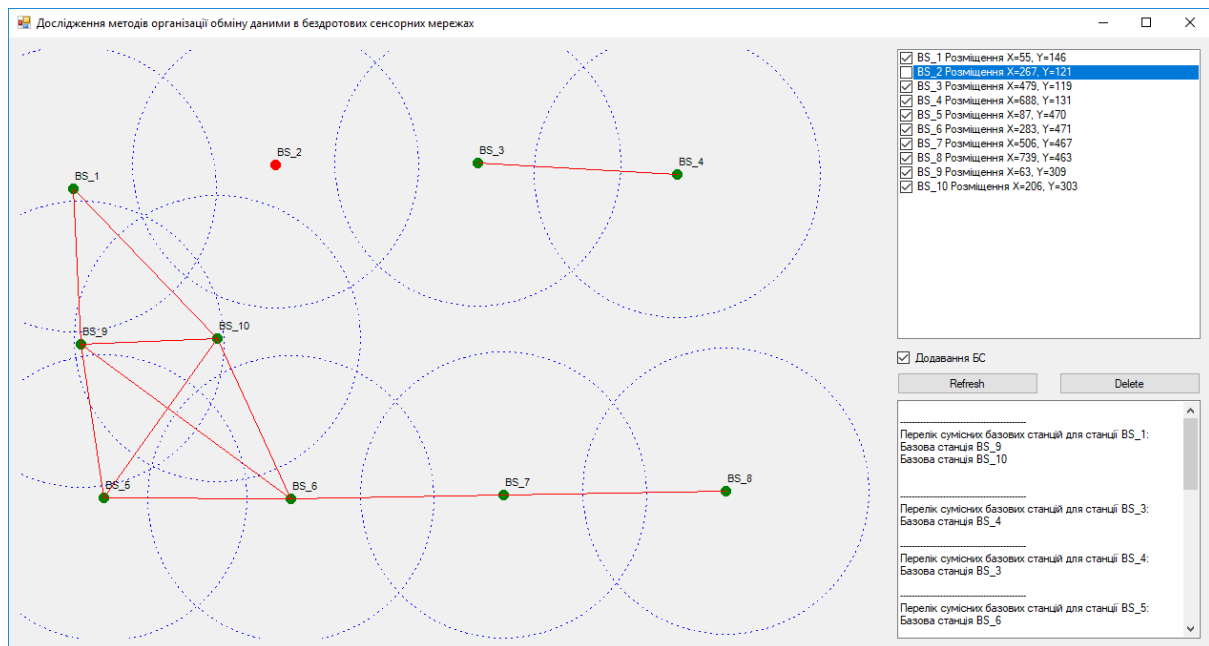


Рисунок 4 – Стан мережі при виході з ладу базової станції №2

Таким чином, для побудови надійної сенсорної мережі потрібно рівномірно розміщувати базові станції, а в деяких випадках треба додавати нові елементи мережі для перекриття проблемних напрямків розповсюдження повідомлень. Це дозволить підвищити надійність мережі при виході за ладу однієї або декілька базових станцій.

**Висновки.** В даній роботі було розроблено структуру програмного модуля сенсорної мережі та алгоритм передачі даних між компонентами сенсорної мережі. Для проведення експериментальних досліджень принципів обміну даними в сенсорних мережах розроблено програмну модель на мові програмування C#. Програма дозволяє моделювати розміщення базових станцій в приміщенні, або на об'єкті автоматизації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. С. П. Новоселов, Е. В. Рак Метод построения таблицы маршрутизации для беспроводной сенсорной сети // Технологический аудит и резервы производства, 2013. – №2/1 (10) – С. 42-44.
2. S. P. Novoselov, O. N. Donskov, "Study of Mobile Device Wireless Control Technology in the Visible Range of the Electromagnetic Radiation", Third International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2016 - Conference Proceedings, art. no. 7905355, pp. 123-124.
3. G. V. Záruba, M. Huber, F. A. Kamangar and I. Chlamtac, "Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi - Fi access point", 2006.
4. R. Zemek, D. Anzai, S. Hara, K. Yanagihara, K. Kitayama, "RSSI - based Localization without a Prior Knowledge of Channel Model Parameters", 2008.

## ТЕНДЕНЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ

доцент, к.т.н. Зубков О.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
кафедра микропроцессорных технологий и систем,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: oleh.zubkov@nure.ua

**Abstract.** The world experience in the development of embedded systems on microcontrollers is analyzed. The main leaders in the production of microcontrollers and the growth dynamics of sales of their products are identified. Revealed trends in the number of projects with embedded real-time operating systems and processors with ARM architecture. The requirements for the training of specialists in the field of microcontroller programming are formulated.

**Основная часть.** Повсеместное применение микроконтроллеров в электронике бытового, промышленного, военного и иных назначений делает востребованной подготовку инженеров на современном уровне университетами Украины. При этом перечень требований к будущим специалистам определяется такими компаниями в области электроники, которые являются лидерами по внедрению инновационных технологий. Их применение позволяет решать главные задачи, стоящие перед коллективом разработчиков:

- затратить минимальное время на разработку;
- сделать дешевле и с большим перечнем функциональных возможностей, чем у конкурентов;
- обеспечить наилучшую совместимость с беспроводными или проводными сетями передачи информации;
- обеспечить соответствие существующим международным стандартам и даже анонсированным.

Интерпретируя перечисленные требования по отношению к вузам Украины можно сформулировать основные предпосылки к составлению плана обучения.

1. Перед выбором аппаратной платформы следует проанализировать тенденции развития рынка микроконтроллеров и количество внедрений ведущих производителей. Сегодня 36% фирм разработчиков в своих проектах применяет микроконтроллеры TI, 32% – NXP, 30% – STmicroelectronics, 27% – Microchip, 24% – Atmel. При этом, из перечисленных производителей микроконтроллеров, наибольшую динамику роста демонстрирует фирма STmicroelectronics, рост продаж которой составил за прошлый год 19,5% в сравнении с лидером TI (7%).



Этой фирме принадлежит первенство в секторе внедрений 32-битных микроконтроллеров, что особенно важно в сравнении с результатами сравнительного анализа применений МК различной разрядности, приведенными на рисунке 1. Таким образом, мировая тенденция говорит о росте внедрений 32 и 64-битных микроконтроллеров и постепенном спаде применений 8 и 16-битных микроконтроллеров. Поэтому, для подготовки специалистов вузам следует использовать аппаратную платформу одного из ведущих производителей микроконтроллеров на базе 32 или 64-битных микроконтроллеров с ядром ARM.

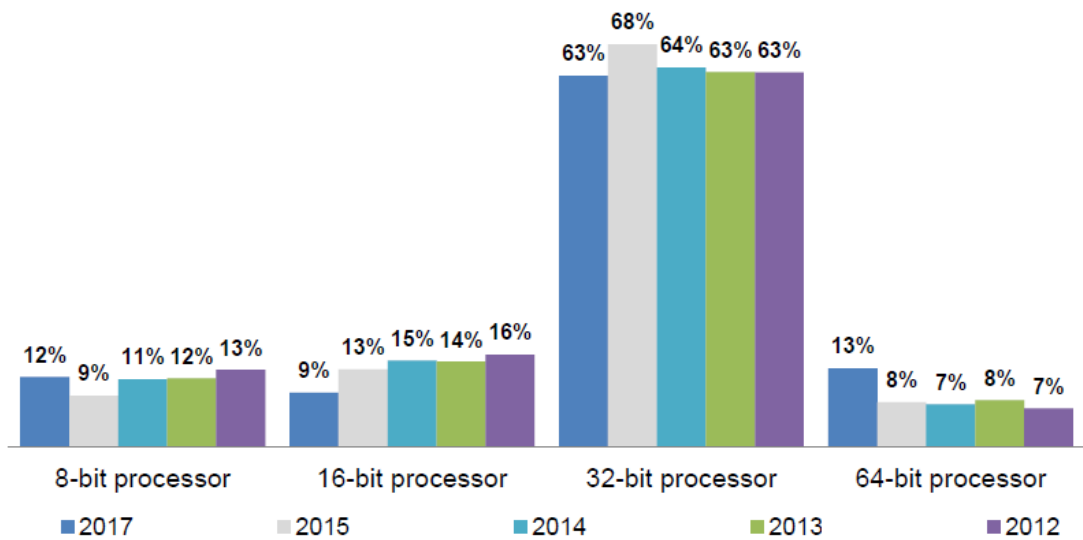


Рисунок 1 – Сравнительный анализ количества применений микроконтроллеров различной разрядности

