

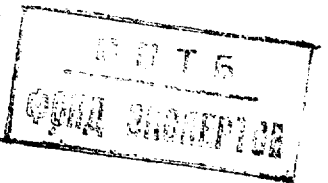


Государственный комитет
Совета Министров СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 638995



- (61) Дополнительное к авт. свид-ву -
(22) Заявлено 29.12.75 (21) 2310574/18-24
с присоединением заявки № -
(23) Приоритет -
(43) Опубликовано 25.12.78.Бюллетень № 47
(45) Дата опубликования описания 18.12.78

- (51) М. Кл²
G 07 C 15/00
G 06 F 1/02
(53) УДК 681.3-
-523.
.8(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Э. А. Баканович, М. А. Орлов, С. Ф. Костюк и В. П. Шмерко

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

1

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано при создании стохастических вычислительных и моделирующих машин и для построения цифровых управляющих имитаторов случайных воздействий.

Известен управляемый вероятностный преобразователь, содержащий генератор случайных импульсов, регистр сдвига, блок элементов И, элементы ИЛИ, блок источников шумов [1]. Однако этот преобразователь имеет ограниченные функциональные возможности, так как формирует только интервалы времени с одномерным распределением.

Наиболее близким техническим решением к изобретению является управляемый вероятностный преобразователь, содержащий блок элементов И, выходы которых соединены с входами первого элемента ИЛИ, первые входы - с выходами вероятностного (1, η) - полюсника, а вторые входы - с выходами блока памяти, первая группа входов которого подключена к выхо-

2

дам регистра сдвига, а вторая группа входов - к выходам блока управления [2]. Однако этот преобразователь не обеспечивает формирование групп случайных чисел, каждое из которых независимо от других распределено по требуемому закону, а временной интервал между группами чисел является непрерывной случайной величиной с заданным законом распределения.

Целью изобретения является расширение области применения преобразователя.

Для этого преобразователь дополнительно содержит первый, второй, третий, четвертый и пятый элементы И, первый и второй триггеры, первый и второй счетчики, первый и второй блоки выдачи кодов, первый, второй и третий генераторы импульсов и второй элемент ИЛИ, выход которого подключен к входу вероятностного (1, η) - полюсника, к первым входам регистра сдвига и первого и второго элементов И, а входы - к выходам третьего и четвертого элементов И, первые входы которых соединены с выходами первого триггера соот-

ветственно, а вторые входы - с выходами первого и второго генераторов импульсов соответственно, входы которых подключены к последнему выходу блока управления, вход которого соединен с вторым входом регистра сдвига, с входом первого триггера, с первыми входами второго триггера, первого и второго счетчиков, первого и второго блоков выдачи кодов, с первым выходом преобразователя и с выходом второго элемента И, второй вход которого соединен с прямым выходом первого элемента ИЛИ, инверсный выход которого подключен к второму входу первого элемента И, выход которого соединен с вторыми входами первого счетчика и второго триггера, выход которого соединен с первым входом пятого элемента И, второй вход которого подключен к выходу третьего генератора импульсов, а выход - к второму входу второго счетчика, выход которого соединен с вторым входом второго блока выдачи кодов, выход которого является вторым выходом преобразователя, второй вход первого блока выдачи кодов соединен с выходом первого счетчика, а выход является третьим выходом преобразователя.

Благодаря этим отличиям управляемый вероятностный преобразователь обеспечивает формирование групп случайных чисел, каждое из которых независимо от других распределено по требуемому закону, а временной интервал между группами чисел является непрерывной случайной величиной с заданным законом распределения.

На чертеже изображена структурная схема управляемого вероятностного преобразователя.

Предлагаемое устройство содержит (1, И) - полюсник 1, блок элементов И 2, первый элемент ИЛИ 3, четвертый 4 и пятый 5 элементы И, первый счетчик 6, первый блок 7 выдачи кодов, блок 8 памяти, блок 9 управления, первый триггер 10, регистр 11 сдвига, третий генератор 12 импульсов, первый элемент И 13, второй счетчик 14, второй блок 15 выдачи кодов, второй элемент И 16, первый генератор 17 импульсов, второй элемент ИЛИ 18, второй триггер 19, третий элемент И 20 и второй генератор 21 импульсов.

