

М. В. Чичужко, аспірант,

В. А. Лукашенко, аспірант,

І. А. Зубко, аспірант,

В. М. Лукашенко, д.т.н., професор

Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

МЕТОДИКА ВДОСКОНАЛЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

В роботі запропоновано методику підвищення ефективності мікроконтролерів, які мають енергетичний резерв за потужністю розсіювання кристалу. Розроблено модель багатофункціонального перетворювача кодів з таблично-логічним методом апаратурної реалізації для інтегрування її в МК, яка має швидкодію, адекватну класичному табличному методу. Вона забезпечує роботу в режимах: перетворювача коду Грея в двійковий код; перетворювача двійкового коду в код Грея; перетворювача однополярного коду Баркера в двійковий код. Проведено верифікацію цих процедур для відповідного мікроконтролера. За допомогою розрахунків енергетичних показників при включенні додатково вбудованого багатофункціонального перетворювача підтверджується можливість інтегрувати його в кристал обраного мікроконтролера. Це зменшує габарити мікропроцесорних систем та збільшує час напрацювання на 3, ..., 4 порядки порівняно з побудовою на дискретних елементах.

Ключові слова: мікроконтролер, потужність розсіювання, таблично-логічний перетворювач кодів.

Актуальність дослідження. В сучасному світі масово застосовують мікроконтролери (МК) в системах керування автономними об'єктами: в побутових, медичних приладах, в галузі космічної та навігаційної техніки, в промисловості, контрольно-обчислювальних комплексах, а також при проектуванні сучасного лазерного технологічного обладнання. Процес технічного вдосконалення компонентів мікропроцесорних систем (МПС) швидко розвивається і вже через 2-3 роки використання вони морально застарівають через обмеження функціональних можливостей. Для зняття цих обмежень використовуються додаткові сопроцесори, збільшується кількість елементів, що знижує час напрацювання МПС на відмову. В той же час життєвий цикл сучасного технологічного обладнання перевищує цей термін у 3, ..., 6 і більше разів. Перехід на нову компонентну базу вимагає витрат на переобладнання технологічних комплексів, що економічно не вигідно.

Питанням побудови мікропроцесорних систем на базі мікроконтролерів присвячено ряд робіт В. І. Бойка, В. Б. Бродіна, Е. А. Вейсова, О. Е. Вершиніна, В. Д. Горбунова, В. Н. Грасевича, А. М. Гуржія, А. В. Євстигнеєва, Б. М. Кагана, В. Ф. Козаченка,

Д. В. Пузанкова, К. Г. Самофалова, Ю. О. Скобцова, В. П. Тарасенка, R. L. Tokheim, В. Randell та ін. Але в цих роботах недостатньо описані методики вдосконалення мікроконтролерів за рахунок розширення функціональних можливостей на єдиному кристалі.

Тому, дослідження МК як базового компонента мікропроцесорних систем керування для спеціалізованого лазерного технологічного обладнання, що пов'язане з вирішенням науково-технічної проблематики: одночасного забезпечення багатофункціональності МК, високої надійності, швидкодії, є актуальною задачею.

Постановка задачі. Метою роботи є розробка методики вдосконалення сучасних МК за рахунок визначення енергетичного резерву та розробки багатофункціональної моделі таблично-логічного перетворювача кодів для інтегрування її на кристалі визначеного МК.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

1) створити перелік сучасних МК з основними технічними параметрами, що характеризують їх енергетику;

2) запропонувати математичну модель енергетичного показника, величина якого характеризує енергетичний резерв МК, і визна-

чити типи МК, що мають найбільший енергетичний показник;

3) розробити модель багатофункціонального перетворювача кодів для спеціалізованого лазерного технологічного обладнання;

4) запропонувати узагальнену образно-знакову модель вдосконаленого МК;

5) провести верифікацію та побудувати образно-знакову модель показників енергетичного резерву МК;

6) сформулювати проектні операції методики вдосконалення МК.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення поставлених задач пропонується перелік сучасних МК різних фірм виробників, а саме Atmel, Microchip і Fujitsu. В роботах [1, 3, 5, 6] показано, що як відповідні параметри, які характеризують енергетику МК, достатньо взяти такі: T_c – максимальна робоча температура, °C; U – робоча напруга, B ; I – струм живлення, A , значення яких зведені в табл. 1. При цьому, визначення енергетичного резерву МК

здійснюється за допомогою використання властивостей теорії неповної подібності та розмірностей.

