

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 629.735.083.06

АЛИ АЛЬ-АММОРИ, Х.А. АЛЬ-АММОРИ, А.Е. КЛОЧАН, И.Н. ВЕРХОВЕЦКАЯ
Национальный транспортный университет, Киев, Украина

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МИКРОПРОЦЕССОРА В
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ**

Предлагаются два способа решения задачи оптимальной загрузки микропроцессора в режиме реального времени: графический метод последовательного выбора режимов работы микропроцессора с несколькими темпами и классический метод, который основан на выборе методом Гаусса-Зейделя оптимального значения квадратичной функции из ряда ее экстремальных значений.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, графический метод, метод Гаусса-Зейделя, эшелонирование, микропроцессор, оптимальная загрузка.

АЛІ АЛЬ-АММОРИ, Х.А. АЛЬ-АММОРИ, А.Е. КЛОЧАН, І.М. ВЕРХОВЕЦЬКА
Національний транспортний університет, Київ, Україна

**ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ЗАГРУЗКИ МІКРОПРОЦЕСОРА В ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ
СИСТЕМАХ**

Пропонуються два способи вирішення завдання оптимального завантаження мікропроцесора в режимі реального часу: графічний метод послідовного вибору режимів роботи мікропроцесора з декількома темпами і класичний метод, який полягає в виборі за допомогою методу Гаусса-Зейделя оптимального значення квадратичної функції з ряду її екстремальних значень.

Ключові слова: інформаційно-керуюча система, графічний метод, метод Гаусса-Зейделя, ешелонування, мікропроцесор, оптимальне завантаження.

ALI AL-AMMOURI, H.A. AL-AMMORY, A.E. KLOCHAN, I.N. VERKHOVETSKAYA
National Transport University, Kiev, Ukraine

**CHOOSING THE OPTIMUM LOADING OF THE MICROPROCESSOR IN INFORMATION-CONTROL
SYSTEMS**

Two ways to solve the problem of the microprocessor's optimum loading in real-time mode are proposed: a graphical method for sequential selection of microprocessor's working modes with several temps and a classical method based on the choosing the optimal value of the quadratic function from a number of its extreme values by used of Gauss-Seidel method

Keywords: information-control system, graphical method, Gauss-Seidel method, echelonment, microprocessor, optimum loading.

Постановка проблеми

Для обеспечения управления сложными технологическими процессами в информационно-управляющих системах (ИУС) микропроцессорная система должна работать в большом количестве режимов работы с разными темпами выполнения операций. При этом необходимо решать очень сложную задачу оптимального распределения времени занятости микропроцессора (МП) в различных режимах работы с разными темпами их выполнения с учетом быстродействия МП [1]. Такая задача, как правило, будет многоэкстремальной. Суть ее решения заключается в создании алгоритма выбора оптимального варианта работы МП в режиме реального времени, иными словами, необходимо выбрать наиболее оптимальный вариант из числа возможных вариантов.

Анализ последних исследований и публикаций

Вопрос оптимизации работы микропроцессора в системах управления рассматривается в следующих источниках. В работе [2] рассматриваются вопросы применения интегральных схем для проектирования цифровых устройств, а также архитектура, система команд, шинные приемопередатчики, проектирование микроконтроллеров на микропроцессорах, разработка программного обеспечения. В работах [3, 4] приведена классификация микропроцессоров и микропроцессорных комплексов больших интегральных микросхем и сведения о микропроцессорных комплексах универсального назначения. Приводятся данные о структуре, и системах команд микропроцессоров, временных соотношениях сигналов.

В работе [5] рассматривается вопрос выбора микроконтроллера с точки зрения минимизация затрат средств и времени на основе 8-разрядного микроконтроллера AVR корпорации Atmel. Показаны все этапы разработки устройств на микроконтроллерах. Особое внимание уделено связи предлагаемых схемных решений с программным обеспечением разрабатываемых устройств. В работе [6] представлена обобщенная структурная схема системы управления на базе микроконтроллеров (МК), рассмотрены архитектурные принципы построения МК, их процессорного ядра, системы памяти и современной номенклатуры периферийных устройств. В работе [7] рассмотрены вопросы организации работы микропроцессорных средств, функциональные возможности и характеристики аппаратных средств микроконтроллеров, особенности программирования на ассемблере, приведены примеры программ для выполнения типовых функций, даны краткие рекомендации по технической реализации алгоритмов управления. Анализ исследований и публикаций показывает, что вопрос выбору оптимальной загрузки микропроцессора в информационно-управляющих системах в режиме реального времени рассматривался не в полной мере.

