

ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Манжула В.Г.

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса», г. Шахты, Россия, e-mail: mail@sssu.ru

В работе рассмотрена актуальность использования интегрального показателя избыточности при оценке сложности микроэлектронных систем в процессе их синтеза. Определено выражение для расчета коэффициента избыточности. Рассмотрена процедура оценки избыточности в иерархических системах. Разработана граф-схема для исключения избыточности микроэлектронных систем на схемотехническом уровне иерархии, на основе метода схемотехнической интеграции.

Ключевые слова: избыточность, микроэлектронные системы, сложность.

ESTIMATION OF INTEGRATED REDUNDANCY IN THE COURSE OF SYNTHESIS OF MICROELECTRONIC SYSTEMS

Manzhula V.G.

The South Russian state university of economy and service, Shahty, Russia, e-mail: mail@sssu.ru

In work the urgency of use of an integrated indicator of redundancy is considered at an estimation of complexity of microelectronic systems in the course of their synthesis. Expression for calculation of factor of redundancy is defined. Procedure of an estimation of redundancy in hierarchical systems is considered. It is developed a flowgraph for an exception of redundancy of microelectronic systems on схемотехническом hierarchy level, on the basis of an integration method.

Keywords: redundancy, microelectronic systems, complexity.

Решение задачи синтеза микроэлектронных систем обладает избыточностью, если его можно упростить без нарушения условий, определяющих его допустимость. Условия допустимости на содержательном уровне определяют достаточный уровень эффективности (совершенства) синтезируемой системы. В работе [1] отмечено, что в структуре нормально работающего и правильно синтезированного технического объекта (ТО) каждый элемент от сложного блока до простого элемента имеет вполне определенную функцию или назначение по обеспечению работоспособности ТО. Если лишить такой ТО какого-либо элемента или признака, то он либо перестанет работать (выполнять функции), либо ухудшит показатели. В связи с этим у правильно синтезированных ТО нет лишних элементов.

Учитывая это, можно говорить, что система не обладает избыточностью и не является слишком сложной, если ее нельзя упростить, сохранив при этом достаточно высокий уровень ее совершенства. Игнорирование сложности создаваемой системы

может приводить к ситуациям, в которых незначительное повышение качества управления достигается неоправданно высоким усложнением системы.

В качестве параметра интегральной оценки избыточности синтезируемых устройств предлагается использовать коэффициент избыточности R [2]. Согласно доказанной Шенноном теоремы

$$H(X;Y) \leq H(X) + H(Y), \quad (1)$$

где $H(X)$, $H(Y)$ – энтропия множеств X и Y ; $H(X;Y)$ – энтропия результирующего множества, возникшего при взаимодействии исходных множеств X и Y .

Очевидно, что данное соотношение остается справедливым при переходе от рассмотрения абстрактных математических множеств к множествам элементов конкретных физических систем.

Знак равенства в соотношении (1.1) относится к случаю независимых множеств или не вступающих во взаимодействие физических систем. Для всех остальных случаев на основании (1.1) можно записать

$$\Delta I_S = H(X) + H(Y) - H(X;Y) > 0, \quad (2)$$

где ΔI_S – приращение структурной информации, характеризующей количество новых связей между элементами систем X и Y , возникающих в процессе их взаимодействий.

Частным, но и наиболее характерным, является случай взаимодействия системы X с окружающей средой Y , при этом происходит процесс адаптации системы к внешним условиям. Образование корреляционных связей между воздействиями среды и реакциями системы приводит к уменьшению энтропии по сравнению максимальной. Данное уменьшение энтропии можно рассматривать как приращение структурной информации, характеризующей упорядоченность (неизбыточность) структуры т.е.

$$\Delta I_S = H_{MAX} - H_R, \quad (3)$$

где H_{MAX} – максимальная энтропия системы; H_R – реальная энтропия.

Таким образом, в результате взаимодействия двух систем или системы с окружающей средой происходит упорядочивание структуры, характеризующееся уменьшением избыточности и наращиваем структурной информации на величину.

Анализ содержательного смысла рассмотренных аналитических соотношений показывает, что величина ΔI_S квалифицируется теорией информации как количество избыточной информации, однако ее можно использовать и для оценки структурной упорядоченности системы. Введение понятия потенциального коэффициента полезного

действия системы, показывающего, какая часть структурной информации может реализовать требуемый функционал системы, позволяет считать

$$R = \Delta I_S / H_{\text{MAX}} \text{ или } R = 1 - N_R / H_{\text{MAX}}. \quad (4)$$

Тогда аналогично

$$R = \Delta N / N_{\text{MAX}} \text{ или } R = 1 - N_R / N_{\text{MAX}}, \quad (5)$$

где N_{MAX} – максимальное число элементов системы; N_R – число элементов системы, способных реализовать все требуемые функции и режимы работы устройства; ΔN – число элементов системы, которое можно исключить без нарушения условий допустимости.