Математична модель розрахунку енергетичного показника (K_p), що враховує потужність розсіювання кристалу (P_p) та потужність споживання МК ($P_{cn MK}$), має вигляд:

$$K_p = \frac{P_p}{P_{cn MK}}, \quad (1)$$

Потужність розсіювання кристалу мікроконтролера (P_p) обчислюється за формулою [1]:

$$P_p = \frac{150 - T_c}{0,23}, \quad (2)$$

Потужність споживання МК розраховується за формулою:

$$P_{cn MK} = U \cdot I. \quad (3)$$

Отримані дані P_p , K_p представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік основних технічних параметрів та енергетичного показника сучасних МК

	Назва мікроконтролера	U , В	I , А	T_c , °C	P_p , мВт	K_p
	ATMega8	5,5	0,3	+125	108,7	0,066
	ATmega169PAuto	6	0,2	+85	282,61	0,236
	AT90S1200	5,5	0,2	+125	108,7	0,099
	AT90S2313	6	0,2	+85	282,61	0,236
	MB90F523B	5,5	0,06	+85	282,61	0,856
	MB90F543G/GS	5,5	0,06	+85	282,61	0,934
	MB90F562B	5,5	0,05	+85	282,61	1,028
	MB90F583C/CA	5,5	0,05	+85	282,61	1,028
	MB90F474L	3,6	0,07	+85	282,61	1,189
0	dsPIC30F1010	5,5	0,3	+125	108,7	0,066

З табл. 1 видно, що найбільший енергетичний резерв має 16-розрядний КМОП мікроконтролер серії MB90F474L фірми Fujitsu.

Зважаючи на те, що процес обробки інформації в МПС спеціалізованого лазерного технологічного комплексу містить процедуру перетворення різних кодів з двійковою основою, розроблена багатофункціональна модель таблично-логічного перетворювача кодів з коротезним методом апаратурної реалізації, яка зображена на рис. 1.

Запропонований таблично-логічний перетворювач кодів (ТЛПК) має розширені

функціональні можливості, а саме:

- робота в режимі перетворювача коду Грея в двійковий код;
- робота в режимі перетворювача двійкового коду в код Грея;
- робота в режимі перетворювача однополярного коду Баркера в двійковий код.

Процес перетворення ТЛПК детально описаний в роботі [2].

Верифікація вдосконалення МК за рахунок запропонованого таблично-логічного перетворювача кодів на кристалі здійснюється наступним чином.

