

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.325

### ФІЗИЧНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

Лукашенко А. Г., Чичужко М. В., Лукашенко В. М.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

В даній роботі запропонована фізична науково-технічна модель ефективного дослідження мікроконтролерів (МК), яка забезпечує якісне розв'язання локальних задач при застосуванні відповідної мікропроцесорної системи керування в проблемно-орієнтованих системах. Проведено системний аналіз основних технічних параметрів множини моделей сучасних МК; визначено фізичне моделювання, розроблені критерії подібності за багатьма визначальними величинами, на базі властивостей теорії неповної подібності та розмірностей. Побудована багатокритеріальна знакова модель в безрозмірних координатах, візуалізація якої дозволяє швидко визначити тип МК, характеристики якого відповідають вимогам замовника. Розроблена та побудована фізична науково-технічна модель за допомогою запропонованої моделі електричної принципової схеми МК, розроблених моделей лістингу програм керування, завдяки яким візуалізація динаміки процесу забезпечується як на моніторі ноутбука, так і за допомогою яскравості вбудованого світлодіоду.

**Ключові слова:** науково-технічна модель, мікроконтролер, знакова модель.

#### Актуальність

Широко розповсюдженні мікропроцесорні системи (МПС), в яких МК є одним з основних компонентів. МПС дозволяють створювати проблемно-орієнтовані системи, ефективність яких визначається областю застосування та вимогами до конкретних характеристик компонентів, наприклад, при рішенні задач:

- для керування швидкими динамічними об'єктами [1, 2] потрібні швидкодіючі компоненти МПС, у тому числі, МК, ЦАП, гібридні обчислювальні пристрої тощо [3, 4];
- для систем спостереження та керування технологічними процесами, які проходять достатньо повільно, одним з найважливіших вимог при проектуванні до параметрів МК є підвищення надійності, зменшення енергоспоживання.

Вагомий внесок в розвиток мікропроцесорної техніки внесли роботи В. Б. Бродіна, Е. А. Вейсова, Б. М. Кагана, О. В. Непомнящого, В. Д. Пузанкова, К. Г. Самофалова, Ю. О. Скобцова, В. П. Тарасенка, Chin-Chin Chen, В. Randell та ін. На базі їх робіт створена велика кількість науково-технічних модулів, що використовують мікроконтролери. Але в цих роботах недостатньо описуються шляхи теоретичного обґрунтування за вибором найкращого сучасного МК з великої множини існуючих.

В зв'язку з цим виникає необхідність створення фізичної науково-технічної моделі (ФНТМ), в якій не тільки досліджується будь-який мікроконтролер, але й рекомендується найкращий тип МК.

Тому, актуальними є наукові дослідження МК на стадії структурно-параметричного синтезу в комплексі з фізичним моделюванням, що сприяє підвищенню якості МПС при проектуванні об'єкту.

### Постановка задачі

Мета роботи: створення фізичної науково-технічної моделі ефективного дослідження МК за рахунок процедури візуалізації на стадії структурно-параметричного синтезу в комплексі з фізичним моделюванням.

Поставлена мета досягається шляхом:

- концептуалізації, тобто технічного аналізу існуючих моделей дослідження МК, формального визначення потреби в ФНТМ з різними по важливості та по характеру вимогами до відповідних функціональних характеристик МК;
- системного аналізу параметрів сучасних МК, визначення виду моделювання та теорії досліджень, розробки багатопараметричних критеріїв з призначенням їм фізичного тлумачення;
- побудови багатокритеріальної знакової моделі досліджень МК для визначення найкращої моделі МК, що задовольняє вимогам відповідного замовника;
- побудови фізичної науково-технічної моделі на основі запропонованої моделі електричної принципової схеми, розроблених моделей лістингу програм керування МК для візуалізації динаміки процесу при дослідженні мікроконтролера.