Из рассмотрения соотношений (1.5) следует, что возможно два предельных структурных состояния системы:

- случай при $R=1$ соответствует жестко детерминированной системе, не способной адаптироваться к изменениям внешней среды. Нормальное функционирование данной системы возможно только в условиях стабильной среды.

- случай при $R=0$ соответствует системе полностью лишенной структуры, что представляет собой теоретическую абстракцию.

Реальные системы, находясь в промежуточном состоянии, соответствуют условию $1 < R < 0$. При этом возникает противоречие, в котором значение R системы, с одной стороны, должно выполнять условиям вариабельности внешней среды, а с другой стороны, не приводить к излишней перегруженности (избыточности) системы. Данное противоречие можно отнести к классу диалектических противоречий, которое разрешается путем формирования и развития иерархических систем.

Процедура микроэлектронного синтеза СФ блоков для систем управления предполагает наличие трех иерархических уровней: структурного, функционального и схемотехнического. При этом информационная емкость системы возрастает в K_i раз по мере перехода с одного уровня иерархии на более высокий структурный уровень. Указанную закономерность для микроэлектронных систем можно представить в виде вписанной в опрокинутый конус спирали, у которой диаметр и длина витка каждого следующего иерархического уровня возрастают в K_i раз (рисунок 1).

При этом коэффициент K показывает соотношение числа элементов системы между различными уровнями. Движение по окружности соответствующего уровня иерархии от точки А, характеризующейся значением коэффициента избыточности $R=0$ и максимальным количеством элементов системы, к точке В, характеризующейся значением коэффициента $R=1$, сопровождается снижением избыточности синтезируемого ТО. Наличие дополнительных уровней иерархии, следующих за

схемотехническим уровнем, вполне допустимо и может быть связано с исключением избыточности на уровне топологии элементов схемы, процесса изготовления и т.д.

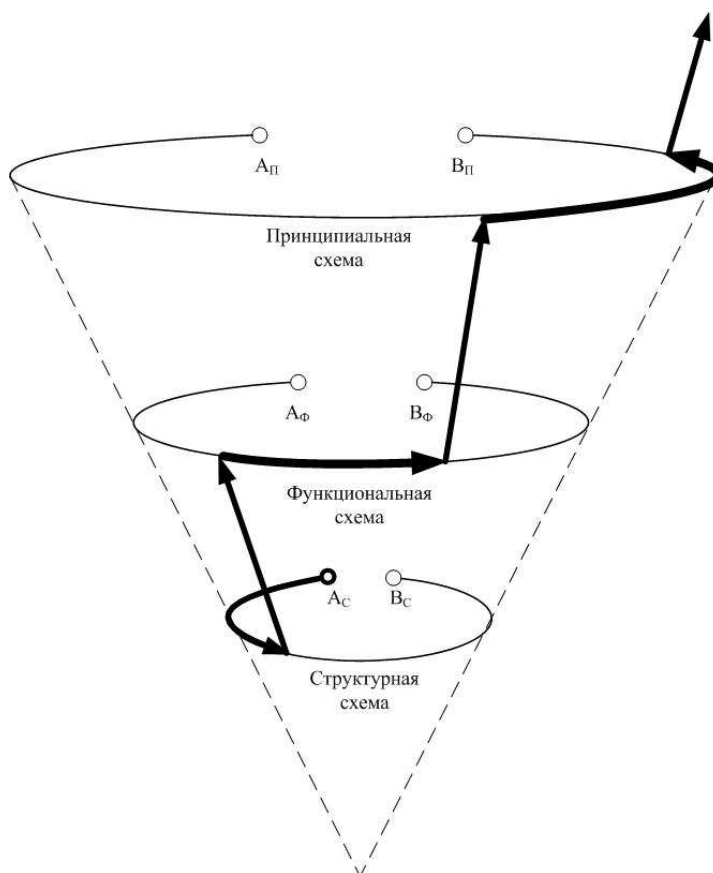


Рисунок 1. Иерархическая модель информационной емкости системы

В реальных системах значение $R=1$ нереализуемо, так как в этом случае число элементов системы должно быть равно нулю. Максимальное значение R ограничивается предельной величиной $R_{ЛМ}$, являющейся оптимальной как с точки зрения адаптивности системы, так и с позиции громоздкости системы. На рисунке 2 представлена зависимость, характеризующая изменение коэффициента R при прохождении поэтапных процедур исключения избыточности.

