

ЦИФРОВОЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ

Введение

Технические требования к приборам нового поколения для радиационного мониторинга изложены в международных стандартах IEC 62327 от 31.05.02 «Radiation protection instrumentation Hand-held Instruments for the Detection and Identification of Radioactive Isotopes and for the Measurement of Dose Rate» и ISO/DIS 22188 “Monitoring for inadvertent movement and illicit trafficking of radioactive material”. Они разработаны для полевых приборов, основное назначение которых – обнаружение, локализация и идентификация радионуклидов. Стандарты регламентируют, в частности, требования к детекторам, спектрометрическому тракту, программному обеспечению (ПО) для идентификации, библиотеке радионуклидов, средствам управления и индикации, определяют основные характеристики приборов и методы их испытаний.

Для создания таких приборов наиболее оптимально использовать цифровые сигнальные процессоры (ЦСП). Их высокая производительность и широкий набор встроенных периферийных устройств дает возможность реализовать необходимые функции спектрометрического тракта на программном уровне и тем самым уменьшить аппаратные за-траты.

Программная реализация некоторых функций спектрометрического тракта

В работе [1] представлен один из вариантов реализации спектрометра ионизирующих излучений на базе ЦСП – TMS320F2812, в котором реализована функция оцифровки формы сцинтилляционного импульса. Учитывая такую возможность аппаратуры, было разработано программное обеспечение, работающее по алгоритму представленному на рис. 1.

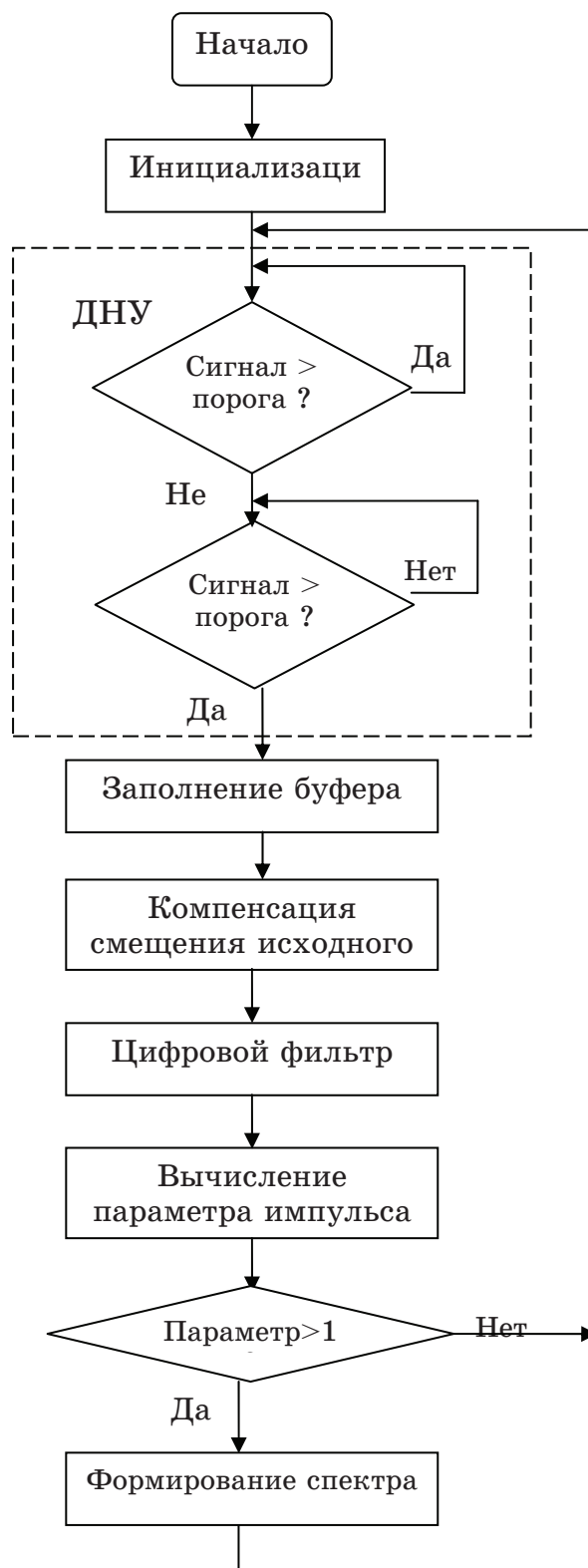


Рисунок 1 – Алгоритм обработки спектрометрической информации

При включении спектрометра производится инициализация аппаратных средств ЦСП и встроенный АЦП конфигурируется таким образом, что происходит непрерывная оцифровка входного сигнала с