Выходы вероятностного (1, И) - полюсника 1 подключены к первым входам блока элементов И 2, вторые входы которого соединены с соответствующими выходами блока 8 памяти, а выходы с входами первого элемента ИЛИ 3, инверсный

и прямой выходы которого подключены к вторым входам соответственно первого 13 и второго 16 элементов И, первые входы которых соединены между собой и с входом вероятностного (1, И) - полюсника 1, с первым входом регистра 11 сдвига и с выходом второго элемента ИЛИ 18, выход первого элемента И 13 подключен к второму входу первого счетчика 6 и второму входу второго триггера 19, выход первого счетчика 6 подключен к первому входу первого блока 7 выдачи кодов, соединенного выходом с третьим входом преобразователя, при этом вторые входы первого счетчика 6 и первого блока 7 выдачи кодов соединены между собой, с выходом второго элемента И 16, с первым входом второго триггера 19, регистра 11 сдвига, второго счетчика 14 и второго блока 15 выдачи кодов, а также с входом блока 9 управления, счетным входом первого триггера 10 и с первым выходом преобразователя, второй выход которого подключен к выходу второго блока 15 выдачи кодов, соединенного вторым входом с выходом второго счетчика 14, второй вход которого подключен к выходу пятого элемента И 5, соединенного первым входом с выходом второго триггера 19, а вторым входом - с выходом третьего генератора 12, при этом выходы регистра 11 сдвига подключены к первой группе адресных входов блока 8 памяти, с второй группой адресных входов которого соединены выходы блока 9 управления, последний выход которого подключен также к управляющим входам первого 17 и второго 21 генераторов импульсов, выходы которых соединены с вторыми входами соответственно третьего 20 и четвертого 4 элементов И, первые входы которых подключены соответственно к прямому и инверсному выходам первого триггера 10, а выходы третьего 20 и четвертого 4 элементов И соединены с входами второго элемента ИЛИ 18.

Управляемый вероятностный преобразователь имеет особенности выполнения и настройки отдельных узлов.

Так, вероятностный (1, И) - полюсник 1 является перенастраиваемым, и по каждому импульсу опроса на одном из его выходов устанавливается единичный потенциал, в то время, как на других устанавливаются нулевые потенциалы, при этом вероятность установления единичного потенциала на i -м выходе, $i = 1, 2, \dots, n$, равна величине $q_i = 2^{-i}$, т.е. для пер-

вого выхода ($i-1$) величина $q_i = 0,5$, для второго ($i-2$) $q_2 = 0,25$ и т. д.

Первый 17 и второй 21 генераторы импульсов являются регулярными, несинхронизированными, перенастраиваемыми и настроенными на одинаковые выходные частоты, которых, в общем случае, имеется два различных значения: высокая частота — для режима генерирования группы случайных чисел, и низкая — для режима формирования случайного временного интервала между группами случайных чисел. При работе преобразователя одновременное переключение частот генераторов происходит по сигналам из блока 9 управления.

Блок 8 памяти содержит n зон по m ячеек в каждой зоне. Выбор j — той зоны определяется присутствием единичного потенциала на j — ом выходе, $j = 1, 2, \dots, n$, блока 9 управления. Выбор и передача на выход блока 8 памяти кода, хранящегося в K -ой ячейке j — ой зоны блока 8 памяти, обеспечивается присутствием единичного потенциала на K -ом выходе, $K = 1, 2, \dots, m$, регистра 11 сдвига.

Регистр 11 сдвига устроен таким образом, что импульсные сигналы, поступающие на его первый вход, осуществляют продвижения единичного потенциала от данного выхода регистра к следующему, при этом продвижение всегда происходит в направлении возрастания номера k выхода, т. е. $k=1$ до $k=m$, импульсные сигналы, поступающие на второй вход регистра 11, — нулевых потенциалов на остальных выходах регистра.

