

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ СПОЖИВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРІВ

Довбенко Р.В.¹⁾, Кочан В.В.²⁾

Тернопільський національний економічний університет
^{1) магістр; 2) к.т.н., доцент}

I. Постановка проблеми

Вбудовані комп'ютерні системи з автономним живленням широко розповсюджені у ряді галузей. Однією з актуальних задач їх розробки є збільшення часу роботи без відновлення заряду акумуляторів. Існують три основні шляхи вирішення цієї задачі: (i) збільшення енергоємності джерел живлення; (ii) вдосконалення технології виготовлення мікросхем; (iii) оптимізація програмного забезпечення (ПЗ) за енергоспоживанням. Перші два шляхи вимагають фундаментальних досліджень, а третій – лише побудови достатньо точних математичних моделей споживання компонентів систем і розробки ПЗ, яке оцінює затрати енергії на виконання ПЗ користувача. Для побудови моделей потрібне обладнання, яке дозволяє виміряти енергоспоживання окремих команд. Відомі дослідження базувалися на вимірюванні або середньої або миттєвої потужності споживання мікропроцесора, але останні мали велику методичну похибку, тому похибка моделей сягала 7-10%. В [1] запропоновано метод вимірювання миттєвої потужності споживання мікропроцесора, що забезпечує високу точність вимірювання і роботу мікропроцесора в штатному режимі, однак вимірювання на частотах роботи мікропроцесорів для вбудованих систем можуть мати методичні похибки невідомого походження, тому доцільно порівнювати результати їх вимірів із результатами вимірів іншими методами.

II. Мета роботи

Метою роботи є створення методу та засобу вимірювання середньої потужності споживання мікропроцесорів з високою точністю, апаратне забезпечення якого максимально наближене до [1] для того, щоби порівнювати результати вимірювання без додаткових перерахунків і корекції похибок.

III. Метод вимірювання середньої потужності споживання мікропроцесорів

Основна ідея запропонованого методу полягає в тому, що, якщо живити досліджуваний мікропроцесор від регульованого джерела струму (як це зроблено в [1]), то можна так встановити струм джерела, що сумарні відхилення напруги живлення мікропроцесора від номінальної за час дослідження будуть рівні нулю. Відповідним підбором ємності конденсатора в колі живлення мікропроцесора можна добитися, що максимальні відхилення напруги живлення мікропроцесора будуть відносно малі (не більше 0,5-1%). Тоді можна спростити аналогову схему вимірювання середньої потужності та використати для її побудови метод двохтактного інтегрування – один з найточніших методів аналого-цифрового перетворення.

В пропонованому методі досліджуваний мікропроцесор живиться від джерела регульованого струму I_{REF} , аналогічно як і в [1]. Тому, згідно першого закону Кірхгофа, можна записати

$$I_{REF} = I_{MK} \pm I_C + I_R = I_{MK} \pm \frac{\Delta U_C \cdot C}{\Delta t} + I_R, \quad (1)$$

де I_{MK} – струм живлення мікропроцесора; I_C – струм заряду-розряду конденсатора в колі живлення мікропроцесора; \pm – полярність струму при заряді-розряді конденсатора C , плюс при заряді, мінус – при розряді; ΔU_C – зміна напруги на конденсаторі, фіксується першим каналом цифрового осцилографа; Δt – час заряду або розряду; C – ємність конденсатора; I_R – струм через резистор R .

Відповідно до (1) середня потужність споживання мікропроцесора P_{MK} за час T становить

$$P_{MK} = \int_0^T I_{REF} U_i dt - \int_0^T I_R U_i dt - \int_0^T I_C \cdot U_i dt = \int_0^T I_{REF} U_i dt - \int_0^T \frac{U_{O2i} - U_{O1i}}{R} U_i dt - \int_0^T \frac{C}{T} \Delta U_{Ci} \cdot U_i dt, \quad (2)$$

де U_i – поточна напруга на мікропроцесорі; U_{O1i} , U_{O2i} – поточні результати вимірювання напруги першим і другим каналом цифрового осцилографа; ΔU_{Ci} – поточні зміни напруги конденсатора (з врахуванням знаку).

