

Список використаних джерел

1. Николайчук Я.М. Теория джерел інформації. / Видання друге, виправлене/, – Тернопіль: ТзОВ “Терно-граф”, 2010. – 536 с.
2. Николайчук Я.М. Коды поля Галуа: теория і застосування. / Монографія / –Тернопіль: ТзОВ "Терно-граф", 2012. – 576 с.
3. Я.М. Николайчук, А.Р. Воронич, Т.М. Гринчишин. Теоретичні основи, принципи формування та передавання інформації на основі сигнальних коректуючи кодів//Поступ в науку. Збірник наукових праць Буцацького інституту менеджменту і аудиту. – 2010. –№6.–Т1. – С.41-49.

УДК 004.318

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ СЕРЕДНЬОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРІВ

Осолінський О.Р.¹⁾, Вірастюк Р.Р.²⁾, Кочан В.В.³⁾

Тернопільський національний економічний університет

¹⁾ аспірант; ²⁾ магістрант; ³⁾ к.т.н., професор

I. Постановка проблеми

При вирішенні задачі розроблення вбудованих комп'ютерних систем з автономним живленням актуальним є збільшення часу їх роботи без відновлення заряду акумуляторів. Перспективним є розроблення програмного забезпечення, що споживає мінімум енергії. Для цього слід розробити, на основі достатньо точних експериментальних досліджень та математичних моделей енергоспоживання мікроконтролерів/мікропроцесорів (МК) при виконанні інструкцій, команд та програм, відповідний компілятор. Але останній вимагає результатів експериментальних досліджень за допомогою точного обладнання. Метод [1] вимірювання миттєвого енергоспоживання має високу точність при роботі МК в штатному режимі, але низьку завадостійкість. При вимірюванні середнього енергоспоживання (метод [2]) переваги методу [1] залишаються, але завадостійкість зростає. Але методу [2] притаманні методичні похибки, які необхідно дослідити.

II. Мета роботи

Метою роботи є дослідження методичних похибок методу [2] від основних впливаючих на неї величин – степені нелінійності МК, зміни напруги на МК, часу дослідження тощо.

III. Метод вимірювання середнього енергоспоживання МК

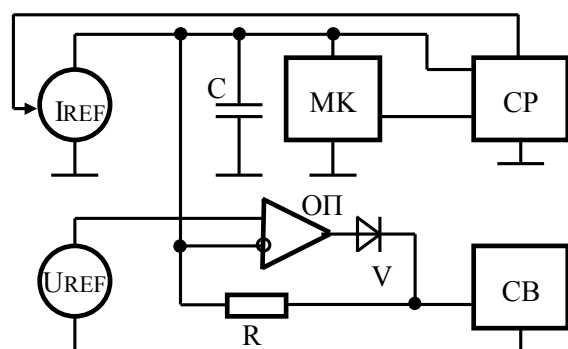


Рисунок 1 – Система вимірювання середнього енергоспоживання

Метод [2] полягає в тому, що, при живленні МК від джерела струму I_{REF} , система регулювання СР так його налаштує, що сумарне відхилення напруги живлення МК від номінальної за час виміру T буде близьким до нуля. Вибір ємності конденсатора C в колі живлення МК може задати межі зміни напруги на МК до 0,1-0,5%, що не впливає на його роботу та дозволяє перейти від миттєвої енергії до середньої (інтегральної) та використати у системі вимірювання СВ метод двохтактного інтегрування – один з найточніших методів перетворення. Якщо МК живиться від джерела регульованого струму I_{REF} , то, згідно першого закону Кірхгофа, можна записати

$$I_{MP} = I_{REF} - I_Z \pm I_C = I_{REF} - I_Z \pm \frac{\Delta U_C \cdot C}{\Delta t}, \quad (1)$$

де I_{MP} – струм живлення мікропроцесора; I_Z – струм захисту; I_C – струм заряду-розряду конденсатора C в колі живлення мікропроцесора (\pm означає – плюс при заряді, мінус – при розряді C); ΔU_C – зміна напруги на конденсаторі; Δt – час заряду або розряду; C – ємність конденсатора.

