

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК 681.32.07:510.5 (075.8)

**Липницкая Наталья Георгиевна**

**СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
УСТРОЙСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники  
и систем управления

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск 2005

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук,  
доцент Поттосин Ю.В.  
(Объединенный институт проблем информатики  
Национальной академии наук Беларуси,  
лаборатория логического проектирования).

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Фурунжиев Р.И.  
(учреждение образования «Белорусский  
национальный технический университет», кафедра  
программного обеспечения вычислительной  
техники и автоматизированных систем),

кандидат физико-математических наук,  
доцент Дик С.К.  
(учреждение образования «Белорусский  
государственный университет информатики и  
радиоэлектроники», кафедра электронной  
техники и технологий).

Оппонирующая организация: учреждение образования «Белорусский  
государственный технологический университет».

Защита состоится 5 мая 2005 г. в 14 часов на заседании совета по защите  
диссертаций Д 02.15.01 при учреждении образования «Белорусский  
государственный университет информатики и радиоэлектроники» (220013,  
г. Минск, ул. П. Бровки, 6, БГУИР, ауд. 232, 1 уч. корп., т. 2398989).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования  
«Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники».

Автореферат разослан « 4 » апреля 2005 г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность темы диссертации.* В современном медицинском приборостроении значительное место отводится сложным информационно-измерительным приборам и устройствам, предоставляющим практикующим врачам возможность выполнять многочисленные инструментальные методы исследования. Основу таких приборов составляют дискретные устройства, синтез которых, в свою очередь, связан с учетом не только специфических требований медицинского и санитарно-гигиенического характера, но и с необходимостью учета критериев оптимизации при их создании и практической реализации. Следовательно, актуальной задачей является разработка соответствующих всем критериям оптимизации недорогих информационно-измерительных устройств, при проектировании которых важным является выбор метода синтеза дискретных схем.

Для создания дискретных устройств различного назначения разработаны и исследованы многие методы синтеза схем. На практике используются точные и эвристические методы синтеза схем.

При синтезе дискретных схем с малым числом входов точные алгоритмы синтеза разработаны и исследованы, но при увеличении числа входов и ряда ограничений, что характерно для современных дискретных устройств на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) и программируемых логических матрицах (ПЛИМ), существующие методы не всегда эффективны и требуют больших временных затрат на синтез и тестирование. В таких случаях используются эвристические методы, позволяющие получить допустимые приближения к оптимальным решениям. Эвристические методы не гарантируют получения точного решения оптимизационной задачи, но дают результат, достаточно близкий к оптимальному, за приемлемое время.

Оптимизация схем осуществляется в соответствии с выбранными критериями. Процесс оптимизации может осуществляться по таким показателям, как быстродействие, количество требуемого оборудования, вес, габариты, энергопотребление, стоимость и т.п. Однако решение этой задачи в общем виде является весьма трудоемким, тем более, что некоторые из указанных показателей находятся в известном противоречии. Например, увеличение быстродействия, как правило, достигается за счет параллельной организации работы данного устройства, что ведёт к увеличению аппаратных затрат и стоимости. Обычно решается частная задача оптимизации по одному из приоритетных критериев. Чаще всего исходят из минимума требуемого оборудования, так как при этом решаются задачи получения минимальных габаритов, веса, энергопотребления, стоимости. Часто ставится задача построения схемы в некотором конкретном базисе, который обусловлен имеющимся в распоряжении инженера набором логических элементов или выбирается по соображениям наибольшей простоты реализации данного класса функций. Как правило, используются избыточные базисы, поскольку

они позволяют получить наиболее простую схему. Сложность схемы обычно оценивается числом образующих ее элементов.

Альтернативой для решения задачи синтеза дискретных схем является использование эволюционного проектирования (ЭП).

Одна из задач исследований в области ЭП заключается в разработке методов синтеза и оптимизации дискретных схем с применением эволюционных вычислений. Основным недостатком существующих методов ЭП является то, что синтез схем осуществляется для функций с малым числом входных переменных и за большое число генераций.

Диссертационная работа посвящена разработке и совершенствованию методов ЭП. Данная диссертация ориентирована на разработку алгоритмов ЭП для сравнительно больших логических схем, применяемых при решении практических задач. В работе исследована применимость разработанных методов ЭП для синтеза схем на базе ПЛМ и ПЛИС, широко используемых в синтезе дискретных устройств. Кроме того, исследуются возможности метода ЭП с точки зрения его применения не только к бинарным, но и к многозначным логическим схемам.

**Связь работы с крупными научными программами и темами.** Работа выполнена в лаборатории информационно-кибернетических систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники в рамках проекта В-371 «Портативный прибор для неинвазивного измерения параметров функционального состояния пациентов (Монитор пациента)» Международного научно-технического центра и в рамках договора о международном сотрудничестве с лабораторией «Bio-inspired intelligent systems» Брунельского университета (Великобритания).

**Цели и задачи исследования.** Целью данной работы является развитие методов ЭП дискретных схем и на их основе создание информационно-измерительных устройств.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

- разработать алгоритм синтеза дискретных схем на базе ПЛМ с применением эволюционных вычислений;
- разработать алгоритм синтеза многозначных схем на логических элементах и операционных узлах;
- разработать программные средства и пользовательский интерфейс, обеспечивающий быстрый ввод данных, наблюдение за ходом синтеза и представление результатов синтеза схем;
- проверить разработанное программное обеспечение на примерах решения практических схемотехнических задач медицинского приборостроения и синтеза дискретных автоматов.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследований являются алгоритмы и методы синтеза дискретных схем с использованием эволюционных вычислений. Предметом исследований являются дискретные схемы, включающие как логические элементы, так и операционные узлы, а также схемы на базе ПЛМ.

**Методология и методы проведения исследования.** В исследовании использованы генетические алгоритмы, эволюционная стратегия, булева алгебра, методы синтеза бинарных и многозначных схем.

**Научная новизна и значимость полученных результатов.**

Разработан метод синтеза дискретных схем на основе эволюционных вычислений, который позволяет синтезировать схемы большой размерности на базе ПЛИМ. Предложено и обосновано использование динамического значения вероятности мутации, за счет чего осуществляется синтез схем большой размерности, сокращаются временные затраты на реализацию задачи и улучшается сходимость ее решения.

Усовершенствован метод синтеза дискретных схем с помощью эволюционных вычислений, что дает возможность проектировать схемы из заданного набора логических элементов и операционных узлов. Метод подходит для синтеза как бинарных, так и многозначных схем.

В результате теоретических и практических исследований предложенным методом синтеза дискретных схем на базе ПЛИМ разработан блок измерения насыщения артериальной крови кислородом ( $SpO_2$ ). Разработанный блок встроен в многофункциональный портативный прибор для неинвазивного измерения физиологических параметров пациента «Монитор пациента».

Разработаны новые программные средства и интерфейс пользователя, предназначены для синтеза схем при условиях ограничений разного порядка (размер схемы, номенклатура логических элементов и операционных узлов). Программные средства подтвердили работоспособность и эффективность предложенных методов.

**Практическая значимость полученных результатов.** Разработанные методы и алгоритмы предназначены для использования при проектировании дискретных устройств.