Цель исследования

Основная цель работы заключается в выборе оптимального режима работы МП, для обеспечения управления сложными технологическими процессами в современных информационно-управляющих системах (ИУС), где микропроцессорная система, как правило, работает в режиме реального времени, то есть выполнять большое количество различных операций с разными темпами их выполнения. При этом необходимо решать очень сложную задачу оптимального распределения времени занятости микропроцессора (МП) в разных режимах работы с учетом быстродействия МП для организации приоритетного обслуживания в ИУС.

Основная часть

Для обеспечения качественного и своевременного управления работой ИУС микропроцессор должен работать в режиме реального времени, сущность которого можно объяснить с помощью диаграмм (рис.1).

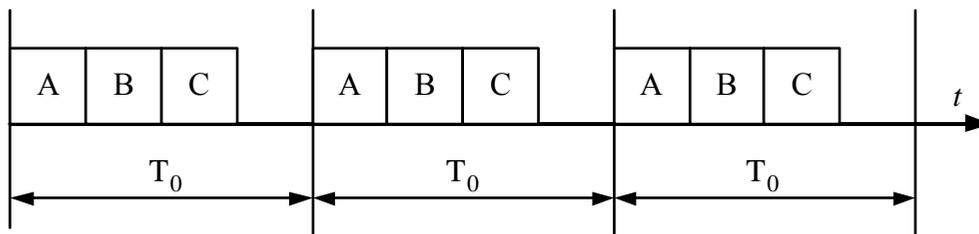


Рис. 1. Диаграмма работы МПС в режиме реального времени

Согласно графику МП работает с заданным темпом T_0 , циклически повторяя выполнение программ: А – ввода данных, В – обработки данных, С – вывода результатов обработки на индикатор и устройство управления [8].

Основной недостаток такого способа работы МП заключается в том, что после выполнения программы С, МП обязательно должен простаивать, ожидая прихода очередного временного сигнала с интервалом T_0 для его переключения в режим А. В противном случае, временной сигнал переключения с интервалом T_0 придёт только тогда, когда МП выполнит программу С, а это будет означать, что МП не справляется с работой в режиме реального времени.

С другой стороны, систематические простои МП являются экономическим расточительством вычислительных ресурсов. Для повышения экономической эффективности целесообразно организовать работу МП в многозадачном режиме реального времени, как это показано на рис.2. На диаграмме (рис.2) показана работа МП с тремя темпами выполнения вычислительных задач.

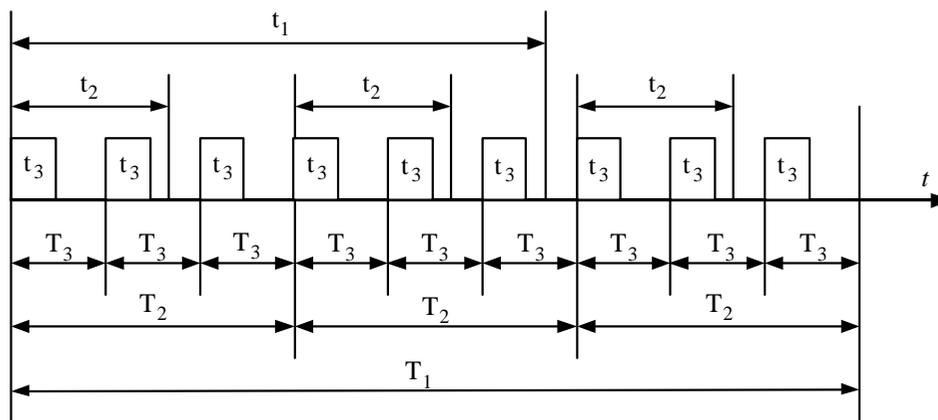


Рис. 2. Диаграмма работы МП в режиме реального времени с тремя темпами T_1, T_2, T_3