Блок 9 управления устроен таким образом, что импульсные сигналы, поступающие на вход, осуществляют продвижение единичного потенциала с j — го выхода на $(j+1)$ -й, при этом, если единичный потенциал присутствовал на n — ом выходе блока 9 управления, то входной импульс устанавливает единичный потенциал на первом выходе блока 9 управления (на остальных выходах устанавливаются нулевые потенциалы).

Счетчики 6 и 14 осуществляют перерасчет импульсов, поступающих на их вторые входы, а по импульсному сигналу, поступающему на их первые входы, счетчики устанавливаются в нулевое состояние.

Блоки 7 и 15 выдачи кодов обеспечивают по сигналам, поступающим на их первые входы, передачу кодов с выходов счетчиков на соответствующие выходы преобразователя.

Второй триггер 19 по сигналу, поступающему на его второй вход, устанавливается в нулевое состояние, а по сигналу, поступающему на первый вход, в единичное.

Третий генератор 12 импульсов настроен таким образом, что частота его выходного потока превышает высокую частоту первого 17 и второго 21 генераторов в 2^{S_2} раза, где S_2 — разрядность второго счетчика 14.

Первый счетчик 6 имеет разрядность S_1 , при этом регистр 11 сдвига имеет разрядность $m = 2^{S_1}$.

Случайные числа, вырабатываемые преобразователем, содержат старшие разряды, снимаемые с третьего выхода, и младшие, снимаемые с второго выхода и приписываемые (условно) к старшим без дополнительного преобразования. Распределение всего числа, а распределение младших, как будет показано дальше, является равномерным и предназначено для увеличения разрядности чисел, вырабатываемых преобразователем. Разрядность выходного числа преобразователя равна $S_3 = S_1 + S_2$.

Перед началом работы в блок 8 памяти заносятся коды, определяющие вид закона распределения для каждого из случайных чисел и временного интервала между группами чисел, а также устанавливаются высокая и низкая частоты двух первых генераторов 17 и 21 и соответствующая частота третьего генератора 12.

Исходное состояние преобразователя рассмотрим в момент окончания случайного временного интервала, длившегося с момента окончания формирования последнего случайного числа предшествовавшего группе случайных чисел. Счетчики 6 и 14 переходят в нулевое состояние, блок 9 управления и регистр 11 сдвига переходят в первое состояние, а триггеры 10 и 19 — в единичное (хотя состояния первого триггера 10 равноправны). Первый 17 и второй 21 генераторы импульсов включаются в режим высокой частоты.

Формирование случайного равномерно-распределенного числа во втором счетчике 14 происходит следующим образом. Так как второй триггер 19 находится в единичном состоянии, то на первом выходе пятого элемента И 5 присутствует потенциал, разрешающий прохождение импульсов от третьего генератора 12 на второй вход второго счетчика 14, осуществляющего подсчет этих импульсов. Второй счетчик 14 работает до момента появления перво-

го импульса на выходе одного из элементов И 13 или 16.

Появление импульса на выходе второго элемента И 16 означает окончание формирования очередного случайного числа, при этом в старших разрядах, согласно исходному состоянию первого счетчика 6, записаны нули, а код младших разрядов определяется состоянием второго счетчика 14. После выдачи кодов через блоки 7 и 15 на выход преобразователя второй счетчик 14 обнуляется и начинает новый счет импульсов от третьего генератора 12, так как второй триггер остается в единичном состоянии.

Если первый импульс после начала формирования очередного случайного числа появился на выходе первого элемента И 13, то это означает, что формирование кода младших разрядов закончено, а формирование кода старших разрядов будет продолжено, при этом первый счетчик 6 переходит из исходного в первое состояние, а второй счетчик 14 прекращает счет и хранит зафиксированный код до окончания формирования старших разрядов очередного случайного числа, так как импульс с выхода первого элемента И 13 переводит второй триггер 19 в нулевое состояние, в результате чего на первом входе пятого элемента И 5 устанавливается нулевой потенциал, запрещающий прохождение через этот элемент потока импульсов от третьего генератора 12.

