



УДК 681.2  
ББК 22.321

## АНАЛИЗАТОР СПЕКТРОВ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ ПЛИС

*А.И. Квочкин*

Разработано устройство, которое позволяет измерять спектральную плотность мощности шумоподобных сигналов. Основным преимуществом данного устройства являются точность и скорость обработки измерений.

**Ключевые слова:** устройство, измерение, шум, ПЛИС.

Спектральный анализ шумовых сигналов широко используется при решении различных научных и практических задач. На первом этапе разработки прибора было принято решение изготовить устройство, которое позволяет измерять электрические шумы с максимальной точностью и максимальной скоростью. Идею метода поясняет структурная схема, приведенная на рисунке 1.

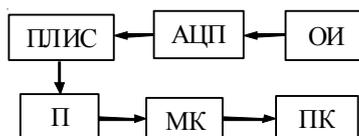


Рис. 1. Схема измерения

Сигнал с объекта исследования (ОИ) поступает на вход 24-разрядного высокоскоростного аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Результат преобразования передается в программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), затем во внешнюю память (П). После полного цикла измерений с помощью микроконтроллера (МК) данные передаются в персональный компьютер (ПК).

Согласно этой структурной схеме была разработана принципиальная электрическая схема устройства, показанная на рисунке 2. Управление элементами схемы осуществляется с помощью двух управляющих систем. В качестве основной используется ПЛИС EPМ3128 фирмы Altera (DD1) [2], которая управляет аналого-цифровым преобразователем и записывает полученные данные во внешнюю память объемом 64 кБ (DD8). В качестве вспомогательного элемента был выбран микроконтроллер Atmega128 фирмы Atmel (DA5) [3]. После того как основной элемент закончит выполнять свои функции, он посылает вспомогательному элементу команду, сообщающую о завершении своих операций. После этого микроконтроллер DA5 начинает считывать данные из внешней памяти DD8 и передавать их с помощью встроенного интерфейса UART через преобразователь UART-USB в ПК для дальнейшей обработки.

Измерительный канал состоит из 24-разрядного аналого-цифрового преобразователя DA1 ADS1271 фирмы Texas Instruments [4] в дифференциальном включении, который питается от стабилизатора напряжения DA2 на 3,3 В, и источника опорного напряжения DA4 на 2,5 В с буфером, выполненным на операционном усилителе DA3. Так как напряжение питания микросхемы DD1 составляет 3,3 В, а микросхемы DA5 – 5 В, то подключение памяти к ним осуществляется через буферные элементы DD2-DD7 74CH245D. Микросхема DD9 представляет собой жидкокристаллический индикатор LMC-S2C16 для вывода необходимой информации на лицевую панель

прибора. Оптопара DO1 применяется для передачи управляющего сигнала от ПЛИС микроконтроллеру, которые являются при этом гальванически развязанными между собой.