В соответствии с диаграммой (рис.2) МП работает в трех темпах выполнения вычислительных задач. При этом с темпом T_3 выполняются задачи за время t_3 , с темпом T_2 , - соответственно, за время t_2 , после того, как выполнялись задачи с темпом T_3 , а с темпом T_1 выполняются задачи за время t_1 , после того как выполнились задачи с темпами T_3 и T_2 . Между темпами T_1, T_2, T_3 существуют постоянные соотношения:

$$\left. \begin{aligned} n &= T_1 / T_2 \\ m &= T_2 / T_3 \\ k_i &= T_i / t_i \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

На основании диаграммы (рис.2.) и соотношений (1) можно определить следующие зависимости:

- $(T_3 - E_3 - t_3) \times m$ - резерв времени для работы МП с темпами T_2 и T_1 ;
- $(T_3 - t_3) \times m \times n + (T_2 - t_2) \times n$ - резерв времени для работы МП с темпом T_1 ;
- $(T_3 - t_3) \times m \times n + (T_2 - t_2) \times n + T_1 - t_2$ - свободное неиспользуемое время.

В общем виде, функцию $F(t_1, t_2, t_3)$ неиспользуемого резерва времени можно записать в следующем виде:

$$F(t_1, t_2, t_3) = T_3 \times m \times n - t_3 \times m \times n - t_2 \times n - t_1 > 0 \quad (2)$$

Функция $F(t_1, t_2, t_3)$ должна быть всегда положительная. В противном случае МП не будет справляться с работой в режиме реального времени.

Резерв $R(t_1, t_2, t_3)$ реального времени можно записать также и в таком виде:

$$R(t_1, t_2, t_3) = T_1 - t_3 \times m \times n - t_2 \times n - t_1 > 0 \quad (3)$$

Если учитывать быстродействие МП, то есть число V операций, которые выполняются за 1 сек., а также необходимое число операций K_1, K_2, K_3 , которые должны быть выполнены в сроки t_1, t_2, t_3 , то неравенство (3) можно записать в следующем виде:

$$R(K_1, K_2, K_3) = V \times T_1 - K_3 \times m \times n - K_2 \times n - K_1 > 0 \quad (4)$$

С помощью формулы (2), которая определяет функцию $F(t_1, t_2, t_3)$, можно составить номограмму, которая показана на рисунке 3.

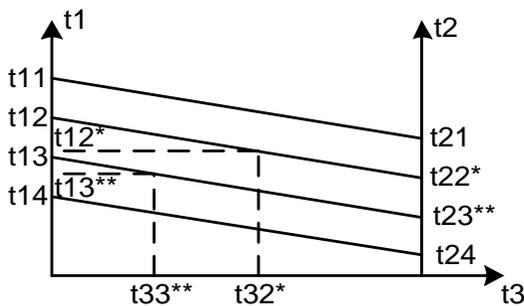


Рисунок 3. Номограмма оценок интервалов t_1, t_2, t_3 выполнения задач в МП в режиме реального времени

Номограмма (рис.3) позволяет наглядно определить оптимальный процесс загрузки МП в режиме реального времени. Если, например, МП занят в течение времени $t22^*$ работает с темпом T_2 и на протяжении времени $t32^*$ работает с темпом T_3 , то в режиме реального времени с темпом T_1 он может работать не больше, чем интервал $t13$.

Предложенный метод определения необходимой загрузки МП, который работает с тремя темпами работы T_1, T_2, T_3 в соответствии с номограммой (рис.3), можно расширить путем увеличения необходимых темпов T_i работы в режиме реального времени способом эшелонирования [8].

На рисунке 4 показана возможность увеличения числа темпов работы с трех (T_1, T_2, T_3) до пяти (T_1, T_2, T_3, T_4, T_5). На диаграмме темп T_1 , содержит темпы T_2 , и T_3 . При этом диаграмма на рисунке 4 дополняет диаграмму на рисунке 2.