2. При обучении должны использоваться последние версии программных продуктов от производителя микроконтроллеров и широко применяемые IDE для написания и отладки программ (IAR, Keil, Eclipse). Производители подобных IDE, как правило, предоставляют бесплатные ограниченные по ресурсам версии, возможностей которых вполне достаточно для организации обучения. Применение последних версий позволяет обеспечить безболезненный переход к практической деятельности на фирме, а применение специализированных программных продуктов от изготовителя (как, например STM32CubeMX) снизить время разработки и упростить переход с одной модификации контроллера на другую. При этом время разработки является одним из основных критериев выбора микроконтроллера, о чем свидетельствует сравнительный анализ времени выполнения проекта: до 6 месяцев – 37%, от 6 до 12 месяцев – 36%, от года до двух – 20%. Время выполнения проекта напрямую связано с его экономической рентабельностью и новизной на рынке.

3. При обучении основной упор должен делаться на применение в проектах языков C/C++. Сегодня в 52% проектов применяется язык C, в 24% – C++, 5% – Python, 3% – Java.

4. В последние годы все большее количество практических проектов выполняется с применением операционных систем реального времени (RTOS) – 60%. Их использование позволяет упростить и ускорить разработку сетевого обмена информацией, работу с накопителями, дисплеями и т.д. Так у фирмы STmicroelectronics наблюдается тенденция разработки новых программных продуктов для управления дисплеями исключительно под микроконтроллеры с RTOS системами, поддержкой LTDC интерфейса и графическим ускорителем. Поэтому, при обучении программированию микроконтроллеров необходимо равное время уделять программированию микроконтроллеров с RTOS и без RTOS.

5. Микроконтроллер является составной частью принципиальной схемы устройства. Понимание программистом микроконтроллера работы схемы, а весьма часто и участие в разработке является обязательным требованием к будущему специалисту. Поэтому изучение цифровой, аналоговой и силовой схемотехники является обязательным этапом практической подготовки специалиста.

6. На данный момент при применении беспроводных технологий в новых разработках используются следующие стандарты: Wi-Fi (65%), Bluetooth (49%), мобильные сети (25%), ZigBee (14%) и т.д. Понимание беспроводных и проводных стандартов передачи данных является важным этапом подготовки будущего инженера и обязательно должно быть включено в курс обучения.

**Выводы.** Быстрый рост номенклатуры и аппаратных возможностей современных процессоров требует от разработчика оперативного внедрения новинок, чему способствуют специализированные программные продукты от производителя. Требование к выпуску на рынок актуальных новинок влечет уменьшение сроков разработки и использование при разработке наилучших IDE, высокопрофессионального коллектива и встроенных операционных систем. Поэтому подготовка будущих разработчиков должна проводиться на современной аппаратно-программной базе и учитывать тенденции развития рынка микроконтроллеров.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [www.eetimes.com](http://www.eetimes.com).
2. [www.embedded.com](http://www.embedded.com).
3. [stackexchange.com](http://stackexchange.com).
4. [www.digikey.com](http://www.digikey.com).
5. [www.edn.com](http://www.edn.com).
6. [www.ti.com](http://www.ti.com).
7. [www.ieee.org](http://www.ieee.org).
8. [investors.st.com](http://investors.st.com).

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ FPGA XILINX В САПР VIVADO HLx DESIGN SUITE

доцент, к.т.н., Свид І.В., студент Литвиненко О.В.,  
студент Білоцерківець О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра Мікропроцесорних технологій і систем,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: iryna.svyd@nure.ua

**Abstract.** The new generation of CAD Vivado HLx Design Suite is designed to assist developers in solving the problem - the high complexity of obtaining FPGA tracing with a volume of hundreds of thousands and millions of logic cells in a reasonable time frame and with high quality.