**Рішення задачі** виконується за двома напрямками: теоретичному та практичному. Зацікавленість різних замовників пояснюється різними областями застосування та відповідними вимогами до важливіших характеристик МК. Концептуалізація ФНТМ, яка визначена через вербальну модель, опис якої представлено в підрозділі актуальність та поставленої цілі. Оскільки основним компонентом вербальної моделі є МК, то визначення найкращого з великої множини існуючих сучасних МК за багатьма параметрами пропонується по алгоритму представленому в роботах [5-8].

Узагальнений математичний опис параметрів мікроконтролерів (табл.1) має наступний вигляд:

$$F(Q_{\max}, Q_{\min}, f, t_{30}) = 0, \quad (1)$$

де  $Q_{\max}$  – максимальна допустима робоча температура;

$Q_{\min}$  – мінімальна допустима робоча температура;

$f$  – максимальна допустима робоча частота МК;

$t_{30}$  – час обробки аналогової величини відповідним МК.

З рівняння (1) помітна відсутність залежностей між параметрами, тому пропонується застосування теорії неповної подібності та розмірностей для рішення поставлених задач.

Таблиця 1. Перелік визначальних величин створений із основних технічних параметрів сучасних мікроконтролерів

№	Назва мікрокон- тролера	$Q_{\min}$ , К	$Q_{\max}$ , К	$t_{зд}$ МКС	$f$ , МГц
1	ATTiny11L	218	398	0,5	2
2	ATTiny12	218	398	0,5	8
3	AT90S1200	218	398	0,5	12
4	AT90S2313	233	358	0,5	10
5	ATMega8	218	398	0,5	16
6	ATMega103L	233	378	0,5	4
7	ATmega169PAut	233	358	0,75	16
8	MB90F474L	233	358	4,65	10
9	MB90F523B	233	358	12,5	16
1	MB90F543G/GS	233	358	26,3	16
1	MB90F562B	233	358	6,13	16
1	MB90F583C/CA	233	358	34,7	16
1	PIC10F200	233	398	10	4
1	PIC12C508	233	398	10	4
1	PIC14000	218	398	0,25	20
1	PIC16C432	233	398	10	20
1	ATmega8-16PU	218	398	1,5	16
1	PIC18C242	218	398	12,8	40
1	dsPIC30F1010	233	398	3,5	14,55
2	dsPIC33FJ06GS1	233	398	0,5	40
2	PIC32MX340F12	233	358	10	80
2	ADuC812	233	358	5	11
2	PIC18F8720	233	358	0,1	25
2	PIC16F89	273	343	0,2	8
2	PIC16F877A	273	343	0,2	20

Застосовуючи теорію неповної подібності та розмірностей створюється рівняння на основі умовних критеріїв [5]. Умовними критеріями подібності називаються прості безрозмірні степеневі комплекси, що сформовані із визначальних величин [6]. Тому при застосуванні теорії неповної подібності та розмірностей визначальних величин за даними табл. 1. та при використанні евристичного методу визначення умовних критеріїв подібності, рівняння приймає наступний вигляд:

$$\psi \left( \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} ; f \cdot t_{зд} \right) = 0, \quad (2)$$

де:  $\left( \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} \right)$  – величина, яка характеризує температурний діапазон роботи;

$f \cdot t$  – величина, яка характеризує швидкість процесу обробки інформації.

На основі  $\pi$  – теореми, критеріїв подібності та даних параметрів МК (табл. 1) будується знакова модель залежностей основних технічних параметрів в безрозмірних координатах, яка представлена на рис.1.