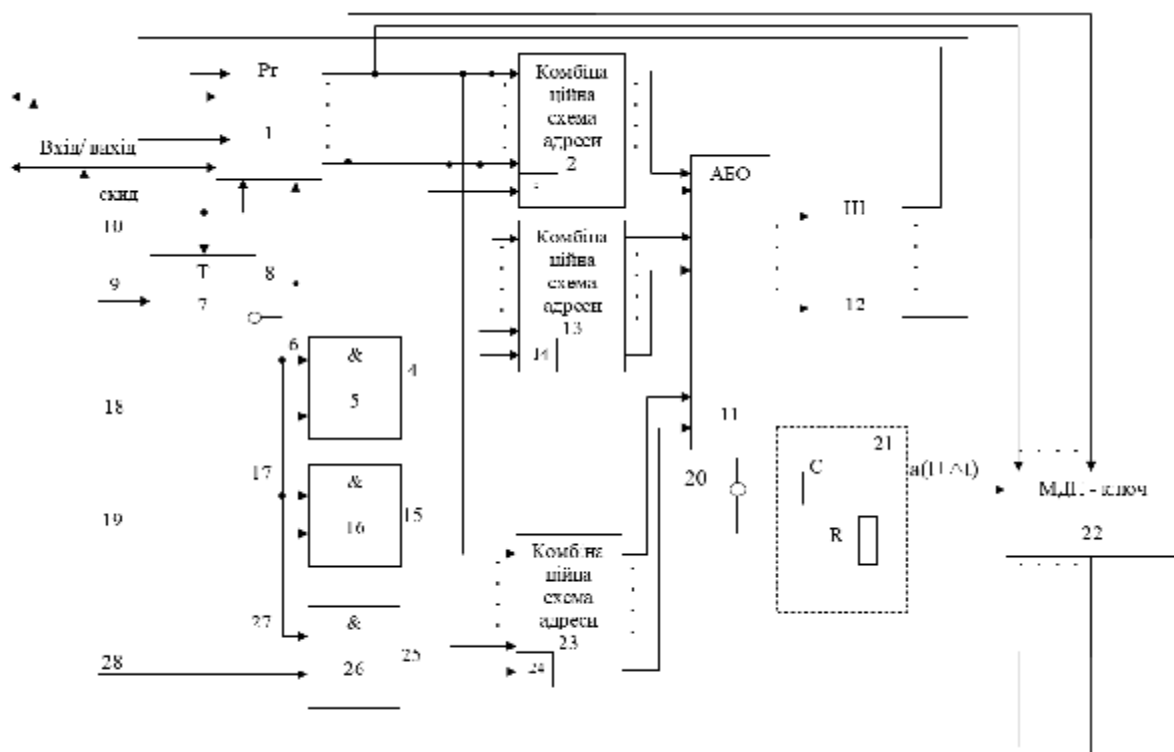


Рис. 1. Модель таблично-логічного перетворювача кодів

За узагальненою математичною моделлю потужність споживання перетворювача визначається за формулою

$$P = nP_1 + wP_2 + hP_3 + lP_4 + P_5, \quad (4)$$

де P_1 – потужність споживання одного розряду регістра; P_2 – потужність споживання ланцюга видачі однієї адреси; P_3 – потужність споживання одного логічного елемента; P_4 – потужність споживання одного розряду числового блока пам'яті; P_5 , – потужність МДП-ключів, n – кількість розрядів перетворювача; w – кількість ланцюгів видачі однієї адреси; h – кількість логічних елементів; l – кількість розрядів числового блока пам'яті.

Потужність ТЛПК залежить від принципів побудови перетворювачів, а також розрядності коду n та кількості кортежів m . Припустимо, що $m=4$, $P_2=P_3=P_4=10$ мкВт, $P_1=4P_2$, $P_5=50$ мкВт [6]:

$$P_{ТЛПК} = (n+1)P_1 + mP_2(2^{n/m}-1) + 3P_3(2^{n/m}+4) + nP_4 + P_5, \quad (5)$$

де $n/m=r$ – розрядність кортежів.

Підрахувавши кількість відповідних компонентів таблично-логічного перетворю-

вача кодів та потужності споживання відповідних елементів пристрою для розрядності $n=16$ та $r = n/m = 4$, відношення (5) набуває вигляду:

$$P_{ТЛПК} = 680 \cdot 10^{-6} + 600 \cdot 10^{-6} + 600 \cdot 10^{-6} + 160 \cdot 10^{-6} + 50 \cdot 10^{-6} = 2090 \cdot 10^{-6} = 2,09 \text{ мВт.}$$