Теоретические положения реализованы в разработанных алгоритмах, на основе которых создано программное обеспечение, являющееся коммерческим продуктом, и приводящие к снижению затрат на проектирование.

Полученные результаты использованы при:

- проектировании процессорного модуля и блока обработки  $SpO_2$  медицинского прибора «Монитор пациента»,
- проектировании контроллера шагового привода на цифровых сигнальных процессорах.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Метод синтеза дискретных схем на базе ПЛИМ с помощью эволюционных вычислений, позволяющий синтезировать схемы большой размерности с минимальными временными затратами за счет использования динамического значения вероятности мутации.

2. Метод синтеза дискретных схем из произвольного набора логических элементов и операционных узлов, отличающийся возможностью синтезировать как бинарные, так и многозначные схемы.

3. Оригинальное решение синтеза блока измерения насыщения артериальной крови кислородом, встроеного в многофункциональный

портативный прибор для неинвазивного измерения функционального состояния пациентов. Блок создан с использованием метода синтеза дискретных схем на базе ПЛИМ.

**Личный вклад соискателя.** Приведенные в диссертации результаты получены лично автором и обсуждались с научным руководителем, сотрудниками научно-исследовательской лаборатории информационно-кибернетических систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, а также сотрудниками научной лаборатории «Bio-inspired intelligent systems» Брунельского университета. Отдельные эксперименты выполнены совместно с соавторами по научным публикациям.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на: the 5<sup>th</sup> International Conference on: Recent Advances in Soft Computing (Nottingham, Великобритания 2004); the 6<sup>th</sup> International Seminar on Science and Computing (Moscow, 2003); 2-ой международной Белорусско-Польской конференции по оториноларингологии (Гродно, 2003); 4-ой научно-технической конференции медико-технические технологии на страже здоровья (Анталия – Сиде, Турция, 2002); 5-ой Международной научно-технической конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (Владимир, Россия, 2002); Международной научно-технической конференции «Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии» (Минск, 2002); Международной научно-технической конференции «Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании» (Пенза, Россия, 2001); the Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behavior (Edinburgh, United Kingdom, 1999); the 7-th Workshop on Post-Binary Ultra Large Scale Integration Systems in association with ISMVL'98 (Fukuoka, Japan, 1998); 19-ой Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов (Zielona Gora, Польша, 1997).

**Опубликованность результатов.** По материалам диссертации опубликовано 19 научных работ, в том числе: одна глава книги «Creative Evolutionary Systems», 2 статьи в журналах, 12 статей в сборниках научных трудов и материалов международных конференций, 4 тезиса докладов.

Подано 3 заявки на изобретения в Белорусское патентное ведомство.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 103 страницы текста, 53 рисунка, 22 таблиц и список используемых источников из 124 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы основные защищаемые положения.

*В первой главе* приведены основные разработки в области эволюционного проектирования (ЭП).

Возможность получения оригинальных решений синтеза дискретных схем с учетом критериев оптимизации определяют ЭП перспективным для исследований и решения прикладных задач. Одна из задач исследований в области ЭП – разработать метод автоматического проектирования дискретных схем с помощью эволюционных вычислений.

В эволюционные вычисления включаются генетические алгоритмы (ГА), эволюционные стратегии (ЭС), генетическое программирование (ГП).

В ЭП актуальной задачей является разработка метода синтеза и оптимизации дискретных схем относительно большой размерности (от 8 входов) при минимальном числе генераций. Отсутствуют методы ЭП, с помощью которых осуществляется синтез многозначных логических схем, поэтому разработка метода ЭП для синтеза не только бинарных, но и многозначных схем является перспективной. В работе в качестве критерия оптимизации используется число логических элементов в схеме, для ПЛМ – число промежуточных шин.

Приведены различные способы, позволяющие повысить эффективность генетического поиска, то есть увеличить скорость реализации эволюционных вычислений в различных системах.

Рассмотрены основные типы генетических операторов и эволюционные вычисления (генетический алгоритм и эволюционная стратегия), используемые в данной работе. Конкретные механизмы селекции, скрещивания и мутации могут сильно повлиять на эффективность эволюционных вычислений, что определяет необходимость проведения экспериментальных исследований по оценке применимости различных типов генетических операторов на этапе создания алгоритмов синтеза дискретных схем.

*Во второй главе* представлены разработанные автором алгоритмы синтеза дискретных схем с помощью эволюционных вычислений. Описан программный комплекс, созданный на основе предложенных алгоритмов.

Разработан универсальный метод ЭП для синтеза не только бинарных, но и многозначных схем, содержащих логические элементы и операционные узлы. Исходными данными является переключательная функция синтезируемого устройства в виде таблицы истинности. Изначально пользователь выбирает логические элементы и операционные узлы (в дальнейшем – блоки), предназначенные для синтеза, а также предполагаемый размер схемы. Под операционным узлом понимается узел, предназначенный для выполнения операций над машинными словами и их частями: сложение кодов и т.п. В работе используется терминология, используемая в области ЭП.

Суть метода заключается в том, чтобы синтезировать схему, которая изначально формируется случайным образом из выбранного набора логических элементов и, при необходимости, операционных узлов. Потенциальное решение задачи (схема) представляется в виде структуры

данных, называемой хромосомой. Полученные хромосомы видоизменяются с помощью таких генетических операторов, как селекция, скрещивание и мутация. Для представления связей между логическими элементами внутри схемы используется матричная структура ( $N_{cols}$  и  $N_{rows}$  – число столбцов и строк в прямоугольном массиве логических ячеек соответственно). Структура схемы и обозначение межэлементных связей приведены на рис. 1.

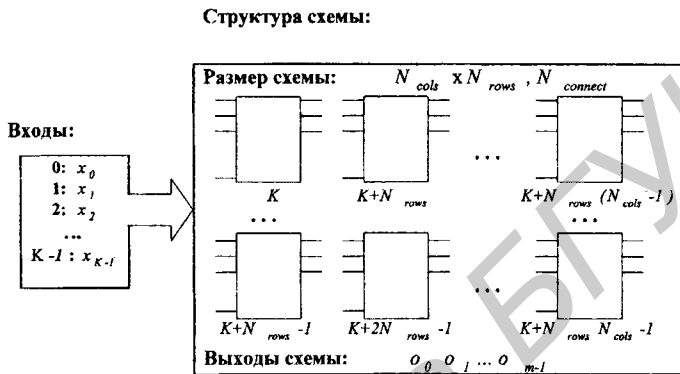


Рис. 1. Структура схемы и кодирование блоков

Математическое описание блока и его межэлементных связей представляется как *генотип* блока и определяется по следующим параметрам:

- тип блока (логического элемента или операционного узла),
- входы и выходы логического элемента или операционного узла,
- межэлементные соединения блока.

Синтезированные логические схемы оцениваются с помощью *fitness*-функций ( $F_1$  и  $F_2$ ), которые определяются следующим образом:

- на первом этапе находится схема, функционирующая в соответствии с заданной таблицей истинности ( $F_1$ ).

