

Оптимизация структур средств сбора и регистрации данных

Басов О.О.

к.т.н.

Богданов С.П.

Академия ФСО России, г. Орёл

Аннотация

Рассмотрен подход к созданию оптимальной структуры многофункциональных беспроводных электронных датчиков на основе алгоритма поиска кратчайших путей по обобщенному показателю, учитывающему энергопотребление, стоимость и техническую совместимость функциональных узлов. Приведен алгоритм оптимизации структур беспроводных электронных датчиков.

Ключевые слова: оптимизация структуры; средства сбора; регистрация данных; беспроводные электронные датчики; алгоритм Дейкстры.

Введение

Благодаря развитию полупроводниковой и оптоэлектронной элементной базы, миниатюризации интегральных микросхем, появлению новых технологий передачи информации широкое распространение в качестве средств сбора и регистрации данных получили беспроводные электронные датчики (БЭД). Исходя из назначения и анализа типовых структур [1], обобщенная структурная схема БЭД (рисунок 1) включает в себя: чувствительный элемент (ЧЭ), масштабирующий усилитель (МУ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), блок обработки данных (БОД), передатчик (ПРД), антенну (А) и источник электропитания.

Для измерения одной и той же физической величины $x(t)$ могут применяться ЧЭ, использующие различные физические процессы ее преобразования в электрические сигналы и разнообразные принципы действия. Однако, существующие средства регистрации данных, оснащенные одним ЧЭ, не в состоянии с заданной точностью производить контроль в широком диапазоне значений, что обуславливает целесообразность использования комбинированных БЭД с разными ЧЭ. Кроме того, в зависимости от типа ЧЭ и назначения БЭД его структурная схема может быть изменена с целью измерения нескольких физических величин. Такие совмещенные БЭД состоят из нескольких соответствующих преобразователей.

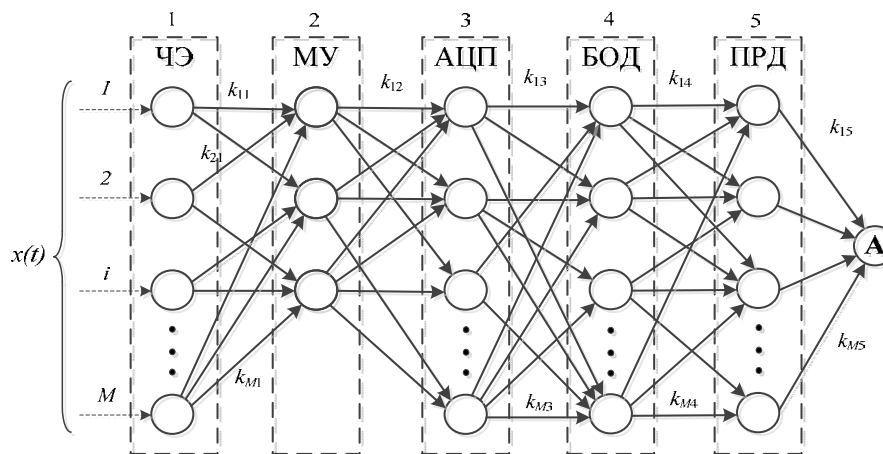


Рис. 1. Структура БЭД и ее граф

Несмотря на успехи производителей БЭД, связанные с улучшением массогабаритных характеристик за счет высокой плотности размещения элементов датчиков и уменьшения размеров отдельных функциональных узлов БЭД, а также метрологических и динамических параметров, открытым остается вопрос увеличения времени их работы в условиях ограниченной ресурсоемкости и невозможности частой замены источников автономного электропитания, характерных для объектов мониторинга окружающей среды.

Модель структуры БЭД

Увеличение времени работы БЭД может быть обеспечено снижением их энергетической избыточности за счет применения микромощной элементной базы без ухудшения метрологических характеристик. Однако, такое применение как разновидность технологического пути снижения энергопотребления требует разработки новых структурно-алгоритмических решений по построению БЭД. Противоречивость требований по снижению возникающей при этом структурной избыточности и обеспечению высокой точности измерений обуславливает необходимость проведения исследований по определению способов формирования оптимальных структур микромощных БЭД.