Проводиться моніторинг запропонованої моделі МК за енергетичним критерієм. Використовуючи формули (2) і (3), для обраного МК обчислюються значення потужності:

$$P_p = \frac{150 - 85}{0,23} = 282,61 \text{ мВт,}$$

$$P_{сн МК} = 3,6 \cdot 0,07 = 252 \text{ мВт.}$$

При додатковому введенні на кристалі таблично-логічного перетворювача кодів значення сумарної потужності споживання обчислюється за формулою:

$$P_{\Sigma} = P_{сн МК} + P_{ТЛПК} = 254,09 \text{ мВт.}$$

Величина K_p , яка характеризує енергетичний резерв МК:

$$K_p = \frac{P_p}{P_{\Sigma}} = \frac{282,6}{254,09} = 1,11 > 1.$$

Розрахунок підтверджує, що удосконалений мікроконтролер забезпечує надійні умови експлуатації, тому що $P_p > P_{\Sigma}$, і не потребує примусового охолодження. Візу-

алізація розрахунків показників, що характеризують енергетичний резерв відповідних МК, зображена на рис. 2.

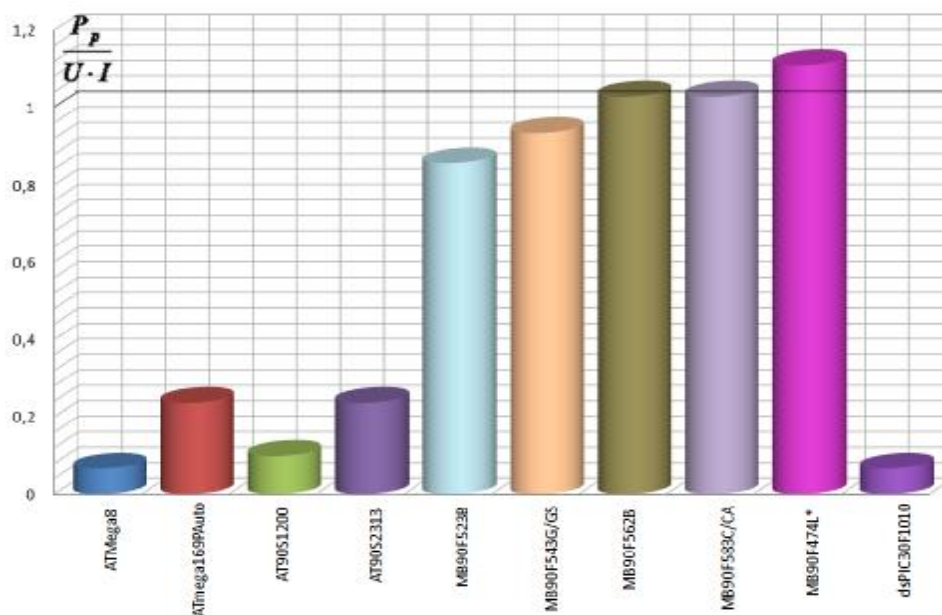


Рис. 2. Знакова модель показників енергетичного резерву для різних типів мікроконтролерів

Примітка: * – вдосконалений мікроконтролер.

Верифікація моделі (рис. 2) підтверджує, що визначений МК можна удосконалити за рахунок додаткового введення в межах площі єдиного кристалу таблично-

логічного перетворювача кодів. Образно-знакова модель вдосконаленого мікроконтролера зображена на рис. 3.