**Вступ.** САПР Vivado HLx Design Suite – це комплекс програмних засобів з високим ступенем інтеграції, призначений для розробки цифрових пристроїв і вбудованих мікропроцесорних систем на базі ПЛІС з архітектурою FPGA і розширюваних обчислювальних платформ фірми Xilinx. Цей комплекс реалізує повний цикл наскрізного проектування, що включає етапи створення вихідних описів проекту, синтезу, моделювання, розміщення і трасування в кристалі, конфігурації кристалів, також внутрікристального апаратного налагодження. На момент підготування матеріалів остання доступна версія САПР Vivado 2018.3 (<https://www.xilinx.com/support/download.html>), яка представлена - Vivado Design Suite HLx Editions, Vivado HLx WebPACK and Editions, Vivado Lab Solutions, Vivado Hardware Server, Vivado Design Suite HLx Edition free for 30 days. Кожна версія САПР серії Xilinx Vivado HLx Design Suite надається в двох варіантах, призначених для роботи в середовищі операційних систем (ОС) Windows і Linux.

Нове покоління САПР Vivado HLx Design Suite покликане надати допомогу розробникам у вирішенні проблеми - високої складності отримання трасування ПЛІС об'ємом в сотні тисяч і мільйони логічних комірок в прийнятні терміни і з високою якістю.

**Основна частина.** Перед початком проектування необхідно визначитися з вибором методу опису розроблюваного пристрою і, відповідно, засобів синтезу. Останнім часом зазвичай використовують мови опису апаратури HDL (Hardware Description Language) високого рівня VHDL і Verilog, але також можна використовувати C, C++, SystemC та Open Computing Language (OpenCL) API C.

В САПР серії Xilinx Vivado HLx Design Suite вихідна інформація про розробляемі пристрої і його функціональні блоки може бути представлена у вигляді описів на мовах HDL, IP (intellectual property)-ядер, а також пакетів і бібліотек користувача. Інструменти розробки пристроїв цифрової обробки сигналів Xilinx System Generator for DSP, що входять до складу

редакції Vivado HL System Edition, дозволяють застосовувати для цієї мети засоби модельно-орієнтованого проектування MATLAB і Simulink компанії MathWorks, крім того, засоби високорівневого синтезу High-Level Synthesis (HLS).

Розглянемо типовий маршрут розробки цифрових пристроїв з використанням мов HDL і IP-ядер, що надаються центральним депозитарієм САПР серії Xilinx Vivado HLx Design Suite. В цьому випадку в процесі проектування можна виділити наступні етапи: 1) вибір сімейства і типу кристала програмованої логіки для реалізації розроблюваного пристрою; 2) створення нового проекту в САПР серії Xilinx Vivado HLx Design Suite; 3) підготовка модулів вихідного опису проектного пристрою і його функціональних блоків на обраною мовою HDL, а також модулів часових і топологічних обмежень; 4) конфігурація застосовуваних IP-ядер і включення їх до складу формованого опису розроблюваного пристрою; 5) верифікація вихідних описів проектного пристрою методом поведінкового моделювання; 6) логічний синтез проектного пристрою; 7) верифікація синтезованого опису проектного пристрою методом функціонального моделювання; 8) аналіз результатів логічного синтезу; 9) реалізація проекту розроблюваного пристрою в кристалі програмованої логіки; 10) аналіз результатів розміщення та трасування; 11) часткове і повне часове моделювання проектного пристрою, яке виконує з урахуванням затримок поширення сигналів усередині кристала; 12) формування конфігураційної послідовності ПЛІС, відповідної проекту розроблюваного пристрою; 13) конфігурація ПЛІС (завантаження проекту розробленого пристрою в кристал програмованої логіки); 14) внутрікристальне апаратне налагодження проектного пристрою з використанням відповідного інструментального модуля; 15) програмування конфігураційного ППЗУ.