Згідно (1), середня енергія споживання МК E_{MP} за час T буде становити

$$E_{MP} = \int_0^T I_{REF} U_i dt - \int_0^T I_Z U_i dt - \int_0^T I_C \cdot U_i dt = \int_0^T I_{REF} U_i dt - \int_0^T I_Z U_i dt - \int_0^T \frac{C}{T} \Delta U_{Ci} \cdot U_i dt, \quad (2)$$

де U_i – поточна напруга на мікропроцесорі; U_{REF} – напруга опорного джерела; ΔU_{Ci} – поточні зміни напруги конденсатора (з врахуванням знаку).

Згідно ідеї запропонованого методу система автоматичного регулювання спрямує до нуля сумарні відхилення U_i від U_{REF} , тобто $\int_0^T (U_i - U_{REF}) dt \rightarrow 0$. Але тоді і $\int_0^T \Delta U_{Ci} dt \rightarrow 0$, бо $\Delta U_{Ci} = U_i - U_{i+1}$.

Тоді (2) можна переписати як

$$E_{MP} = U_{REF} \cdot I_{REF} \cdot T - U_{REF} \int_0^T I_Z dt - U_{REF} \frac{C}{T} \int_0^T \Delta U_{Ci} dt = U_{REF} \cdot I_{REF} \cdot T - U_{REF} \int_0^T I_Z dt. \quad (3)$$

Однак це спрощення при вимірюванні енергії споживання МК веде до виникнення першої методичної похибки δ_{MET-NL} , бо МК є нелінійним споживачем. Очевидно, що δ_{MET-NL} буде залежати від степені нелінійності МК, від зміни напруги на МК та від часу дослідження T .

Друга методична похибка δ_{MET-UC} виникає через те, що умову $\int_0^T \Delta U_{Ci} dt \rightarrow 0$ не вдається виконати строго. Напруга на конденсаторі C за час виміру T все таки змінюється. Очевидно, що δ_{MET-UC} буде залежати від зміни напруги на МК та від часу виміру T .

IV. Модель нелінійного споживання МК

Дослідження δ_{MET-NL} проводилося на узагальненій моделі струму споживання МК I_{MC} (рис. 2),

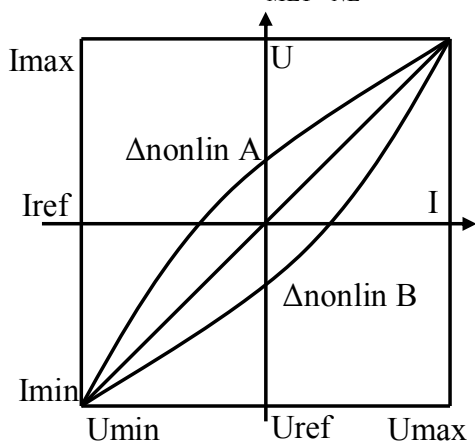


Рисунок 2 – Узагальнена модель енергоспоживання МК

що включає мінімальний струм споживання I_{MIN} лінійну I_{LIN} та нелінійну I_{NONLIN} складові I_{MC}

$$I_{MC} = I_{MIN} + I_{LIN} + I_{NONLIN}. \quad (4)$$

При цьому $I_{LIN} = k \cdot \Delta U_{MC} = k \cdot (U_{MC} - U_{MIN})$, де U_{MC} і ΔU_{MC} – поточна напруга на МК та її зміна; $k = (I_{MAX} - I_{MIN}) / (U_{MAX} - U_{MIN})$ – коефіцієнт; $I_{NONLIN} = A \cdot \Delta U_{MC}^2 + B \cdot \Delta U_{MC}$, де A , B – коефіцієнти, отримані з розв'язку системи рівнянь

$$\begin{cases} A(U_{MAX} - U_{MIN})^2 + B(U_{MAX} - U_{MIN}) = 0 \\ A((U_{MAX} - U_{MIN})/2)^2 + B(U_{MAX} - U_{MIN})/2 = \Delta_{MAX} \end{cases}$$

де Δ_{MAX} – максимальне абсолютне значення δ_{MET} .

При імітаційних дослідженнях Δ_{MAX} задавалося в межах 10...40% від $I_{MAX} - I_{MIN}$, а ΔU_{MC} задавалося за рівномірним законом розподілу.

V. Результати досліджень δ_{MET-NL}

Дослідження показали, що δ_{MET-NL} значно знижується при зростанні часу дослідження T . Подальші результати подано для часу дослідження, що відповідає виконанню 500 інструкцій. На рис. 3а подано графіки δ_{MET-NL} від нелінійності енергоспоживання МК для максимальної зміни напруги на МК від ± 10 до ± 50 мВ для нелінійності типу А, а на рис. 3б – для нелінійності типу В.