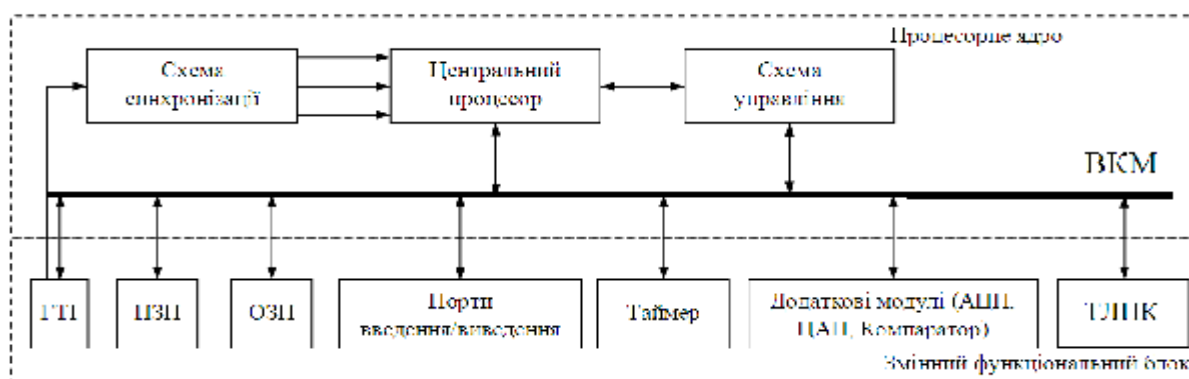


Рис. 3. Образно-знакова модель вдосконаленого мікроконтролера

ВКМ – внутрішня контролерна магістраль;
 ГТІ – генератор тактових імпульсів;
 ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій;
 ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій;
 ТЛПК – таблично-логічний перетворювач кодів.

В даній роботі запропоновано методику

вдосконалення мікроконтролерів, яка включає:

- 1) створення переліку сучасних МК з основними технічними параметрами, що характеризують його енергетику;
- 2) розробку математичної моделі енергетичного показника, величина якого характе-

ризує енергетичний резерв МК;

3) розрахунки енергетичних показників для створеного переліку сучасних МК;

4) визначення типів МК, що мають найбільший резерв за допомогою енергетичного показника;

5) визначення моделі, яка є найбільш потрібною в МПС, що проектується для спеціалізованого лазерного технологічного обладнання;

6) розробку моделі багатофункціонального перетворювача кодів з таблично-логічним методом апаратурної реалізації для інтегрування його в МК, що забезпечує високу надійність та швидкодію МПС спеціалізованого лазерного технологічного обладнання;

7) проведення розрахунку потужності споживання багатофункціонального перетворювача кодів;

8) проведення верифікації можливості вдосконалення МК за енергетичним критерієм при додатковому введенні багатофункціонального таблично-логічного перетворювача кодів та побудовання образно-знакової моделі показників енергетичного резерву МК;

9) створення узагальненої образно-знакової моделі вдосконаленого МК;

Висновки:

▪ Запропоновано методу підвищення ефективності МК, які мають енергетичний резерв за потужністю розсіювання його кристалу. Вона дозволяє скоротити час при проектуванні нового МК з найбільш розширеними функціональними можливостями за рахунок збереження вже відпрацьованих процедур проектування і його виготовлення.

▪ Розроблено оригінальну модель багатофункціонального перетворювача кодів з таблично-логічним методом апаратурної реалізації для інтегрування її в МК, яка має швидкодію, адекватну класичному табличному методу. Вона забезпечує роботу в режимах: перетворювача коду Грея в двійковий код; перетворювача двійкового коду в код Грея; перетворювача однополярного коду Баркера в двійковий код. Оригінальність моделі підтверджується патентом на винахід України [2].

▪ Проведено верифікацію цих процедур для мікроконтролера серії MB90F474L фірми Fujitsu, який має найбільший резерв, що підтверджується візуалізацією. За допомогою

розрахунків енергетичних показників при включенні додатково вбудованого багатофункціонального перетворювача підтверджується можливість інтегрувати його в кристалі MB90F474L. Це зменшує габарити МПС та збільшує час напрацювання на 3, ..., 4 порядки порівняно з побудовою на дискретних елементах.

В подальшому планується проведення дослідження на гомогенність значень коригуючих констант.