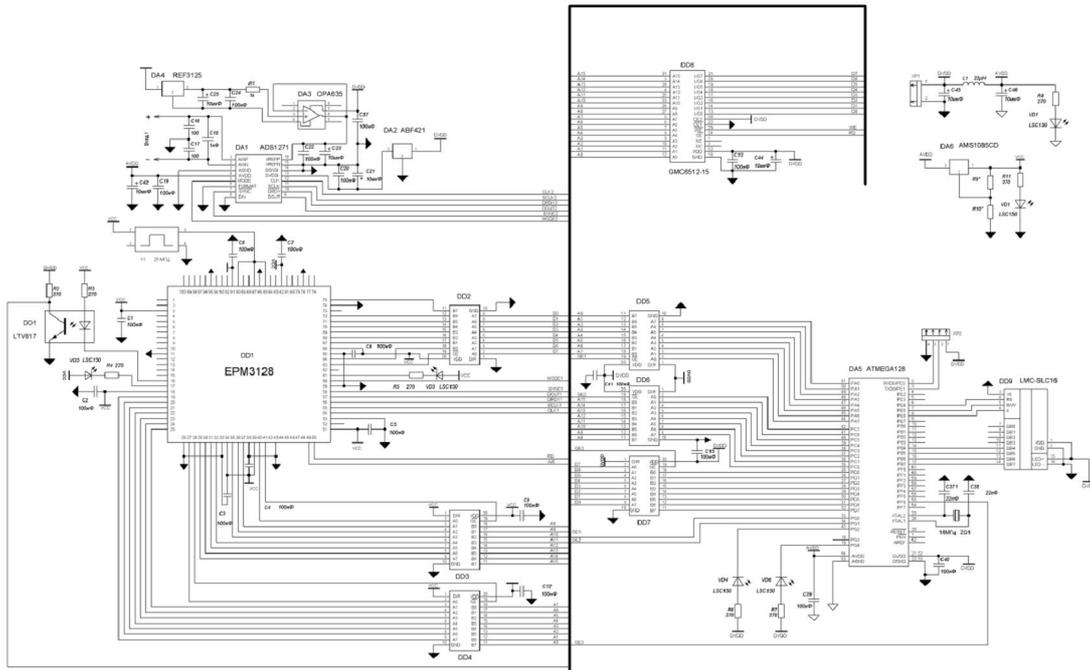


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема устройства

Программа для ПЛИС была написана в программной среде MAX+PLUS II Version 10.2 компании Altera на языке Verilog HDL. На рисунке 3 показаны временные диаграммы работы ПЛИС.

Опишем алгоритм работы программы. Сигнал GCLK является опорной частотой тактирования, который поступает на вход ПЛИС от внешнего генератора 25 МГц. CLK – сигнал тактирования внешнего АЦП, DOUT – линия данных, по которой передаются данные из АЦП в ПЛИС, DRDY – инверсный сигнал, оповещающий о завершении конвертирования данных АЦП и разрешающий чтение данных из него. Как только сигнал DRDY принимает значение низкого уровня, включается 8-битный счетчик qa7-qa0, предназначенный для отсчета 24-х бит данных, поступающих из АЦП. Передача данных из аналого-цифрового преобразователя в ПЛИС производится по тактовому сигналу SCLK. После получения старших восьми бит данных из АЦП, на 16-разрядную шину адреса AD15-AD0 внешней памяти выставляется адрес, по которому записываются данные. Затем, при получении следующих восьми бит, адрес увеличивается на единицу, вновь происходит запись данных и т. д.

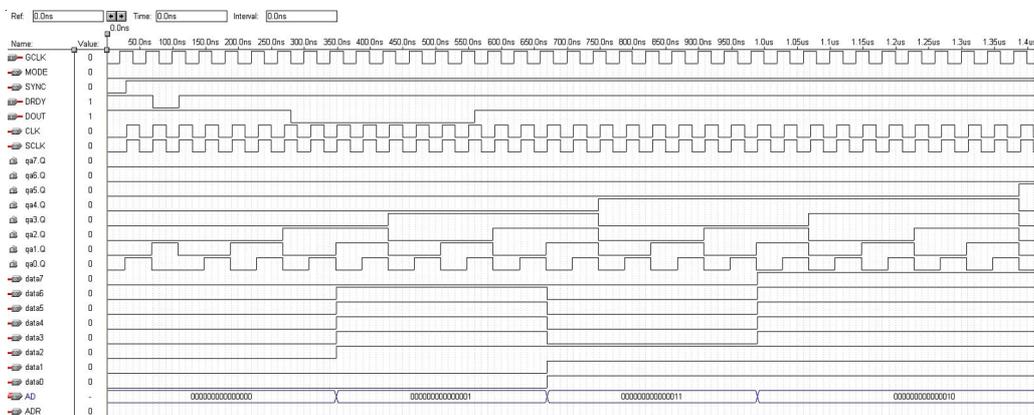


Рис. 3. Временные диаграммы работы ПЛИС

Программа для микроконтроллера была написана в программной среде CodeWizardAVR V1.25.6 Standard. Алгоритм программы построен следующим образом: при завершении сохранения данных во внешней памяти, ПЛИС посылает сигнал микроконтроллеру, который устанавливает адрес на шину адреса внешней памяти и считывает данные из нее. Передача данных в ПК осуществляется через встроенный в МК интерфейс UART. После окончания выборки данных, МК посылает сигнал ПЛИС о завершении своих операций.

По окончании изготовления устройства для проверки его работы был произведен ряд измерений. На рисунке 4 показана выборка значений шума АЦП при закороченных входах и частоте дискретизации 7,167 кГц.

