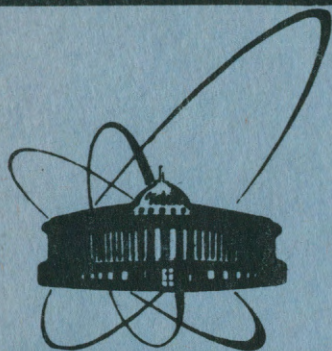


28/IV-84



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2162/84

13-84-48

В.Г.Зинов, А.В.Селиков

ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ,
СЛУЧАЙНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВО ВРЕМЕНИ

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

1984

1. ВВЕДЕНИЕ

При настройке и калибровке измерительных устройств /в частности, преобразователей время-код/ желательно иметь источники сигналов, моделирующие условия реального физического эксперимента. Для этой цели удобно использовать генераторы сигналов, случайно распределенных во времени.

Известны генераторы, использующие цифровые методы синтеза псевдослучайных последовательностей импульсов/1/. Их недостатком является конечная корреляция между выходными импульсами, а также наличие дискретности интервалов между ними, определяемой периодом задающего генератора. Распространены устройства, основанные на применении физических процессов, протекающих по случайному закону. Существуют генераторы, использующие флуктуации электронов в электровакуумных приборах /тиратронах, ламповых диодах//2,3/, а также статистический характер светового потока при малых его интенсивностях/4/. Возможно использование для этой цели флуктуаций вторичных электронов в фотоумножителях. Недостатки перечисленных способов получения случайных сигналов, наряду с применением радиоактивных источников, очевидны: громоздкость, большое потребление энергии, наличие высоковольтных источников напряжения.

Наиболее перспективны генераторы, использующие собственные шумы полупроводниковых приборов/5,6/ и шумы обратно смещенных р-п переходов, работающих в режиме лавинного пробоя/7,12/. В этих устройствах с целью исключения влияния дестабилизирующих факторов на среднюю интенсивность выходных сигналов применяются аналоговые схемы автоматического регулирования/9-12/. При малых выходных интенсивностях такие схемы не обеспечивают достаточной точности поддержания средней интенсивности выходных сигналов вследствие конечной величины постоянной времени в петле обратной связи. Известен метод получения малой величины средней выходной интенсивности при достаточной ее стабильности путем совпадения сигналов двух независимых генераторов случайных импульсов/13/. Однако это требует усложнения устройства в целом.

2. ОПИСАНИЕ ГЕНЕРАТОРА

В данной работе описывается генератор импульсов, случайно распределенных во времени, использующий в качестве источника шума специальный диод 2Г401, работающий в режиме лавинного про-

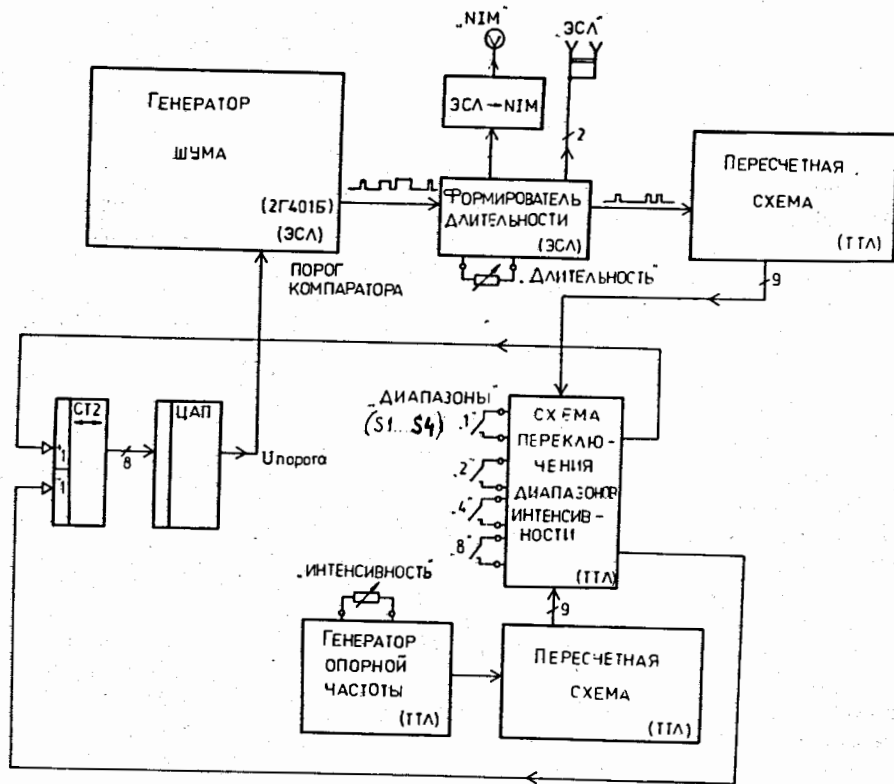


Рис.1. Структурная схема генератора. СТ2 - двоичный реверсивный счетчик /K155ИЕ7/; ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь /K572ПА1/.