Для рационального выбора микромощных электронных компонентов для БЭД его обобщенную структурную схему можно представить с помощью графа (рисунок 1), у которого вершины соответствуют множеству структурных элементов средства, а ребра – связям между ними с учетом значений коэффициентов технической совместимости, определяющих соответствие двух сопрягаемых электронных элементов (j -го и $(j-1)$ -го блоков) по ряду метрологических характеристик, сложности монтажа и т. д., находится экспертным путем в диапазоне $T_{ij} \in (0;1]$. Установлено, что они могут быть определены на основе метода непосредственных экспертных оценок и присвоены весам ветвей (узлов).

Наряду с коэффициентом технической совместимости T_{ij} при оптимизации структуры микромощных БЭД необходимо учитывать энергопотребление E_{ij} отдельных микромощных электронных элементов. С учетом высокой стоимости последних в работе предложено применять обобщенный показатель:

$$k_{ij} = E_{ij}^{\text{норм}} \cdot S_{ij}^{\text{норм}} / T_{ij}, \quad (1)$$

где j – номер блоков в структуре БЭД ($j = 1 \dots 5$); i – номер структурного элемента в j -м блоке (группе элементов) ($i = 1 \dots M$); M – максимальное число структурных элементов одного типа блоков (группы элементов); $E_{ij}^{\text{норм}}$, $S_{ij}^{\text{норм}}$ – нормированные значения энергопотребления и стоимости i -го элемента j -го блока соответственно; k_{ij} – вес ребра к i -му элементу j -го блока [2].

Минимизация обобщенного показателя (1) $l_{ij} \leftarrow \min(k_{ij} + l_{i(j-1)})$, где l_{ij} – сумма весов обобщенных показателей на маршруте от последнего узла (A) ко всем первым, позволяет на основе алгоритма Дейкстры оптимизировать структуру БЭД с учетом требований по энергопотреблению, стоимости и коэффициента технической совместимости. При необходимости функциональная (структурная) схема средства регистрации данных может быть представлена с большей степенью детализации (большим числом узлов), техническая совместимость формализована в виде отдельных параметров, а обобщенный показатель (1) расширен другими техническими характеристиками элементов. Учитывая монотонность измеряемых параметров при регистрации данных о распределенных объектах управления, появляется возможность их периодического измерения. С учетом этого для снижения энергопотребления предложено использовать одни и те же однотипные структурные элементы совмещенного микромощного БЭД в функциональных схемах нескольких разнотипных преобразователей, осуществляя их последовательную коммутацию (рис. 2).

Алгоритм оптимизации структуры БЭД

Для оптимизации структуры такого средства модифицирован алгоритм Дейкстры (рис. 3). Исходными данными для его работы являются: матрица весов вершин $K = \{k_{ij}\}$, где k_{ij} – значения обобщенного показателя (1); и $Y = \{y_{ijz}\}$ – матрица смежности, где y_{ijz} – принимает значения 0 (связь отсутствует) или 1 (связь есть) между вершинами

