



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 830357

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 06.08.79 (21) 2806274/18-24

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 15.05.81. Бюллетень № 18

Дата опубликования описания 25.05.81

(51) М. Кл.³
G 06 F 1/02
G 07 C 15/00

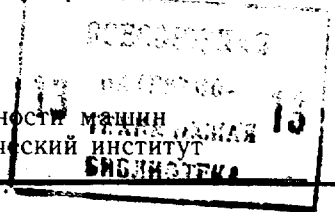
(53) УДК 681.325
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Г. А. Велигурский, В. А. Новиков и Е. П. Кукарко.

(71) Заявители

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



(54) ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНОГО ПОТОКА ИМПУЛЬСОВ

1

Изобретение относится к вычислительной технике 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 и ИЛИ, счетчики [1].

Однако счетчики обуславливают сложность этого генератора.

Известен также генератор случайного потока импульсов, содержащий генератор импульсов, датчики равномерных двоичных случайных чисел, элементы И, элемент ИЛИ, цифровой генератор функций [2].

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

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является генератор случайного потока импульсов, содержащий генератор импульсов, коммутатор. К датчикам равномерных двоичных случайных чисел К, элементов И, выходы которых соединены со входами элемента ИЛИ, выход которого является выходом генератора случайного

2

потока импульсов, цифровой генератор функций, первый вход которого подключен к выходу элемента ИЛИ, все n выходов соединены с первыми входами первых n из k элементов И, а первые входы оставшихся $(k-n)$ элементов И соединены с первыми $(k-n)$ выходами цифрового генератора функций соответственно; вторые входы элементов И соединены с выходом генератора импульсов, третьи входы элементов И соединены с единичными выходами датчиков равномерных двоичных случайных чисел соответственно, а инверсные выходы каждого j -го датчика равномерных двоичных случайных чисел соединены с соответствующими входами элементов И от $(j+1)$ -го до K -го; вход коммутатора соединен с выходом элемента ИЛИ, единственный выход — со входами первых n элементов И, а инверсный выход — со входами оставшихся $(k-n)$ элементов И [3].

Недостатком данного устройства является невозможность повышения точности воспроизведения случайного потока импульсов на всем интервале разбиения.

Цель изобретения — увеличение точности воспроизведения случайного потока импульсов с требуемыми параметрами на всем

интервале разбиения при сохранении прежнего объема памяти цифрового генератора функций.

Поставленная цель достигается тем, что генератор случайного потока импульсов, содержащий генератор импульсов, коммутатор, K датчиков равномерных случайных чисел, K элементов И, выходы которых соединены со входами элемента ИЛИ, выход которого является выходом генератора случайного потока импульсов, цифровой генератор функций, вход которого подключен к выходу элемента ИЛИ, первые выходы элементов И соединены с выходом генератора импульсов, вторые входы элементов И соединены с единичными выходами датчиков равномерных двоичных случайных чисел соответственно, а инверсные выходы каждого j -го датчика равномерных двоичных случайных чисел соединены с соответствующими входами элементов И от $(j+1)$ -го до K -го дополнительно содержит K -разрядный сумматор, выходы которого соединены с третьими входами соответствующих элементов И, а входы — с соответствующими выходами коммутатора, p информационных и управляющих входов которого соединены с p информационными и управляющими выходами цифрового генератора функций соответственно.

На чертеже приведена блок-схема генератора случайного потока импульсов.

Генератор случайного потока импульсов состоит из генератора 1 импульсов, K датчиков 2 равномерных двоичных случайных чисел, K элементов 3 И, элемента 4 ИЛИ, цифрового генератора 5 функций, коммутатора 6, K -разрядного сумматора 7. Генератор 1 импульсов предназначен для формирования импульсов выходного случайного потока (для формирования случайного потока временных интервалов может быть применен генератор регулярных импульсов). Выход генератора 1 соединен с соответствующими входами всех K элементов 3 И. Датчики 2 равномерных двоичных случайных чисел предназначены для формирования ряда вероятностей $(2^{-1}, 2^{-2}, \dots, 2^{-K})$ 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 K -го. Элементы 3 И и элемент 4 ИЛИ предназначены для формирования совместно с датчиками 2 и сумматором 7 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 p -разрядных приращений $\{b_j^i\}$ кодов $\{a_j^i\}$, значения которых определяются в сумматоре 7 и с помощью которых происходит фор-

мирование требуемых вероятностей появления импульсов на выходе устройства, и для управления коммутатором 6 с помощью управляющего сигнала, поступающего с его управляющего выхода на управляющий вход коммутатора 6. В общем виде цифровой генератор 5 функций представляет собой запоминающее устройство с управляемым блоком выборки адресов. Вход генератора 5 функций соединен с выходом устройства. Все p выходов цифрового генератора 5 функций соединены с соответствующими p входами коммутатора 6.

