

платформа .NET 2.0. — Москва, Санкт-Петербург, Киев : И. Д. Вильямс, 2007. — 1168 с.
 6. Owsiak W. Teoria algorytmów abstrakcyjnych i modelowanie matematyczne systemów informacyjnych / W. Owsiak, A. Owsiak, J. Owsiak — Opole : Politechnika Opolska, 2005. — 275 s.

ГРАММАТИКА ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УНИТЕРМОВ

Подано синтаксис и семантику описания функциональных содержательных унитермов.

THE GRAMMAR OF FUNCTIONAL UNITERMS DESCRIPTION

The syntax and the semantics of functional objective uniterms are given, which are the complex of algorithms formulae.

Стаття надійшла 07.10.09

УДК 681.3

О. І. Гарасимчук, В. М. Максимович, З. М. Стрілецький
Національний університет «Львівська політехніка»

Р. Т. Смук

ПП НВП «Спаринг-Віст Центр»

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА ІМПУЛЬСНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

З ПУАССОНІВСЬКИМ ЗАКОНОМ РОЗПОДІЛУ ПОБУДОВАНОГО НА ОСНОВІ ЛІНІЙНОГО КОНГРУЕНТНОГО ГЕНЕРАТОРА

Здійснюється аналіз технічних характеристик генератора пуассонівської імпульсної послідовності, побудованого на основі лінійного конгруентного генератора та реалізованого на програмованих логічних інтегральних схемах. Розглядаються характеристики вихідного сигналу генератора пуассонівської імпульсної послідовності при імітації вихідного сигналу дозиметричних детекторів.

Генератори пуассонівської імпульсної послідовності (ГПП), на сьогодні, ефективно використовуються в різних галузях науки. Особливу популярність генератори такого типу здобули для використання у моделюванні різних подій та явищ, а також у обчислювальній та вимірювальній техніці, зокрема при імітації вихідного сигналу дозиметричних детекторів.

Закон Пуассона описує ймовірність появи рівно k імпульсів за час t згідно з формулою:

$$P_k(Z, t) = \frac{(Zt)^k}{k!} e^{-Zt}, \quad (1)$$

де Z — середнє число імпульсів за одиницю часу (середня інтенсивність).

Пуассонівським законом розподілу описуються події, які трапляються дуже рідко. До них належать, наприклад, число частинок радіоактивного розпаду, що зареєстровані лічильником протягом певного часового проміжку t , число викликів, які надійшли на телефонну станцію за час t , число дефектів на клаптику тканини або стрічки фіксованої довжини, число нещасних випадків на виробництві і т.п. Також, простий потік пуассонівських імпульсів може використовуватись як вихідний для отримання складніших потоків.

Використання генераторів пуассонівської імпульсної послідовності для вирішення конкретних практичних чи теоретичних задач потребує попереднього їх ґрунтовного дослідження та проєктування з метою отримання ГПП з характеристиками найбільш наближеними до теоретичних.

Особливу увагу варто приділити вивченню можливостей реалізації ГПП на основі програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС), оскільки їх поява дала потужний поштовх для розвитку напрямку конфігурованих комп'ютерів. Прилади програмованої логіки, основними представниками яких є ПЛІС, використовуються протягом останніх десятиріч для побудови інтерфейсних вузлів, пристроїв керування, моделювання, контролю і т.п.

Питанням дослідження різноманітних методів та способів побудови генераторів імпульсних послідовностей із законами розподілу, що відрізняються від рівномірного не завжди приділяють належну увагу. Існує невелика кількість досліджень у цьому напрямку. Більшість наукових праць присвячено вивченню та дослідженню способів побудови та аналізу характеристик генераторів імпульсних послідовностей з рівномірним законом розподілу [2, 4–6, 8]. Їх варто використовувати при побудові ГПП, оскільки відомим є факт, що для того, щоб отримати псевдовипадкову послідовність із законом розподілу, який відрізняється від рівномірного, необхідно спочатку обчислити псевдовипадкову рівномірно розподілену послідовність чисел. Згодом на основі певних перетворень можна визначити псевдовипадкову імпульсну послідовність із заданим законом розподілу.

Сьогодні існує велика кількість алгоритмів, за допомогою яких можна отримати псевдовипадкові послідовності з рівномірним законом розподілу. Також чималу кількість праць присвячено оцінюванню якості генераторів рівномірно розподілених псевдовипадкових чисел за допомогою певних тестів (графічних чи оціночних).

