

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕБЕЗГА КОНТАКТОВ С ЦЕЛЬЮ ГЕНЕРИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Можейко Д.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Иванюк А.А. – доктор технических наук, доцент

В ходе работы были проанализированы кнопки и переключатели. Была спроектирована схема экспериментальной установки на языке описания аппаратуры VHDL, с помощью которой при нажатии на заданную кнопку либо переключатель, на семисегментные индикаторы выводится количество передних  $N_R$  (rising) и задних  $N_F$  (falling) фронтов сигнала. Была собрана статистика дребезжания кнопок и переключателей для 100 нажатий в обычном режиме. По результатам проведенных экспериментов были рассчитаны значения матожидания  $\mu(N_R)$  и  $\mu(N_F)$ , вычислены стандартные отклонения  $\delta(N_R)$  и  $\delta(N_F)$ , а также составлены графики числа спадов ( $N_F$ ) и подъемов ( $N_R$ ).

Генерация случайных чисел — процесс, который с помощью устройства генерирует последовательность чисел или символов, которая может быть предсказана разумным образом только на основании случайности. Генерация случайных чисел имеет большое значение в различных областях науки. Современные научные и инженерные области требуют большое количество симуляций для изучения различных физических, химических и биологических процессов. Для таких симуляций требуются случайные числа, чтобы имитировать различные условия и состояния. Именно поэтому важна генерация действительно случайных последовательностей.

Генераторы случайных чисел (ГСЧ) подразделяются на физические генераторы случайных чисел, которые вырабатывают случайные числа в зависимости от текущего значения какого-либо атрибута физического объекта либо среды, который практически невозможно смоделировать при текущем уровне знаний, и генераторы псевдослучайных чисел.

Генераторы псевдослучайных чисел основаны на определенных алгоритмических правилах, которые вырабатывают случайные числа после задачи исходного условия. Они не являются истинными, так как числа, которые они генерируют, только выглядят случайными, но на самом деле являются детерминированными и могут быть воспроизведены, если известна математическая модель, на основании которой работает генератор.

Генератор действительно случайных чисел (ГДСЧ) порождает последовательность случайных чисел на основе измеряемых, хаотически изменяющихся параметров протекающего физического процесса. Генераторы случайных чисел, использующие физические случайные процессы, позволяющие получать случайные числа с заданным распределением, являются относительно сложными и дорогими. Но существуют и более доступные источники случайности, например такие как: использование шума микрофона, использование времени нажатия на кнопки клавиатуры или мышки, использование сети или интернета, а также анализ дребезга контактов [3]. Самый легкий и доступный генератор действительно случайных чисел основывается на анализе дребезга контактов. Дребезг – явление, возникающее в электромеханических коммутационных устройствах и аппаратах (кнопках, реле, герконах, переключателях, контакторах, магнитных пускателях и др.) при замыкании и размыкании электрических контактов. После замыкания за счет упругости материалов и деталей контактной системы происходят многократные неконтролируемые замыкания и размыкания контактов — некоторое время контакты отскакивают друг от друга при соударениях, размыкая и замыкая электрическую цепь. Другими словами, кнопки и переключатели находятся в состоянии неопределенности, а переключатель не в состоянии выбрать одно из дискретных состояний (0 либо 1), как показано на рисунке 1. Дребезг зачастую является нежелательным явлением в технических устройствах. В связи с этим существуют различные способы его подавления (как аппаратные, так и программные) [2].

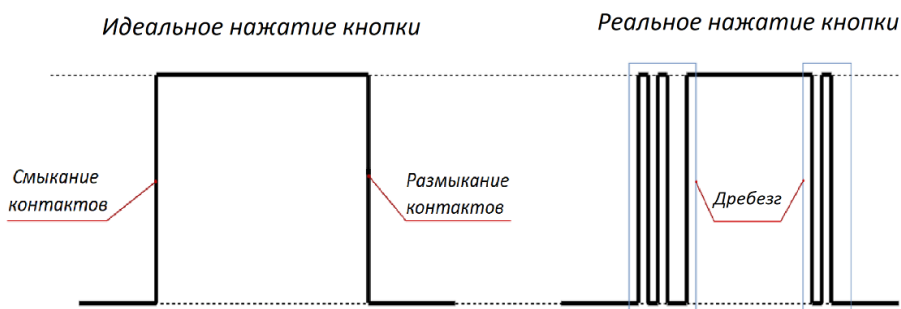


Рисунок 1 – Нажатие кнопки

Частота и количество касаний контактов зависит от множества факторов, например таких, как свойства компонентов коммутирующего узла, уровень напряжения, упругость пружины, сила нажатия на кнопку, температура, степень дрожания пальцев при нажатии, время удержания и т.д. Все эти факторы вносят свою долю непредсказуемости в генерацию случайных последовательностей. Это помогает генератору случайных чисел, основанному на анализе дребезга контактов, достичь цели действительной случайности.

