



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 05.08.77(21) 2515659/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 05.11.79. Бюллетень № 41

Дата опубликования описания 07.11.79

(11) 696511

(51) М. Кл.²

G 07 C 15/00
G 06 F 1/02

(53) УДК 681.325
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Г. А. Велигурский, А. И. Гуринович, Э. В. Орловский,
Э. А. Баканович, М. А. Орлов и С. Ф. Костюк

(71) Заявители

Институт проблем надежности и долговечности машин
АН Белорусской ССР и Минский радиотехнический институт

(54) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ПОТОКА ИМПУЛЬСОВ

2

Изобретение относится к области вычислительной техники и может быть использовано при создании стохастических вычислительных машин и моделей, генераторов случайных чисел, при моделировании случайных процессов.

Известен генератор случайного потока импульсов, содержащий источник шума, элементы И, ИЛИ, счетчики [1].

Однако наличие счетчиков в этом устройстве обуславливает сложность генератора.

Наиболее близким по технической сущности к предложенному является генератор случайного потока импульсов, содержащий генератор импульсов, и датчиков равномерных двоичных случайных чисел, и элементов И, выходы которых соединены с первой группой входов элемента ИЛИ, выход которого является выходом генератора случайного потока импульсов, цифровой генератор функций, вход которого подключен к выходу элемента ИЛИ, а выходы цифрового генератора функций подключены к первым входам и элементов И соответственно, вторые входы которых соединены с выходом генератора импульсов, третьи входы и элементов И сое-

динены с единичными выходами и датчиков равномерных двоичных случайных чисел соответственно, инверсные выходы которых подключены к j -м входам и элементов И соответственно [2].

Однако увеличение точности в этом генераторе приводит к неоправданному его усложнению.

Цель изобретения - повышение точности генератора случайного потока импульсов, без существенного усложнения его схемы.

Это достигается тем, что генератор содержит коммутатор, и датчиков равномерных двоичных случайных чисел, и элементов И, выходы которых соединены со второй группой входов элемента ИЛИ, выход которого соединен со входом коммутатора, первый выход которого соединен с i -ми входами и элементов И. Первые входы и элементов И соединены с первыми и выходами цифрового генератора функций соответственно. Вторые входы и элементов И соединены с выходом генератора импульсов. Третьи входы и элементов И соединены с прямыми выходами и датчиков равномерных двоичных случайных чисел соответ-

ственно. Инверсные выходы $(m-1)$ равномерных двоичных случайных чисел подключены к j -м входам $(m-1)$ элементов И соответственно, 1-ые выходы которых соединены со вторым выходом коммутатора.

На фиг. 1 изображена блок-схема генератора случайного потока импульсов. На фиг. 2 изображена блок-схема одного из возможных вариантов исполнения коммутатора.

Генератор случайного потока импульсов состоит из генератора 1 импульсов, $(n+m)$ датчиков 2 равномерных двоичных случайных чисел, $(n+m)$ многовходовых элементов 3 И, элемента 4 ИЛИ, цифрового генератора 5 функций, коммутатора 6. Коммутатор 6 (фиг. 2) состоит из генератора 7 регулярных импульсов, счетчика 8, дешифратора 9, многопозиционного переключателя 10, триггера 11.

Генератор 1 импульсов предназначен для формирования импульсов выходного случайного потока (для формирования случайного потока с заданным законом распределения временных интервалов может быть применен генератор регулярных импульсов). Выход генератора 1 соединен с соответствующими входами всех $(n+m)$ многовходовых элементов 3 И. Датчики 2 равномерных двоичных случайных чисел предназначены для формирования ряда вероятностей $[2^{-1}, 2^{-2}, \dots, 2^{-(n+m)}]$ появления '1' на соответствующих входах элементов 3 И. Прямой выход j -го датчика 2 соединен с соответствующим входом j -го элемента 3 И, а инверсный выход j -го датчика 2 соединен с соответствующими входами элементов 3 И от $(j+1)$ -го до $(n+m)$ -го. Элементы 3 И и элемент 4 ИЛИ предназначены для формирования совместно с датчиками 2 и цифровым генератором 5 функций, вероятности прохождения импульсов генератора 1 на выход устройства. Выходы элементов 3 И соединены со входами элемента 4 ИЛИ. Выход элемента 4 ИЛИ является выходом устройства. Цифровой генератор 5 функций предназначен для хранения кодов, с помощью которых происходит формирование требуемых вероятностей появления импульсов на выходе устройства. В общем виде цифровой генератор 5 функций представляет собой цифровое запоминающее устройство с управляемым блоком выборки адреса. Вход генератора 5 функций соединен с выходом устройства. Выходы цифрового генератора 5 функций соединены со входами элементов 3 И таким образом, что первые m выходов (старшие разряды) соединены с соответствующими входами первых m и последних n элементов 3 И, а остав-