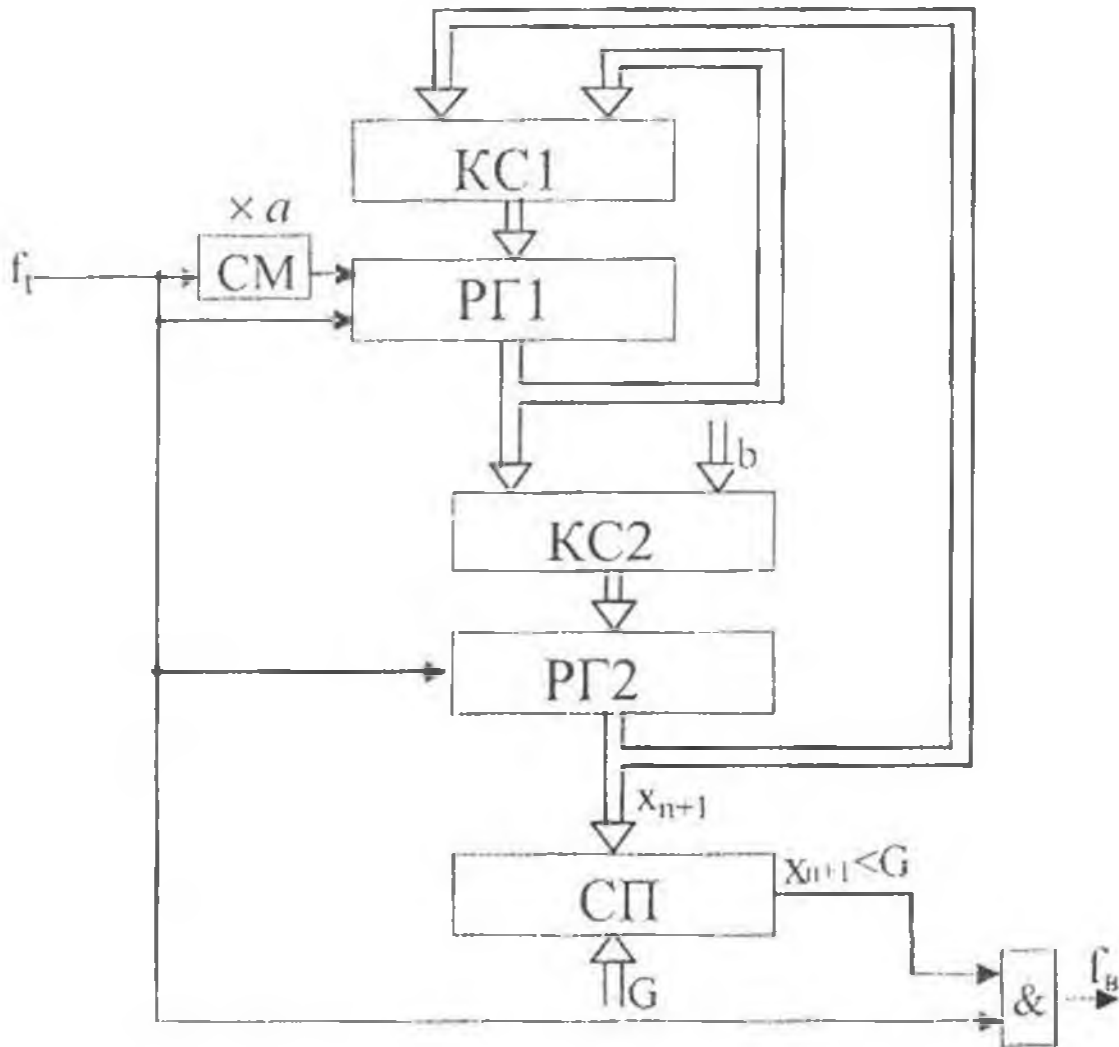
Метою роботи є аналіз технічних характеристик ГПП побудованого на основі лінійного конгруентного генератора та реалізованого на програмованих логічних інтегральних схемах, а також аналіз характеристик вихідного сигналу ГПП при імітації вихідного сигналу дозиметричних детекторів.

Реалізація лінійного конгруентного генератора виконувалася згідно з рівнянням [4–6]

$$X_{n+1} = (a \cdot X_n + b) \bmod m, \quad (2)$$

де X_{n+1}, X_n — чергове та попереднє значення випадкового числа, a — множник, b — приріст, m — модуль.

Узагальнену структурну схему ГППі реалізованого на базі лінійного конгруентного генератора, з використанням схеми множення, наведено на рисунку [3]. Вона складається з таких основних частин: комбінаційних суматорів КС1 і КС2, регістрів РГ1 і РГ2, схеми множення СМ, схеми порівняння СП і логічного елемента І.