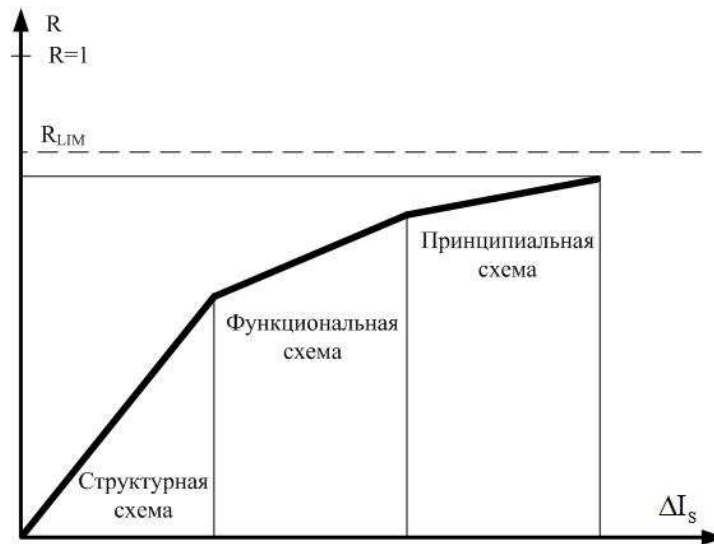


Рисунок 2. Зависимость коэффициента R при иерархическом исключении избыточности

Данная зависимость показывает, что наличие процедур исключения избыточности на всех этапах синтеза СФ блоков позволяет приблизиться к предельному значению R_{LIM} на наименьшее расстояние.

Процесс исключения структурной и функциональной избыточности микроэлектронных сложных функциональных блоков подробно изложен в работах [3,4,5]. Задача исключения избыточности микроэлектронных систем на схемотехническом этапе синтеза рассмотрена в работе [6]. Остановимся более подробно на этапе синтеза схемотехнически интегрированных решений.

Синтез интегрированной принципиальной схемы предлагается осуществлять в соответствии с граф-схемой, представленной на рисунке 3.