Обчислення (2) на основі поточних значень U_i недоцільні – вони ведуть до дублювання методу [1] і повторення його методичних похибок. Однак аналогова система вимірювання згідно (2) буде складною і матиме значні інструментальні похибки. Відповідно до основної ідеї пропонованого методу приведемо з допомогою системи автоматичного регулювання до нуля відхилення U_i від напруги U_{REF} опорного джерела, тобто $\int_0^T (U_i - U_{REF}) dt \rightarrow 0$, тоді (2) можна переписати як

$$P_{MK} = U_{REF} \int_0^T I_{REF} dt - U_{REF} \int_0^T \frac{U_{O2i} - U_{O1i}}{R} dt - U_{REF} \frac{C}{T} \int_0^T \Delta U_{Ci} dt \quad (3)$$

Однак, якщо $\int_0^T (U_i - U_{REF}) dt \rightarrow 0$, то і $\int_0^T \Delta U_{Ci} dt \rightarrow 0$, бо $\Delta U_{Ci} = U_i - U_{i+1}$. Тоді (3) стане

$$P_{MK} = U_{REF} \left(\int_0^T I_{REF} dt - \int_0^T \frac{U_{O2i} - U_{O1i}}{R} dt \right) = U_{REF} \left(\int_0^T \left(I_{REF} - \frac{U_{O2i} - U_{O1i}}{R} \right) dt \right) \quad (4)$$

що достатньо легко можна реалізувати на основі двохтактного інтегрування. Слід відзначити, що рівність (4), через прирівнювання U_i до U_{REF} , містить методичну похибку, однак за рахунок відповідного вибору ємності конденсатора C цю похибку можна зробити достатньо малою.

IV. Структурна схема вимірювання середньої потужності споживання мікропроцесорів

Структурна схема представлена на рис. 1. Позначення на схемі відповідають позначенням у формулах (1) ... (4). Система автоматичного регулювання служить для зведення до нуля відхилення U_i від U_{REF} . Через можливість самозбудження при поточному регулюванні ця система працює циклічно, тобто змінює I_{REF} лише в проміжку між циклами вимірювання та дає дозвіл на роботу вимірювальної системи тільки тоді, коли середнє відхилення U_i від U_{REF} не перевищує заданого. Вимірювальна система працює згідно (4).

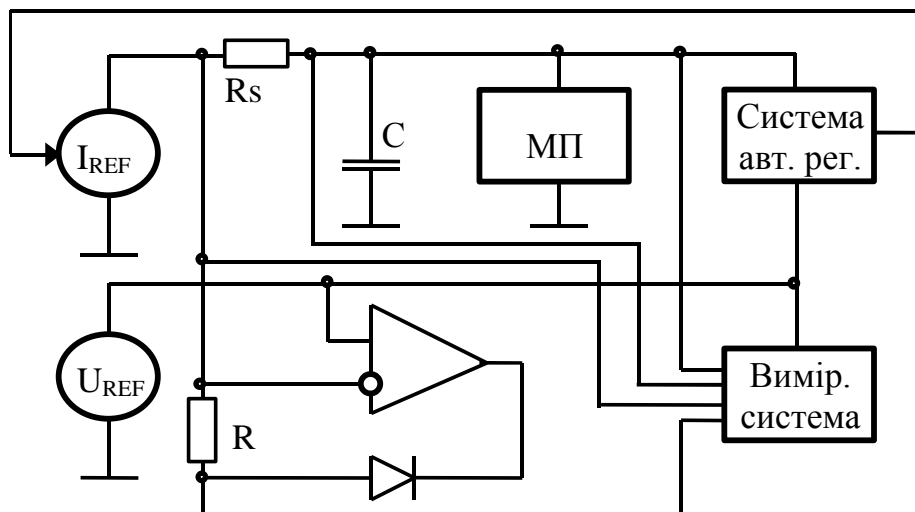


Рисунок 1 - Структурна схема вимірювання середньої потужності споживання мікропроцесорів

Висновок

У роботі запропоновано і досліджено метод вимірювання середньої потужності споживання мікропроцесорів, який, через близькість його схеми до схеми запропонованої в [1], дозволяє порівняти енергію виконання програми за результатами вимірювання середньої потужності споживання мікропроцесора з енергією, обчисленою за миттєвим струмом споживання згідно [1].

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.