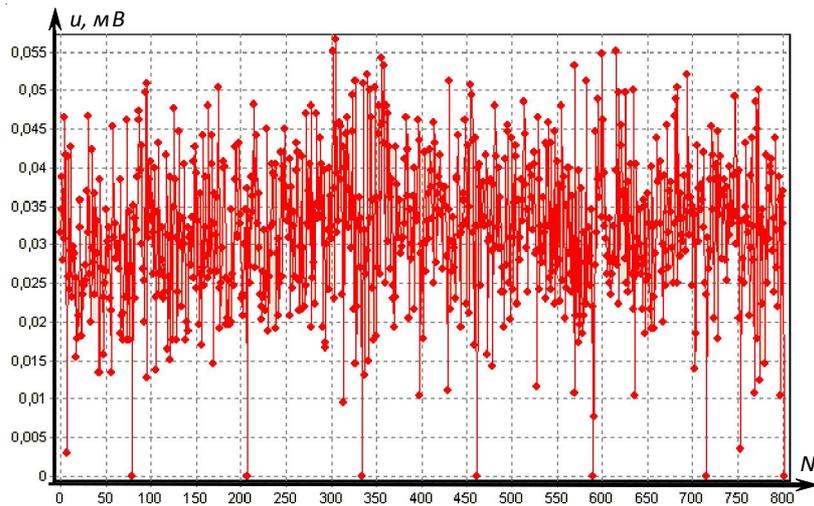


Рис. 4. Выборка шума АЦП

На рисунке 5 показана рассчитанная методом периодограмм Уэлча СПМ собственного шума АЦП. При расчете использовалось прямоугольное окно, количество отсчетов  $N = 800$ .

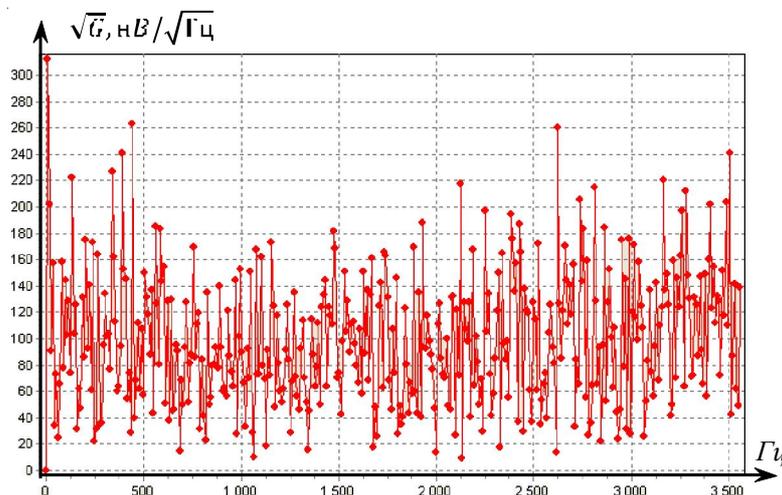


Рис. 5. СПМ собственного шума АЦП при частоте дискретизации 7,167 кГц

На рисунке 6 показана СПМ шума АЦП при частоте дискретизации 97,222 кГц.

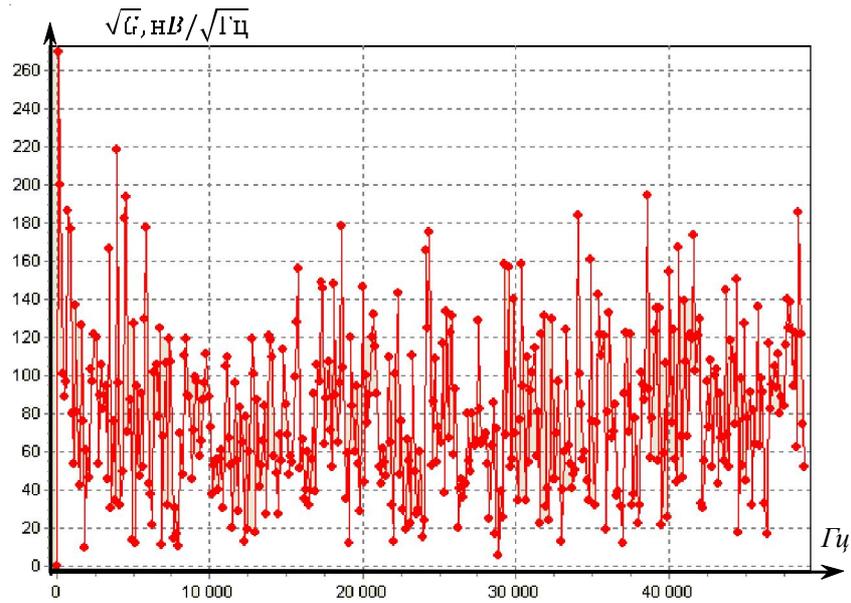


Рис. 6. СПМ собственного шума АЦП при частоте дискретизации 97,222 кГц

На рисунке 7 приведена рассчитанная СПМ шума подключенной ко входу АЦП аккумуляторной батареи 1,2 В при частоте дискретизации 7,167 кГц.

