

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

канд. техн. наук Моисеев Д.В., Шокин А.Г.

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, Украина
E-mail: dmitriymoiseev@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены принципы построения вероятностных вычислителей, среди которых устройства для выполнения вероятностных операций сложения, умножения, возведения в целую степень, деления и вычитания.

1. Введение

Хорошо знакомым на сегодняшний день является представление информации в виде двоичных позиционных параллельных или последовательных кодов.

Гораздо менее известной является дискретная форма представления информации в виде вероятностных отображений. Преобразование сигнала из любой формы в рассматриваемую основано на замене значения измеряемого параметра сигнала соответствующей ему вероятностью.

2. Основная часть

Начать стоит с вероятностного сумматора, для чего проведем аналогию с двоичным параллельным шестнадцатиразрядным сумматором. Используя в качестве единицы измерения количества элементарных логических элементов, его объем составит 181 элемент. Теперь наблюдаем, как же обстоит дело с вероятностной формой, для этого обратимся к выражению, описывающему данную операцию:

$$\left(\sum_{q=1}^Q x_q\right)^* = \frac{1}{K} \sum_{q=1}^Q \sum_{j=1}^K y_{qj},$$

откуда следует, что вероятностный сумматор является логической схемой «ИЛИ» с устройством временной задержки.

Для операции вычитания, выполнив те же действия, что и для сложения двух слагаемых, второе из которых взято с противоположным знаком, получим выражение при равномерном распределении вспомогательных случайных сигналов

$$x_1 - x_2 = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K (y_{1j} - y_{2j}).$$

Такую функцию довольно просто реализовать на базе реверсивного счетчика, подавая на его входы значения вероятностных отображений.

Вычисление произведения $q = 1, \overline{Q}$ вероятностно представленных сигналов в вероятностной форме, сводится к нахождению математического ожидания (МО) логической функции конъюнкции, принимая в качестве оценки МО среднее значение, окончательно получим

$$\left(\prod_{q=1}^Q x_q\right)^* = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \& y_{qj}.$$

Анализируя два последних выражения, приходим к выводу, что для вычисления Q вероятностно представленных сомножителей необходим один конъюнктор на Q входов.

Для нахождения целочисленной степенной функции вероятностно представленного сигнала перепишем предыдущее выражение в виде

$$x^n = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K [y_{1j} \& y_{1(j+1)} \& y_{1(j+2)} \dots \& y_{1(j+n-1)}].$$

Данная реализация крайне проста, так как для этого достаточно построить последовательную схему выполняющую задержку разряда значения вероятностного отображения на половину периода тактовой частоты, и последующего выполнения логической операции конъюнкции.

Сложнее обстоит ситуация с выполнением операции деления в вероятностной форме представления данных, так как непосредственно данная операция не может быть выполнена. Достижение поставленной задачи решается за счет замены данной операции на умножение делимого на обращенное значение делителя. В основе вероятностного обращения делителя x лежит соотношение

$$x^{-1} = \sum_{q=0}^m (1-y)^q,$$

и тогда выражение для частного примет вид

$$x_1 x_2^{-1} = \sum_{j=1}^K \sum_{q=0}^m y_{1j} (1-y_{2j})^q.$$

Оценка разности $1-y_{2j}$ может быть получена в виде инвертированного вероятностного отображения y_{2j} . Тогда для вероятностного обращения делителя необходимо последовательно выполнить операции инверсии, возведения в целую степень, умножения и сложения.

3. Заключение

Предполагая, что конгломерат предложенных решений составит основу вероятностного арифметического устройства, можно прийти к заключению, что вся схема в среднем выигрывает по аппаратному объему более чем в 200 раз, относительно аналогичной цифровой двоичной схемы, выполняющей тот же набор арифметических операций.

4. Список литературы

- [1] Сапожников Н.Е. К вопросу о вероятностном преобразовании информации / Н.Е. Сапожников // Приборостроение. — 1983. — №34. — С. 31 — 38.
- [2] Сапожников Н.Е. К вопросу о точности преобразователей «вероятность-число» / Мат. конф. «Передача, обработка и отображение информации». — Теберда, 1993. — С. 24 — 27.

PROBABILISTIC COMPUTATIONAL MODELS

Moiseev D.V., Shokin A.G.
Sevastopol National University of Nuclear Energy
and Industry, Ukraine

Abstract — The principles of the probability calculators designing, including devices for probabilistic operations of addition, multiplication, raising to an integer power, division and subtraction.