$F_1$  определяет процент совпадений значений выходов полученной схемы в соответствии с заданной таблицей истинности и равен:

$$F_1 = \frac{N_{out}^{correct}}{r^K * N_{output}} * 100, \quad (1)$$

где  $N_{out}^{correct}$  – число совпадений значений заданной и синтезируемой функций, расположенных на анализируемых наборах таблицы истинности для всех выходов схемы;  $r$  – значность функции;  $r^K$  – число строк таблицы истинности;  $N_{output}$  – число выходов в схеме.

Если  $F_1=100\%$ , то полученная схема функционирует в соответствии с таблицей истинности, и ее можно оптимизировать согласно выбранным критериям. Далее вычисляется  $F_2$ .

- на втором этапе минимизируется число используемых логических элементов ( $F_2$ ) в схеме, полученной на первом этапе (или осуществляется



- на втором этапе минимизируется число используемых логических элементов ( $F_2$ ) в схеме, полученной на первом этапе (или осуществляется максимизация числа неиспользуемых элементов в схеме).  $F_2$  определяет оптимальность синтезированной схемы с точки зрения числа логических элементов.

Предложенный метод позволяет: синтезировать схему из различных наборов логических элементов, операционных узлов и их комбинаций; реализовывать заданные функции с учетом технических ограничений (размер схемы). Метод позволяет получить различные варианты схем, построенных на логических элементах и операционных узлах, причем из заданного набора могут использоваться не все элементы. Синтез можно осуществлять как для многозначных, так и для бинарных схем. Метод эффективно работает для функций, число аргументов которых не превышает 10.

Разработан и исследован метод синтеза дискретных схем на базе ПЛМ с помощью эволюционных вычислений. Изначально случайным образом формируется множество потенциальных решений, каждое из которых представляет собой описание соединений в матрицах И, ИЛИ. Каждое решение (хромосома) оценивается с помощью *fitness*-функции. В предложенном методе введена динамическая величина вероятности мутации, что позволило синтезировать схемы большой размерности, сократить временные затраты на синтез схем и улучшить сходимость решения задачи.

Предложен способ кодирования ПЛМ. Для представления ПЛМ в виде хромосомы введены следующие обозначения:

$N$  – число входных наборов по таблице истинности,  $n$  – номер входного набора,

$K$  – число входных переменных,  $k$  – номер входной переменной,

$I$  – число вертикальных (промежуточных) шин,  $i$  – номер вертикальной шины,

$J$  – число горизонтальных шин матрицы ИЛИ,  $j$  – номер горизонтальной шины,

$M$  – число выходных переменных.

С учетом введенных обозначений общий вид таблицы истинности представлен на рис. 2.

Таблица истинности	
$x_{K1} \dots x_{k1} \dots x_{21} x_{11}$	$f_{11}^T f_{21}^T \dots f_{j1}^T \dots f_{J1}^T$
$x_{K2} \dots x_{k2} \dots x_{22} x_{12}$	$f_{12}^T f_{22}^T \dots f_{j2}^T \dots f_{J2}^T$
$\dots \dots \dots \dots \dots \dots$	$\dots \dots \dots \dots \dots \dots$
$x_{Kn} \dots x_{kn} \dots x_{2n} x_{1n}$	$f_{1n}^T f_{2n}^T \dots f_{jn}^T \dots f_{Jn}^T$
$\dots \dots \dots \dots \dots \dots$	$\dots \dots \dots \dots \dots \dots$
$x_{KN} \dots x_{kN} \dots x_{2N} x_{1N}$	$f_{1N}^T f_{2N}^T \dots f_{jN}^T \dots f_{JN}^T$

Рис. 2. Общий вид таблицы истинности

Структура и способ кодирования ПЛМ представлены на рис. 3.

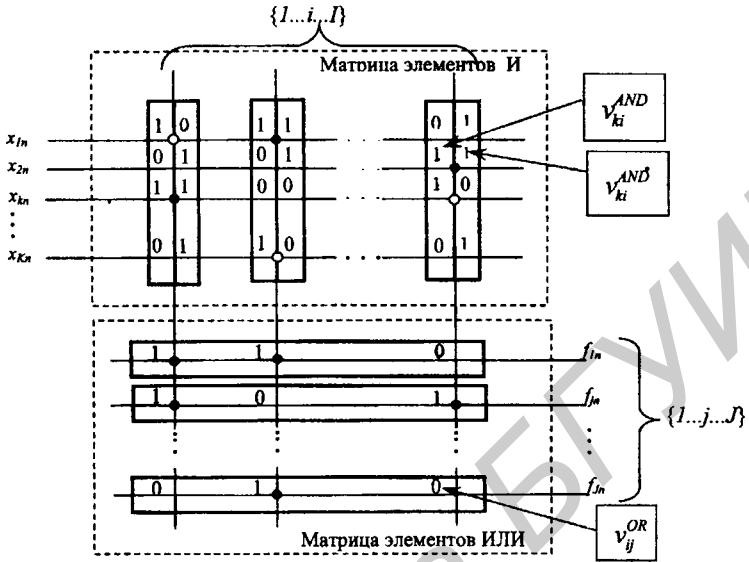


Рис. 3. Структура ПЛМ и способ кодирования

Представление матрицы элементов И: описываются узлы промежуточных шин (сверху вниз и слева направо). Каждый узел матрицы И описывается 2 генами: первый ген  $v_{ki}^{AND}$  определяет наличие соединения в анализируемом узле (1 – соединение есть, 0 – отсутствует), второй ген  $v_{ki}^{AND'}$  определяет тип входа (1 – прямой вход, 0 – инверсный).

Представление матрицы элементов ИЛИ: описываются узлы выходных шин матрицы ИЛИ – слева направо и сверху вниз. На каждый узел матрицы ИЛИ отводится 1 ген  $v_{ij}^{OR}$  (1 – наличие соединения, 0 – отсутствие). Число горизонтальных шин матрицы равно числу выходных переменных таблицы истинности.

В хромосоме представляются все элементы И, затем ИЛИ. Хромосома имеет следующий вид:

$$C = \{ v_{11}^{AND}, v_{11}^{AND'}, v_{21}^{AND}, v_{21}^{AND'}, \dots, v_{k1}^{AND}, v_{k1}^{AND'}, \dots, v_{K1}^{AND}, v_{K1}^{AND'} \}$$

$$v_{1i}^{AND}, v_{1i}^{AND'}, v_{2i}^{AND}, v_{2i}^{AND'}, \dots, v_{ki}^{AND}, v_{ki}^{AND'}, \dots, v_{Ki}^{AND}, v_{Ki}^{AND'}$$

$$v_{1j}^{AND}, v_{1j}^{AND'}, v_{2j}^{AND}, v_{2j}^{AND'}, \dots, v_{kj}^{AND}, v_{kj}^{AND'}, \dots, v_{Kj}^{AND}, v_{Kj}^{AND'}$$

$$v_{11}^{OR}, v_{21}^{OR}, \dots, v_{j1}^{OR}, \dots, v_{j1}^{OR}$$

$$v_{1j}^{OR}, v_{2j}^{OR}, \dots, v_{ij}^{OR}, \dots, v_{ij}^{OR}$$

$$v_{1j}^{OR}, v_{2j}^{OR}, \dots, v_{ij}^{OR}, \dots, v_{ij}^{OR}$$

Алгоритм разработанного метода синтеза дискретных схем на базе ПЛМ, представлен ниже. В алгоритме используется эволюционная стратегия (ЭС).