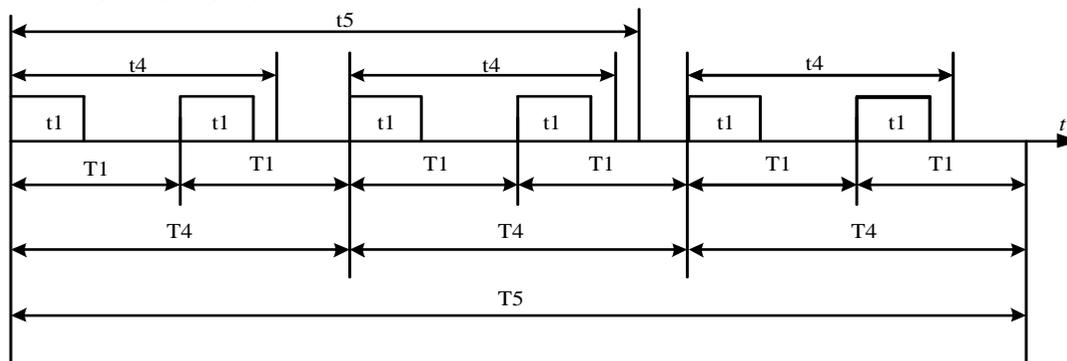


Рис. 4. Диаграмма возможности расширения числа темпов работы с трех до пяти в режиме реального времени

При этом соотношения (2) можно легко расширить с целью учета темпов T_4 , и T_5 , соответственно получим следующую формулу:

$$F(t_1, t_2, t_3, t_4, t_5) = T_3 \cdot m \cdot n \cdot m_1 \cdot n_1 - t_3 \cdot m \cdot n \cdot m_1 \cdot n_1 - t_2 \cdot n \cdot m_1 \cdot n_1 - t_1 \cdot m_1 \cdot n_1 - t_1 \cdot n_1 - t_3 > 0 \quad (5)$$

где m_1, n_1 - коэффициенты соотношения между темпами T_4 , и T_5 , соответственно, и определяются следующими выражениями:

$$m_1 = T_4 / T_1$$

$$n_1 = T_5 / T_4$$

Аналогично номограмме (рис.3), можно составить номограмму оценки интервалов времени t_1, t_4, t_5 для решения задач обеспечения оптимального процесса загрузки МП в режиме реального времени. В соответствие с новой номограммой можно определить зависимость времени работы t_5 , если заданы интервалы работы t_1 и t_4 . Потом на втором этапе эшелонирования в соответствии с номограммой (рис.3) можно определить временные интервалы t_2, t_3 . Такой метод эшелонирования поиска оптимальной загрузки МП является точным, но сложным и недостаточно удобным. Этот метод решения задачи оптимальной загрузки МП в режиме реального времени называется графическим методом последовательного выбора работы МП с несколькими темпами.

Другой метод решения задачи оптимальной загрузки МП в режиме реального времени - это классический метод, который основан на выборе методом Гаусса-Зейделя оптимального значения квадратичной формулы из ряда ее экстремальных значений. Рассмотрим детальнее этот метод.

Из курса алгебры [9, 10, 11] известно такое важное понятие, как квадратичная форма (КФ), которую можно представить формулой:

$$\varphi(t, f) = |f_3 \ f_2 \ f_1| \cdot T \cdot \begin{pmatrix} f_3 \\ f_2 \\ f_1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где $|f_3 \ f_2 \ f_1|$ - вектор частот потоков требований для работы МП в одном из трех соответствующих режимов; частота потока $f_i = \frac{I}{T_i}$; T - квадратная матрица вида:

$$T = \begin{vmatrix} T_3 - t_3 & \frac{t_2}{m} & \frac{t_1}{n \cdot m} \\ m \cdot t_3 & T_2 - t_2 & \frac{t_1}{n} \\ m \cdot n \cdot t_3 & n \cdot t_2 & T_1 - t_1 \end{vmatrix} \quad (7)$$

Известно [10, 11], что КФ (6) может иметь минимальное значение $K\Phi_{min}$, если матрица T положительно определена. Это будет иметь место тогда, когда определитель матрицы T будет положительным. В свою очередь, этот определитель $|T|$ может быть положительным при выполнении условия, когда в каждой строке диагональный элемент матрицы T будет больше суммы недиагональных элементов, т.е.

$$\left. \begin{aligned} T_3 - t_3 &> \frac{t_2}{m} + \frac{t_1}{n \cdot m} \\ T_2 - t_2 &> m \cdot t_3 + \frac{t_1}{n} \\ T_1 - t_1 &> m \cdot n \cdot t_3 + n \cdot t_2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

При выполнении условия (8) легко найти минимальное значение квадратичной формы (6).