Коды, формируемые во втором счетчике 14, имеют равномерное распределение, как результат изменения временного интервала между произвольными импульсами потока одного из генераторов 17 и 21 и ближайшим импульсом в потоке другого генератора. Эти коды коррелированы и значение коэффициента корреляции зависит от степени флуктуации частот первого 17 и второго 21 генераторов импульсов, имеющей место во всех реальных генераторах. Однако за счет того, что старшие разряды случайного числа, формируемого преобразователем, независимы, выходные числа преобразователя являются некоррелированными. Применение рассмотренного способа формирования равномерно распределенных (слабо коррелированных) кодов младших разрядов выходного случайного числа, существенно упростило конструкцию преобразователя, так как не требует дополнительных источников случайных сигналов и дополнительного преобразователя

этих сигналов в равномерно распределенные коды.

За счет поочередного использования первого 17 и второго 21 генераторов импульсов в процессе формирования случайных чисел обеспечивается простая организация формирования кода младших разрядов при нулевом состоянии первого счетчика 6, а также уменьшается коррелированность этих кодов.

Принцип работы управляемого вероятностного преобразователя основан на проведении последовательности независимых случайных испытаний до первого положительного исхода, после которого для формирования нового случайного числа последовательность указанных испытаний начинается сначала. При этом осуществляется операция вероятностного преобразователя "код-вероятность".

Пусть испытание заключается в опросе первых входов первого 13 и второго 16 элементов И, при этом прохождению импульса опроса через второй элемент И 16 соответствует положительный исход испытания, а через первый элемент И 13 - отрицательный.

Обозначим ρ_k вероятность положительного исхода k -го по счету испытания в данной последовательности, а $m_k = 1 - \rho_k$ есть вероятность отрицательного исхода k -го испытания. Тогда вероятность первого положительного исхода при K -ом испытании, $K=1, 2, \dots, m$, равна

$$P_k = \rho_k \prod_{\alpha=1}^{k-1} m_{\alpha} \quad (1)$$

Пусть F_k - значение воспроизводимой интегральной функции распределения дискретной случайной величины $K \in \{1, 2, \dots, m\}$, а $\Delta F_k = F_k - F_{k-1}$ есть значение функции плотности распределения указанной случайной величины ($F_0 = 0$). Тогда из равенства

$$P_k = \Delta F_k \quad (2)$$

нетрудно установить связь между значениями функции распределения случайной величины K -номером испытания, имевшего положительный исход, и вероятностями положительного исхода в каждом из возможных испытаний:

$$\rho_k = \frac{\Delta F_k}{1 - \sum_{\alpha=1}^{k-1} \alpha F_{\alpha}} \quad (3)$$

Копированное значение выходного случайного числа K^* , снимаемого с третьего выхода преобразователя, на единицу мень-

ше номера испытания с положительным исходом, т. е.

$$k^* = k-1, k^* \in \{0, 1, 2, \dots, (m-1)\}, \quad (4)$$

и соответствует количеству последовательных испытаний до первого положительного исхода. Присутствие единичного потенциала $a_{ki} = 1, a_{ki} \in \{1, 0\}$ в k -ом испытании на i -ом выходе блока 8 памяти обеспечивает возможность прохождения единичного сигнала с i -го выхода вероятностного $(1, n)$ -полюсника 1 через i -ый элемент И блока 2 и первый элемент ИЛИ 3 на второй вход второго элемента И 16, обеспечивая возможность прохождения через эту схему очередного импульса опроса, поступающего на первый вход второго элемента И 16. С учетом того, что при наличии единичного сигнала на i -ом выходе вероятностного $(1, n)$ -полюсника является случайным событием с вероятностью поступления $q_i = 2^{-1}$, можно записать вероятность положительного исхода в k -ом испытании