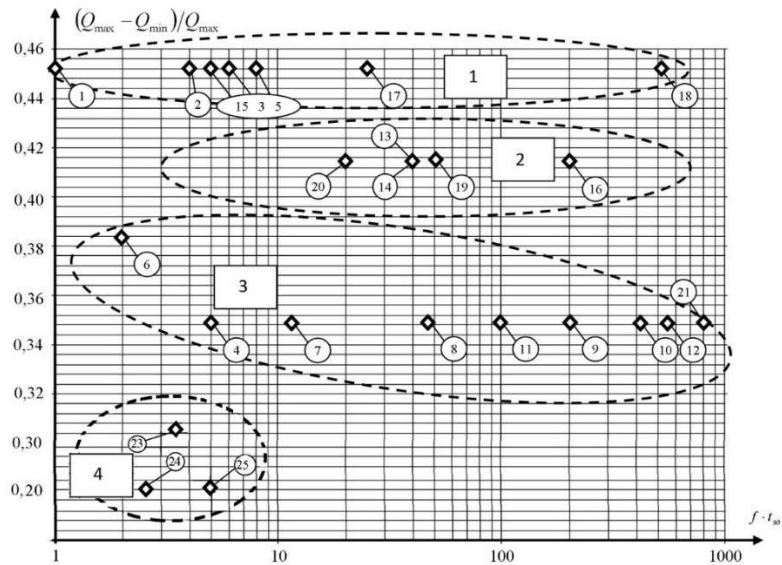


Рис. 1. Знакова модель залежностей основних технічних параметрів в безрозмірних координатах  $((Q_{\max} - Q_{\min}) / Q_{\max})$  та  $(f \cdot t_{30})$  для різних типів МК

Візуалізація інформації (рис.1) показує, що множину МК з якісною оцінкою температурного діапазону можна розділити на чотири групи (1, 2, 3, 4), найкращою з них є група 1. Зважаючи на температурний діапазон та характеристику швидкості процесу обробки, вибирається мікроконтролер ATmega8-16PU DD, який найбільш відповідає вимогам замовника для побудови ФНТМ.

Процедура виконання технічних функцій ФНТМ забезпечуються МК, приклади операцій дослідження якого включають наступне:

1. Прийом або передача дискретних логічних сигналів «ТАК/НІ» від/на об'єкт;

2. Прийом аналогових сигналів в певному діапазоні напруги, що використовується для управління таймером, за допомогою АЦП при заданні періоду послідовності імпульсів;

3. Виконання функцій керування, пов'язаних з використанням внутрішніх таймерів / лічильників за рахунок формування послідовності імпульсів зі змінним періодом (Т) і постійною тривалістю імпульсів ( $t_{\text{имп}}$ ) у першому режимі роботи та формування послідовності імпульсів з постійним періодом (Т) і змінною тривалістю імпульсів ( $t_{\text{имп}}$ ) в другому режимі роботи (рис. 2);

4. Обмін даними з ПК.

На рис. 2 представлені часові діаграми функцій керування для двох режимів, що описані в пункті 3.

На запропонованих часових діаграмах (рис.2) зображені процедури дослідження зміни значення скважності для режимів а) та б).

а) відповідає умовам  $t_{\text{имп}} = \text{const}$ ; Т - змінна величина;

б) відповідає умовам Т = const;  $t_{\text{имп}}$  - змінна величина.

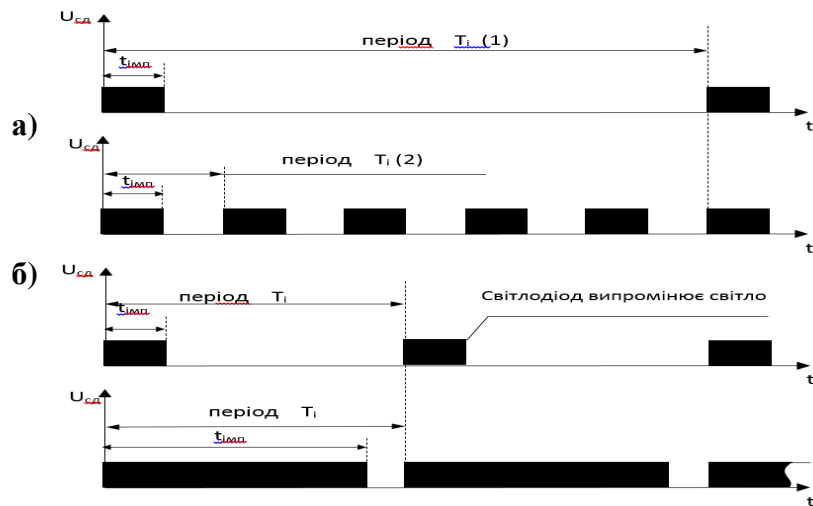


Рис. 2. Часові діаграми змін скважності

Для побудови ФНТМ розробляється електрична принципова схема (рис. 3), основним компонентом якої є вибраний МК моделі АТмега8-16PU DD.