Например, методом Гаусса-Зейделя [1, 9] последовательного перебора в пространстве изменений аргументов f_1, f_2, \dots, f_n можно составить алгоритм и определить экстремальное значение в соответствии с задачей оптимальной загрузки МП, работающего в режиме реального времени, с реальными темпами работы.

Рассмотрим алгоритм решение задачи выбора оптимальной загрузки микропроцессора в ИУС с помощью программной среды Mathcad,

1. Задание входных данных: $m=3$; $n=4$; $t_3=10$; $t_2=20$; $t_1=180$.
2. Вычисление минимальных оптимальных темпов выполнения вычислительных задач:

$$T_3 = \frac{t_2}{m} + \frac{t_1}{m \cdot n} + t_3 + 1; \quad T_2 = m \cdot t_3 + \frac{t_1}{n} + t_2 + 1; \quad T_1 = m \cdot n \cdot t_3 + n \cdot t_2 + t_1 + 1.$$

$$T_3 = 36; \quad T_2 = 106; \quad T_1 = 421.$$

3. Вычисление частот потоков требований для работы МП в соответствующем режиме:

$$f_3 = \frac{1}{T_3}; \quad f_2 = \frac{1}{T_2}; \quad f_1 = \frac{1}{T_1}.$$

$$f_3 = 0,028; \quad f_2 = 0,0094; \quad f_1 = 0,0024.$$

4. Задание квадратной матрицы T .

5. Вычисление значение квадратичной формы: $\varphi(t, f) = \begin{vmatrix} f_3 & f_2 & f_1 \\ f_3 & f_2 & f_1 \end{vmatrix} \cdot T$.

$$\varphi(t, f)_{min} = 0,051$$

Выводы

1. Результаты исследования показывают, что как графический, так и классический методы имеют свои положительные и отрицательные стороны выбора оптимального режима работы МП.
2. Графический метод является трудоемким, с помощью такого метода не всегда удается найти наиболее оптимальный режим работы. Этот метод целесообразно применять в таких условиях, когда число разных темпов работы МП невелико.
3. Классический метод позволяет автоматизировать процесс решения задачи с помощью компьютера, но при этом может иметь место недостаточная точность выбора оптимального режима работы МП, т.е. могут иметь место нежелательные несовпадения режимов работы.

Список литературы

1. Гуров В.В. Микропроцессорные системы: учебник / В.В. Гуров. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 336 с.
2. Нарышкин А.К. Цифровые устройства и микропроцессоры. / А.К. Нарышкин. - М.: Академия, 2006. - 320 с.
3. Шахнов В.А. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем. Справочник в 2-х томах. Том 1 / В.А. Шахнов. - М.: Радио и связь, 1988. - 368 с.
4. Шахнов В.А. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем. Справочник в 2-х томах. Том 2 / В.А. Шахнов. - М.: Радио и связь, 1988. - 368 с.
5. Баранов В.Н. Применение контроллеров AVR: схемы, алгоритмы программы. / В.Н. Баранов. - М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2004. - 288 с.
6. Васильев А. Е. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений: Учеб. пособие / Васильев А.Е. - СПб.: БХВ-Петербург, 2008. - 304 с.
7. Иванов Ю.И., Югай В.Я. Микропроцессорные устройства систем управления: Учебное пособие. / Ю.И. Иванов, В.Я. Югай - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. - 133 с.
8. Патент 94250 UA, МПК G07F 19/00, G06F 17/00, B64D 47/00 (2014/01) Спосіб розрахунку методом ешелонування / Синеглазов В.М., Аль-Амморі Алі, Соченко П.С., Кеменяш Ю.М., Кульбака А.В., Калмикова Л.М., Власюк І.І.; заявник Національний авіаційний університет. - № 201404054; заявл. 16.04.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 21, 2014 р.
9. Корн Г., Справочник по математике (для научных работников и инженеров). / Г. Корн, Т. Корн. - М.: Наука, 1977. - 832 с.
10. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики. / Б. П. Демидович, И. А. Марон. - М.: Наука, 1970.- 664 с.
11. Ефимов. Н.В. Квадратичная форма и матрицы. / Н.В. Ефимов. - М.: Наука, 1972. - 160 с.