шиеся входы от $(m+1)$ -го до n -го соединены с соответствующими входами элементов 3 И от $(m+1)$ -го до n -го. Коммутатор предназначен для формирования интервала времени, в течение которого m старших разрядов цифрового генератора 5 функций подключается для формирования вероятностей от $2^{-(n+m)}$ до $2^{-(n+1)}$ а после окончания этого интервала времени -- к формированию вероятностей от 2^{-1} до 2^{-m} . Вход коммутатора 6 соединен с выходом устройства. Прямой выход коммутатора 6 соединен с соответствующими входами первых m элементов 3 И, а инверсный выход -- с соответствующими входами последних n элементов 3 И.

Принцип работы генератора случайного потока импульсов заключается в следующем.

Датчики 2 равномерных двоичных случайных чисел формируют потоки импульсов с равными вероятностями появления единиц и нулей:

$$P_j^1(1) = P_j^1(0) = \frac{1}{2} = 2^{-1},$$

где $P_j^1(1)$ и $P_j^1(0)$ -- вероятности появления '1' и '0' соответственно на выходе j -го датчика 2. Датчик 2 генерирует '1', если на его прямом выходе присутствует высокий потенциал, а на инверсном выходе присутствует низкий потенциал и наоборот, датчик 2 генерирует '0' если на его прямом выходе -- низкий потенциал, а на инверсном -- высокий. Вероятность одновременного появления '1' на тех входах j -го элемента 3 И, к которым подключены j датчиков 2, равна:

$$P_j(1) = P_j^1(1) \cdot P_j^2(1) \cdot \dots \cdot P_j^{j-1}(1) = P_j^1(1) \prod_{i=1}^{j-1} P_i^1(1) = 2^{-j} \quad (1)$$

Вероятности $P_j(1)$, при изменении j от 1 до K образуют двоичный ряд вероятностей (т.е. $P_1(1) = 2^{-1}$; $P_2(1) = 2^{-2}$; $P_3(1) = 2^{-3}$). Кроме того, вероятности $P_j(1)$ образуют полную группу несовместных событий. Эти свойства $P_j(1)$ позволяют формировать в данном устройстве любую вероятность P_j с помощью коэффициентов $\{a_i^j\}$ цифрового генератора 5 функций:

$$P_j = a_1^j \cdot 2^{-1} + a_2^j \cdot 2^{-2} + \dots + a_n^j \cdot 2^{-n} = \sum_{i=1}^n a_i^j \cdot 2^{-i} \quad (2)$$

где n -- число разрядов цифрового генератора 5 функций, $a_i^j \in (0, 1)$.

Очевидно, что вероятность прохождения импульсов с выхода генератора 1 через элемент 4 ИЛИ на выход устройства, определяется сформированной в данный момент вероятностью $P_j = \sum_{i=1}^n a_i^j \cdot 2^{-i}$. Таким образом, меняя коэффициенты $\{a_i^j\}$ на выходе цифрового генератора 5 функций по определенному закону мы будем получать случайный поток импульсов с требуемыми параметрами. Для получения случайного потока импульсов с нужным законом распределения временных интервалов $V(t)$, необходимо заданную функцию $P_V(t)$ разбить