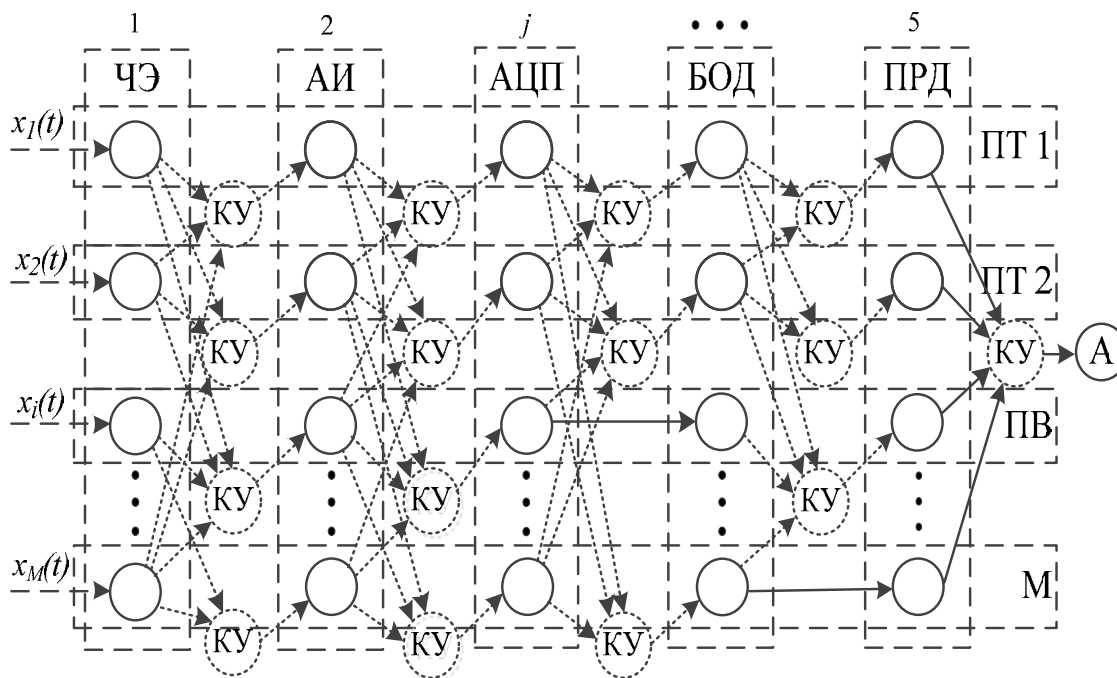


Рис. 2. Граф структуры совмещенного БЭД

шагов j и $(j-1)$, i и z порядковые номера узлов на шагах [3]

К основным этапам функционирования алгоритма оптимизации относятся: получение матрицы маршрутов $Tr = \{Tr_{ij}\}$, обеспечивающих минимальные значения весов пути для всех вершин графа (I); восстановление массива оптимальных маршрутов $Op = \{Op_{ij}\}$ (II); удаление узлов графа, соответствующих коммутационных узлов (КУ) с одним входом (III); формирование матрицы коммутаций $Mk = \{Mk_{ij}\}$, определяющей режимы работы КУ (IV).

Разработанный алгоритм (рисунок 3) может быть использован для снижения структурной избыточности комбинированного БЭД, который в свою очередь представляется моделью (рис. 2) при $x_1(t) = x_2(t) = \dots = x_M(t)$.