Сумматор 7 представляет собой сумматор накапливающего типа и состоит из K разрядов, причем j -ые выходы сумматора 7 соединены со входами j -ых элементов 3 И, а j -ые входы — с j -ыми выходами коммутатора 6. Сумматор 7 предназначен для формирования кодов $\{a_j^i\}$, необходимых для генерации, из приращений кодов $\{b_j^i\}$, поступающих на него с выхода цифрового генератора 5 функций через коммутатор 6. Коммутатор 6 предназначен для коммутации p информационных разрядов цифрового генератора 5 функций на старшую, от m -го до $(m+p-1)$ -го разрядов (при единичном значении управляющего сигнала цифрового генератора 5 функций), или младшую, от $(k-p+1)$ -го до K -го разрядов (при нулевом значении управляющего сигнала цифрового генератора 5 функций), группы сумматора 7. Разряд m определяет максимально возможное значение приращений кодов $\{b_j^i\}$ на выходе цифрового генератора 5 функций и задается при изготовлении генератора случайного потока импульсов с учетом неравенства

$$1 - \log_2 \Delta P_{j \max}(\Delta t) > m \geq K - 2n + 2, \quad (1)$$

где K — разрядность сумматора 7;

p — разрядность цифрового генератора 5 функций,

$\Delta P_{j \max}(\Delta t)$ — максимальное значение приращения, по которому формируется значение кода $\{b_j^i\}$.

Генератор случайного потока импульсов работает следующим образом.

Датчик 2 генерирует «1», если на его прямых чисел формируют потоки импульсов с равными вероятностями появления единиц и нулей

$$P_j^i(1) = P_j^i(0) = 2^{-j},$$

где $P_j^i(1)$ и $P_j^i(0)$ — вероятности появления «1» и «0» соответственно на выходе j -го датчика 2.

Датчик 2 генерирует «1», если на его прямом выходе присутствует высокий потенциал и наоборот, датчик 2 генерирует «0», если на прямом выходе низкий потенциал, а на инверсном — высокий. Вероятность одновременного появления «1» на тех входах

j -го элемента 3 И, к которому подключены j датчиков 2, равна:

$$P_j(1) = P_j^*(1) \prod_{i=1}^{j-1} P_i^*(0) = 2^{-j}$$

Вероятности $P_j(1)$ при изменении j от 1 до K образуют двоичный ряд вероятностей ($P_1(1) = 2^{-1}$, $P_2(1) = 2^{-2}$, $P_3(1) = 2^{-3}$, ..., $P_K(1) = 2^{-K}$). Кроме того, вероятности $P_j^*(1)$ образуют полную группу несовместных событий. Эти свойства $P_j^*(1)$ позволяют формировать в предлагаемом устройстве любую вероятность P_j^* с помощью коэффициентов $\{a_i^j\}$ сумматора 7:

$$P_j^* = a_1^j 2^{-1} + a_2^j 2^{-2} + \dots + a_k^j 2^{-k} = \sum_{i=1}^k a_i^j 2^{-i},$$

где K — число разрядов сумматора 7;
 a_i^j — принимает значения 0 или 1.