на K равных интервалах длительности $\Delta t = t_j - t_{j-1}$ и для каждого j -го ($j = 1, 2, \dots, K$) интервала вычислить вероятности $P_j(\Delta t)$ того, что произвольно выбранный в потоке временной интервал $V(t)$ будет длительностью $(j-1)\Delta t \leq V(t) < j\Delta t$:

$$P_j(\Delta t) = F_V(t_j) - F_V(t_{j-1}) \quad (3)$$

По вычисленным $P_j(\Delta t)$ необходимо определить условные вероятности $P_j^*(\Delta t)$ того, что временной интервал $V(t)$ окончится в j -ом интервале, при условии, что он не окончился ни в одном из $(j-1)$ интервалов:

$$P_j^*(\Delta t) = \frac{P_j(\Delta t)}{1 - \sum_{i=1}^{j-1} P_i(\Delta t)} \quad (4)$$

После этого определяются коэффициенты $\{a_i^j\}$, обеспечивающие формирование требуемых $P_j^*(\Delta t)$:

$$P_j^*(\Delta t) = \sum_{i=1}^m a_i^j 2^{-i} \quad (5)$$

По вычисленным коэффициентам определяются число m старших разрядов кодов $\{a_i^j\}$ и номер интервала $l \leq K$, для которых: $a_i^j = 0$ для всех $i = 1, 2, \dots, m$ при $(m \leq l)$ $j = 1, 2, \dots, l$ при $(l < K)$ (6)

Так как в устройстве имеются m дополнительных датчиков 2 равномерных двоичных случайных чисел с номера $(n+1)$ до номера $(n+m)$, что позволяет получать вероятности от $2^{-(n+1)}$ до $2^{-(n+m)}$, то для увеличения точности воспроизведения $F_V(t)$ на l первых интервалах, для которых выполняется равенство (6), можно использовать эти коэффициенты для формирования малых вероятностей, что в предложенном устройстве осуществляет коммутатор 6. Коммутатор 6 подключает m первых выходов цифрового генератора 5 функций к дополнительным элементам 3 и соответственно на начальном участке воспроизведения длительности $\Delta t \cdot 1$. Условные вероятности $P_j^*(\Delta t)$ для интервалов $j \leq l$ определяется тогда по формуле:

$$P_j^*(\Delta t) = a_1^j \cdot 2^{-(n+1)} + a_2^j \cdot 2^{-(n+2)} + \dots + a_m^j \cdot 2^{-(n+m)} + a_{m+1}^j \cdot 2^{-(m+1)} + \dots + a_n^j \cdot 2^{-n}; \quad j = 1, 2, \dots, l$$

Вычисленные коэффициенты $\{a_i^j\}$ вводятся в память цифрового генератора 5 функций таким образом, что $\{a_i^j\}$ вводятся в первый адрес, а $\{a_i^k\}$ вводятся в j -й адрес. Настройка коммутатора 6 заключается в том, что с помощью генератора 7 регулярных импульсов, счетчика 8, дешифратора 9 и переключателя 10 задается интервал времени $\Delta T = \Delta t \cdot l$ (где l - число участков разбиения $F_V(t)$, где не используются вероятности $2^{-1}, 2^{-2}, \dots, 2^{-m}$), после которого произойдет подключение к формированию вероятностей $2^{-1}, 2^{-2}, \dots, 2^{-m}$. По определенной команде на выходе цифрового генератора 5 функций в определенные моменты времени

$t_j = \Delta t \cdot j$ начинают появляться последовательно коды $\{a_i^j\}$ с $j = 1$ до K , которые формируют требуемые условия вероятности $P_j^*(\Delta t)$. По этой же команде триггер 11 блока 6 устанавливается в нулевое состояние (т.е. на инверсном выходе высокий потенциал), подключая тем самым первые m разрядов цифрового генератора 5 функций к дополнительным элементам 3 И. Если импульс с генератора 1 проходит на выход устройства при коде $\{a_i^j\}; j \leq l$ на выходе цифрового генератора 5 функций, что свидетельствует об окончании формирования случайного временного интервала, то цифровой генератор 5 функций и коммутатор 6 возвращаются по обратной связи в исходное состояние, и процесс повторяется снова. Если импульс с выхода генератора 1 не проходит на выход устройства на l первых интервалах, то после l -го интервала коммутатор 6 переходит в единичное состояние, подключая тем самым первые m разрядов цифрового генератора 5 функций к формированию старших вероятностей (так как они после интервала $\Delta T = l \cdot \Delta t$ должны "вступать в работу"). При прохождении импульса с генератора 1 на выход устройства на интервале $l < j \leq K$, цифровой генератор 5 функций и коммутатор 6, возвращаются в исходное состояние (цифровой генератор 5 функций - к первому адресу, коммутатор 6 - в нулевое состояние), и процесс повторяется снова.

