Научная статья
Original article
УДК 675.92.02

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МИКРОПРОЦЕССОРА

CHOOSING THE OPTIMAL LOAD OF THE MICROPROCESSOR

Бикбулатов Радмир Ильдарович, студент 2 курс, факультет «Автоматизация технологических процессов и производств», Институт теплоэнергетики, Россия, г. Казань

Bikbulatov Radmir Ildarovich, 2nd year student, Faculty of Automation of Technological Processes and Productions, Institute of Thermal Power Engineering, Russia, Kazan

Аннотация: статья посвящена исследованию вопроса оптимальной загрузки микропроцессора. Для решения этого вопроса предложено несколько методов: графический метод последовательного выбора режимов работы микропроцессора, классический метод, который заключается в выборе оптимального значения квадратичной формы и путем математического моделирования с последующим выбором оптимальной пары параметров. Решение этого вопроса является актуальным при исследовании эффективности работы микропроцессора, исследовании возможности дополнительной нагрузки процессора и для других целей.

Annotation: the paper deals with the question of optimal loading of the microprocessor. Several methods it has been suggested for solving this problem: the graphical method for sequential selection of microprocessor's working modes, the

classical method based on the choosing the optimal value of the quadratic function and the method of mathematical modeling with the subsequent choice of the optimal twain parameters. Solving this issue is relevant in the study of the microprocessor efficiency, the study the possibility of additional processor load and for other purposes.

Ключевые слова: загрузка микропроцессора, графический метод, математическое моделирование, классический метод, оптимальная загрузка, резерв времени, система обработки информации.

Keywords: microprocessor loading, graphical method, mathematical modeling, classical method, optimal load, time reserve, data processing system.

Вступление.

На сегодняшний день наблюдается тенденция к повышению влияния авиационной отрасли на глобальное экономическое состояние общества за счет повышения мобильности населения, развития национального и международного туризма, рост деловой активности предприятий и процесса глобализации. По данным ИКАО наблюдается ежегодный рост объема регулярных авиаперевозок. Основными преимуществами авиационных перевозок, выделяющих его среди других видов транспортных перевозок является высокая скорость доставки, высокая надежность, наиболее короткие маршруты перевозок, высокая сохранность грузов и другие. К основным недостатков авиаперевозок можно отнести высокую себестоимость, материалоемкость и энергоемкость перевозок и другие.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности авиаперевозок является концепция свободного полета. Эта концепция предусматривает передачу экипажам воздушных судов (ВС) свободу оперативного выбора траектории движения по маршруту, скорости и профиля [1]. Это даст возможность более рационально и гибко использовать воздушное пространство.

Применение этой концепции предполагает уплотнение потока авиатранспорта. Это, в свою очередь, выдвигает требования к повышению точности определения пилотажно-навигационных параметров воздушного судна, а также заблаговременного предупреждения о возможных конфликтных ситуациях, с целью обеспечении необходимого уровня безопасности полетов. Автоматизация процесса полета воздушного судна, уплотнение воздушного движения, а также, снижение уровня метеорологических условий выполнения полетов и посадки требует повышения требований к информационному обеспечению полета и, так называемых, краевых областей полета: облет встречных самолетов и грозовых фронтов, полет в горах, посадка самолета и другие. [2]. Полнота, достоверность, непрерывность, помехоустойчивость и точность информации, которая поступает в информационно управляющие системы ВС достигается путем обеспечения избыточности информации, а также путем интеграции и комплексирования пилотажных и навигационных датчиков и систем с различными физическими принципами работы. Решение задач интеграции и комплексирование различных датчиков и систем, а также, автоматизации основных процессов получения, обработки и использования информации позволит значительно повысить безопасность полетов и точность определения параметров полета ВС.

Постановка проблемы. Управление сложным технологическим процессом, таким как, посадка ВС предполагает работу информационно-управляющей системы (ИУС) в режиме реального времени. Для обеспечения такого режима работы система обработки информации должна работать в нескольких режимах работы с различными темпами выполнения операций, обрабатывая информацию от большого количества датчиков и систем, которая поступает с разной частотой. При этом возникает потребность в решении очень сложной задачи-оптимального распределения времени работы процессора в различных режимах работы с разными темпами их выполнения, а также, с учетом его быстродействия [3]. Такая задача, как правило, будет