Исходными данными для алгоритма являются:

- Переключательная функция синтезируемого устройства в виде таблицы истинности.  $\lambda$  – число хромосом в популяции;  $N_{gen}$  – число генераций.
- Параметры структуры ПЛМ:
  - $I$  – число промежуточных шин. Максимально возможное число промежуточных шин равно числу строк таблицы истинности ( $2^K$ ).
  - $J$  – число выходных горизонтальных шин.

1. Инициализация. Формирование исходной популяции происходит случайным образом: создается начальная популяция, состоящая из хромосом, число которых определяется параметром  $\lambda$ .

2. Оценка каждой хромосомы в популяции по формуле 1.

После получения схемы, функционирующей в соответствии с таблицей истинности ( $F_1=100\%$ ) происходит процесс оптимизации промежуточных шин (или максимизация числа неиспользуемых промежуточных шин ПЛМ).

$$F_2 = \frac{I_{vacant}}{I}, \quad (2)$$

где  $I$  – заданное число промежуточных шин;

$I_{vacant}$  – число неиспользуемых промежуточных шин в синтезированной ПЛМ:

$$I_{vacant} = \sum_{i=1}^I (\min(\sum_{j=1}^J v_{ij}^{OR}, 1)). \quad (3)$$

3. Определение значения вероятности мутации для каждого узла ПЛМ.

Значение вероятности мутации для каждого узла ПЛМ определяется вероятностью включения анализируемого узла. Если вероятность близка к 1, то узел включается. Определение значений вероятности мутации зависит от типа генов хромосомы. Хромосома описывается тремя типами генов: наличие соединения в узле матрицы И, использование прямого или инверсного входа, наличие соединения в матрице ИЛИ. Соответственно, предложено для каждого гена, в зависимости от его типа использовать динамическое значение вероятности мутации. Значение вероятностей мутации для каждого гена определяется на основании значений генов в хромосоме, значений входных переменных и значений функции в таблице истинности.

$P_{ij}^{OR}$  – вероятность нахождения узла во включенном состоянии матрицы ИЛИ.

$$P_{ij}^{OR} = \begin{cases} 0, & \text{если } \bigvee_{n=1}^N (\bigwedge_{k=1}^K (x_{kn} \oplus v_{ki}^{AND'} \vee v_{ki}^{AND}) \wedge \overline{f_{jn}^T}) > 0; \\ \sum_{m=1}^N \frac{x_{ip} \oplus v_{ki}^{AND'} \vee v_{ki}^{AND} \wedge f_{jn}^T}{\max(\sum_{l=1}^I (\bigwedge_{k=1}^K (x_{lp} \oplus v_{ki}^{AND'} \vee v_{ki}^{AND}) \wedge v_{ij}^{OR}), 1)}, & \text{если } \bigvee_{n=1}^N (\bigwedge_{k=1}^K (x_{kn} \oplus v_{ki}^{AND'} \vee v_{ki}^{AND}) \wedge \overline{f_{jn}^T}) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

$P_{ki}^{AND}$  – вероятность наличия соединения в узлах матрицы И. Для определения вероятности нахождения узла матрицы И во включенном состоянии необходимы значения генов матриц И, ИЛИ, сформированные ранее на анализируемой промежуточной шине  $i$  и значения поданного входного набора  $n$  по таблице истинности.

$$P_{ki}^{AND} = \begin{cases} 1, \text{ если } \bigvee_{j=1}^J v_{ij}^{OR} = 0; \\ 0, \text{ если } \bigvee_{j=1}^J v_{ij}^{OR} > 0, \text{ и } v_{ki}^{AND} = 0; \\ 1 - \frac{\sum_{n=1}^N (x_{in} \oplus v_{ki}^{AND*} \wedge v_{ki}^{AND}) \wedge (\bigwedge_{l=1}^{K, J+l} (x_{ln} \oplus v_{li}^{AND*} \wedge v_{li}^{AND})) \wedge (\bigwedge_{j=1}^J (v_{ij}^{OR} \vee f_{jn}^T))}{2^{\sum_{i=1}^K v_{ki}^{AND}} * \sum_{k=1}^K v_{ki}^{AND}}, \\ \text{если } \bigvee_{j=1}^J v_{ij}^{OR} > 0 \text{ и } v_{ki}^{AND} = 1. \end{cases} \quad (5)$$

$P_{ki}^{AND*}$  – вероятность использования значения прямого или инверсного входа.

$$P_{ki}^{AND*} = \begin{cases} 0.5, \text{ если } \bigvee_{j=1}^J v_{ij}^{OR} = 0; \\ v_{ki}^{AND*}, \text{ если } \bigvee_{j=1}^J v_{ij}^{OR} > 0. \end{cases} \quad (6)$$

4. Селекция: на основе значений *fitness*-функции выбираются хромосомы-кандидаты для мутации.

5. Мутация: в выбранных ранее хромосомах п.4 с вероятностью по п.3 меняются значения генов.

6. Вычисляется *fitness*-функции для каждой хромосомы.

7. Если число генераций  $N_{gen}$  не превышает заданного значения, то оно увеличивается на единицу. Сформированная новая популяция рассматривается как текущая, после чего алгоритм продолжается с пункта 3. В противном случае – с пункта 8.

8. Результат: в последней популяции определяется хромосома с  $F_1=100\%$  и максимальным значением  $F_2$ , что и является решением задачи.

Разработан и программно реализован метод синтеза комбинационных схем на базе ПЛИМ с помощью эволюционных вычислений.

Предложенный метод позволяет осуществлять реализацию функций большого числа входных переменных (до 18) с учетом ряда ограничений.

Представлена структура программного комплекса, реализующего разработанные алгоритмы синтеза дискретных схем на логических элементах и операционных узлах, а также реализованных на базе ПЛИМ с помощью эволюционных вычислений. Разработан интерфейс пользователя, обеспечивающий быстрый ввод исходных данных, наблюдение за ходом синтеза и представление результатов синтеза схем.

**В третьей главе** приведены результаты экспериментальных исследований. Синтез многозначных логических схем методом ЭП осуществлялся с помощью различных комбинаций логических элементов, которые изначально были соединены случайным образом.

Показано, что использование операционных узлов совместно с логическими элементами позволяет получить компактные схемы и сократить время синтеза. Исследована зависимость результативности синтеза схем методом ЭП от параметров прямоугольной структуры схемы: числа строк

$N_{rows}$ ; числа столбцов  $N_{cols}$ ; параметра связности  $N_{connect}$  на примерах трехзначного одноразрядного полусумматора, трехзначного сумматора, одноразрядного умножителя. Параметр связности логических элементов определяет число столбцов слева от данного столбца  $c_{cols}$ , с которыми логическая ячейка может быть соединена. В результате исследования показано, что параметр связности и число столбцов в прямоугольном массиве влияют на успешный синтез схем, а число строк – незначительно влияет.

Экспериментально показано, что метод ЭП позволяет синтезировать как бинарные, так и многозначные дискретные схемы.