боя/14/. В общем случае в этой схеме можно применить обратно смещенный р-п переход любого высокочастотного полупроводникового триода.

В устройстве использована система автоматического поддержания средней интенсивности выходных импульсов, построенная на основе цифровых схем. В сравнении с аналоговой схемой, это намного упрощает устройство генератора в целом, увеличивает надежность его работы и обеспечивает большую точность поддержания средней интенсивности выходных сигналов при малой ее величине.

Структурная схема генератора представлена на рис.1.

Устройство состоит из канала случайных импульсов /генератор шума, формирователь длительности, пересчетная схема/, опорного канала /генератор опорной частоты, пересчетная схема/, схемы переключения диапазонов интенсивности, схемы сравнения /двоичный реверсивный счетчик/ и цифро-аналогового преобразователя /ЦАП/.

Генератор шума /описание его принципиальной схемы приводится ниже/ вырабатывает импульсы, случайные по длительности и временному положению. Далее эти сигналы формируются по длительности и подаются на пересчетную схему. Импульсы генератора опорной частоты подаются на пересчетную схему опорного канала.

Схема переключения диапазонов интенсивности коммутирует на входы двоичного реверсивного счетчика соответствующие разряды пересчетных схем, в результате чего дискретным образом регулируется средняя интенсивность выходных импульсов. Диапазон ее изменения составляет $1/4 \cdot 10^6 \div 10$ имп./с. В зависимости от образца шумящего диода возможна генерация до $6 \cdot 10^6$ имп./с. Этот диапазон разбит на 16 поддиапазонов, коммутация которых осуществляется переключателями S1...S4. Отношение интенсивностей двух соседних поддиапазонов равно 2. Переменным резистором "Интенсивность" осуществляется плавная подстройка средней выходной интенсивности. Для удобства эксплуатации генератора введена индикация окончания переходного процесса при переключении поддиапазонов. При включении питания нужный поддиапазон устанавливается принудительно.

В двоичном реверсивном счетчике вырабатывается сигнал, определяющий среднюю выходную интенсивность генератора и включающий в себя сигнал ошибки. В ЦАП этот сигнал преобразуется в напряжение порога компаратора, входящего в состав генератора шума. Сигнал ошибки является сигналом отрицательной обратной связи по отношению к изменению средней выходной интенсивности.

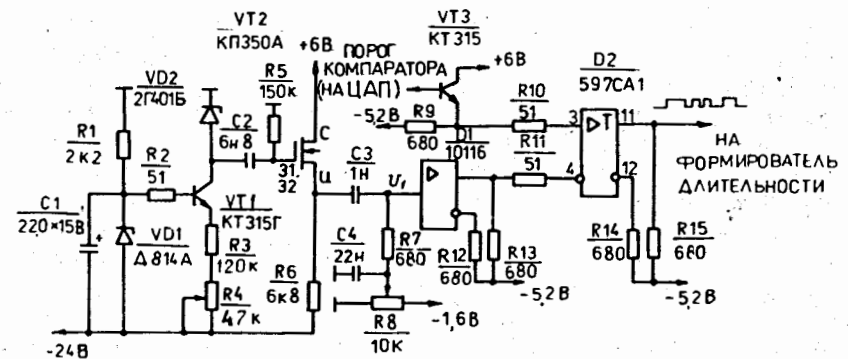


Рис.2. Принципиальная схема генератора шумовых сигналов.

Принципиальная схема генератора шумовых сигналов представлена на рис.2.

Ток шумящего диода VD2 устанавливается на уровне /50-80/ мкА генератором тока VT1. С целью уменьшения шунтирования источника шума сигнал снимается через истоковый повторитель VT2. Динамический диапазон шумового напряжения диода VD2 составляет 0,2 В. Эле-

мент D1 работает в качестве усилителя, рабочая точка которого /потенциал U_1 / задается делителем R7-R8.

Сформированный по амплитуде шумовой сигнал снимается с выхода компаратора D2. На опорный вход компаратора подается напряжение порога, вырабатываемое в ЦАП. При конструировании блока особое внимание было обращено на защиту генератора шума от импульсных наводок.

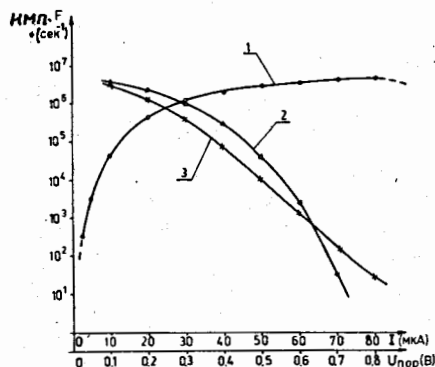


Рис.3. Регулировочные характеристики генератора шумовых сигналов: при регулировке током шумового диода /кривая 1/ и напряжением порога компаратора /кривые 2 и 3/. Кривая 2 снята при $U_1 = -1,13$ В; кривая 3 - при $U_1 = -1,20$ В. F - средняя интенсивность выходных импульсов; I - ток шумового диода; $U_{пор}$ - напряжение порога компаратора.