Использование новых элементов выгодно отличает предложенный генератор случайного потока импульсов от прототипа тем, что "загрузка" m старших разрядов цифрового генератора функций сначала для формирования малых вероятностей, а затем после определенного интервала $j=1$ для формирования больших вероятностей, для которых выполняется условие (6), позволяет повысить точность воспроизведения случайного потока с требуемыми параметрами без увеличения объема памяти цифрового генератора функций.

формула изобретения

Генератор случайного потока импульсов, содержащий генератор импульсов, n датчиков равномерных двоичных случайных чисел, n элементов И, выходы которых соединены с первой группой входов элемента ИЛИ, выход которой является выходом генератора случайного потока импульсов, цифровой генератор функций, вход которого подключен к выходу элемента ИЛИ, а выходы цифрового генератора функций подключены к первым входам n элементов И соответственно, вторые входы которых соединены с выходом генератора

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

импульсов, третьи входы n элементов И соединены с единичными выходами n датчиков равномерных двоичных случайных чисел соответственно, инверсные выходы которых подключены к j -м входам n элементов И соответственно, отличающийся тем, что, с целью повышения точности генератора случайного потока импульсов, он содержит коммутатор, m датчиков равномерных двоичных случайных чисел, m элементов И, выходы которых соединены со второй группой входов элемента ИЛИ, выход которого соединен с входом коммутатора, первый выход которого соединен с i -ми входами n элементов И, первые входы m элементов И соединены с первыми m выходами цифрового генератора функции соответ-

венно, вторые входы m элементов И соединены с выходом генератора импульсов, третьи входы m элементов И соединены с прямыми выходами m датчиков равномерных двоичных случайных чисел соответственно, инверсные выходы $(m-1)$ датчиков равномерных двоичных случайных чисел подключены к j -м входам $(m-1)$ элементов И соответственно i -ые входы которых соединены со вторым выходом коммутатора.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе
 1. Авторское свидетельство СССР № 504196, кл. G 06 F 1/02, 1975.
 2. Заявка № 2144629/18-24, кл. G 07 C 15/00, 1976, по которой принято решение о выдаче авторского свидетельства.

