

Применение статической реконфигурации микроконтроллера с целью сокращения аппаратно-временных затрат для реализации алгоритма Райса

Абрамов¹ Н.В.; Иванюк² А.А.

¹ Кафедра ПОИТ, факультет компьютерных систем и сетей,

² Кафедра ВМиП, факультет информационных технологий и управления,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

nickolaib2004@gmail.com

Аннотация – Способность реконфигурируемых устройств адаптироваться под конкретную задачу позволяет получить эффективные в плане аппаратных и временных затрат решения. В данной работе за счет использования реконфигурации в микроконтроллере SLC1657 были сокращены аппаратные и временные затраты при кодировании данных посредством алгоритма Райса.

Ключевые слова: VHDL, микроконтроллер, ПЛИС, реконфигурируемые вычисления, алгоритм Райса

I. ВВЕДЕНИЕ

Алгоритм Райса относится к алгоритмам сжатия данных без потерь. Входные данные фиксированной длины, кодируются согласно алгоритму, описанному в [1], в результате чего, в общем случае, на выходе получается некоторый закодированный набор элементов. В случае правильно подобранного параметра кодирования имеет место сжатие входного потока данных [2].

Для оценки результатов реализации алгоритма Райса на реконфигурируемом устройстве, данный алгоритм был реализован в виде аппаратного и микропрограммного решения. Описание цифровой аппаратуры всех устройств проводилось на языке VHDL [3], а реализация – на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС) Xilinx Spartan2e-2s50eft256.

Измерение аппаратных затрат проводилось в эквивалентных логических вентилях (эвл) – абстрактное понятие, трактовка которого зависит от поставщика ПЛИС и среды проектирования, но обозначающее некоторое количество аппаратных ресурсов требуемых для реализации устройства [4]. Так как в данной работе все проекты разрабатывались в единой среде Xilinx ISE WebPACK [5] и для одного типа ПЛИС, можно считать выбранный метод оценки аппаратных ресурсов адекватным.

II. АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Ключевым элементом в аппаратной реализации является собственно кодер Райса, на вход которому параллельно подается восемь бит исходных данных, которые за один такт преобразуются и записываются во внутреннюю память цифрового устройства. Размер памяти данных составляет 32 бита и предназначена она для временного хранения закодированных данных. При кодировании длина результирующей последовательности не является фиксированной и может оказаться как больше, так и меньше восьми бит, поэтому возникает необходимость в последовательном накапливании результата. Как только появляется возможность сформировать восемь бит выходной последовательности, вырабатывается сигнал, сообщающий внешнему устройству о готовности

результата. В случае переполнения внутренней памяти результат кодирования не определен. Однако переполнение будет иметь место только в случае плохо подобранных данных, сжатие которых при данном параметре кодирования не возможно.

Кроме кодера аппаратная реализация содержит устройство управления и 512 байт памяти для хранения исходных и закодированных данных.

Как показали проведенные исследования кодирование 256 байт данных на частоте 10 МГц заняло 25,56 мкс. Аппаратные затраты при этом составляют 16682 эвл для кристалла ПЛИС серии Spartan2e. Аппаратная реализация имеет наилучшие результаты по временным и аппаратным затратам, однако отсутствие гибкости в данном устройстве приводит к невозможности его использования в ряде задач.

III. МИКРОПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Ядром микропрограммной реализации является микроконтроллер фирмы SiliCore SLC1657 [6]. Этот микроконтроллер совместим с промышленным микроконтроллером фирмы Microchip PIC16C57 [7]. Устройство SLC1657 поставляется в виде программного IP-ядра, описанного на языке VHDL.

Решение аналогичной задачи по кодированию 256 байт данных на частоте 10 МГц, используя алгоритм Райса, потребовало 2953,75 мкс. Аппаратные затраты для реализации микроконтроллера SLC1657 составили 112303 эвл. Данная реализация требует существенно больше аппаратных и временных ресурсов в сравнении с аппаратной. Однако наличие 32 инструкций и двух килобайт программируемой памяти позволяют решать широкий круг задач.

IV. РЕАЛИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИЧЕСКОЙ РЕКОНФИГУРАЦИИ

Под статической реконфигурацией понимается изменение архитектуры устройства до начала его функционирования, в отличие от динамической, где допускается изменение устройства в процессе его работы. Для оценки аппаратных и временных затрат реализации алгоритма Райса на реконфигурируемом устройстве за основу был взят микроконтроллер SLC1657. Важной особенностью реконфигурируемого устройства является его способность подстраиваться наиболее оптимальным способом под решаемую задачу. Проанализировав алгоритм Райса и микропрограммную реализацию были выявлены несоответствия между принципом кодирования данных алгоритмом Райса и аппаратными возможностями предоставляемыми микроконтроллером SLC1657.