Вероятность прохождения импульсов с выхода генератора 1 через элемент 4 ИЛИ на выход устройства определяется сформированной в данный момент вероятностью $P_j^* = \sum_{i=1}^k a_i^j 2^{-i}$. Таким образом, меняя коэффициенты $\{a_i^j\}$ на выходе сумматора 7 по определенному закону, получаем случайный поток импульсов с требуемыми параметрами. Для того, чтобы получить случайный поток импульсов с нужной плотностью распределения $P_V(t)$ временных интервалов $V(t)$, необходимо заданную функцию $P_V(t)$ разбить на ℓ равных интервалов длительностью $\Delta t = t_j - t_{j-1}$ и для каждого j -го ($j = 1, 2, \dots, \ell$) интервала вычислить вероятности $P_j^*(\Delta t)$ того, что произвольно выбранный в потоке временной интервал $V(t)$ будет длительностью $(j-1)\Delta t \leq V(t) < j\Delta t$

$$P_j^*(\Delta t) = \int_{(j-1)\Delta t}^{j\Delta t} P_V(t) dt.$$

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

$$P_j^*(\Delta t) = \frac{P_j^*(\Delta t)}{1 - \sum_{i=1}^{j-1} P_i^*(\Delta t)}. \quad (2)$$

После вычисления всех $P_j^*(\Delta t)$ производятся вычисления положительных приращений $\Delta P_j^*(\Delta t)$, а по ним соответствующих кодов $\{b_i^j\}$ для каждого j -го интервала следующим образом.

$$\Delta \tilde{P}_j^*(\Delta t) = P_j^*(\Delta t) - \tilde{P}_{j-1}^*(\Delta t), \quad (3)$$

где $P_j^*(\Delta t)$ — значение, вычисленное по формуле (2);

$\tilde{P}_{j-1}^*(\Delta t)$ — пересчетное значение условной вероятности для $(j-1)$ -го интервала, формула вычисления которого приведена ниже. По значениям приращений условной вероятности $\Delta P_j^*(\Delta t)$ вычисляются коэффициенты $\{b_i^j\}$ ($i = 1, 2, \dots, k$)

$$\Delta \tilde{P}_j^*(\Delta t) = \sum_{i=1}^k b_i^j \cdot 2^{-i}, \quad (4)$$

где K — разрядность сумматора 7.

По вычисленным коэффициентам $\{b_i^j\}$ определяется усеченный код $\{b_i^j\}$, состоящий из n разрядов (n -разрядность цифрового генератора 5 функций). При этом возможны три варианта:

5 $b_i^j \neq 0$ для $\forall i < m$, где m — старший разряд старшей n разрядной группы сумматора 7, определяющий максимально допустимое значение $\Delta P_j^*(\Delta t)$ и определяемый из неравенства (1). В этом случае приращение $\Delta P_j^*(\Delta t)$ превышает предельно допустимое и необходимо разбиение функции $P_V(t)$ на большее количество интервалов.
 10 $b_i^j \neq 0$ для $m \leq i < (k-n+1)$. В этом случае производится урезание кода $\{b_i^j\}$ до кода $\{b_i^j\}$ по формуле

$$b_i^j = b_{m+i-1}^j, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Управляющему сигналу b_0^j цифрового генератора 5 функций при этом присваивается код «1»:

$$b_i^j = 0 \text{ при } i < k-n+1. \text{ При этом}$$

$$b_i^j = b_{i+k-n}^j, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

20 а разряду b_0^j цифрового генератора функций присваивается код «0».

Определяется пересчетное значение $\tilde{P}_j^*(\Delta t)$ по формуле

$$25 \tilde{P}_j^*(\Delta t) = P_{j-1}^*(\Delta t) + \Delta P_j^*(\Delta t) = P_{j-1}^*(\Delta t) + [b_0^j + (1-b_0^j) \cdot 2^{-(k-n-m)}] \cdot \sum_{i=1}^n b_i^j \cdot 2^{-(i+m)}$$

30 Вычисленные коэффициенты $\{b_i^j\}$ ($i = 0, \dots, n$; $j = 1, \dots, \ell$) вводятся в память цифрового генератора 5 функций таким образом, что $\{b_i^j\}$ вводится в первый адрес, а $\{b_i^j\}$ вводится в j -ный адрес. По определенной команде производится начальная установка устройства: сумматор 7 сбрасывается в «0», генератор 5 функций настраивается на начальный адрес. Далее на выходе цифрового генератора 5 функций в определенные моменты времени $t_j^* = j \cdot \Delta t$ появляются коды $\{b_i^j\} \times (j = 1, \dots, \ell)$, которые формируют требуемые приращения $\Delta P_j^*(\Delta t)$ условных вероятностей $P_j^*(\Delta t)$. Под действием сигналов b_0^j коммутатор 6 в моменты времени $j \cdot \Delta t$ производит коммутацию кодов $\{b_i^j\}$ ($i = 1, \dots, n$) на соответствующие старшую или младшую группы сумматора 7. При этом возможны два варианта.