частотой выборок 8,3 МГц, причем восемь последовательных выборок заносятся в соответствующие регистры результатов. Такая организация работы АЦП позволяет оцифровать форму сцинтилляционного импульса и, как минимум, четыре выборки, соответствующие исходному уровню перед началом импульса. Далее происходит дискриминация сигнала по нижнему уровню (ДНУ), выполняемая в два этапа. На первом этапе из обработки исключаются импульсы, начало которых не совпало по времени с началом оцифровки. А на втором этапе отслеживается начало импульса, который необходимо обработать. Затем результаты оцифровки заносятся в буфер размером 72 ячейки, организованный в области памяти данных цифрового сигнального процессора TMS320F2812. Оцифрованный таким образом сцинтилляционный импульс показан на рис. 2. Далее выполняется компенсация смещения исходного уровня путем вычитания из всех выборок среднего значения первых четырех выборок [2] и обнуления отрицательных значений. После этого сигнал обрабатывается полосовым цифровым фильтром первого порядка. На рис. 3 показан этот же импульс после компенсации смещения исходного уровня и фильтрации. Параметры фильтра выбраны таким образом, чтобы получить биполярный сигнал.

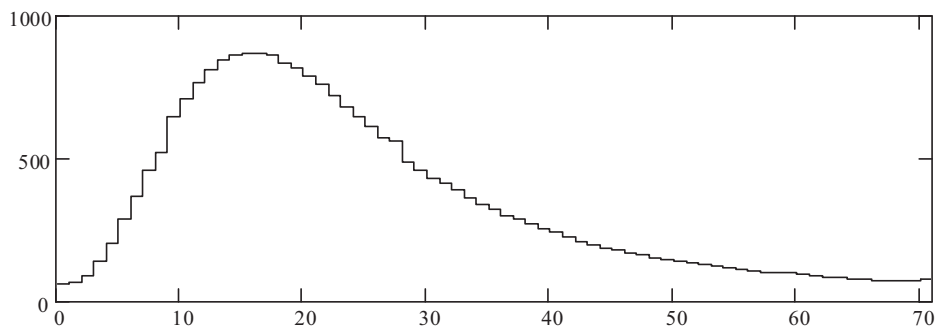


Рисунок 2 – Оцифрованный сцинтилляционный импульс

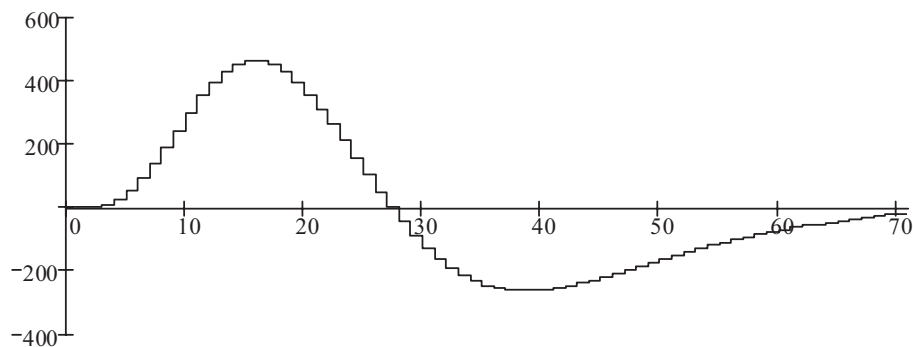


Рисунок 3 – Импульс после компенсации смещения исходного уровня и фильтрации

Затем рассчитывается параметр импульса, используя следующие выражения:

$$\begin{array}{ll}
 \text{If}(Y_t < 0) & Y_{n_t} = 1 \\
 \text{Else} & Y_{n_t} = 0 \\
 \text{If}(Y_t > 0) & Y_{d_t} = 1 \\
 \text{Else} & Y_{d_t} = 0
 \end{array} \tag{1}$$

$$P = \frac{\sum_t Y_{n_t}}{\sum_t Y_{d_t}}$$

где:

Y_t – выборка АЦП;

t – номер выборки;

Y_{n_t} и Y_{d_t} – дельта-функции отрицательной и положительной части импульса соответственно (определенные согласно выражениям 1).