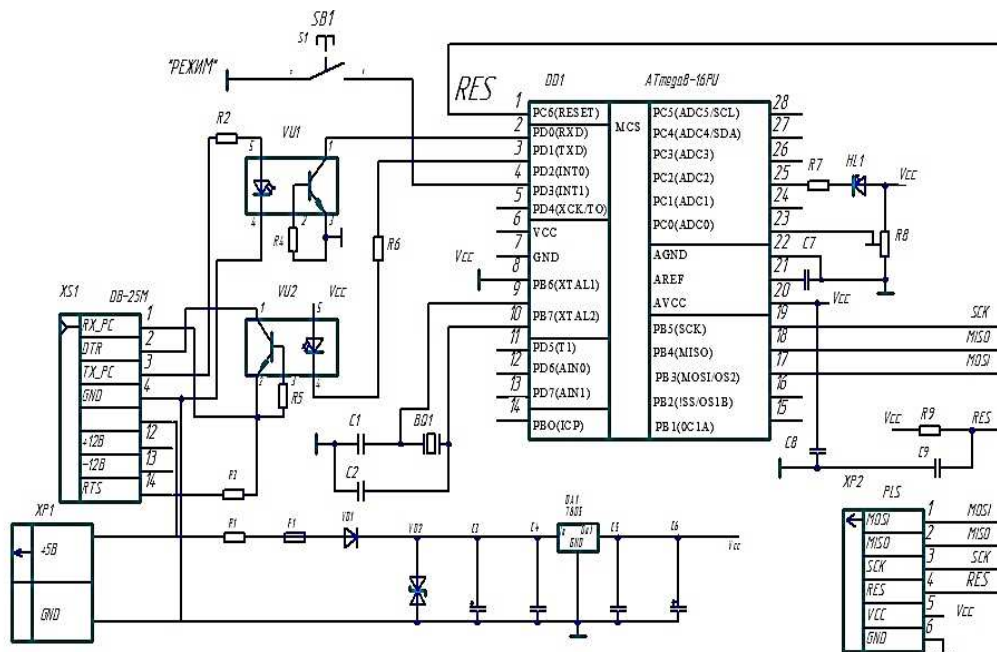


Рис. 3. Модель електричної принципової схеми ФНТМ

Для візуалізації використовується світлодіод HL1, струм якого регулюється потенціометром R8 (рис. 3), який впливає на яскравість світіння світлодіода.

На основі попередніх досліджень та розробленої електричної принципової схеми створена науково-технічна модель, фізичний образ якої представлений на рис. 4.

Дослідження проведено в двох режимах. В першому випадку  $t_{\text{имп}} = \text{const}$ :

$$T_{i(j)} = 50 + 1 \times K_i = 50, \dots, 1073, \quad (3)$$

де  $K_i$  – значення коду АЦП.