При единичном значении сигнала b_0^j коммутатор 6 коммутирует n -разрядный информационный выход цифрового генератора 5 функций на старшую, от m -го до $(m+n-1)$ -го разрядов, группу сумматора 7. При этом к содержимому сумматора 7 A_{j-1} , образованному из хранящихся в нем кодов $\{a_i^{j-1}\}$, прибавляется значение X_j , образованное кодами $\{x_i^j\}$, $i = 1, \dots, k$, которые в свою очередь, 55 являются выходами коммутатора 6, причем

$$x_i^j = 0 \text{ для } \forall i = (m+n), \dots, K$$

$$\text{и для } \forall i = 1, \dots, (m-n);$$

$$x_{i+m-1}^j = b_i^j \text{ для } \forall i = 1, \dots, n.$$

При нулевом значении сигнала b_0^i коммутатор 6 коммутирует p -разрядный информационный выход цифрового генератора 5 функций на младшую, то $(k+1-p)$ -го до k -го разрядов, группу сумматора 7. При этом содержимому сумматора 7 A_{j-1} прибавляется значение X_i^j , образованное кодами $\{X_i^j\}$, $i=1, \dots, K$, причем

$$X_i^j = 0 \text{ для } V_i = 1, \dots, (k-p);$$

$$X_{i+k-p}^j = b_0^j \text{ для } V_i = 1, \dots, p.$$

Сформированные в сумматоре 7 коды $\{a_i^j\}$ ($i=1, \dots, k$) поступают на входы соответствующих элементов 3 И, которые вместе с генератором 1 импульсов, датчиками 2 равномерных двоичных случайных чисел и элементом 4 ИЛИ формируют на выходе устройства импульс, вероятность появления которого определяется кодом $\{a_i^j\}$. При появлении на выходе устройства импульса, что свидетельствует об окончании генерации очередного случайного интервала времени, производится сброс устройства в исходное состояние этим же сигналом, поступающим с выхода устройства на вход цифрового генератора 5 функций и процесс работы устройства снова повторяется.

Введение в генератор случайного потока импульсов дополнительного K -разрядного сумматора, использование цифрового генератора 5 функций для хранения приращений $\{b_i^j\}$ кодов $\{a_i^j\}$ и разделение приращений кодов на группы малых и больших значений позволяет повысить точность воспроизведения случайного потока импульсов с требуемыми параметрами без увеличения, а при $\Delta P_i^* (\Delta t) \rightarrow 0$ уменьшении объема памяти цифрового генератора 5 функций. При этом значительно упрощается работа с генератором, так как отпадает предварительная настройка коммутатора, проводимая в известном устройстве, сокращается количество аппаратуры, связанное с уменьше-

нием числа входов всех элементов И и с упрощением схемы коммутатора.

Формула изобретения

Генератор случайного потока импульсов, содержащий генератор импульсов, коммутатор, K датчиков равномерных двоичных случайных чисел, K элементов И, выходы которых соединены со входами элемента ИЛИ, выход которого является выходом генератора случайного потока импульсов, цифровой генератор функций, вход которого подключен к выходу элемента ИЛИ, первые входы элементов И соединены с выходом генератора импульсов, вторые входы элементов И соединены с единичными выходами датчиков равномерных двоичных случайных чисел соответственно, а инверсные выходы каждого j -го датчика равномерных двоичных случайных чисел соединены с соответствующими входами элементов И от $(j+1)$ -го до K -го, отличающийся тем, что, с целью повышения точности, он дополнительно содержит K -разрядный сумматор, выходы которого соединены с третьими входами соответствующих элементов И, а входы — с соответствующими выходами коммутатора, p информационных и управляющий входы которого соединены с p информационными и управляющим выходами цифрового генератора функций соответственно.