многоэкстремальной. Суть ее решения сводится в формировании алгоритма выбора оптимального варианта работы процессора в режиме действительного времени.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопрос оптимизации работы процессора в системах управления рассматривается в следующих источниках. В работе [4] рассматриваются вопросы использования интегральных схем для проектирования цифровых устройств, а также архитектура, система команд, шинные приемопередатчики, проектирование микроконтроллеров на микропроцессорах, разработка программного обеспечение. В работах [5, 6] приведена классификация микропроцессоров и микропроцессорных комплексов больших интегральных микросхем и сведения о микропроцессорные комплексы универсального назначения. Приводятся данные о структуре, системе команд микропроцессоров, временных соотношениях сигналов. В работе [7] рассматривается вопрос выбора микроконтроллера с точки зрения минимизации затрат средств и времени на основе 8-разрядного микроконтроллера AVR корпорации Atmel. Продемонстрированы все процессы модернизации устройств на микроконтроллерах. Особое внимание обращено связи предлагаемых схемных решений с программным обслуживанием разрабатываемых устройств. В работе [8] продемонстрирована обобщенная структурная схема системы управления на базе микроконтроллеров (МК), проанализированы архитектурные принципы построения МК, их процессорного ядра, системы памяти и современной номенклатуры периферийных устройств. В работе [9] рассмотрены вопросы организации работы микропроцессорных средств, функциональные возможности и характеристики аппаратных средств микроконтроллеров, особенности программирования на ассемблере, приведены примеры программ для выполнение типовых функций, даны краткие рекомендации по технической реализации алгоритмов управления.

При этом вопрос определения значений максимальных сроков и минимальных темпов выполнения операций, а также возможность

дополнительной нагрузки процессора, не рассматривались. Таким образом, анализ исследований и публикаций показывает, что вопросы выбора 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). В таких системах микропроцессор, как правило, работает в режиме реального времени, то есть выполняет большое количество различных операций с разными темпами их выполнения. При этом необходимо решать очень сложную задачу оптимального распределения времени занятости микропроцессора (МП) в различных режимах работы с учетом быстродействия МП для организации приоритетного обслуживания в ИУС.

Основная часть.

Повышение качества и эффективности работы сложных технических систем требует повышения качества и достоверности информации, на основе которой принимаются управленческие решения. Этого можно достичь путем создания избыточности информации и комплексирования нескольких систем измерения. Избыточность информации получают путем последовательного, параллельного и комбинированного резервирование. Для эффективного комплексирования измерительных систем и уменьшение погрешности необходимо проводить первичную и вторичную обработку информации, а также использовать измерительные системы, которые построены на различных физических принципах и имеют погрешности в разных частотных диапазонах. Под первичной обработкой информации понимают поиск, определение, селекцию, преобразование и обработку информации от одного вида источников информации под вторичной обработкой информации понимают выполнение с помощью бортовых вычислительных машин обработки исходных данных от нескольких систем измерения с целью определения и уточнения измеряемых параметров. Например, в процессе

посадки для определения пространственного положения воздушного судна (ВС) и его отклонения от траектории посадки или линии глиссады могут применяться несколько систем посадки, например, радиотехническая и радиолокационная система посадки и прочие. При этом для повышения точности и достоверности информации о пространственном и навигационное положения ВС дополнительно может применяться информация от спутниковой и инерциальной навигационных систем в сочетании с другими системами. Это все приводит к значительному увеличению периодичности и количества измерения. Для обработки сигналов с целью повышения достоверности информации используют комплексные системы обработки информации, которые представляют собой микропроцессорную систему. При этом очень важным вопросом является определение эффективность обработки информации и работы системы в целом. Так в случае недостаточности процессорного времени в системе обработки информации система перестает работать в режиме реального времени. Это, в свою очередь, значительно сокращает сферы применения такой системы. В случае большого избытка процессорного времени наблюдается простой системы обработки информации, что ведет к значительному снижению экономической и энергетической эффективности ее работы. Поэтому вопрос исследования оптимальности загрузки процессора является актуальным для современных систем. Особенно этот вопрос актуален при разработке и внедрении новых технических систем. Например, при внедрении новой системы посадки или средств повышения эффективности посадки необходимо определить возможность бортовой вычислительной системы обработать дополнительную информацию в режиме реального времени.

Для систем комплексной обработки информации целесообразно организовывать работу процессора в многозадачном режиме реального времени, как это показано на рис.1. На диаграмме (рис.1) показана работа процессора с тремя темпами выполнения вычислительных задач.