Исследование дребезга контактов проводилось на учебной плате быстрого прототипирования Artix-7 FPGA (Digilent Nexys 4) [1]. В ходе работы были проанализированы имеющиеся на плате кнопки и переключатели. Была спроектирована схема экспериментальной установки на языке описания аппаратуры VHDL, с помощью которой при нажатии на заданную кнопку либо переключатель, на семисегментные индикаторы выводится количество передних  $N_R$  (rising) и задних  $N_F$  (falling) фронтов сигнала. Была собрана статистика дребезжания кнопок и переключателей для 100 нажатий в обычном режиме. По результатам проведенных экспериментов были рассчитаны значения матожидания  $\mu(N_R)$  и  $\mu(N_F)$ , вычислены стандартные отклонения  $\delta(N_R)$  и  $\delta(N_F)$ , которые представлены в таблице 1, а также составлены графики числа спадов ( $N_F$ ) и подъемов ( $N_R$ ), представленные на рисунках 2 и 3.

Таблица 1 – Статистика дребезга

	Кнопка 1		Переключатель 1	
	$N_R$	$N_F$	$N_R$	$N_F$
$\mu$	2,26	2,17	33,71	34,71
$\delta$	2,47664	2,31837	54,7638	55,8143

Собранная статистика показывает, что каждая кнопка (переключатель) ведет себя совершенно по-разному, однако кнопки ведут себя более стабильнее, чем переключатели, так как у переключателей намного больше амплитуда нажатия, что в свою очередь вызывает сильное

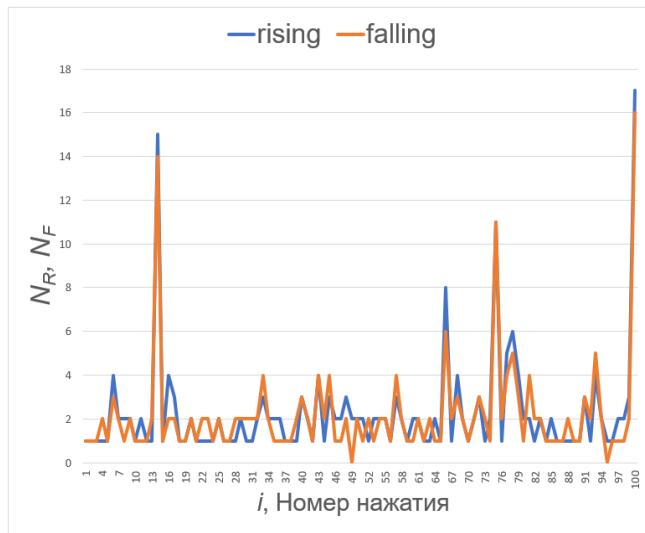


Рисунок 2 – Соотношение спадов и подъемов сигнала (Кнопка 1)

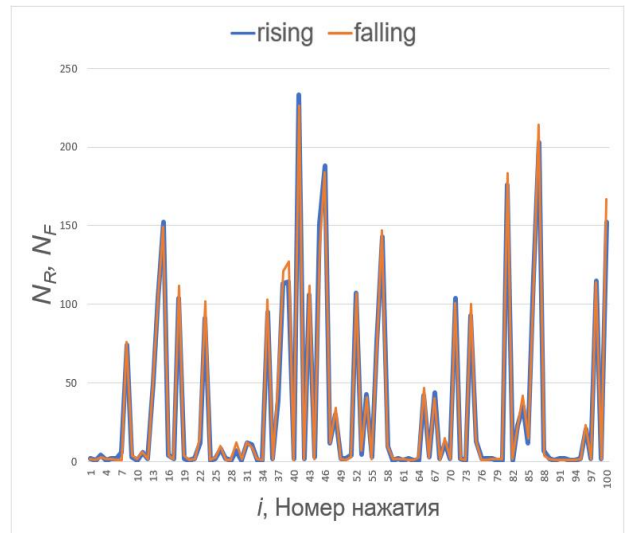


Рисунок 3 – Соотношение спадов и подъемов сигнала (Переключатель 1)

дребезжание.

В дальнейших исследованиях неповторимость дребезга будет использована для создания генератора случайных чисел. Данный способ генерирования случайных чисел очень удобен (за исключением скорости генерирования чисел), поскольку появляется возможность генерирования чисел абсолютно везде, где это необходимо, так как все что для этого необходимо это кнопка и пользователь, который будет нажимать эту кнопку. Также в последующих работах будет

усовершенствован и автоматизирован способ сбора результатов нажатия кнопки (количество отскоков контактов). Так как в данной работе вся статистика собиралась вручную, следовательно, автоматизация данного процесса значительно ускорит анализ и генерацию случайных чисел.

Создание ГДСЧ является довольно важной темой, так как существует много областей применения, где случайные и невоспроизводимые числа имеют важное значение, что говорит о актуальности данного исследования.

**Список использованных источников:**

1. Digital reference: <https://digilent.com/reference/programmable-logic/zybo-z7/start>
2. Jack G. Ganssle. *A Guide to Debouncing*.
3. Stipčević, Mario, and Çetin Kaya Koç, 2014. *True random number generators* .