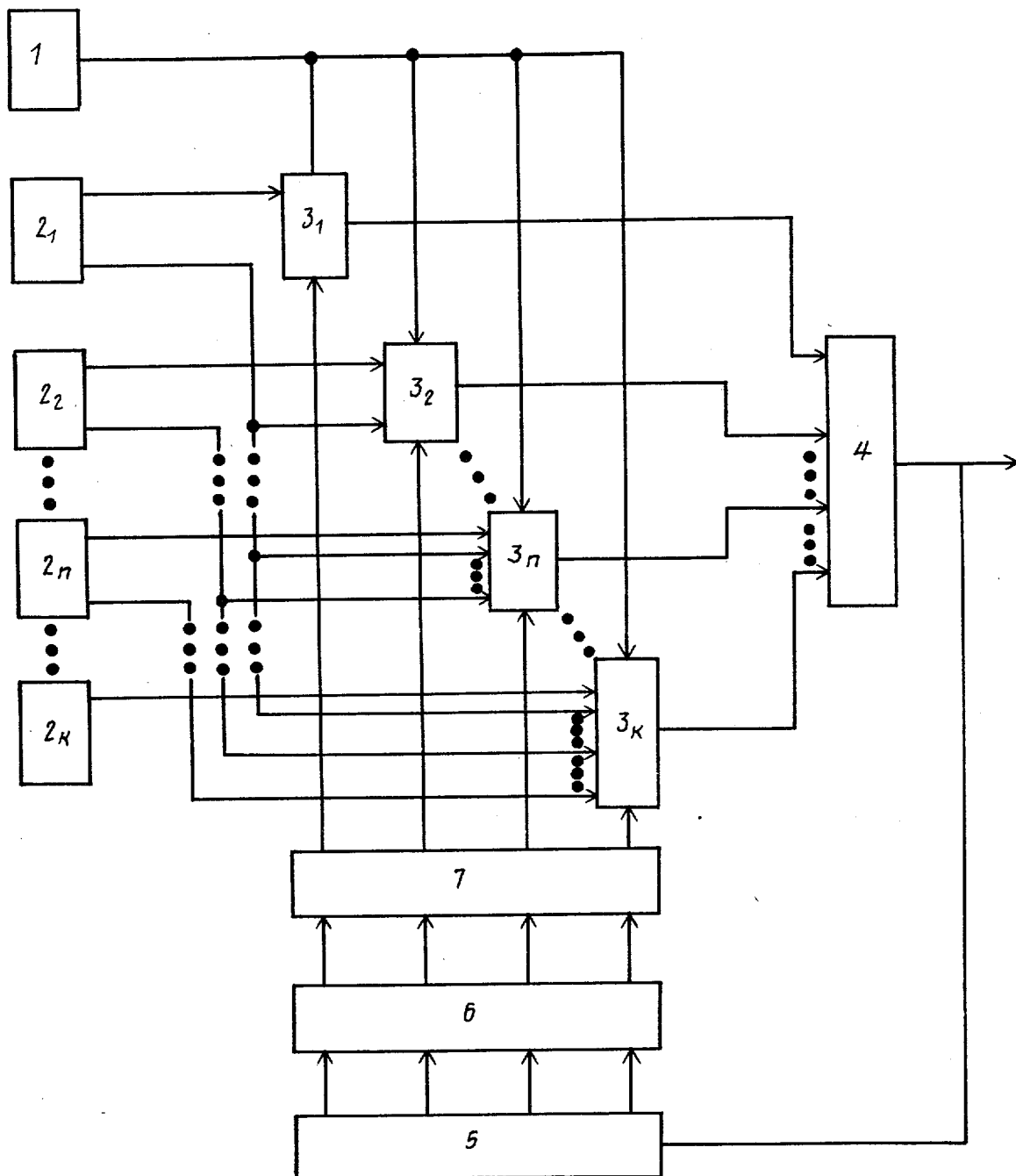
Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 504196, кл. G 06 F 1/02, 1974.

2. Авторское свидетельство СССР № 531653, кл. G 06 F 15/36, 1975.

3. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2515629/18-24, кл. G 07 C 15/00, 1977 (прототип).



Редактор Л. Повхан
Заказ 2668/10

Составитель А. Карасов
Техред А. Бойкас
Тираж 745

Корректор В. Бутяга
Подписное

ВНИИПИ 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