Структурна схема ГППі на базі лінійного конгруентного генератора з використанням схеми множення

Ми досліджували ГППі реалізований на основі лінійного конгруентного генератора з такими параметрами: $a = 109$; $b = 12345$; $m = 2^{24}$, а також $m = 2^{28}$, $m = 2^{30}$. Такі параметри було обрано в результаті попереднього імітаційного моделювання.

Для дослідження ГППі, побудованих на основі лінійного конгруентного методу, оцінки якості таких генераторів, їх апаратної реалізації у вигляді сучасних ПЛІС, було виконано імітаційне моделювання їхньої роботи за допомогою системи моделювання *Foundation* фірми *Xilinx*.

Під час побудови ГППі на основі лінійного конгруентного генератора ми використовували стандартні елементи з бібліотеки елементів фірми *Xilinx* серії *SpartanXL*. Однак, оскільки бібліотечних елементів для додавання

двох чисел з розрядністю більшою 30 не існує, то необхідно створювати комбінаційні суматори, що складаються з декількох послідовно з'єднаних суматорів з меншою розрядністю.

З метою вибору найбільш оптимального, було досліджено три способи побудови 30-ти розрядних нагромаджувальних суматорів, використаних при реалізації ПЛІС ГПП на основі лінійного конгруентного генератора.

За допомогою часового аналізатора, який входить до складу системи моделювання *Foundation*, виконано аналіз часових характеристик ПЛІС ГПП. Для цього за допомогою опції *Implementation*, здійснювалось оптимальне розміщення елементів усередині ПЛІС і трасування зв'язків між ними. Результати оцінювання часових характеристик і показників якості ГПП подано в табл. 1.

Таблиця є зведеною, оскільки в ній подано часові результати визначені внаслідок імітаційного моделювання в системі моделювання *Foundation* фірми *XILINX*, а також результати програмування в середовищі *Delphi*.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики

Кількість розрядів ГПП	24 розряди	28 розрядів	30 розрядів		
Кількість розрядів секції нагромаджувального суматора	чотирьорозрядний		восьми-розрядний	шістнадцяти-розрядний	
Період повторення псевдовипадкових чисел T	16777216	268435456	1073741824		
Мінімальний період тактових імпульсів	40,304 нс	56,116 нс	52,540 нс	40,744 нс	28,866 нс
Максимальна частота тактових імпульсів f_{max}	24,811 МГц	17,820 МГц	19,033 МГц	24,543 МГц	34,643 МГц
Максимальна затримка зв'язків	9,065 нс	12,690 нс	11,551 нс	9,777 нс	9,608 нс
Діапазон вихідних частот $f_{v_min} \div f_{v_max}$	1,479 Гц — 24,811 МГц	0,066 Гц - 17,820 МГц	0,018 Гц — 19,033 МГц	0,023 Гц — 24,543 МГц	0,032 Гц — 34,643 МГц
Надійна ймовірність	Показники якості				
$p = 0,68$	71,26 %	71,91 %	75,90 %		
$p = 0,95$	95,21 %	96,72 %	96,80 %		
$p = 0,997$	99,4 %	99,93 %	99,98 %		

Загальна формула для середньої частоти вихідних імпульсів генератора:

$$f_n = \frac{G}{m} \cdot f_T, \quad (3)$$

де f_T — частота тактових імпульсів.

Діапазон середніх вихідних частот $f_{n_min} \div f_{n_max}$ обчислено за умови $f_T = f_{max}$ за формулами

$$f_{n_min} = \frac{1}{m} \cdot f_{max}, \quad (4)$$

$$f_{n_max} = \frac{m-1}{m} \cdot f_{max}. \quad (5)$$

Показники якості досліджуваних ГПП обчислено в результаті імітаційного моделювання і зіставлено з відомим фактом, що кількість імпульсів пуассонівського імпульсного потоку, яка зафіксована за час T_H :

а) з надійною ймовірністю $p = 0,68$ знаходиться в межах [7]

$$k_{сер} - \sqrt{k_{сер}} < k < k_{сер} + \sqrt{k_{сер}}; \quad (6)$$

б) з надійною ймовірністю $p = 0,95$ — в межах

$$k_{сер} - 2\sqrt{k_{сер}} < k < k_{сер} + 2\sqrt{k_{сер}}; \quad (7)$$

в) з надійною ймовірністю $p = 0,997$ — в межах

$$k_{сер} - 3\sqrt{k_{сер}} < k < k_{сер} + 3\sqrt{k_{сер}}; \quad (8)$$

де

$$k_{сер} = T_H \cdot f_n. \quad (9)$$

Також було проведено оцінювання характеристик вихідного сигналу ГПП, побудованого на основі лінійного конгруентного генератора, при імітації вихідного сигналу дозиметричних детекторів.

