

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ЕНЕРГІЇ СПОЖИВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРІВ

Осолінський О.Р.¹⁾, Кочан В.В.²⁾

Тернопільський національний економічний університет
¹⁾, аспірант; ²⁾ к.т.н., доцент

I. Постановка проблеми

Актуальною задачею розробки вбудованих комп'ютерні системи з автономним живленням є збільшення часу їх роботи без відновлення заряду акумуляторів. Можливі три напрями вирішення цієї задачі: (i) розроблення джерел живлення підвищеної енергоємності; (ii) розроблення нових технологічних процесів виробництва мікросхем; (iii) розроблення програмного забезпечення (ПЗ), що споживає мінімум енергії. Останній шлях, на відміну від інших, не вимагає фундаментальних досліджень, а лише побудови компілятора, що оптимізує програмний код за енергоспоживанням. Для цього, на основі експериментальних досліджень, слід розробити досить точні математичні моделі енергоспоживання інструкцій процесора, що, в свою чергу, вимагає відповідного обладнання. Аналіз [1] показав, що існуючі методи і обладнання не дає змоги забезпечити похибку моделей менше 7-10%. Запропонований в [2] метод забезпечує високу точність вимірювання та роботу мікропроцесора в штатному режимі. Але він передбачає вимірювання миттєвої потужності, тобто має низьку стійкість до завад, особливо імпульсних і від мережі живлення 50 Гц.

II. Мета роботи

Метою є створення завадостійкого і точного методу вимірювання середньої енергії споживання мікропроцесорів, що, на відміну від [2], базується не на обробленні даних миттєвої потужності, а на інтегруючих методах аналого-цифрового перетворення, що дозволить верифікувати значення миттєвої потужності, отримані згідно [2].

III. Пропонований метод вимірювання середньої енергії споживання мікропроцесорів

Основна ідея методу полягає в тому, що, при живленні досліджуваного мікропроцесора від джерела струму (згідно [2]), можна так налаштувати це джерело, що відхилення напруги живлення мікропроцесора від номінальної за час експерименту буде знаходитися в заданих межах. Відповідний вибір ємності магазину конденсаторів в колі живлення мікропроцесора може звзвити ці межі до 0,1-0,5%. Такі зміни практично не впливають на режим роботи мікропроцесора та дозволяють перейти при обчисленні енергії від миттєвих значень до середніх (інтегральних) без значної методичної похибки. Тоді можна використати при вимірюванні метод двохтактного інтегрування – один з найбільш точніших методів аналого-цифрового перетворення.

Нехай досліджуваний мікропроцесор, як і в [2], живиться від джерела регульованого струму I_{REF} , тоді, згідно першого закону Кірхгофа, аналогічно до [2], 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); ΔU_C – зміна напруги на конденсаторі; Δt – час заряду або розряду; C – ємність конденсатора.

Згідно (1), середня енергія споживання мікропроцесора E_{MP} за час T становить

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

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

Обчислення (2) на основі поточних миттєвих значень U_i недоцільні – це дублювання методу [2], повторення його методичних похибок і низька завадостійкість. Відповідна аналогова система вимірювання буде складною і матиме значні інструментальні похибки через необхідність аналогового множення миттєвих значень напруги і струму.

Згідно основної ідеї запропонованого методу, з допомогою системи автоматичного регулювання приведемо до нуля 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

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

Якщо відповідним вибором ємності в колі живлення мікропроцесора забезпечити $I_Z \rightarrow 0$, тобто відсутність спрацювань захисту від перевищення напруги на мікропроцесорі, то (3) стане

$$E_{MP} = U_{REF} \cdot I_{REF} \cdot T, \quad (4)$$

тобто енергія споживання мікропроцесора E_{MP} за час T рівна добутку інтегральних значень.

Слід відзначити, що рівність (3), через прирівнювання U_i до U_{REF} та інтегралу ΔU_{Ci} до нуля, містить методичні похибки. Їх оцінка показала, що вони швидко зменшуються при зростанні T .

IV. Структурна схема системи вимірювання середньої енергії споживання мікропроцесорів

Структурна схема системи представлена на рис. 1. Вона містить стабілізатор струму СтС, керований цифро-аналоговим перетворювачем ЦАПЗ, що, разом з магазином конденсаторів Маг. С, є колом живлення мікропроцесора МП. Стабілізатори напруги СтН, ЦАП1, ЦАП2, операційні підсилювачі ОП1 і ОП2, фіксатори Фікс.1 і Фікс.2, резистор R і діод VD створюють схеми захисту від перенапруження МП та попередження про недопустимий розряд Маг.С.

Кожен цикл роботи системи ініціюється МП, що виконує досліджувану інструкцію / програму. Пристрій керування закінчує цикл, коли його тривалість перевищить мінімум і буде кратною періоду мережі 50 Гц. Якщо виміряний вимірювальною системою інтеграл зміни напруги на МП не перевищить допуску то експеримент закінчується, інакше, пристрій керування, через ЦАПЗ, змінює струм СтС так, щоби наблизити цей інтеграл до нуля. При надто високій або низькій напрузі на МП, що фіксують Фікс.1, Фікс.2, пристрій керування міняє ємність Маг.С. Результат отримуємо згідно (4).

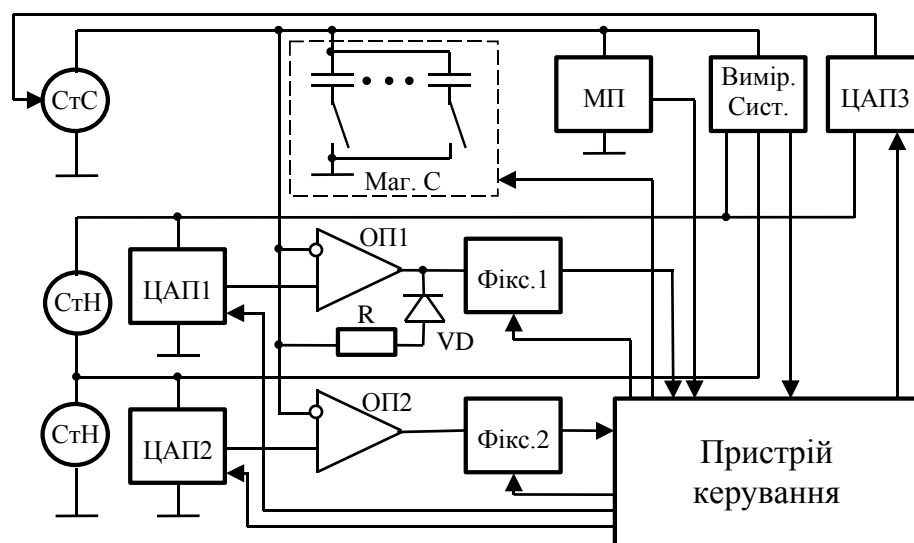


Рисунок 1 - Структурна схема вимірювання середньої енергії споживання мікропроцесорів

Висновок

Запропоновано метод вимірювання середньої потужності споживання мікропроцесорів, який має високу заводостійкість, та вимагає лише стабільності системи на час одного експерименту.

Список використаних джерел

1. Borovyi A. Analysis of Circuits for Measurement of Energy of Processing Units. IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems / A.Borovyi, V.Kochan, A.Sachenko, V.Konstantakos, V.Yaskilka. - IDAACS'07, Dortmund, Germany, 2007.
2. 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.