Алгоритм Райса использует операцию конкатенации векторов. Однако данная операция не поддерживается большинством микроконтроллеров,

включая SLC1657. В связи с этим эту операцию приходится заменять комбинацией нескольких поддерживаемых данным микроконтроллером инструкций. В свою очередь каждая инструкция выполняется за четыре системных такта, в результате чего скорость кодирования существенно снижается. В процессе кодирования данный алгоритм использует для хранения промежуточных результатов четыре из 72 возможных однобайтных регистров общего назначения. Из 32 поддерживаемых данным микроконтроллером инструкций в программной реализации было использовано 17. Реализация 15 инструкций в данной задаче совершенно не требуется и исключение их или замена на нечто более полезное может привести к уменьшению аппаратных и временных затрат. Кроме того, наличие различных внутренних устройств, таких как порты ввода/вывода, индексная адресация, таймер также потребляют некоторое количество аппаратных ресурсов, но не используются при кодировании данных. Все это показывает неэффективность использования микропрограммного подхода к решению ряда задач в среде с жестким ограничением на ресурсы.

Имеющиеся недостатки в микропрограммной реализации можно устранить, внедрив реконфигурируемые вычисления. Третий подход на основе статической реконфигурации микроконтроллера SLC1657 позволяет добиться уменьшения аппаратных и временных затрат реализации алгоритма Райса.

Как было отмечено выше, конкатенация битовых векторов является важной операцией в алгоритме Райса. Данную операцию можно реализовать по средствам параллельного сдвига двух регистров общего назначения. При этом выдвигаемый старший бит одного регистра помещается в освободившийся младший разряд другого. Для внедрения данной операции в микроконтроллер SLC1657 необходимо модифицировать регистровую память и добавить инструкцию, код которой, содержал бы внутри себя

всю необходимую информацию для корректного сдвига требующихся регистров.

Внедрение данной инструкции и модификация программы привело к уменьшению времени кодирования 256 байт на частоте 10 МГц до 1916,15 мкс.

За счет исключения не требуемых для реализации алгоритма Райса элементов затраты аппаратных ресурсов сократились до 103244 элв.

На рисунках 1 и 2 показаны аппаратные и временные затраты реализации алгоритма Райса используя три описанных метода.

В данной работе за счет использования статической реконфигурации были сокращены аппаратные затраты на реализацию алгоритма Райса на 9%. Скорость выполнения программы на модифицированном микроконтроллере увеличилась на 5%. Таким образом, внедрение реконфигурируемых вычислений позволило уменьшить аппаратно-временные затраты алгоритма Райса. В продолжение исследования планируется за счет внедрения динамической реконфигурации в АЛУ микроконтроллера SLC1657 добиться больших сокращений аппаратно-временных затрат реализации алгоритма Райса.

- [1] Rice, R. Some Practical Universal Noiseless Coding Techniques / R. Rice // Mar. 15. – 1979. – 130 p.
- [2] Kiely, A. Selecting a Golomb Parameter in Rice Coding / A. Kiely // IPN Progress Report 42-159, Nov. 15. – 2004. – 18 p
- [3] Бибило, П.Н. Основы языка VHDL. / П.Н. Бибило – Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 202 с.
- [4] Максфилд, К. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца. / К. Максфилд. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 408 с.
- [5] Xilinx [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.xilinx.com/support/sw_manuals/xilinx6/
- [6] SLC1657 8-Bit RISC uC Core [Электронный ресурс] : Technical Reference Manual / Silicore Corporation. Электронные данные. – Режим доступа: man11657.pdf.
- [7] Microchip [Электронные ресурсы]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30453d.pdf>

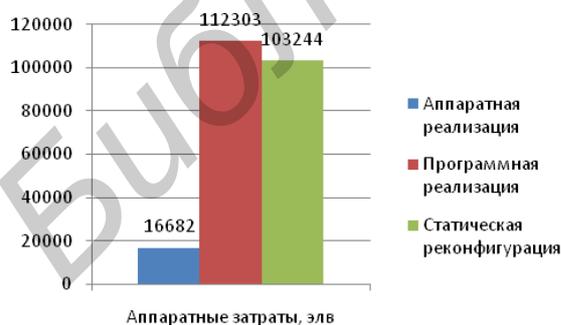


Рис.1. Оценка аппаратных затрат

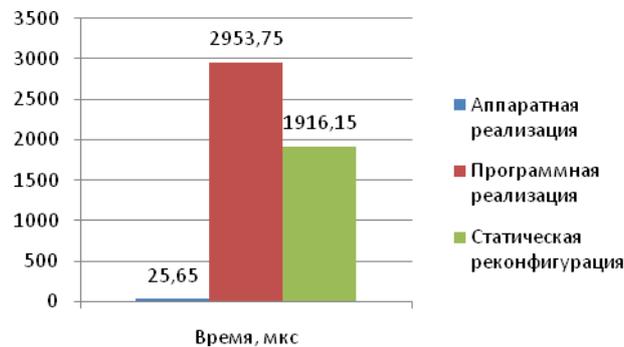


Рис.2. Оценка временных затрат