$$p_k = \sum_{i=1}^n a_{ki} q_i. \quad (5)$$

Таким образом, с помощью вероятностного $(1, n)$ -полюсника 1, блока элементов И 2 и первого элемента ИЛИ 3 осуществляется преобразование выходного кода блока 8 памяти, представленного сигналами a_{ki} , в вероятность p_k положительного исхода k -го испытания, при этом блок элементов И 2 реализует операцию перемножения величин q_i и a_{ki} , а элемент ИЛИ 3 реализует операцию суммирования результатов перемножения согласно выражению (5). Введение в блок 8 памяти кодов, задающих p_k в соответствии с выражением (3), обеспечивает возможность формирования любой требуемой функции распределения кодов старших разрядов выходного числа преобразователя.

При каждом неуспешном испытании импульсом с выхода второго элемента ИЛИ 18, проходящим через первый элемент И 13, в первый счетчик 6 добавляется единица, регистр 11 сдвига переводится в $(k+1)$ -ое состояние, а на выходе вероятностного $(1, n)$ -полюсника 1 устанавливается новая случайная комбинация сигналов. При успешном исходе испытания импульсом с выхода второго элемента И 16 осуществляется, в частности, перевод блока 9 управления из j -го в $(j+1)$ -ое состояние, а регистра 11 сдвига - из k -го в первое состояние, чем обеспечивает-

ся подготовка к формированию $(j+1)$ -го случайного числа, имеющего независимое от других чисел распределение.

По окончании формирования группы из $(n-1)$ случайных чисел блок 9 управления переходит в состояние с номером n , обеспечивая последующую выборку из блока 8 памяти кодов, определяющих закон распределения временных интервалов между группами чисел, и переключая первый 17 и второй 21 генераторы в режим низкой частоты. Дальнейшая работа управляемого вероятностного преобразователя полностью совпадает с рассмотренной. При этом временной интервал до первого положительного исхода испытания при n -ом состоянии блока 9 управления содержит случайное целое число тактов между сигналами одного из первых двух генераторов 17 или 21, а также случайный равномерно распределенный отрезок времени до прихода первого импульса опроса на первые входы первого 13 и второго 16 элементов И. Устанавливая требуемые значения низких частот работы первых двух генераторов 17 и 21, можно управлять интенсивностью следования групп случайных чисел в любом требуемом диапазоне, при этом не требуется никакой дополнительной перенастройки преобразователя, так как закон распределения формируемых чисел и временного интервала между группами чисел не зависит от значений частот первых двух генераторов 17 и 21 импульсов.

Первый выход управляемого вероятностного преобразователя может быть использован для снятия случайных временных интервалов между его выходными импульсами, имеющими распределения, совпадающие с соответствующими распределениями формируемых случайных чисел и случайного временного интервала между группами случайных чисел.

Технико-экономическая эффективность управляемого вероятностного преобразователя определяется его более широкими по сравнению с известными аналогами функциональными возможностями, сочетающимися при этом с относительно простой структурой, и возможностью выполнения его целиком на базе элементов цифровой вычислительной техники, в том числе с применением микросхем, что открывает возможности построения высокочастотных, с широкими функциональными возможностями, малогабаритных и недорогих преобразователей.