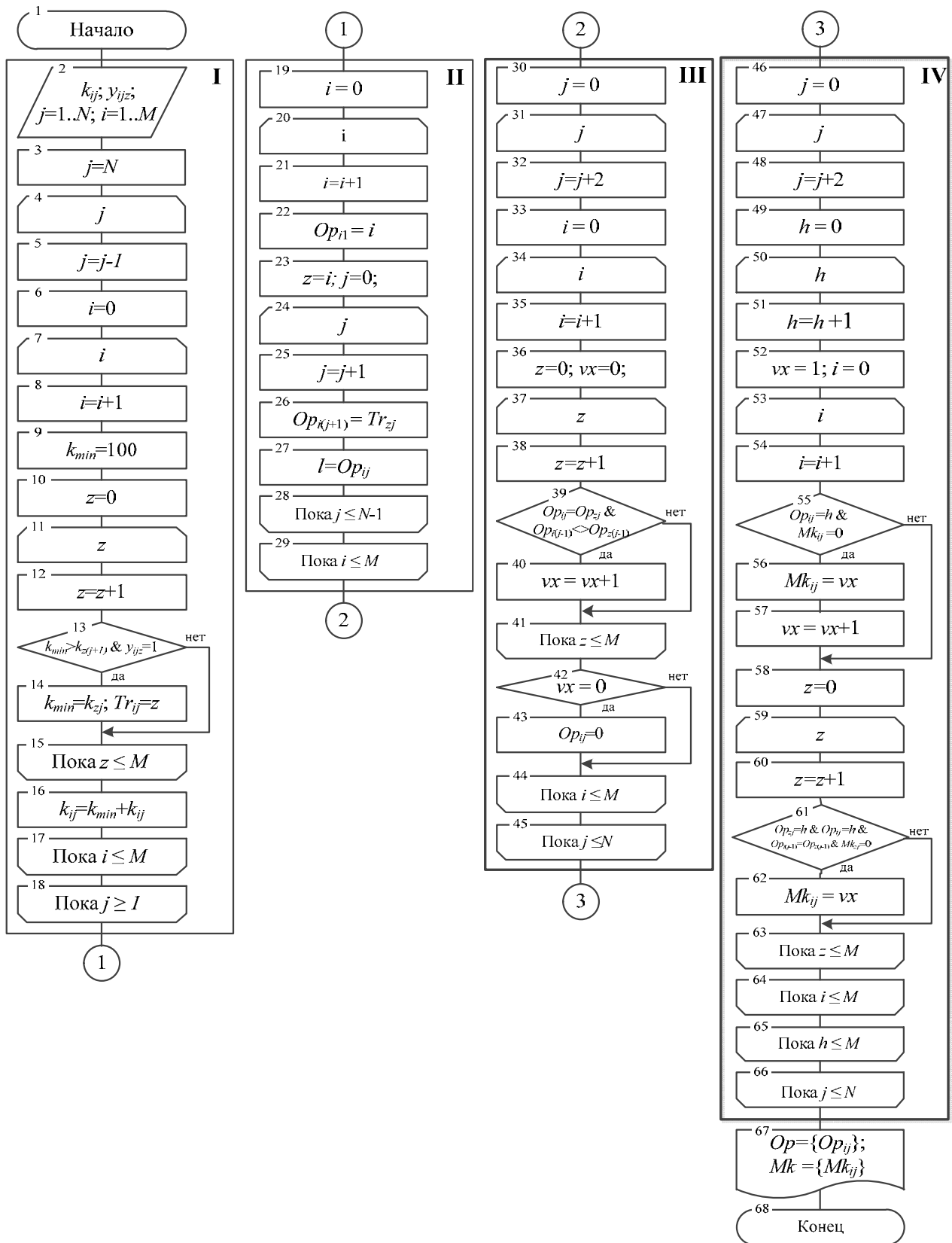


Рис. 3. Алгоритм оптимизации структуры БЭД

Заклучение

Оптимизация структуры средств сбора и регистрации данных может быть осуществлена путем поиска кратчайших путей на их математических моделях в виде графов, у которых вершины соответствуют множеству функциональных узлов, ребра – связям между ними, а весам вершин (ребер) поставлены в соответствие значения обобщенного показателя, учитывающего энергопотребление, стоимость, техническую совместимость элементной базы. Для синтеза совмещенных и комбинированных средств предложен модифицированный алгоритм Дейкстры, позволяющий снизить (по результатам экспериментальных исследований) их структурную избыточность на 30%, обеспечив выигрывш по обобщенному показателю приблизительно в 2,3 раза.

Использование предложенного инструментария позволяет унифицировать процесс разработки средств сбора и регистрации данных различного функционального назначения и сократить экономические затраты на их производство.

Литература

1. Богданов С.П. Перспективы и проблемы применения беспроводных датчиков с автономным питанием [Текст]. Богданов С.П., Басов О.О. // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2012. № 2(26). часть 1. С. 20–23.
2. Богданов С.П. Оптимизация структуры беспроводных датчиков с автономным питанием на основе теории графов [Текст]. Богданов С.П., Басов О.О. // Сборник материалов Международной молодежной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2013» – Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ. 2013. С. 57–59.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616099. Богданов С.П., Басов О.О., Гуляйкин Д.А. Программа оптимизации структуры цифрового устройства.

Для цитирования:

Басов О.О. Богданов С.П. Оптимизация структур средств сбора и регистрации данных // i-methods. 2010. Т. 2. № 1. С. 28–32.

Optimization of structures collection tools and data logging

Basov O.O.

Ph.D.

Bogdanov S.P.

Academy FSO of Russia, Orel

Abstract

The approach to the creation of the optimal structure of multi-function wireless electronic sensors on the basis of algorithm of finding shortest paths for a consolidated measure, taking into account power consumption, cost, and technical compatibility of functional units. The algorithm of structures optimization of wireless electronic sensors.

Keywords: structure optimization; means of collecting; data logging; wireless electronic sensors; Dijkstra's algorithm.

References

1. Bogdanov S.P. Prospects and problems of using of wireless sensors with Autonomous PI-Tanju [Text]. Bogdanov S.P., Basov O.O. // Reports of Tomsk state University of control systems and Radioelectronics, 2012. No. 2(26). part 1. Pp. 20–23.
2. Bogdanov S.P. optimization of the structure of wireless sensors with Autonomous supply on the basis of graph theory [Text]. Bogdanov S.P., Basov O.O. // Collection of materials of International youth scientific-practical conference "INFOCOM-2013" – Rostov-on-don: the GFR MTUCI. 2013. Pp. 57–59.
3. The certificate of state registration of computer programs No. 2013616099. Bogdanov S.P., Basov, O.O., Galanin D.A. Program is the optimization of the structure of a digital device.

For citation:

Basov O.O. Bogdanov S.P. Optimization of structures collection tools and data logging // i-methods. 2010. Vol. 2. No. 1. Pp. 28–32.