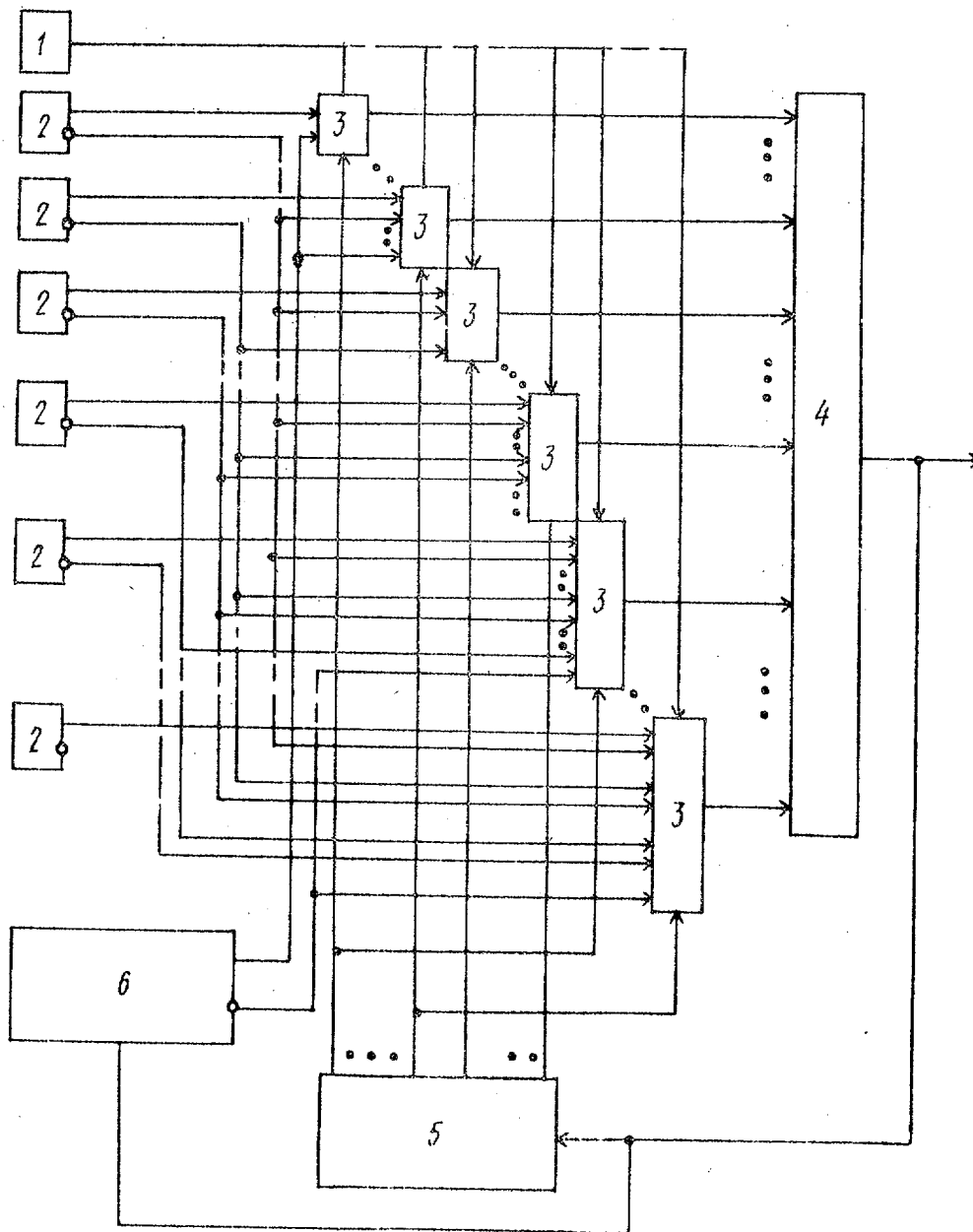
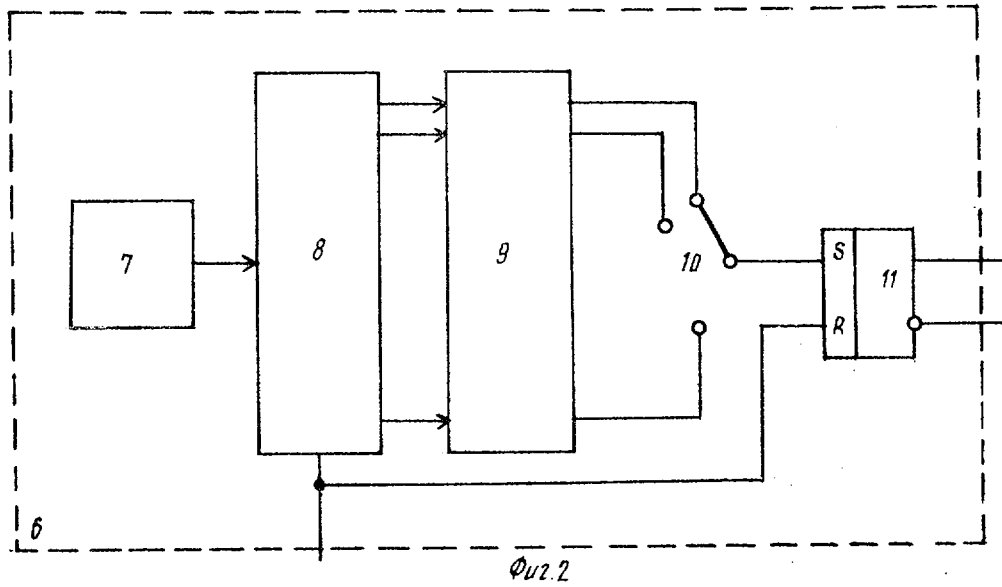


Fig. 1



Составитель А. Карасов
 Редактор А. Виноградов Техред М. Келемеш Корректор В. Бутяга

 Заказ 6772/52 Тираж 669 Подписное
 ЦНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

 Филиал ППП 'Патент', г. Ужгород, ул. Проектная, 4