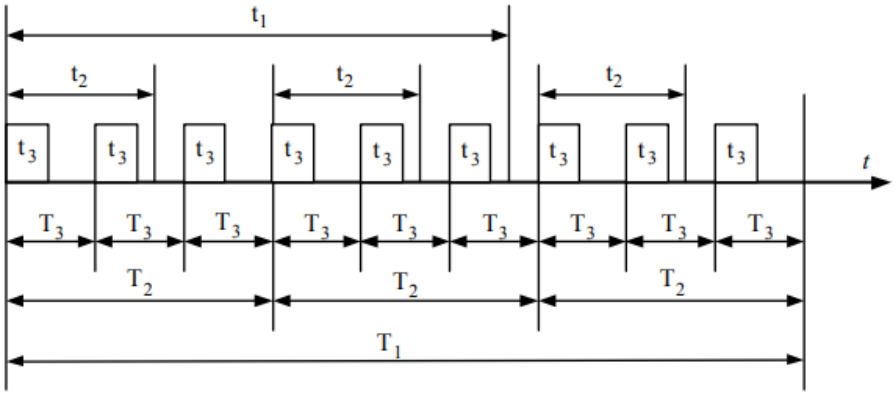


Рисунок 1. Диаграмма работы процессора в режиме реального времени с тремя темпами T_1, T_2, T_3.

Согласно диаграмме (рис.1) Процессор работает в трех темпах выполнения вычислительных задач. При этом с темпом T_3 выполняются задания за время t_3, с темпом T_2 - соответственно, за время t_2, после выполнение заданий с темпом T_3, а с темпом T_1 выполняются задачи за время t_1, после выполнения задания с темпами T_3 и T_2. Между темпами T_1, T_2, T_3 существуют постоянные соотношения:

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

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

- $(T_3 - t_3) \times m$ - резерв времени для работы процессора 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 процессора с темпом T_1;

- $(T_3 - t_3) \times m \times n + (T_2 - t_2) \times n + T_1 - t_2 \times n + T_1 - t_2$ - свободное неиспользованный время (резерв времени).

В общем виде функцию неиспользованного резерва времени можно записать в следующем виде: $F(t_1,t_2,t_3) = T3 \times m \times n - t_3 \times m \times n - t_2 \times n - t_1 > 0$

Функция $F(t_1,t_2,t_3)$ должна быть всегда положительной. Иначе процессор не будет справляться с работой в режиме реального времени.

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

$$R(t_1,t_2,t_3) = T_1 - t_3 \times m \times n - t_2 - \times n - t_1 > 0 \quad (2)$$

Если учитывать быстродействие процессора, то есть число V операций, выполняемых за 1 сек., а также необходимое количество операций K_1, K_2 ,K_3, которые должны быть выполнены в сроки t_1,t_2 ,t_3, то неравенство (2) можно записать в следующем виде:

$$R = V \times T_1 - K_3 \times m \times n - K_2 \times n - K_1 > 0 \quad (3)$$

С помощью Формулы (2), которая определяет функцию $R(t_1,t_2,t_3)$ можно составить номограмма, которая показана на рис.2.

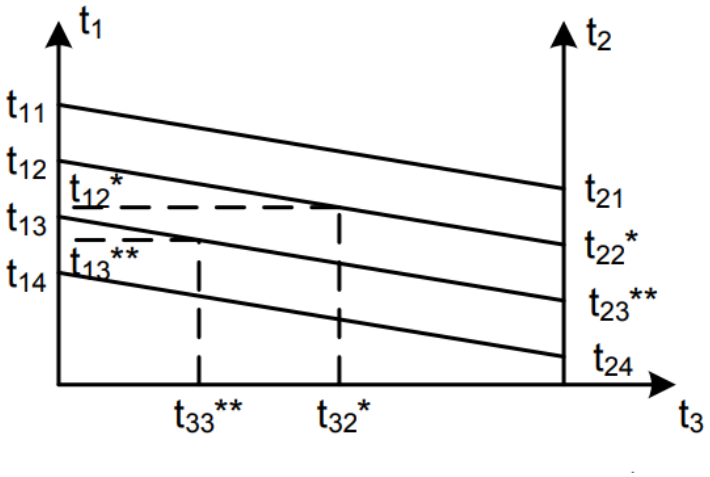
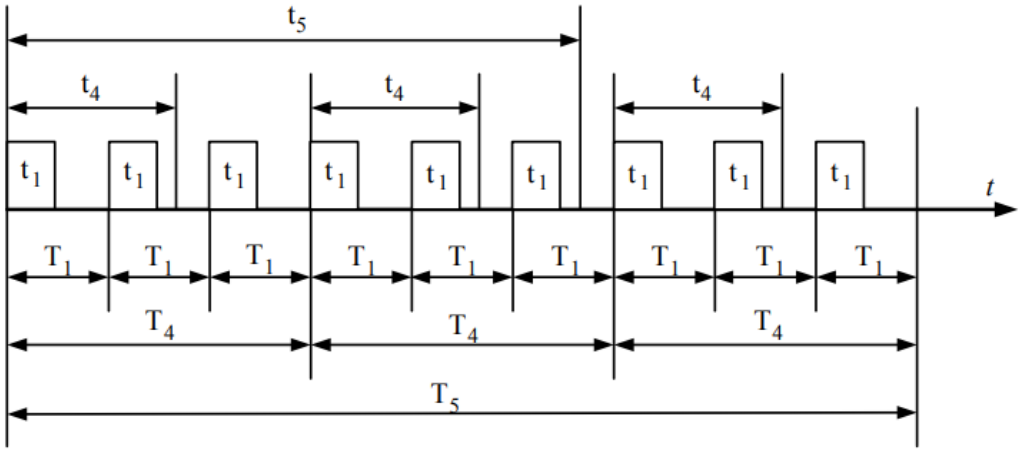


Рисунок 2. Номограмма оценки интервалов t_1 ,t_2 ,t_3 выполнение задач в МП в режиме реального времени.