Для приведенного выше импульса $P = 1,692$.

Исследования показали, что для наложенных импульсов параметр $P \leq 1$, поэтому в алгоритм работы спектрометра введен программный режектор наложенных импульсов. То есть, спектр энергетического распределения формируется из импульсов, имеющих значение параметра $P > 1$. Режекция наложенных импульсов улучшает относительное энергетическое разрешение спектрометра при больших входных нагрузках. На рис. 4 приведен пример наложенных импульсов, на рис. 5 – результат фильтрации. В этом случае параметр $P = 0,556$.

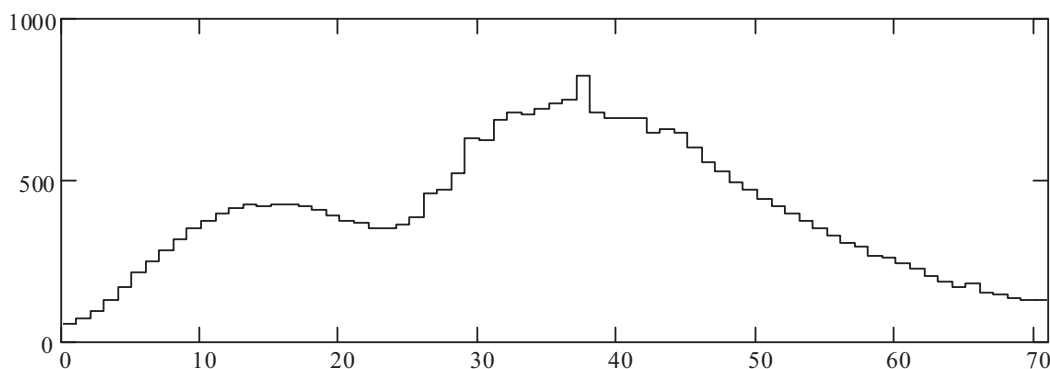


Рисунок 4 – Наложённые импульсы

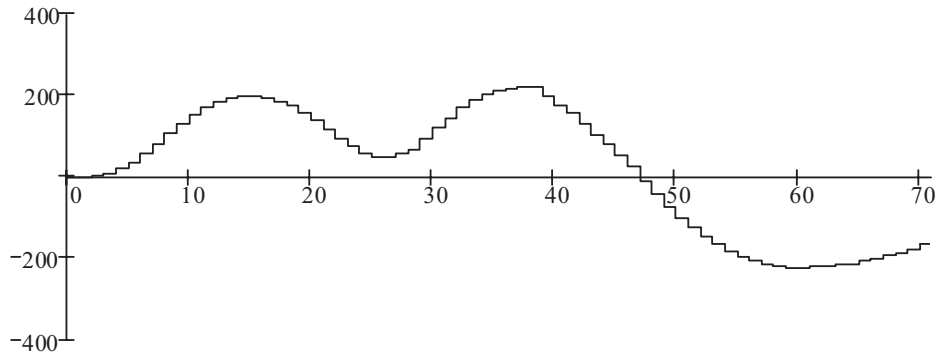


Рисунок 5 – Наложенные импульсы после фильтрации

Выводы

Предложенный алгоритм работы спектрометра на базе ЦСП – TMS320F2812 и его практическая реализация позволяют отказаться от аппаратного решения необходимых узлов спектрометрического тракта, таких как:

- дискриминатор нижнего уровня;
- стабилизатор исходного уровня;
- режектор наложенных импульсов.

Уменьшение аппаратных затрат дает не только экономический эффект, но и уменьшает энергопотребление устройства, что может значительно улучшить массогабаритные показатели приборов для полевого применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мороз Н.Г. Использование цифрового сигнального процессора в ра-диометрических приборах - Деп. в ГНТБ Украины, №86 – Ук2006.
2. Kohji Kamada, Uhji Enokido, Seiji Ogawa Neutron-gamma discrimination employing pattern recognition of the signal from liquid scintillator. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 426 – 1999 (633 – 637).