В работе разработан и исследован метод ЭП дискретных схем на базе ПЛМ. Проведены экспериментальные исследования синтеза и оптимизации дискретных схем предложенным методом. В качестве объектов для исследований выбраны логические функции различной размерности. Экспериментальные результаты приведены в табл. 1, где  $I_{max}$  – заданное число промежуточных шин;  $N_{gen}^{max}$  – заданное число генераций;  $Success\ rate\ (\%)$  – процент полученных схем при  $F_I=100\%$  за 100 запусков ЭС;  $\overline{N_{gen}^{F_I=100\%}}$  – среднее число генераций, за которое получена схема при  $F_I=100\%$ ;  $\overline{I_{F_I=100\%}}$  – среднее число промежуточных шин ПЛМ, полученное при  $F_I=100\%$  за 100 запусков ЭС;  $I_{F_I=100\%}^{min}$  – минимальное число промежуточных шин ПЛМ, полученное при  $F_I=100\%$ ;  $\overline{N_{gen}^{F_2}}$  – число генераций за которое получена минимизированная ПЛМ;  $\overline{I_{F_2}}$  – среднее число промежуточных шин минимизированной ПЛМ за 100 запусков ЭС;  $I_{F_2}^{min}$  – минимальное число промежуточных шин ПЛМ.

Таблица 1

Синтез дискретных схем различной размерности методом ЭП на базе ПЛМ

*_pla	K	M	N	Экспериментальные результаты								
				Исходные данные			Синтез ПЛМ ( $F_I=100\%$ )			Минимизация ПЛМ		
				$I_{max}$	$N_{gen}^{max}$	Success rate (%)	$\overline{N_{gen}^{F_I=100\%}}$	$\overline{I_{F_I=100\%}}$	$I_{F_I=100\%}^{min}$	$\overline{N_{gen}^{F_2}}$	$\overline{I_{F_2}}$	$I_{F_2}^{min}$
Логические функции, сформированные случайным образом												
6-5	6	5	64	64	10000	12	1232.4	63.7	62	10000	62.8	59
6-4	6	4	64	64	10000	61	101.6	61.9	56	10000	56.8	50
6-3	6	3	64	64	10000	100	53.7	57.4	47	10000	47.4	40
6-2	6	2	64	64	10000	100	26.7	48.9	34	10000	30.9	26
6-1	6	1	64	64	10000	100	22.7	37.5	23	10000	21.5	18
Логические функции из библиотеки MCNC benchmark												
Majority	5	1	32	32	10000	100	21.3	24.7	15	10000	12.3	8
con1	7	2	128	96	10000	100	55.5	86.7	60	10000	60.9	49
Add 7	7	4	128	128	10000	100	10.8	117	96	10000	101.2	91
5xpl	7	10	128	128	10000	62	108.3	127.7	126	10000	124.2	118
9sym	9	1	512	512	10000	100	68.5	301.0	252	10000	253.8	239
addm4	9	8	512	384	10000	89	30.8	379.6	365	10000	369.4	350
alu1	12	8	4096	4096	10000	100	16.6	3506.0	3417	10000	3203.2	3169
Схемы умножителей												
Mult3	6	6	64	64	10000	100	27.1	56.9	47	10000	49.4	42
Mult4	8	8	256	256	10000	100	15.5	240.1	222	10000	225.1	210
Mult5	10	10	512	512	10000	100	26.4	990.5	954	10000	965.7	936
Mult6	12	12	4096	4096	10000	100	53.0	3997.2	3991	10000	3983.2	3979

Следует отметить, что при увеличении числа генераций число промежуточных шин ПЛМ значительно сокращается. Представленные в таблице логические функции синтезированы также за  $N_{gen}=50$ , однако при увеличении числа генераций число промежуточных шин ПЛМ значительно сокращается.

Проведена сравнительная оценка по числу генераций при синтезе умножителей несколькими методами синтеза дискретных схем с применением эволюционных вычислений. Экспериментальные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Сравнительная оценка числа генераций при синтезе умножителей несколькими методами ЭП

Название метода ЭП	Автор	Элементная база	Наиболее сложная синтезированная схема умножителя				
			функция	$K$	$M$	$N$	$N_{gen}$
Картезианское программирование (Cartesian programming)	Miller, 1999	FPGA	Mult3	6	6	64	3 000 000
Двунаправленная инкрементальная эволюция (bi-directional incremental evolution)	Kalganova, 2000	FPGA	Mult6	12	12	4096	2 582 678
Метод синтеза схем с помощью генетического алгоритма	Hounsell, 2000	FPGA	Mult3	6	6	64	19 892
Метод на основе Картезианского программирования	Vassilev, 2000	FPGA	Mult4	8	8	256	643 274 21
Инкрементальная эволюция (incremental evolution)	Totressen, 2003	PAL	Mult5	10	10	1024	3 000 000
Двунаправленная инкрементальная эволюция с дизъюнктивной декомпозицией (bi-directional incremental evolution with generalized disjunction decomposition)	Stomeo, 2004	FPGA	Mult5	10	10	1024	506 347
<b>Метод ЭП на базе ПЛМ</b>	<i>Литницкая, 2004</i>	<i>PLA</i>	<i>Mult6</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>4096</i>	<i>3 991</i>

Показано, что разработанный метод синтеза ЭП на базе ПЛМ позволяет получить схемы, функционирующие в соответствии с заданной таблицей истинности за меньшее число генераций по сравнению с существующими методами ЭП. Следовательно, уменьшаются временные затраты на синтез дискретных схем.

Проведены исследования для выявления зависимости значения *fitness*-функции от числа генераций при синтезе умножителя (12 входных, 12

выходных переменных) разработанным методом ЭП на базе ПЛМ, а также с помощью метода синтеза схем с применением генетического алгоритма. Зависимость значений *fitness*-функции от числа генераций представлена на рис. 4.

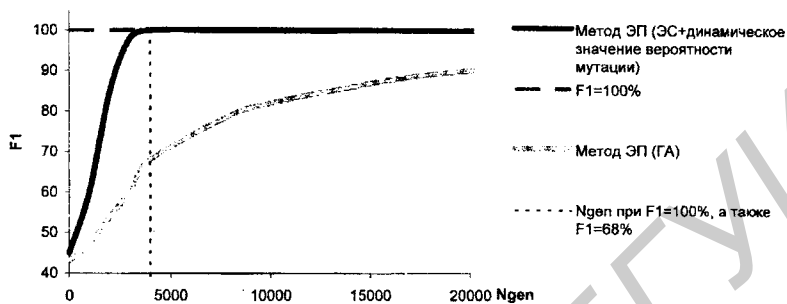


Рис. 4. Зависимость значений *fitness*-функции от числа генераций при синтезе умножителя методами ЭП

При  $N_{gen}=3\ 991$  разработанным методом получена схема при  $F_1=100\%$ , а при синтезе умножителя методом ЭП с применением генетического алгоритма значение *fitness*-функции составило  $F_1=68\%$ . Использование динамических параметров вероятности мутации ЭС повышает эффективность предложенного алгоритма. Это объясняется тем, что жесткие связи приводят к замкнутости поиска, а введение динамических переменных позволяет устранить проблемы преждевременной сходимости. Полученные результаты подтверждают эффективность разработанного метода ЭП.