Средняя выходная интенсивность в аналогичных генераторах задается либо величиной тока шумящего p-n перехода /10,12/, либо напряжением порога компаратора /9,11/. Регулировка напряжением порога компаратора для описываемого устройства представляется более предпочтительной по следующим причинам. Как видно на рис.3, форма регулировочной характеристики при изменении напряжения порога компаратора /кривые 2,3/ близка к экспоненциальной, причем имеется возможность изменения ее формы за счет смещения положения рабочей точки U_1 усилительного элемента. Экспоненциальная форма регулировочной характеристики обеспечивает постоянную относительную погрешность регулировки выходной интенсивности во всем диапазоне генерации. На рис.3 /кривая 1/ для сравнения показана регулировочная характеристика при изменении тока шумящего диода. При регулировке напряжением порога компаратора к тому же уменьшается вклад шумов усилительного тракта в общую интенсивность выходных сигналов, что особенно заметно при минимальных выходных интенсивностях генератора.

Точность поддержания средней выходной интенсивности зависит от разрядности пересчетной схемы в канале случайных импульсов, определяющей статистическую ошибку пересчета случайных сигналов и соответствующей разрядности ЦАП, от которой зависит астатическая ошибка системы регулирования. В описываемом устройстве используется 10 разрядов пересчетной схемы и 8 разрядов ЦАП, что позволило, с учетом регулировочной характеристики /рис.3, кривая 3/, получить точность поддержания средней выходной интенсивности в пределах $\pm 5\%$ во всем диапазоне генерации. В ге-

нераторе предусмотрена возможность увеличения разрядности пересчетных схем и ЦАП с целью повышения точности поддержания средней интенсивности выходных сигналов.

Выходные сигналы генератора снимаются с разъемов "NIM" и "ЭСЛ" в соответствующих уровнях.

Конструктивно прибор выполнен в ячейке КАМАК единичной ширины.

3. ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРА

Важной характеристикой генератора, описывающей его как источник случайных сигналов, является распределение выходных импульсов во времени.

Рис.4а,б /кривые 2 и 3/ иллюстрирует соответствие временного распределения выходных сигналов генератора закону Пуассона для двух величин выходных интенсивностей. В эксперименте были измерены два вида статистического временного распределения:

1/ распределение временных интервалов между импульсами независимого опорного генератора и первым пришедшим импульсом испытываемого генератора /кривые 2, рис.4а,б/,

2/ распределение временных интервалов между двумя последовательными импульсами генератора случайных сигналов /кривые 3, рис.4а,б/.

На рис.4а,б видно, что в пределах статистической ошибки имеется хорошее соответствие временного распределения закону Пуассона, кроме участка 0-A-B. /На рис.4б показан лишь начальный участок экспоненты, соответствующий малым временам/. Отклонение полученных характеристик от экспоненциальной при малых временах /участок 0-A-B/ обусловлено влиянием собственного мертвого времени шумового диода и формирователя длительности выходных импульсов. Максимальная величина интервала 0-B для диода 2Г401Б, измеренная при минимальных интенсивностях выходных импульсов, составляет 3 мкс.

Наличие упомянутого отклонения характеристики от закона Пуассона не мешает использованию данного генератора для измерения дифференциальной и интегральной нелинейностей время-цифровых преобразователей. С помощью описываемого генератора при двух величинах выходных интенсивностей были сняты измерительные характеристики время-цифрового преобразователя /15/ /рис.4а,б, графики 1/. Полученная дифференциальная нелинейность измерительной характеристики преобразователя составила величину $\pm 0,5\%$.

Описанное устройство может быть рекомендовано в качестве простого, дешевого и удобного в эксплуатации проверочного генератора.