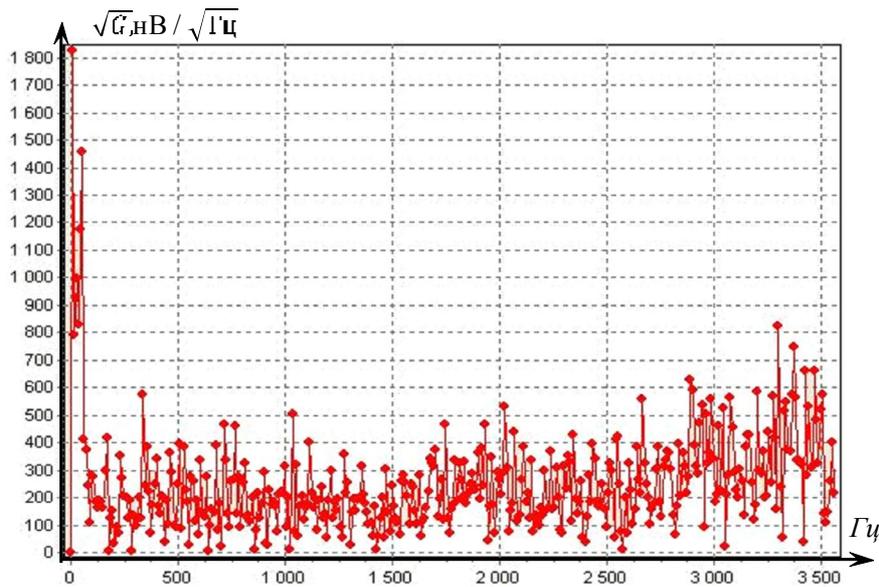


Рис. 7. СПМ шума аккумуляторной батареи, подключенной ко входу АЦП (частота дискретизации 7,167 кГц)

На рисунке 8 приведена рассчитанная СПМ шума аккумуляторной батареи 1,2 В, подключенной ко входам АЦП при частоте дискретизации 97,222 кГц.

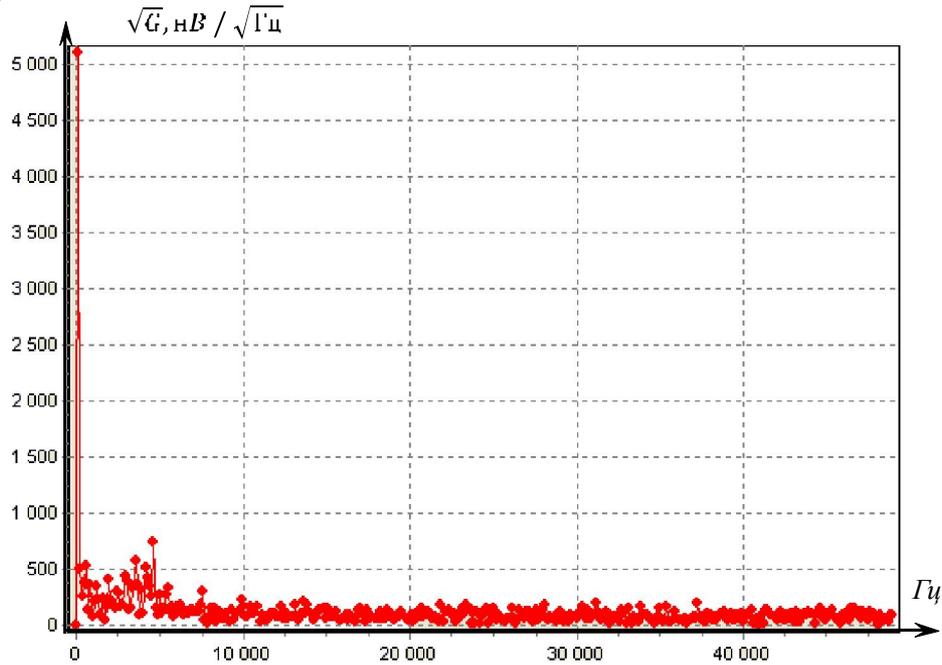


Рис. 8. СПМ шума аккумуляторной батареи, подключенной ко входу АЦП (частота дискретизации 97,222 кГц)

В дальнейшем планируется доработка данного устройства вторым аналогичным измерительным каналом для измерения СПМ шума двухполосников корреляционным методом [1].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов, Е. С. Корреляционный измеритель спектральных характеристик случайных сигналов / Е. С. Денисов // XII Туполевские чтения : материалы конф., Казань, 10–11 нояб. 2004 года. – Т. IV. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. – С. 97–99.
2. <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/114505/ALTERA/EPM3128A.html>.
3. [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2466.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf).
4. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ads1271.html>.

#### THE ANALYZER OF SPECTRA OF NOISE SIGNALS ON THE BASIS OF PLD

*A.I. Kvochkin*

The device which allows to measure spectral density of capacity of noise signals is developed. The basic advantages of the given device are accuracy and speed of processing of measurements.

**Key words:** *device, measurement, noise, PLD.*