**В четвертой главе** представлено описание блока обработки сигналов  $SpO_2$  (насыщение артериальной крови кислородом) синтезированного с помощью метода ЭП на базе ПЛМ. Разработанный блок встроен в медицинский прибор «Монитор пациента». Представлены основные этапы разработки прибора. Определено место синтеза дискретных схем для блока  $SpO_2$  в технологическом процессе проектирования данного прибора.

$SpO_2$  — величина измерения насыщения артериальной крови кислородом, измеренная методом пульсоксиметрии. Основу метода пульсоксиметрии составляет измерение поглощения света определенной длины волны гемоглобином крови. При измерении  $SpO_2$  в большинстве случаев (95%) причиной активизации сигнала тревоги служит не реальная опасность, а артефакты (показания прибора, обусловленные не истинными значениями параметров, а действием посторонних факторов).

Датчик пульсоксиметра содержит два светоизлучающих диода, работающих один в «красной», другой — в «инфракрасной» области спектра, а также фотоприемник, который определяет интенсивность падающего на него светового потока. Фотодетектор измеряет излучение обоих светодиодов, а заодно улавливает окружающий свет, являющийся мешающим сигналом.

В результате исследований получена таблица истинности для блока обработки  $SpO_2$ : число входных переменных – 12, число выходных значений функции – 7, число входных наборов, на которых задана функция – 4096.

Получены экспериментальные результаты для блока  $SpO_2$ : число промежуточных шин  $I=1670$ ; число генераций, за которое получена и минимизирована схема  $N_{gen}=1100$ . Схема получена при  $N_{gen}=777$ . Зависимость значений *fitness*-функции от числа генераций представлена на рис. 5.

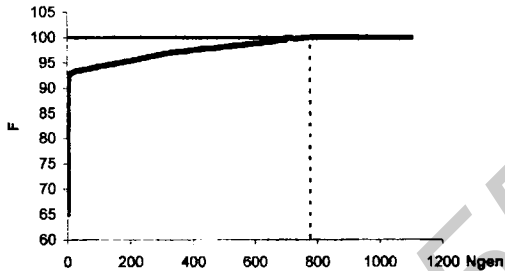


Рис. 5. Зависимость значений *fitness*-функции от числа генераций

Фрагмент изображения схемы блока обработки сигналов  $SpO_2$ , реализованной на базе ПЛМ методом ЭП продемонстрирован на рис. 6.

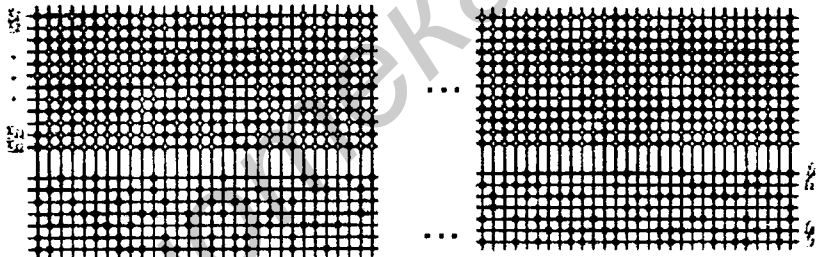


Рис. 6. Фрагмент изображения ПЛМ методом ЭП на базе ПЛМ

Синтезированный блок обработки  $SpO_2$  использован в мониторинговом приборе для неинвазивной оценки параметров физиологического состояния пациентов «Монитор пациента».

Прибор позволяет проводить измерение электрокардиограммы (ЭКГ), артериального кровяного давления, частоты сердечных сокращений, частоты пульса, распределения температуры в локальной области кожного покрова, измерение объема углекислого газа в выдыхаемом воздухе ( $CO_2$ ), измерение насыщения крови кислородом ( $SpO_2$ ) и частоты дыхания пациента. Выбор измеряемых показателей основан на рекомендациях ведущих врачей консультантов.

Макетный образец прибора «Монитор пациента» с подключенными периферийными устройствами изображен на рис. 7.



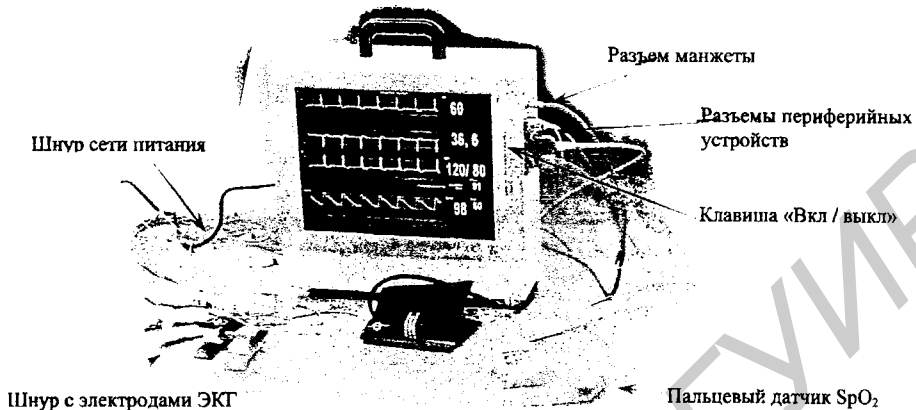


Рис. 7 Макетный образец прибора «Монитор пациента»

Разработанный метод синтеза дискретных схем использован для создания процессорного блока «Монитор пациента», что оформлено в виде заявки на изобретение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан метод синтеза дискретных схем на основе эволюционных вычислений, который позволяет синтезировать схемы большой размерности на базе ПЛИМ. В отличие от существующих методов ЭП предложено использовать динамическое значение вероятности мутации, что позволило сократить временные затраты на синтез схем и улучшить сходимость решения задачи. Предложено бинарное представление ПЛИМ в виде хромосомы, в которой используются три различных типа генов [3].

2. В результате теоретических и практических исследований предложенным методом синтеза дискретных схем на базе ПЛИМ разработан сложный информационно-измерительный блок, позволивший осуществить измерение насыщения артериальной крови кислородом ( $SpO_2$ ). Исследована зависимость значений оценочной функции от числа генераций. Получена схема за число генераций  $N_{gen}=1100$  и число промежуточных шин составило  $I=1670$ . Разработанный блок измерения  $SpO_2$  встроен в многофункциональный портативный прибор для неинвазивного измерения физиологических параметров «Монитор пациента». Прибор позволяет проводить измерение электрокардиограммы (ЭКГ), артериального кровяного давления, частоты сердечных сокращений, частоты пульса, распределение температуры в локальной области кожного покрова, измерение объема углекислого газа в выдыхаемом воздухе ( $CO_2$ ), измерение насыщения крови кислородом ( $SpO_2$ ) и частоты дыхания пациента. Рассмотрены основные этапы разработки прибора «Монитор пациента» и определено место синтеза дискретных схем для блока

$\text{SpO}_2$  в технологическом процессе проектирования данного прибора [2, 8, 9, 10, 13].

