

УДК 621.382.822

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРИНЦИПОВ

Н.Г. ЛИПНИЦКАЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 29 апреля 2003

В статье предлагается использовать эволюционные принципы при проектировании дискретных схем. Метод эволюционного логического проектирования применен при проектировании изделий медицинской электронной техники, в частности, синтезирован блок обработки SrO_2 .

Ключевые слова: методы синтеза, эволюционные алгоритмы.

Введение

Высокие требования к изделиям электронной техники диктуют необходимость совершенствования методов проектирования логических схем. Это связано с необходимостью улучшения таких характеристик, как быстродействие, помехоустойчивость, экономичность, надежность и др. Большинство известных методов синтеза комбинационных схем состоит из составлений описаний этих схем в виде наборов переключательных функций, образующих функционально полные базисы. Достижение оптимального результата при этом связано с решением сложных комбинаторных задач, для чего современные средства вычислительной техники оказываются порой бессильными. Выходом из этой ситуации является создание эвристических методов, не гарантирующих получения точного решения оптимизационной задачи, но дающих результат, достаточно близкий к оптимальному, за приемлемое время. Одним из направлений в этой области является использование эволюционных принципов логического проектирования комбинационных схем. Метод эволюционного логического проектирования (Evolvable Hardware, ЭЛП) — это метод синтеза и оптимизации электронных схем, представленных в виде хромосом, с помощью эволюционных алгоритмов. Целесообразность применения метода ЭЛП состоит в том, что он позволяет расширить возможности синтеза схем за счет использования произвольной комбинации логических элементов и операционных узлов [1].

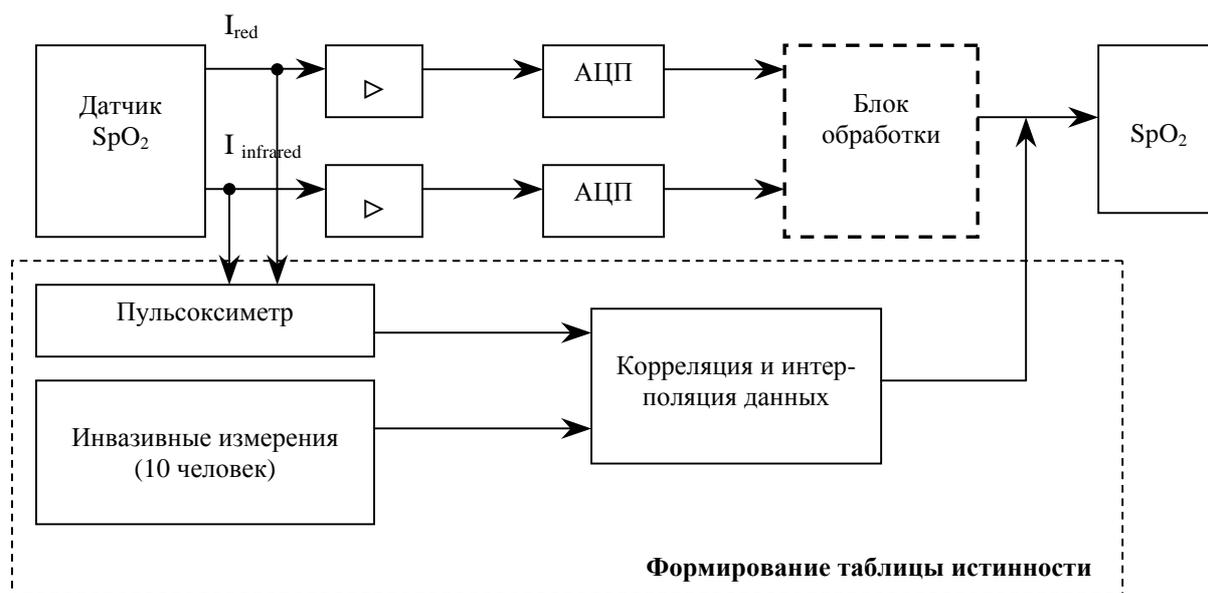
Идея ЭЛП заключается в использовании эволюционных алгоритмов (ЭА) для синтеза комбинационных схем.

