

Дополнительные материалы конференций

Технические науки

**ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА  
ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЬНОЙ  
ФУНКЦИИ НА ПЛИС**

Мо Чжо Чо

Кафедра электроники и информатики,  
Российский Государственный Технологический  
Университет им. К.Э. Циолковского  
Москва, Россия

В [1] для вычисления функции  $exp(x)$  был предложен алгоритм, основанный на использовании разложения функции по многочленам Чебышева. Данный алгоритм обеспечивает минимизацию аппаратных затрат ПЛИС на реализацию устройства. Его особенностью является обеспечение высокой точности вычисления в диапазоне  $|x| \leq 1$ . Однако, для более широкого диапазона изменения аргумента, данный метод

из-за резкого снижения точности вычисления непосредственно не применим.

На рис.1 приведена структура вычислителя, позволяющего решить указанную проблему.

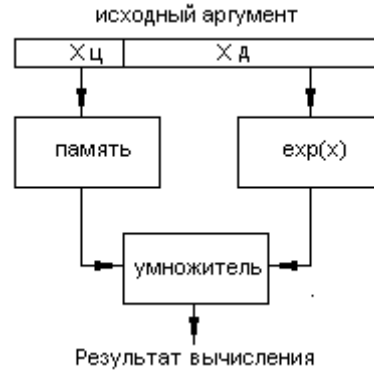


Рис.1.

Данная структура базируется на использовании известного соотношения

$$exp(x) = exp(x_u + x_d) = exp(x_u) \cdot exp(x_d)$$

где  $x_u$  - целая часть аргумента, а  $x_d$  - дробная часть аргумента. В этом случае необходимо вычислять только значение функции от дробной части аргумента, а значения от целой части аргумента могут храниться, например, в блоке памяти. Окончательный результат получаем перемножив вычисленное и извлеченное из памяти значения функции. Недостатком данного метода является использование на выходе умножителя высокой разрядности, что увеличивает требуемые ресурсы ПЛИС.

Исключить из схемы выходной умножитель можно, если вычисление  $exp(x)$  заменить вычислением  $2^{k_u + k_d}$ , где  $k_u$  - целое, а  $k_d$  - дробное число. В этом случае для получения результата необходимо просто сдвинуть вычисленное значение  $2^{k_d}$  на  $k_u$  разрядов влево.

Значения  $k_u$  и  $k_d$  найдем воспользовавшись соотношением:

$$exp(x) = 2^{x \cdot \log_2 e} = 2^{x \cdot \frac{\ln e}{\ln 2}} = 2^{\frac{x}{\ln 2}} = 2^{\left[ \frac{x}{\ln 2} \right] + \left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\}} = 2^{\left[ \frac{x}{\ln 2} \right]} \cdot 2^{\left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\}}$$

в котором обозначено  $k_u = \left[ \frac{x}{\ln 2} \right]$  и  $k_d = \left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\}$ .

Для вычисления значения  $2^{\left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\}}$  к новому аргументу еще раз применим использованный принцип и вернемся к вычислению показательной функции:

$$2^{\left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\}} = exp \left[ \ln \left( 2^{\left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\}} \right) \right] = exp \left[ \left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\} \cdot \ln(2) \right]$$

Диапазон изменения нового показателя в этом случае будет равен:

$$0 \leq \left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\} \cdot \ln(2) < \ln(2) \quad \text{или} \quad 0 \leq \left\{ \frac{x}{\ln 2} \right\} \cdot \ln(2) < 0.694$$

Из приведенных соотношений следует, что полученный диапазон допустимого изменения аргумента уже, чем для случая с основанием 2. Очевидно, что это приводит либо к повышению точности вычисления, либо уменьшению требуемых аппаратных затрат на реализацию.

Несомненным достоинством такого решения является возможность отказа как от выходного умножителя, так и от дополнительного блока памяти, что, во-первых, уменьшает аппаратные затраты на реализацию вычислителя и, во-вторых, позволяет синтезировать вычислитель без относительно диапазона изменения аргумента (требуемый объем памяти определяется заданным диапазоном изменения аргумента).

На рис. 2. показана структура вычислителя, реализующего описанный принцип.

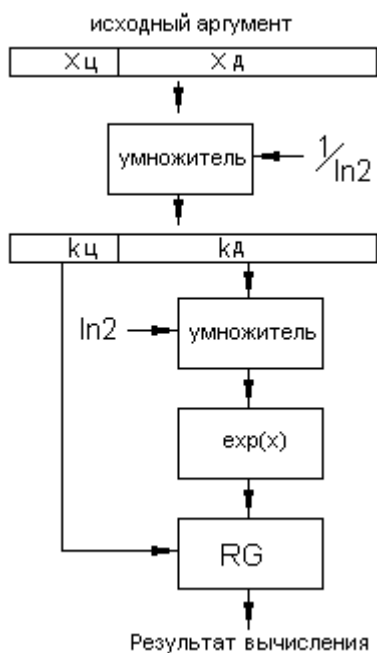


Рис. 2.

Если к разрабатываемому устройству не предъявляется требование получения максималь-

ного быстродействия, то задачу нахождения  $k_u$  и  $k_d$  можно решить последовательным вычитанием из исходного аргумента значения  $\ln 2$ . В этом случае величина остатка, меньшая  $\ln 2$  и будет новым аргументом для вычисления показательной функции. Применение такого подхода дополнительно позволяет снизить требуемые ресурсы ПЛИС.

Предложенные алгоритмы были опробованы с использованием САПР Quartus II на ПЛИС семейства Stratix II.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1.

<http://mech.math.msu.su/probab/Kolmogorov/kolmogorov.html>

2.

<http://www.ccas.ru/personal/karatsuba/alg.htm>

Работа представлена на научную международную конференцию «Технические науки и современное производство», Китай (Пекин), 26 ноября - 4 декабря 2008 г. Поступила в редакцию 22.10.2008.

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНА

Плотникова Л.В.

Казанский государственный энергетический университет  
Казань, Россия

Производство этилена является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов, что обусловлено значительными расходами топлива и энергии при многостадийной переработке углеводородного сырья. Перспективным направлением снижения затрат топлива и энергии в рассматриваемом производстве является организация системы комплексной утилизации вторичных энергетических ресурсов (ВЭР)

Теплотехнологическая схема производства этилена включает в себя несколько тысяч элементов разнотипного оборудования. Оценить эффективность работы такой сложной системы и выявить вариант организации системы утилизации ВЭР предлагается на основе системного анализа, включающего анализ структуры внутренних и внешних связей рассматриваемого объекта, а также анализ тепловой и термодинамической эффективности. В результате проведения системного анализа, в частности, в результате выявления зависимостей между элементами схемы, выделении разомкнутых и замкнутых последовательностей элементов рассматриваемой схемы получена ее расчетная модель. Проведен анализ термодинамической эффективности теплотехнологической схемы, что позволило оценить степень термодинамического совершенства системы, выявить потери от необратимости, произвести оценку эффективности элементов в составе системы, определить величину технически работо-