3. Впервые проведены экспериментальные исследования синтеза и оптимизации дискретных схем методом ЭП на базе ПЛИМ. В качестве моделей для синтеза выбраны логические функции различной размерности (от 5 до 14 входных переменных и от 1 до 8 выходных переменных) из библиотеки MCNC benchmarks. Проведена сравнительная оценка по числу генераций методов синтеза схем с применением эволюционных вычислений, в результате выявлено, что с помощью разработанного метода ЭП на базе ПЛИМ синтез схем осуществляется за меньшее число генераций [15].

4. Усовершенствован метод синтеза дискретных схем с помощью эволюционных вычислений, который позволяет синтезировать схемы не только из логических элементов, реализующих элементарные функции, но и из произвольного набора логических элементов и операционных узлов. Предложенный алгоритм позволяет реализовать схему с учетом технических ограничений (размер схемы). Впервые синтез схем многозначной логики осуществлен с помощью эволюционных вычислений [1, 7].

5. Исследовано влияние генетических операторов (скрещивания и мутации) на успешный синтез схем. Определены зависимости результативного синтеза схем от параметров конфигурации выбранной структуры схемы: параметр связности и число столбцов в прямоугольном массиве влияют на результат синтеза, а число строк – незначительно влияет. Выявлены особенности предлагаемого метода синтеза многозначных схем на примерах полусумматора, одноразрядного трехзначного сумматора и умножителя заключающиеся в том, что предлагаемый метод ЭП позволяет минимизировать число используемых логических элементов, а с увеличением числа генераций увеличивается число результативно синтезированных схем [5].

6. Разработаны программные средства и интерфейс пользователя, позволившие синтезировать схемы при условиях ограничений разного порядка (размер схемы, номенклатура логических элементов и операционных узлов). Программные средства подтвердили работоспособность предложенных методов. Разработанные программные и аппаратные средства обеспечивают простоту управления и индикацию данных. Программное обеспечение использовано при решении практической задачи синтеза блока  $\text{SpO}_2$  – измерения насыщения артериальной крови кислородом. Предложенные методы синтеза дискретных схем являются универсальными и могут быть использованы при проектировании блоков и узлов информационно-измерительных систем, в том числе и сложных электронных изделий медицинской техники [8, 11, 19].

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

*Раздел книги:*

1. Miller J., T. Kalganova, D. Job and N. Lipnitskaya Chapter 18: The Genetic Algorithm as a *Discovery Engine*: Strange Circuits and New Principles // In Creative Evolutionary Systems. Eds. P.J. Bentley, D.W. Corne published by Morgan Kaufmann Pub. ISBN: 1-55860-605-X. – 1999. Chapter 18. – P. 443 – 465.

*Статьи в научных журналах:*

2. Липницкая Н.Г. Проектирование электронных схем с использованием эволюционных принципов // Доклады БГУИР. – 2003. – том 1 №2. – С. 118 – 120.

3. Липницкая Н.Г. Метод синтеза комбинационных схем на ПЛИМ с помощью эволюционных алгоритмов // Доклады БГУИР. – 2004. – № 4. – С. 126 – 132.

*Статьи в сборниках трудов международных конференций:*

4. Kalganova T., N. Lipnitskaya, G.Holowinski Modular Decomposition of the NOR-TSUM multiple-valued PLA // Proc. of the 19<sup>th</sup> International Scientific Symposium of Students and Young Research Workers. – Zielona Gora (Poland), 1997. – P.138 – 144.

5. Kalganova T., Miller J., Lipnitskaya N. Multiple-valued combinational circuits synthesized using evolvable hardware approach // In Proc. of the 7-th Workshop on Post-Binary Ultra Large Scale Integration Systems in association with ISMVL'98. – Fukuoka (Japan), 1998. – P. 52 – 54.

6. Miller J., T. Kalganova, N. Lipnitskaya and D. Job The Genetic Algorithm as a *Discovery Engine*: Strange Circuits and New Principles // Proc. (CES'99). published by The Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour (AISB). – Edinburgh (UK), 1999. – P. 65 – 74.

7. Липницкая Н.Г. Об эффективности использования эволюционного алгоритма при проектировании многозначных логических схем. // Международная научно-техническая конференция. Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании. – Пенза, 2001. – С. 92 – 94.

8. Липницкая Н.Г. Использование ЭП для синтеза блока обработки сигналов оксиметрии (SpO<sub>2</sub>) // Международная научно-техническая конференция (МЕДЭЛЕКТРОНИКА – 2002). Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии. – Минск, 2002. – С. 142 – 145.

9. Липницкая Н.Г., Силков Н.И., Ревяко Г.М. Прибор для неинвазивного измерения параметров функционального состояния пациентов (Монитор пациента) // 5-ая Международная научно-техническая конференция. Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии. – Владимир, 2002. – С. 36 – 37.

10. Липницкая Н.Г., Ревяко Г.М., Силков Н.И. Многофункциональный прибор для неинвазивного измерения параметров функционального состояния пациентов // Международная научно-техническая конференция. Средства

медицинской электроники и новые медицинские технологии. – Минск, 2002. – С. 137 – 139.

11. Яцкевич Ю.В., Липницкая Н.Г., Усовик Н.С. Программное обеспечение для мониторинга состояния пациентов // 5-ая Международная научно-техническая конференция. Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии. – Владимир, 2002. – С. 164 – 165.

12. Король И.М., Силков Н.И., Ревяко Г.М., Липницкая Н.Г. Некоторые аспекты комплексного мониторинга в ЛОР-хирургии // 5-ый съезд отоларингологов Республики Беларусь. – Минск, 2002. – С.18 – 21.

13. M.I.Silkou, R.M.Raviako, N.G.Lipnitskaya Multifunctional device for non-invasive measurement of functional condition of patients // 6-th International Seminar on science and computing. – Moscow, 2003. – P. 488 – 493.

14. Калганова Т.Г., Король И.М., Веренра Д., Силков Н.Г., Липницкая Н.Г. Метод прогнозирования вероятности заболевания раком гортани с помощью динамической функции // Вторая международная Беларуско-Польская конференция по оториноларингологии. – Гродно, 2003. – С. 144 – 148.

15. Lipnitskaya N.G., Y.Yatskevich, T. Kalganova Evolving PLA structures using evolutionary strategy with dynamic mutation rate // 5<sup>th</sup> International Conference on: Recent Advances in Soft Computing. – Hilton Nottingham, 2004. – P. 466 – 472.

*Тезисы докладов:*

16. Калганова Т.Г., Липницкая Н.Г., Пшибытко В. Экспериментальные исследования декомпозиции функций многозначной логики в базе NOR-TSUM // 33-ая научно-техническая конференция аспирантов и студентов БГУИР. Компьютерные системы и сети. – Минск. – 1997.

17. Калганова Т.Г., Липницкая Н.Г., Пшибытко В. Временной анализ алгоритма декомпозиции на основе исследований многозначных диаграмм решений // 33-ая научно-техническая конференция аспирантов и студентов БГУИР. Компьютерные системы и сети. – Минск. – 1997.

18. Lipnitskaya N, M.Silkou, Y.Yatskevitch, R.Raviako, T.Kalganova. Portable device for non-invasive measurements "Patient Monitor" // 8<sup>th</sup> Annual Scientific Meeting 2002 of the Institute of Physics and Engineering in Medicine (IPEM). – Durham, 2002. – P. 11a.