Номограмма (рис.3) позволяет наглядно определить оптимальный процесс загрузки МП в режиме реального времени. Например, если МП в течение времени t_{22} * выполняет операции с темпом T_2 а в течение времени t_{32} * выполняет операции с темпом T_3, то в режиме реального времени с темпом T_1 он может работать не более чем в течение времени t_{13}.

Предложенный метод определения необходимого загрузки МП, который работает с тремя темпами работы T_1, T_2, T_3 в соответствии с номограммой (рис.



3) можно расширить путем увеличения требуемых темпов T_i работы МП в режиме реального времени способом эшелонирования [10]. На рис. 3 показана возможность увеличить количество 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, T_3. При этом диаграммы на рисунке 3 дополняет диаграмму на рисунке 2.

Рисунок 3. Диаграмма работы процессора в режиме реального времени с тремя темпами T_1, T_4, T_5

При этом соотношение (2) можно легко расширить с целью учета темпов T_4, T_5. Аналогично номограмме (рис. 3) можно составить номограмму для оценки интервалов времени t_1 ,t_4 ,t_5 для решения задач обеспечения оптимального процесса загрузки МП в режиме реального времени. В соответствии с новой номограмме можно определить зависимость времени работу t_5 если заданные интервалы работы t_1,t_4 . Затем на втором этапе эшелонирования в соответствия с номограммой (рис. 3) можно определить временные интервалы t_2,t_3. Такой метод решения задачи 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.

Другим методом для решения задачи оптимальной загрузки МП в режиме реального времени есть классический метод, который основывается

на выборе оптимального значения квадратичной формы из ряда ее экстремальных значений. Рассмотрим этот метод подробнее.

Известно [11, 12, 13], что квадратичную форму (КФ) можно представить следующей формулой:

$$КФ = \left| f_3 \cdot f_2 f_1 \right| \cdot T \cdot \begin{vmatrix} f_3 \\ f_2 \\ f_1 \end{vmatrix}, \qquad (4)$$

где- $|f_3, f_2, f_1|$ - вектор частот потока требований для работы бортовой

$f_i = \frac{1}{T_i}$; T – квадратная матрица вида:

$$T = \begin{vmatrix} T_3 - t_3 & \frac{t_2}{m} & \frac{t_1}{nm} \\ m\,t_3 & T_2 - t_2 & \frac{t_1}{n} \\ m\,n t_3 & n\,t_2 & T_1 - t_1 \end{vmatrix} \qquad (5)$$

электронной вычислительной машины (ЭВМ) в одном из трех несовместимых режимов.

Известно [12, 13], что КФ (4) может иметь минимальное значение $КФ_{min}$, если матрица Т. определена, то есть определитель матрицы Т будет положительным. Это может быть тогда, когда в каждой ленте диагональный элемент матрицы Т будет больше суммы не диагональных элементов.

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.

Literature

1. Gurov V.V. Microprocessor systems: textbook / V.V. Gurov. - M.: SIC INFRA-M, 2016. - 336 p
2. Naryshkin A.K. Digital devices and microprocessors. / A.K. Naryshkin. – M.: Academy, 2006. – 320 p.

3. Shakhnov V.A. Microprocessors and microprocessor sets of integrated circuits. Handbook in 2 volumes. Volume 1 / V.A. Shakhnov. – M.: Radio and Communications, 1988. – 368 p.
4. Shakhnov V.A. Microprocessors and microprocessor sets of integrated circuits. Handbook in 2 volumes. Volume 2 / V.A. Shakhnov. – M.: Radio and Communications, 1988. – 368 p.
5. Baranov V.N. Application of AVR controllers: schemes, algorithms of the program. / V.N. Baranov. – M.: Publishing house "Dodeka XXI", 2004. – 288 p.
6. Vasiliev A. E. Microcontrollers. Development of embedded applications: Textbook / Vasiliev A.E. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2008. – 304 p.

© Бикбулатов Р.И., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.

Для цитирования: Бикбулатов Р.И., ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МИКРОПРОЦЕССОРА// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.