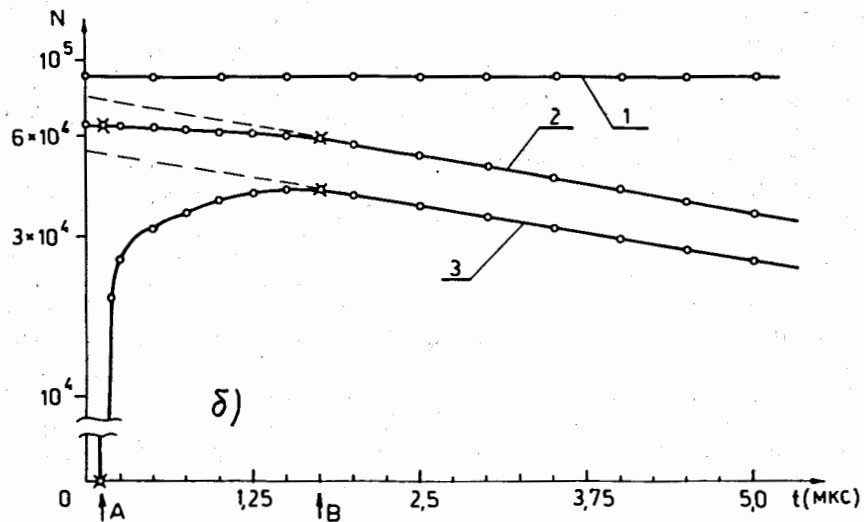
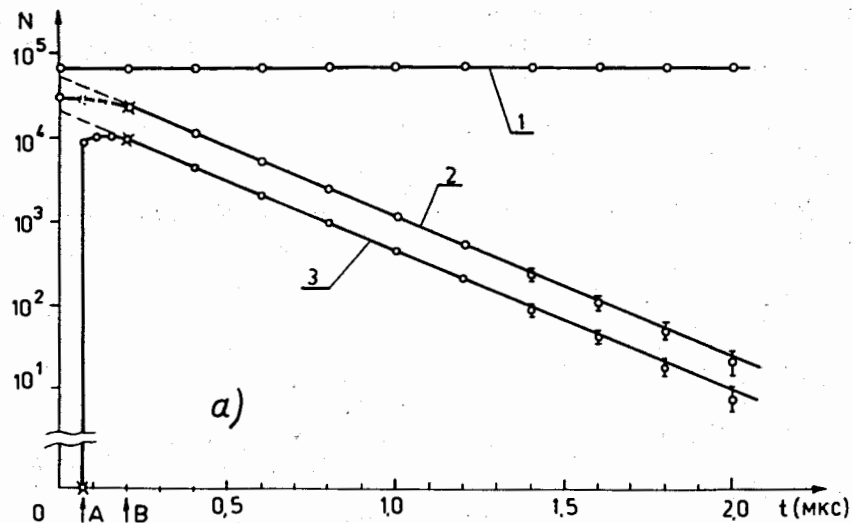


Рис.4. Результаты испытаний генератора: а/ при $F = 3 \cdot 10^6$ имп./с; б/ при $F = 10^5$ имп./с. N - количество событий; t - время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Swansen J.E., Ensslin N. Nucl.Instr. and Meth., 1981, vol.188, p.83.
2. Divon B., Rosen S. Nucl.Instr. and Meth., 1966, vol.39, p.77.

3. Lamden R.J. Nucl.Instr. and Meth., 1961, vol.13, p.247.
4. Takeuchi S., Nagai T. Nucl.Instr. and Meth., 1983, vol.215, p.199.
5. Deschamps J. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1970, vol.84, p.253.
6. Климов А.И., Мелешко Е.А. ПТЭ, 1977, № 4, с.125.
7. White G. Rev.Sci.Instr., 1964, 41, p.361.
8. Заходякин А.И. ПТЭ, 1973, № 1, с.132.
9. Burtis D., Brown M. IEEE Trans., 1973, NS-20, p.209.
10. White G. Nucl.Instr. and Meth., 1975, vol.123, p.575.
11. Gal J., Bibok G., Palvolgyi J. Nucl.Instr. and Meth., 1980, vol.171, p.401.
12. Takeuchi S., Yoshimoto T. IEEE Trans., 1983, NS-30, No.1, p.324.
13. Takeuchi S., Aoki K. IEEE Trans., 1982, NS-29, p.625.
14. Полупроводниковые приборы. Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник /под ред. Н.Н.Горюнова/. Энергоиздат, М., 1982, с.356.
15. Гребенюк В.М., Зинов В.Г., Селиков А.В. ОИЯИ, 13-82-713, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 января 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Зинов В.Г., Селиков А.В.

13-84-48

Генератор импульсов, случайно распределенных во времени

Описывается генератор импульсов, временное распределение которых подчиняется закону Пуассона. Устройство выполнено на основе шумового диода, работающего в режиме лавинного пробоя. Средняя интенсивность генерации выходных импульсов регулируется в пределах $/4,0 \cdot 10^6 \div 10/$ имп./с. Предусмотрена цифровая схема стабилизации выходной интенсивности.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Zinov V.G., Selikov A.V.

13-84-48

A pulse generator with time distribution abiding by the Poisson law is described. The device is based on the noise diode, operating in the avalanche break-down mode. Average intensity of the output pulse generation can be adjusted within $/4.0 \cdot 10^6 \div 10/$ pulse/s. A digital stabilization scheme for output intensity is provided.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984