

Синтез сбоеустойчивых обратимых схем

Гуров Сергей Исаевич¹, Кормаков Георгий Владимирович²

¹ Кафедра математических методов прогнозирования, e-mail: sgur@cs.msu.ru

² Кафедра математических методов прогнозирования, e-mail: egor2898@mail.ru

Согласно законам термодинамики, при выполнении логических операций классическими схемами на каждый потерянный бит информации выделяется энергия $kT \ln 2$, k – постоянная Больцмана, T – температура в градусах Кельвина (принцип Ландауэра [1]).

Одним из способов принципиального решения проблемы тепловыделения является переход к использованию техники обратимых вычислений [2]. Ш. Бене предложил трёхшаговую процедуру, делающую обычные вычисления обратимыми [2]. В последнее время активизировались исследования по разработке синтеза обратимых схем, как комбинационных, так и последовательностных [3, 4, 5, 6]. Второй важной проблемой современной ВТ является надёжность функционирования ИМС, причём на первый план здесь выходит задача обеспечения их устойчивости к кратковременным самоустранимым отказам или сбоям (SEU, single event upsets). Сбоеустойчивость является важнейшим требованием к аппаратуре, работающей, например, в тяжелых условиях космоса.

В данной статье рассмотрены основные существующие модели построения сбоеустойчивых обратимых комбинационных схем и предложен новый подход к данной проблеме. В работе рассмотрены основные понятия, связанных с обратимыми вычислениями. Обратимые элементы имеют малое энергопотребления, большую скорость вычислений и повышенную плотность расположения вентилях на кристалле. Последнее обстоятельство послужило причиной их более детального изучения, в частности, сбоеустойчивости и тестируемости. Благодаря указанным преимуществам, обратимая схемотехника отвечает основным требованиям современной технологии ВТ.

Предложен оригинальный метод синтеза сбоеустойчивых обратимых элементов в поляризованном пространстве Хэмминга [7], обладающий высокой способностью корректировать как единичные, так и многократные ошибки. На основании этого метода построены обратимый сумматор (рис. 1) и аналоги основных обратимых элементов.

Рассмотренные методы синтеза сбоеустойчивых схем уже являются важными для обратимой схемотехники. В то же время на сегодняшний день настоятельной необходимостью является создание обратимых сбоеустойчивых таких стандартных элементов, как мультиплексор, демультиплексор, шифратор, дешифратор, сумматор и триггеры и др. Также требует развития общая теория синтеза рассматриваемых схем.

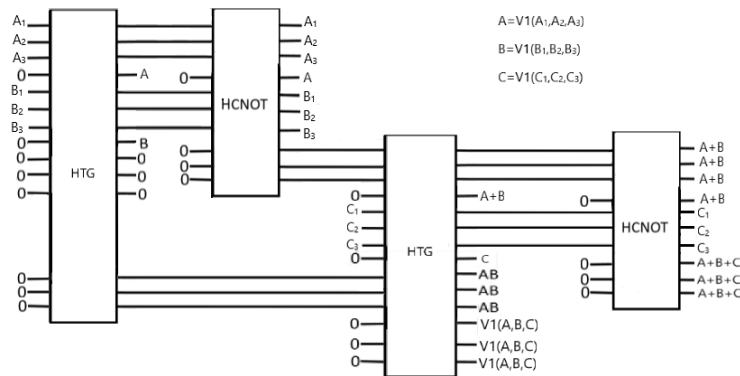


Рис. 1: Обратимый сумматор в пространстве Хэмминга

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Landauer R. Irreversibility and heat generation in the computing process // IBM Journal of Research and Development, 5: 183–191, July 1961.
- [2] Bennet C. Logical Reversibility of Computation IBM Journal of Research and Development, vol. 17, no. 6, pp. 525–532, 1973.
- [3] Бобровский С. Будет ли обратимым зеттафлопсный компьютер? // PCWeek/RE (474) 12'2005.
- [4] Kalyan S. Perumalla. Introduction to Reversible Computing. // CRC Press, 2014
- [5] Saeedi M., Markov I. L. Synthesis and Optimization of Reversible Circuits // A Survey. Oct 2011. [https://arxiv.org/pdf/1110.2574]
- [6] Закаблуков Д. В. Методы синтеза обратимых схем из функциональных элементов NOT, CNOT и 2-CNOT. : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.01.09. / Закаблуков Дмитрий Владимирович. Москва, 2018.
- [7] Кормаков Г.В., Гуров С.И. Сбоеустойчивые обратимые схемы и метод их синтеза в пространстве Хемминга // Прикладная математика и информатика: труды факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова / Под ред. В.И. Дмитриева. – М.: МАКС Пресс, 2018. - №57. - С. 21-35.