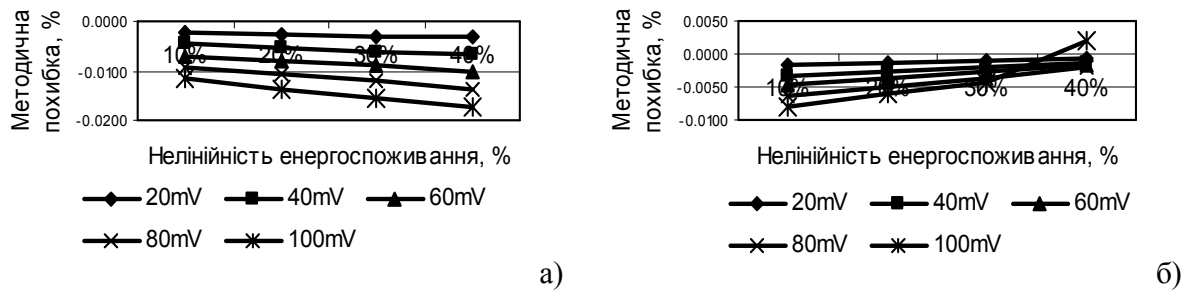


Рисунок 3 – Залежності сумарної середньої відносної методичної похибки від максимальної зміни напруги на МК та нелінійності енергоспоживання типу А та В

VI. Результати досліджень δ_{MET-UC}

Через те, що δ_{MET-UC} є похибкою від похибки виконання умови $\int_0^T \Delta U_C dt \rightarrow 0$, нелінійністю розряду конденсатора C нехтуємо. Тоді зміну напруги на конденсаторі C можна обчислити як

$$\Delta U_C = \frac{I_C \cdot t}{C} = \frac{I_C}{C \cdot f} \quad (5)$$

де f – тактова частота МК (нехай МК має RISC архітектуру і виконує команду за один такт).

Залежності ΔU_C від добутку $C \cdot f$ подана на рис. 4а. Як видно з рис. 4, збільшення частоти f та/або ємності конденсатора C веде до зменшення ΔU_C , тобто зменшення δ_{MET-UC} . Однак при цьому знижується чутливість вимірювальної системи, тому необхідний відповідний компроміс.

Зміну енергії ΔE_C конденсатора C , викликану ΔU_C , з врахуванням (5), можна обчислити як

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} C \cdot \Delta U^2 = \frac{1}{2} C \left(\frac{I_C}{C \cdot f} \right)^2 = \frac{I_{MK}^2}{2 \cdot C \cdot f^2} \quad (6)$$

Методична похибка δ_{MET-UC} буде визначатися відношенням енергії виконання команди або програми E_K до зміни енергії ΔE_C конденсатора C , тобто $\delta_{MET-UC} = E_K \cdot 100\% / \Delta E_C$. Енергія E_K залежить від типу МК та виконуваної команди, прийнемо E_K рівною 2 нДж – середня енергія виконання інструкції для МК ARM7TDMI. Залежність δ_{MET-UC} від I_{MK} та добутку $C \cdot f$, з врахуванням того, що інструкція повторюється 500 разів, подана на рис. 4б.

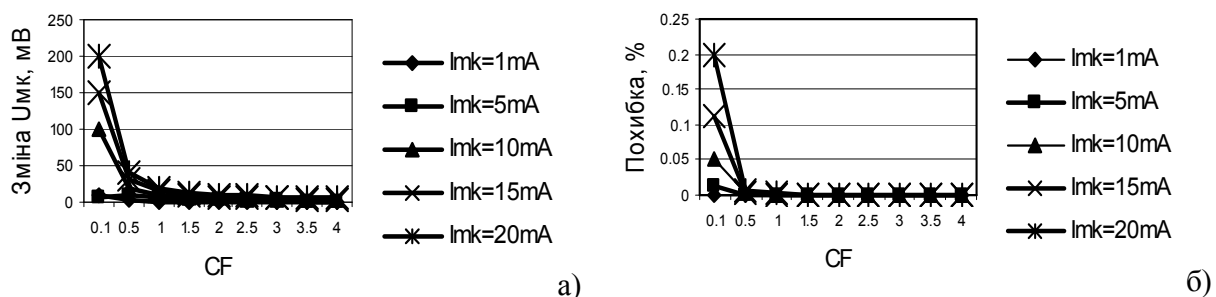


Рисунок 4 – Залежності зміни напруги на МК та методичної похибки яку ця зміна викликає