19. Липницкая Н.Г., Калганова Т.Г., Силков Н.И. Использование ЭЛП при проектировании медицинской электронной техники // 4-ая научно-техническая конференция (МЕДТЕХ-2002). Медико-технические технологии на страже здоровья. – Анталия - Сиде (Турция), 2002. – С.38 – 39.



## РЭЗІЮМЭ

Ліпніцкая Наталля Георгіеўна

### СІНТЭЗ ІНФАРМАЦЫЙНА-ВЫМЯРАЛЬНЫХ ПРЫСТАСАВАННЯЎ З ПРЫМЯНЕННЕМ ЭВАЛЮЦЫЙНЫХ ВЫЛІЧЭННЯЎ

**Ключавыя словы:** метады сінтэзу, дыскрэтныя схемы, эвалюцыйныя вылічэнні, маніторынгавыя сістэмы, інфармацыйна-вымяральныя сістэмы.

**Аб'ектам даследавання** з'яўляюцца алгарытмы і метады сінтэзу дыскрэтных схем на аснове эвалюцыйных вылічэнняў. Прадметам даследавання з'яўляюцца дыскрэтныя схемы, якія уключаюць як лагічныя элементы, так і аперацыйныя вузлы, а таксама схемы на базе праграміруемых лагічных матрыц (ПЛМ).

**Мэтай работы** з'яўляецца развіццё метадаў эвалюцыйнага праектавання і на іх аснове стварэнне інфармацыйна-вымяральных прыстасаванняў.

Распрацаваны метады сінтэзу дыскрэтных схем на базе ПЛМ з дапамогай эвалюцыйных вылічэнняў. Прапанавана і абаснавана выкарыстанне дынамічнага значэння імавернасці мутацыі, што дазваляе сінтэзіраваць схемы вялікай размернасці, скараціць затраты часу на сінтэз схем і палепшыць сыходнасць рашэння задачы.

Удасканалены метады сінтэзу дыскрэтных схем з дапамогай эвалюцыйных вылічэнняў, які дазваляе ажыццяўляць праектаванне з заданага набору лагічных элементаў і аперацыйных вузлоў, якія адрозніваюцца магчымасцю сінтэзіраваць як бінарныя, так і шматзначныя схемы. Метады дазваляе рэалізаваць схему з улікам тэхнічных абмежаванняў

У выніку тэарэтычных і практычных даследаванняў прапанаваным метадам сінтэзу дыскрэтных схем на базе ПЛМ распрацаваны блок вымярэння насычанасці артэрыяльнай крыві кіслародам. Гэты блок убудаваны ў многафункцыянальны партатыўны прыбор для неінвазіўнага вымярэння функцыянальных параметраў пацыента (Манітор пацыента).

На базе прапанаваных метадаў сінтэзу распрацаваны праграмныя сродкі і інтэрфэйс карыстальніка, якія дазваляюць сінтэзіраваць схемы з улікам абмежаванняў рознага парадку (памер схемы, наменклатура элементаў), якія падцвердзілі працаздольнасць прапанаваных метадаў.

Даследаваныя метады сінтэзу дыскрэтных схем з'яўляюцца унікальнымі і могуць выкарыстоўвацца пры праектаванні іншых блокаў медыцынскай тэхнікі і інфармацыйна-вымяральных сістэм.

## РЕЗЮМЕ

Липницкая Наталья Георгиевна

### СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

**Ключевые слова:** методы синтеза, дискретные схемы, эволюционные вычисления, мониторинговые системы, информационно-измерительные системы.

**Объектом исследования** являются алгоритмы и методы синтеза дискретных схем на основе эволюционных вычислений. Предметом исследований являются дискретные схемы, включающие как логические элементы, так и операционные узлы, а также схемы на базе программируемых логических матриц (ПЛИМ).

**Целью работы** является развитие методов эволюционного проектирования дискретных схем и на их основе создание информационно-измерительных устройств.

Разработан метод синтеза дискретных схем на базе ПЛИМ с помощью эволюционных вычислений. Предложено и обосновано использование динамического значения вероятности мутации, позволяющее синтезировать схемы большой размерности, сократить временные затраты на синтез схем и улучшить сходимость решения задачи.

Усовершенствован метод синтеза дискретных схем с помощью эволюционных вычислений, позволяющий осуществлять проектирование схем из заданного набора логических элементов и операционных узлов, отличающийся возможностью синтезировать как бинарные, так и многозначные схемы. Предложенный метод позволяет реализовать схему с учетом технических ограничений.

В результате теоретических и практических исследований предложенным методом синтеза дискретных схем на базе ПЛИМ разработан блок измерения насыщения артериальной крови кислородом. Разработанный блок встроен в многофункциональный портативный прибор для неинвазивного измерения физиологических параметров пациента «Монитор пациента».

На базе предложенных методов синтеза разработаны программные средства и интерфейс пользователя, позволяющие синтезировать схемы при условиях ограничений разного порядка (размер схемы, номенклатура логических элементов и операционных узлов), которые подтвердили работоспособность предложенных методов.

Предложенные методы синтеза дискретных схем являются универсальными и могут быть использованы при проектировании других блоков медицинской техники и информационно-измерительных систем.

## SUMMARY

Lipnitskaya Natallya Georgieuna

### USE EVOLUTIONARY CALCULUS FOR THE SYNTHESIS OF INFORMATION- MEASURING DEVICE

**Key words:** methods of synthesis, discrete circuits, evolutionary calculus, monitoring systems, information- measuring systems.

**Object of research** are algorithms and methods of synthesis of discrete circuits on base evolutionary calculus. The subject of research is discrete circuits from logic elements and operational blocks, also circuits on base programmable logic arrays (PLA).

**The purpose of work** is to develop methods of evolvable hardware and on them base to create information- measuring device.

The method of synthesis of circuits on base programmable logic arrays using evolutionary calculus is developed. Proposed to introduce the dynamic mutation rate that allows to design relatively complex circuits, to decrease time required to evolve logic circuit and to improve convergence of solution task.

The method of synthesis of circuits allows to design circuits from given set of logic elements and operational blocks is developed. This method is differing to design binary and multiple valued circuits. This method allow to design circuit taking into account engineering constraints.

In results of theoretic and practice investigations the module of measure oxyden saturation of arterial blood by proposed method is developed. This module to built-in multifunctional portable device of non-invasive measurement of patient's functional condition "Patient Monitor".

The new software and user interface on base proposed methods of synthesis circuits that allow to design circuits taking into account engineering constraints (size of circuits, nomenclature of logic elements and operational blocks) are developed. They confirmed of efficient of proposed methods.

The developed methods of synthesis are universal and can be use to design other modules of medical technique and information- measuring systems.

**Липницкая Наталья Георгиевна**

**СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ  
УСТРОЙСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЭВОЛЮЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники  
и систем управления

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано в печать	29.03.2005.	Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная.	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,4.	Тираж 70 экз.	Заказ 221.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования

«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Лицензия на осуществление издательской деятельности № 02330/0056964 от 01.04.2004.

Лицензия на осуществление полиграфической деятельности № 02330/0133108 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6.