Терминология и общая концепция развития эволюционных алгоритмов впервые была предложена в [2]. В связи с тем что суть ЭА заключается в максимально полной имитации эволюционного процесса, словарь определений был практически полностью заимствован из генетики. ЭА описывается следующими терминами:

- хромосома – потенциальное решение рассматриваемой задачи – логическая схема;
- популяция хромосом — множество потенциальных решений;
- набор генетических операторов (скрещивание, мутация и селекция);
- целевая функция (*fitness*-функция) для оценки полученных решений.

Метод ЭЛП предлагается использовать при проектировании медицинских приборов и их блоков, в частности блока обработки SpO_2 . SpO_2 — насыщение артериальной крови кислородом, измеренное методом пульсоксиметрии. Основу метода пульсоксиметрии составляет измерение поглощения света определенной длины волны гемоглобином крови. **Гемоглобин** — общее название белков крови, содержащихся в эритроцитах.

В качестве исходных данных для проектирования блока обработки SpO_2 используется таблица истинности синтезируемого устройства. Для получения таблицы истинности обработки SpO_2 проводились следующие исследования. Одновременно проводились измерения величины насыщения артериальной крови кислородом инвазивным и неинвазивным методами. По результатам измерений строилась зависимость величины SpO_2 от инфракрасного и красного света пульсоксиметра. Процесс формирования таблицы истинности для обработки SpO_2 представлен на рисунке.



Формирование таблицы истинности для блока обработки SpO_2

В ЭЛП структура логической схемы представлена в виде хромосомы. Для представления связей логических элементов внутри схемы выбрана матричная структура. В функциональный набор логических элементов может быть включен *любой* набор логических элементов и операционных узлов.

Для оценки каждой хромосомы в популяции используется *fitness*-функция. Синтезированные логические схемы оцениваются с помощью *динамической fitness-функции*, которая определяется в два этапа.

На первом этапе находится схема, функционирующая в соответствии с заданной таблицей истинности.

На втором этапе минимизируется число используемых логических элементов (F_2) в полученной на первом этапе схеме. F_2 определяет, насколько оптимально синтезирована схема с точки зрения числа используемых логических элементов.

Динамическая *fitness* функция определяется следующим образом:

$$F = \begin{cases} F_1, & F_1 \text{ \textasciitilde } < 100\%, \\ F_1 + F_2, & \text{\textasciitilde } F_1 = 100\%, \end{cases}$$

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

$$F_1 = \frac{N_{out}^{correct} \cdot 100}{r^n \cdot N_{output}},$$

где $N_{out}^{correct}$ — число совпадений значений заданной и синтезируемой функций, расположенных на анализируемых наборах таблицы истинности для всех выходов схемы; r^n — число строк таблицы истинности переключательной функции; N_{output} — число выходов в схеме, реализующей переключательную функцию. Если $F_1=100\%$, то полученная схема синтезирована корректно, в соответствии с таблицей истинности, и ее можно минимизировать согласно выбранным критериям. В этом случае активизируется F_2 .

Синтезированный блок обработки SpO_2 используется в портативном приборе для неинвазивной оценки параметров физиологического состояния пациентов "Монитор пациент" [3].

Предлагаемый подход ЭЛП может быть использован при проектировании и других медицинских приборов и их блоков.

Работа выполнялась в рамках проекта В-371 Международного научно-технического центра.

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC CIRCUITS USING EVOLUTIONARY COMPUTATION PRINCIPLES

N.G. LIPNITSKAYA

Abstract

The principles of evolutionary computation applied to the design of electronic circuits are considered in this paper. Evolutionary logical design method is used for the development of medical electronic device such as SpO_2 processing block.

Литература

1. Miller J., Kalganova T., Job D., Lipnitskaya N. The Genetic Algorithm as a Discovery Engine: Strange Circuits and New Principles // In Creative Evolutionary Systems / Eds. Bentley P.J., Corne D.W. Morgan Kaufmann Pub. 1999. P. 443–566.
2. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press. 1992.
3. Липницкая Н.Г., Силков Н.И., Ревяко Г.М. // 5-я Междунар. науч-техн. конф. "Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии". Владимир, 2002. С. 36–37.