Список літератури

1. Лукашенко В. М. Метод розширення функціональних можливостей сучасних мікроконтролерів / В. М. Лукашенко, М. В. Чичужко, Д. А. Лукашенко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – № 6. – С. 186–189. – (Серія : технічні науки).
2. Пат. 89784 U Україна, МПК (2014.01) G 06 F 5/00. Таблично-логічний перетворювач кодів / В. М. Лукашенко, І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, В. А. Лукашенко, М. В. Чичужко, Д. А. Лукашенко; заявник та власник В. М. Лукашенко. – № u 2013 15042; заявл. 23.12.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8.
3. Lukashenko V. M. Determination method of efficiency units for conditional similarity criterion / V. M. Lukashenko, M. V. Chichuzhko, D. A. Lukashenko, V. A. Lukashenko // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси : ЧДТУ, 2013. – № 2. – С. 44–47. – (Серія : технічні науки).
4. Lukashenko V. M. Creation of multicriteria qualitative evaluation method of microcontroller manufacturers / V. M. Lukashenko, M. V. Chichuzhko, A. G. Lukashenko, V. A. Lukashenko // Przemysł: Nauka I studia, 2013. – NR 17 (85). – С. 97–102.
5. Лукашенко В. М. Системний аналіз сучасних моделей супервізорів та визначення напрямку їх вдосконалення / В. М. Лукашенко, М. В. Чичужко, А. Г. Лукашенко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси : ЧДТУ, 2013. – № 4. – С. 33–37. – (Серія : технічні науки).
6. http://ikit.edu.sfu-kras.ru/files/3/L_29.pdf

References

1. Lukashenko, V. M., Chichuzhko, M. V. and Lukashenko, D. A. (2013) The method of enhancement of modern microcontrollers functionality. *Visnyk Khmelnyts'kogo natsional'nogo universitetu. Seriya: technichni nauky*. Khmelnytskyi: KNU, (6), pp. 186–189 [in Ukrainian].
2. Pat. 89784 U Ukraine, IPC (2014.01) G 06F 5/00. Lukashenko, V. M., Zubko, I. A., Lukashenko, A. G., Lukashenko, V. A., Chichuzhko, M. V. Tabular logic codes converter. № u 2013 15042; stat. 23.12.2013; publ. 25.04.2014, Bull. № 8 [in Ukrainian].
3. Lukashenko, V. M., Chichuzhko, M. V., Lukashenko, D. A. and Lukashenko, V. A. (2013) Determination method of efficiency units for conditional similarity criterion. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo technologichnogo universitetu. Seriya: technichni nauky*. Cherkasy: ChDTU, (2), pp. 44–47.
4. Lukashenko, V. M., Chichuzhko, M. V., Lukashenko, A. G. and Lukashenko, V. A. (2013) Creation of multicriteria qualitative evaluation method of microcontroller manufacturers *Przemysł: Nauka i studia*, 17 (85), pp. 97–102.
5. Lukashenko, V. M., Chichuzhko, M. V. and Lukashenko, A. G. (2013) System analysis of modern supervisor models and the ways of their improvement. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo technologichnogo universitetu. Seriya: technichni nauky*. Cherkasy: ChDTU, (4), pp. 33–37 [in Ukrainian].
6. Internet. Available from: <http://ikit.edu.sfu-kras.ru/files/3/L_29.pdf>

Стаття надійшла до редакції 27.08.2014 р.

M. V. Chichuzhko, postgraduate student,
V. A. Lukashenko, postgraduate student,
I. A. Zubko, postgraduate student,
V. M. Lukashenko, D.Sc., professor
 Cherkasy State Technological University
 Shevchenko Blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

THE METHOD OF MICROCONTROLLERS IMPROVEMENT

In the article the method of improvement of the efficiency of microcontrollers which have a power reserve in crystal dissipation power is offered. The model of multifunctional converter of codes with table-logical method of hardware implementation for its integrating into the microcontroller, which has the performance, adequate to classical table method, is developed. It provides the work in such modes: the converter of Gray code to binary code; the converter of binary code to Gray code; the converter of unipolar Barker code to binary code. The verification of these procedures for relevant microcontroller is done. By calculating energy performance with the inclusion of an additional built-in multifunctional converter the possibility to integrate it into the crystal of chosen microcontroller is confirmed. This reduces the size of microprocessor systems and increases the operating time on 3,...4 orders in comparison with the construction based on discrete elements.

Keywords: microcontroller, dissipation power, tabular-logic codes converter.