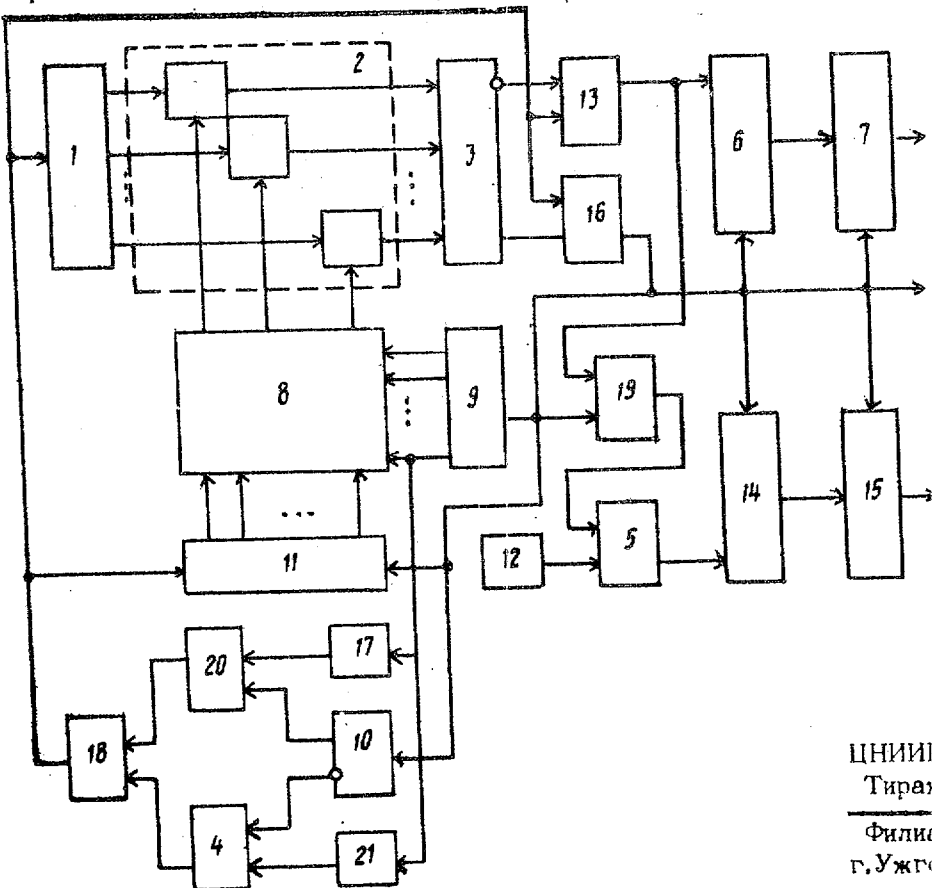
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Управляемый вероятностный преобразователь, содержащий блок элементов И, выходы которых соединены с входами первого элемента ИЛИ, первые входы - с выходами вероятностного (1, n) - полусника, а вторые входы - с выходами блока памяти, первая группа входов которого подключена к выходам регистра сдвига, а вторая группа входов - к выходам блока управления, отличающийся тем, что, с целью расширения области применения преобразователя, он дополнительно содержит первый, второй, третий, четвертый и пятый элементы И, первый и второй триггеры, первый и второй счетчики, первый и второй блоки выдачи кодов, первый, второй и третий генераторы импульсов и второй элемент ИЛИ, выход которого подключен ко входу вероятностного (1, n) - полусника, к первым входам регистра сдвига и первого и второго элементов И, а входы - к выходам третьего и четвертого элементов И, первые входы которых соединены с выходами первого триггера соответственно, а вторые входы - с выходами первого и второго генераторов импульсов соответственно, входы которых подключены к последнему выходу

блока управления, вход которого соединен с вторым входом регистра сдвига, с входом первого триггера, с первыми входами второго триггера, первого и второго счетчиков, первого и второго блоков выдачи кодов, с первым выходом преобразователя и с выходом второго элемента И, второй вход которого соединен с прямым выходом первого элемента ИЛИ, инверсный выход которого подключен к второму входу первого элемента И, выход которого соединен с вторыми входами первого счетчика и второго триггера, выход которого соединен с первым входом пятого элемента И, второй вход которого подключен к выходу третьего генератора импульсов, а выход - к второму входу второго счетчика, выход которого соединен с вторым входом второго блока выдачи кодов, выход которого является вторым выходом преобразователя, второй вход первого блока выдачи кодов соединен с выходом первого счетчика, а выход является третьим выходом преобразователя.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе:

1. Авторское свидетельство СССР № 312253, М., Кл.² G 06 F 1/02, 1970.
2. Авторское свидетельство СССР № 279167, М., Кл.² G 06 F 1/02, 1969.



ЦНИИПИ Заказ 7285/39
Тираж 688 Подписное
Филиал ППП "Патент"
г. Ужгород, ул. Проектная, 4