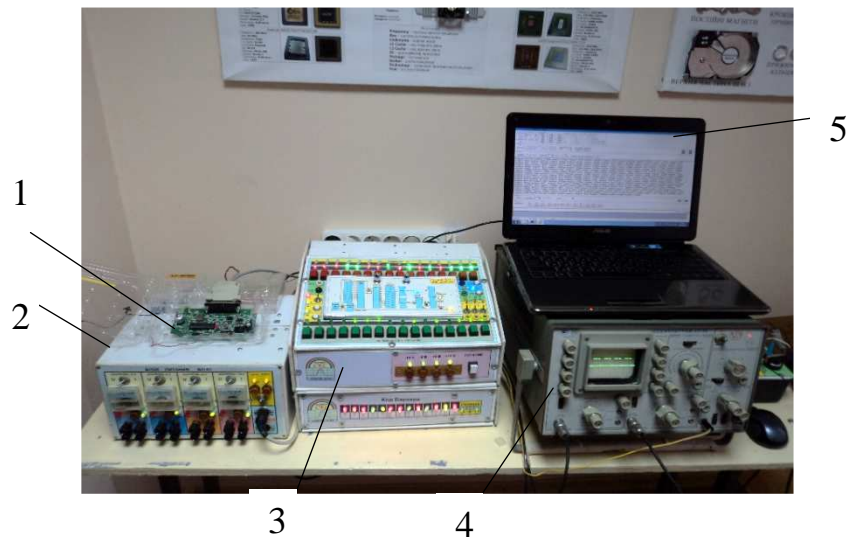


Рис. 4. Науково-дослідний стенд для дослідження МК: 1 – фізична науково-технічна модель дослідження МК; 2 – блок живлення; 3 – генератор складних сигналів С-01; 4 - осцилограф С1-55; 5 – ноутбук

В другому режимі:  $T_{i(j)} = 19 \text{ мс} = \text{const}$ ,  $t_{\text{имп}} = 30 \cdot 10^{-6}, \dots, 18 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ .

Напруга  $U_1 = 0..+5\text{В}$  через  $R_7$  поступає на порт PC1, що працює в режимі 10-розрядного АЦП, який перетворює  $U_1 = 0, \dots, 5\text{В}$  в код  $C = 0, \dots, 1023$ . Число  $C$  визначає цикл за формулою  $D_1 = C/K_1$ , де  $K_1$  - спеціальний коефіцієнт, що враховує нелінійну залежність яскравості випромінювання світлодіода від струму і тривалості імпульсу випромінювання. За допомогою функцій обміну даними з ПК результати показані на екрані монітора ноутбука.

Для програмування мікроконтролера використовується середовище WinAVR, яке підтримує мови C, C+ та Objective-C, забезпечуючи повний цикл розробки для AVR/AVR32 і додаткових інструментів, кожен з яких виконує певне завдання, допомагаючи написанню програмного забезпечення для мікроконтролерів.

Для прикладу запропонована частина лістингу керуючої програми для МК.

#### Модуль Stend1\_h

```
#ifndef __stend1_h
#define __stend1_h
// модулі компілятора, що підключаються
#include<util/delay.h>
//_____ 3 M I N H I _____
volatile u16 giADC= 1000;
#define CONST_T 1 // пост період- змін. яскравості
#define CONST_t 0 // пост тривалість –змін. частоти
u8 gcRejProg= CONST_t; // стан
//----- границі зон АЦП
u8 ucK[18]={0 ,1 ,2 ,3 ,4 ,4 ,5 ,5 ,6 ,7 ,8 , 10 ,12 ,15, 17, 17, 18 };
//      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
//----- Timer/Counter2
volatile u8 gcTCNT2;
volatile u16 giCntT21= 0; // increment T2 SIGNAL(SIG_OVERFLOW2)
// _____ Ф У Н К Ц І _____
```

```
/* SIGNAL(SIG_OVERFLOW2)
Timer/Counter2 Overflow
*/
ISR(SIG_OVERFLOW2)    {
    TCNT2= gcTCNT2; ++giCntT21;
}
/* intadc_measure(void)
   ADC == Analog-to-DigitalConverter
*/
intadc_measure(void) {
    ADMUX=0x41; // 0100 0000 ref AVCC, підкл на вход AD1=стр.202АТМ8
    //ADCSR= 0x87; //1000 0111 1=ADC_EN,0 0 0,==== 0-прер, одиночне перетвор.,
:128
    ADCSR |= (1<<ADEN)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1)|(1<<ADPS0);
    ADCSR |= (1<<ADSC); // ADSC: ADC StartConversion
    while (bit_is_set(ADCSR, ADSC) != 0) {};
    u16 i1= ADCL + ADCH * 256;
    return i1;
}
```

Програма постійно перевіряє кількість нарахованих імпульсів T2 і коли вона досягне значення D1, поточний цикл роботи програми закінчується і починається новий цикл.

Програма підтримує всі 32-бітні операційні системи Windows, Linux. Суттєвою перевагою є те, що WinAVR поширюється вільно без обмежень (виробники підтримують GNU General Public License).