**Висновки.** Маршрут проектування в САПР Vivado орієнтований на інтенсивне використання IP-ядер, HLS, C, C ++, SystemC. Важливою властивістю Vivado є можливість управління всім циклом розробки за допомогою скриптової мови Tcl. Це дає більш гнучкі можливості опису проектних обмежень, що полегшують побудову масштабованих проектів.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Vivado Design Suite User Guide. Release Notes, Installation and Licensing. Xilinx, 2018.

2. Соловьев В. В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии / В. В. Соловьев. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2016.

3. Зотов В. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы Xilinx. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006.

4. Зотов В. Проектирование цифровых устройств на базе ПЛИС фирмы Xilinx в САПР серии Vivado HLx Design Suite. Часть 1 // Компоненты и технологии. 2016. № 7.

## АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

<b>Б</b>		<b>Н</b>	
Білоцерківець О.Г.	43	Новоселов С.П.	6, 17, 35
<b>В</b>		<b>С</b>	
Воргуль О.В.	31	Сайківська Л.Ф.	4, 14
		Свид І.В.	4, 43
<b>З</b>		Семенець В.В.	4
Зубков О.В.	40	Сичова О.В.	22, 35
<b>К</b>		<b>Т</b>	
Кондратюк М.В.	6	Теслюк С.І.	10
		Тютюнник Ю.С.	17
<b>Л</b>		<b>Ф</b>	
Литвиненко О.В.	43	Функендорф А.О.	27
<b>М</b>			
Максименко К.С.	22		
Мамонько Д.В.	10		

## ЗМІСТ

Семенець В.В., Свид І.В., Сайківська Л.Ф. <i>Сучасні тенденції підготовки спеціалістів у технічній галузі</i> .....	4
Новоселов С.П., Кондратюк М.В. <i>Дослідження методів організації зв'язку у LORA мережах</i> .....	6
Теслюк С.І., Мамонько Д.В. <i>Аналіз методів локалізації рухомого об'єкта у виробничих приміщеннях</i> .....	10
Сайківська Л.Ф. <i>Переваги використання мікроконтролерів у портативних медичних пристроях</i> .....	14
Новоселов С.П., Тютюнник Ю.С. <i>Дослідження роботи системи керування вентиляцією в робочому приміщенні</i> .....	17
Сичова О.В., Максименко К.С. <i>Розробка інформаційного середовища управління автоматизованим сховищем</i> .....	22
Функендорф А.О. <i>Дослідження методів проектування технологічних процесів складання модульних конструкцій робототехнічних засобів ..</i>	27
Воргуль О.В. <i>Особливості проектування пристроїв з цифровою обробкою сигналів на мікроконтролерах, ПЛІС і спеціалізованих процесорах цифрової обробки сигналів</i> .....	31
Новоселов С.П., Сичова О.В. <i>Дослідження методів організації обміну даними в сенсорних бездротових мережах</i> .....	35
Зубков О.В. <i>Тенденції обучения проектированию электронных устройств на микроконтроллерах</i> .....	40
Свид І.В., Литвиненко О.В., Білоцерківець О.Г. <i>Особливості проектування цифрових пристроїв на базі FPGA Xilinx в САПР Vivado Hx Design Suite</i> .....	43

СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА  
«KharkivProm Days. Виробництво і ефективність»

МАТЕРІАЛИ ФОРУМУ СЕКЦІЇ  
«Автоматизація, електроніка та робототехніка.  
Стратегії розвитку та інноваційні технології»

Відповідальні за випуск:

Новоселов С.П.  
Свид І.В.

Комп'ютерна верстка

Свид І.В.

Матеріали збірника публікуються в авторському варіанті  
без редагування

Підп. до друку 22.02.2019  
Умов. друк. арк.  
Зам. №

Формат 60x841/16  
Облік – вид. арк.  
Ціна договірна

Спосіб друку - ризографія  
Тираж 15 прмір.

---

ХНУРЕ 61166, Харків, просп. Науки, 14

---

Віддруковано в навчально-науковому видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ  
61166 Харків, просп. Науки, 14