Висновок

Як видно з рис. 3, навіть в найгіршому випадку (нелінійності енергоспоживання МК 40% та зміни напруги на МК ± 50 мВ, що відповідає 1%) методична похибка від нелінійного характеру

енергоспоживання МК не перевищує $\delta_{MET-NL} \leq 0,018\%$. При зменшенні нелінійності та змін напруги на МК δ_{MET-NL} суттєво зменшується. Так само друга методична похибка (від різниці напруги на конденсаторі в колі живлення МК на початку та в кінці вимірювання) має помітне значення $\delta_{MET-UC} \approx 0,2\%$ лише при малій ємності конденсатора та низькій тактовій частоті для мікроконтролерів із значним енергоспоживанням. В інших умовах ця похибка різко зменшується

Список використаних джерел

1. Патент 90922 України, МПК7 G05F 5/00, G01K 17/00. Пристрій вимірювання енергії імпульсних споживачів [Текст] / Боровий А. М., Майків І. М., Кочан Р. В., Домбровський З. І., Кочан В. В.; заявник і патентовласник Боровий А. М., Майків І. М., Кочан Р. В., Домбровський З. І., Кочан В. В. – № а2008 06325; заявл. 13.05.08; опубл. 10.06.10, Бюл. №11. – 4 с.: іл.
2. Заявка на винахід № а201403292, «Спосіб вимірювання середньої енергії імпульсного споживача та пристрій для його реалізації», дата подання 31.03.2014

УДК 004.052.2

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КЛАСТЕРНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Павлов М. Ю.

МТУ «Миколаївська політехніка», студент

У сучасних комп'ютерних системах для досягнення високої надійності та відмовостійкості серверних систем широко використовуються кластерні архітектури. Комунікаційна підсистема кластерних та мережевих систем, як правило, будується за ієрархічним принципом і передбачає виділення рівнів доступу, розподілу і ядра [1].

При значному числі серверів їх підключення може проводитися через багаторівневу комунікаційну підсистему деревовидної топології (рис.1 а). Для підвищення надійності системи комутаційні вузли верхнього і нижнього рівнів (КВВР та КВНР) та їх зв'язки резервуються (рис.1 б).

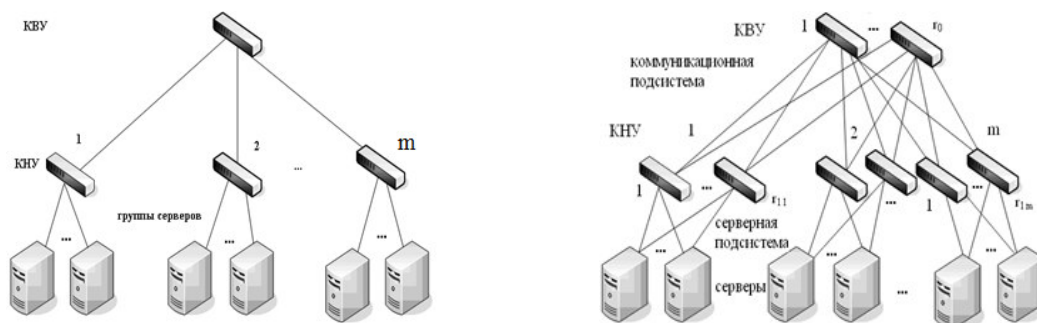


Рисунок 1 - Підключення серверів без резервування (а) і з резервуванням (б) комунікаційних вузлів

Деревоподібна топологія підключення серверів до рівня ядра припускає розподіл усієї сукупності серверів на кластерні групи. Надійність і ефективність кластерних систем залежить не тільки від кратності резервування серверних і комунікаційних вузлів, але і від варіантів об'єднання функціонально неоднорідних серверів в кластерні групи.

При наявності n типів серверів за функціональним призначенням можливі альтернативи відтворення кластерних груп, у тому числі з об'єднанням в групи [2]:

- однотипних за функціональним призначенням серверів;
- різнотипних за функціональним призначенням серверів всіх n типів (повнофункціональні кластерні групи серверів);