Якщо не враховувати «мертвий час» детекторів, то середню частоту імпульсів на виході блоку детектування, яка залежить від потужності експозиційної зони (ПЕД) іонізуючого випромінювання λ і чутливості детектора γ , можна обчислити за формулою

$$f_n = \lambda \cdot \gamma. \quad (10)$$

У табл. 2 подано характеристики ГПП, реалізованого на базі лінійного конгруентного генератора, при імітації вихідного сигналу дозиметричного

детектора. Ці характеристики обчислено за умови, що $\gamma = 0.02 \frac{\Gamma_{ц}}{\text{мкР} / 200}$.

Таблиця 2

Характеристики ГПП, реалізованого на базі лінійного конгруентного генератора,
при імітації вихідного сигналу дозиметричного детектора

Кількість розрядів ГПП	24 розряди	28 розрядів	30 розрядів		
Кількість розрядів секцій нагромаджувального суматора	чотирирозрядний		восьми-розрядний	шістнадцяти-розрядний	
Період повторення T_n	0,676 сск	15,064 сск	56,415 сск	43,749 сск	30,994 сск
Діапазон значень ПЕД λ	73,95 мкР/год — 1240,55 Р/год	3,3 мкР/год — 891 Р/год	0,9 мкР/год — 951,65 Р/год	1,15 мкР/год — 1227,15 Р/год	1,6 мкР/год — 1732,15 Р/год

Період повторення ГПП T_n та діапазон значень ПЕД λ визначено за формулами

$$T_n = \frac{m}{f_{\max}}, \quad (11)$$

$$\lambda = \frac{f_{y_{\max}} \div f_{y_{\min}}}{\gamma}. \quad (12)$$

Оскільки розроблені ГПП забезпечують достатньо широкий діапазон значень імітації ПЕД і задовільні статистичні характеристики вихідного імпульсного потоку, вони можуть ефективно використовуватися при розробленні і налагодженні дозиметричних пристроїв різного призначення.

1. Бобнев М. П. Генерирование случайных сигналов / М. П. Бобнев // 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергия, 1971. — 239 с. 2. Гарасимчук О. І. Генератори псевдовипадкових чисел, їх застосування, класифікація, основні методи побудови і оцінка якості / О. І. Гарасимчук, В. М. Максимович // Захист інформації — К., 2002. 3. Гарасимчук О. І. Генератори тестових імпульсних послідовностей для дозиметричних пристроїв / О. І. Гарасимчук, В. Б. Дудикевич, В. М. Максимович, Р. Т. Смух // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теплоенергетика. Інженерія докільця. Автоматизація. — 2004. — № 506. — с. 186–192. 4. Гундарь К. Ю. Защита информации в компьютерных системах / К. Ю. Гундарь, А. Ю. Гундарь, Д. А. Янишевский. — К. : Корнейчук, 2000. — 152 с.: ил. 5. Иванов М. А. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайных последовательностей / М. А. Иванов, И. В. Чугунков. — М. : КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. — 240 с. 6. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ: в 3-х т.: пер. с англ. / Д. Кнут — М. : Мир, 1977. — Т. 2. — 724 с. 7. Орнатский П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники: учеб. / П. П. Орнатский — 2-е изд., перераб. и доп. — К. : Вища школа, 1983. — 455 с.: ил. 8. Романен Ю. В. Защита информации в компьютерных системах и сетях / Ю. В. Романен, П. А. Тимофеев, В. Ф. Шаньгин; под ред. В. Ф. Шаньгина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Радио и связь, 2001. — 376 с.: ил.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗ ПУАССОНОВСКИМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСТРОЕННОГО НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОГО КОНГРУЭНТНОГО ГЕНЕРАТОРА

Осуществляется анализ технических характеристик генератора пуассоновской импульсной последовательности, построенного на основе линейного конгруэнтного генератора и реализованного на программируемых логических интегральных схемах. Рассматриваются характеристики исходного сигнала генератора пуассоновской импульсной последовательности при имитации исходного сигнала.

ANALYSIS OF DESCRIPTIONS OF GENERATOR OF IMPULSIVE SEQUENCE FROM PUASSONIVSKIM LAW OF DISTRIBUTING BUILT ON BASIS OF LINEAR CONGRUENT GENERATOR

The analysis of the technical characteristics of a pulse generator with Poisson distribution law, which is based on a linear congruous generator and is realized in programmable logical integrated circuits, is described in the paper. Characteristics of generator output signal by imitation of dosimeter detectors output signal has been analyzed.