## Висновки

В статті створена фізична науково-технічна модель ефективного дослідження мікроконтролерів, яка забезпечує якісне розв'язання локальних задач при застосуванні відповідної мікропроцесорної системи керування в проблемно-орієнтованих системах.

У роботі отримані наступні наукові та практичні результати:

1. Проведено системний аналіз основних технічних параметрів множини моделей сучасних МК; визначено фізичне моделювання, розроблені критерії подібності за багатьма визначальними величинами, на базі властивостей теорії неповної подібності та розмірностей, з призначенням їм фізичного тлумачення.

2. Побудована багатокритеріальна знакова модель на основі  $\pi$ -теореми та критеріїв подібності в безрозмірних координатах, візуалізація якої дозволяє визначити тип мікроконтролера, характеристики якого адекватні відповідним вимогам замовника.

3. Розроблена та побудована фізична науково-технічна модель за допомогою запропонованої моделі електричної принципової схеми МК і розроблених моделей лістингу програм керування, завдяки яким візуалізація динаміки процесу забезпечується як на моніторі ноутбука, так і за допомогою яскравості вбудованого світлодіоду HL1.

Відмінною особливістю ФНТМ є простота та зручність візуального сприйняття даних, що дозволяє відповідним спеціалістам та магістрантам легко оволодівати знаннями та навиками роботи з мікропроцесорною, вимірною та комп'ютерною технікою. Важливе значення має використання ФНТМ при проектуванні систем керування для різних моделей спеціалізованого технологічного обладнання, пристроях спостереження та інших, які є як предметом вивчення, так і інструментом дослідження на лабораторних та практичних заняттях, під час виконання курсових, дипломних та випускних робіт.

В подальшому планується провести дослідження енергетичних резервів МК для подальшого його вдосконалення.

### **Література**

1. Схемотехніка електронних систем: кн. 3 мікропроцесори та мікроконтролери: підручник / В. І. Бойко, А. М. Гуржий, В. Я. Жуйков та ін. -2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 399 с.:іл.
2. Лукашенко А. Г. Методологія удосконалення моделі одно кристального мікроконтролера / А. Г. Лукашенко, К. С. Рудаков, Р. Є. Юпин, Д. А. Лукашенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5/9 (53). – с. 51 – 54.
3. Лукашенко А. Г. Модель ефективного цифро-аналогового преобразователя для спеціалізованих лазерних манипуляторів / А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. А. Лукашенко, В. М. Лукашенко // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія приладобудування. – 2011. – № 40. – С. 112 - 118.
4. Лега Ю. Г. Модель гібридного багатофункціонального предпроцесора для проблемно-орієнтованих підсистем управління / В. М. Лукашенко, А. Г. Лукашенко и др. // Вісник НТУУ “КПІ”. – 2006. – № 32. – С. 286 - 290.
5. Алгоритм визначення резервів за енергетичними та швидкісними показниками супервізорів на основі теорії неповної подібності та розмірностей / М. В. Чичужко // Aktualne problemy nowoczesnych nauk – 2013: materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji: (07–15 czerwca 2013 roku, Przemysł, Польша). – Przemysł: Nauka i studia, 2013. – Т. 30. – С. 14–18.
6. Lukashenko V. M. Determination method of efficiency units for conditional similarity criterion / M. V. Chichuzhko, D. A. Lukashenko, V. A. Lukashenko // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: технічні науки. – Черкаси: ЧДТУ, 2013. – № 2. – С. 44 – 47.
7. Lukashenko V. M. Creation of multicriteria qualitative evaluation method of microcontroller manufacturers / M. V. Chichuzhko, A. G. Lukashenko, V. A. Lukashenko // Przemysł: Nauka i studia, 2013. – NR 17(85). – С. 97 – 102.
8. Лукашенко В. М. Метод розширення функціональних можливостей сучасних мікроконтролерів / В. М. Лукашенко, М. В. Чичужко, Д. А. Лукашенко // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. – Хмельницький: ХНУ, 2013. – № 66. – С. 186 – 189.

*Надійшла до редакції  
17 березня 2014 року*

© Лукашенко А. Г., Чичужко М. В., Лукашенко В. М., 2014