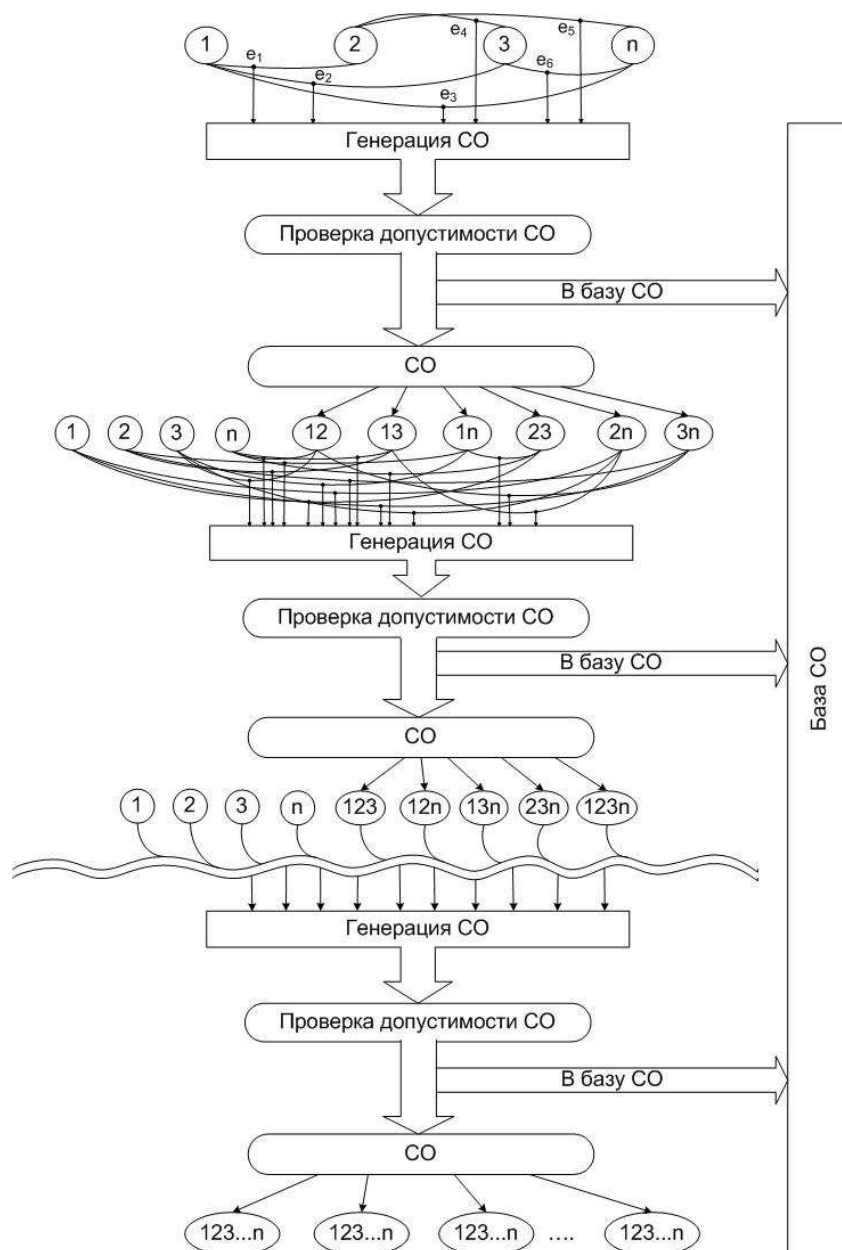


Рисунок 3. Граф-схема процесса синтеза интегрированных схемотехнических решений

В предлагаемом графе в качестве вершин (обозначенных окружностью с номером) используются схемные объекты (СО) из начального набора, соответствующего набору функций принципиальной схемы прототипа. Дуги задают операции схемотехнической интеграции объектов, расположенных в вершинах графа. Таким образом, образуется граф

$$G = (V, E), \quad (6)$$

где $V = \{1, 2, 3 \dots n\}$, $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, \dots\}$, $e_1 = (1, 2)$, $e_2 = (1, 3)$, $e_3 = (1, n)$, $e_4 = (2, 3)$, $e_5 = (2, n)$, $e_6 = (3, n)$.

В результате выполнения операции «Генерация СО» формируется дополнительное множество, состоящее из СО, реализуемых путем схемотехнической интеграции исходных СО. Обозначение таких СО и соответствующих им вершин графа

состоит из двух номеров СО прототипа, задействованных в получении соответствующего нового СО.

Проверка допустимости сгенерированных схмотехнических решений осуществляется в соответствии с правилами, изложенными в [6]. Допустимые решения заносятся в базу СО.

Во втором этапе схмотехнической интеграции участвуют СО прототипа, а также СО, сгенерированные в первом этапе. При этом результатом генерации являются СО, имеющие в обозначении трехзначный номер. Аналогично первому этапу проводятся операции проверки допустимости и занесения в базу СО.

Количество этапов синтеза схмотехнически интегрированных решений определяется возможностью получения новых схмотехнических решений и в пределе может достигать величины $n-1$. Причем в результате возможна генерация множества решений функционально соответствующих предъявляемым требованиям, но отличающихся схмотехническим исполнением.

Классическим примером синтеза избыточного, схмотехнически интегрированного решения является низковольтный стабилизатор напряжения, в котором источник опорного напряжения интегрирован с усилителем сигнала рассогласования [7]. При этом на основе синергетического эффекта удалось синтезировать стабилизатор, обладающий высокой долговременной стабильностью, низким уровнем собственных шумов и сверхмалыми значениями выходного напряжения.

Список литературы

1. Половинкин, А.И. Законы строения и развития техники: (Постановка проблемы и гипотезы): учеб. пособие [Текст] / А. И. Половинкин. – Волгоград: ВолгПИ, 1985. – 202 с.
2. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике [Текст] / К. Шеннон. – М.: Иностранной литературы, 1963. – 829 с.
3. Манжула, В. Г. Синтез избыточных структур сложных функциональных блоков [Текст] / В. Г. Манжула // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 1-2(39). – С. 242–247.
4. Манжула, В. Г. Моделирование системного уровня процесса обработки информации при синтезе аналоговых сложных функциональных блоков [Текст] /

В. Г. Манжула // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 3 (41). – С. 36 - 40.

5. Манжула, В. Г. Методы синтеза систем управления на основе формализации сложности структур [Текст] / В. Г. Манжула, С. А. Морозов, С. В. Федосеев // Известия ЮФУ. Техн. науки. – 2009. – № 5. – С. 37–46.

6. Манжула, В. Г. Формализация процедур синтеза принципиальных электрических схем [Текст] / В. Г. Манжула, А. Э. Попов, С. В. Маков // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 1999. – № 3. – С. 75–78.

7. Manzhula, V. G. Circuit design of low-power reference voltage sources [Text] / V. G. Manzhula, V. I. Anisimov, A. B. Isakov, Yu. M. Sokolov // Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz* and *Radiotekhnika*). – 1993. – № 48 (1). – P. 11-17.

Рецензенты:

Савельев М.В., д.т.н., профессор кафедры «Электронных вычислительных машин», ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), г. Новочеркасск.

Галушкин Н.Е., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Прикладная информатика и математика», филиал ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», г. Новошахтинск.

Работа получена 30.08.2011.