



УДК 621.317+004.94

## РАЗРАБОТКА В СРЕДЕ LABVIEW ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

*В.И. Леухин, [leuxinvadim@gmail.com](mailto:leuxinvadim@gmail.com), С.Г. Январёв, [serg\\_yan@list.ru](mailto:serg_yan@list.ru)*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Исследования в области создания цифровых двойников измерительных приборов и их элементов являются важными прикладными исследованиями в области метрологического обеспечения измерений, контроля и диагностики. В данной статье в качестве примера рассматривается разработка в среде графического программирования LabVIEW цифрового двойника аналого-цифрового преобразователя как элемента измерительного устройства. Акцентируется внимание на визуализации выходного цифрового сигнала, для чего предусматривается генерация вспомогательной выходной функции, квантованной по уровням в соответствии с разрядностью аналого-цифрового преобразователя. Цифровой двойник в виде виртуального прибора LabVIEW инкапсулирует в себе метрологические характеристики моделируемого элемента.

**Ключевые слова:** цифровые двойники, графическое программирование.

## DEVELOPMENT OF DIGITAL TWINS OF MEASURING DEVICES ELEMENTS USING LABVIEW

*V.I. Leuhin, S.G. Yanvarev*

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocheerkassk

Research in the field of creation of digital doubles of measuring devices and their elements are important applied research in the field of metrological support of measurements, control and diagnostics.

This article discusses the development in the environment of graphic programming LabVIEW digital double analog-to-digital Converter as an element of the measuring device. The attention is focused on the visualization of the output digital signal, which provides for the generation of an auxiliary output function, quantized by levels in accordance with the bit width of the analog-to-digital Converter. Digital double in the form of a virtual LabVIEW device encapsulates the metrological characteristics of the simulated element.

**Keywords:** digital twins, graphic programming.

Для анализа систем цифровой обработки сигналов, в том числе измерительных устройств, широкое распространение получила среда графического программирования LabVIEW [1-4]. В данной статье в качестве примера рассматривается разработка в среде графического программирования LabVIEW цифрового двойника аналого-цифрового преобразователя (АЦП) как элемента измерительного устройства.

Создание цифрового двойника предполагает две разработки: основную и дополнительную. Основная – это собственно программная модель исследуемого элемента, в данном случае АЦП. Дополнительная – это тестовая программа, в которую основной виртуальный прибор включается как подпрограмма. Она демонстрирует принцип использования цифрового двойника как подпрограммы с задействованием всех его входов и выходов во всем диапазоне соответствующих значений.

На рис. 1 приведена блок-диаграмма цифрового двойника условного четырехразрядного АЦП.

Элементами управления являются:

- 1) “ $U_{вх.}$ ” – входной аналоговый сигнал;
- 2) “ $T$ ” – логический тактирующий сигнал.

Оба входа являются основными функциональными входами.



Элементы индикации – это:

1) “ $N_{\text{вых.}}$ ” – выходной цифровой код;

2) “ $U_{\text{вых.}}$ ” – входной аналоговый сигнал, округленный снизу до ближайшего квантованного значения;

3) “уровень квантования” – номер квантованного значения (снизу).

Первый выход является основным функциональным выходом. Второй и третий – это дополнительные выходы, раскрывающие функциональность моделируемого элемента.

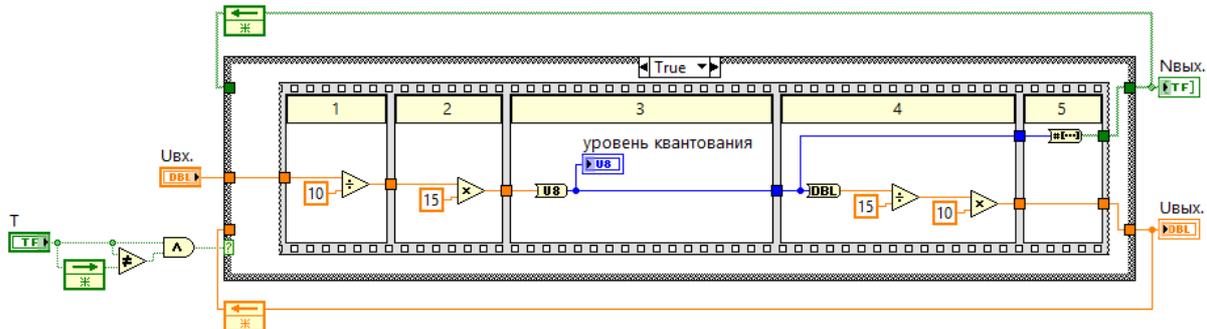


Рис. 1 – Блок-диаграмма цифрового двойника АЦП (виртуального прибора LabVIEW)

Основными узлами блок-диаграммы являются:

1) блок выделения переднего фронта тактирующего сигнала (с одним узлом обратной связи);

2) структура “Case” – разделяет два режима: оцифровку входного сигнала по очередному переднему фронту тактирующего сигнала (основной режим) и сохранение величин до следующей оцифровки (с помощью двух узлов обратной связи);

3) структура “Sequence” – определяет последовательность этапов оцифровки входного сигнала.

Основные этапы оцифровки (соответствуют пронумерованным фреймам структуры “Sequence”) – это:

1) приведение диапазона значений входного сигнала (от 0 до 10) к единичному диапазону;

2) нормирование сигнала под 16 ( $2^4$ ) уровней квантования;

3) квантование сигнала;

4) восстановление порядка квантованного сигнала;

5) преобразование квантованного сигнала в двоичный код.

На рис. 2 показана тестовая лицевая панель цифрового двойника АЦП (лицевая панель дополнительного виртуального прибора, в которую основной виртуальный прибор включен как подпрограмма).

Элемент управления тестовой программы – числовой элемент задания тестового входного аналогового сигнала “ $U_{\text{вх.}}$ ” в виде вертикального виртуального ползунка.

Элементами индикации являются:

1) график входного аналогового сигнала;

2) график квантованного аналогового сигнала;

3) график погрешности квантования;

4) кластер логических элементов, представляющих выходной цифровой код



(4 бита).

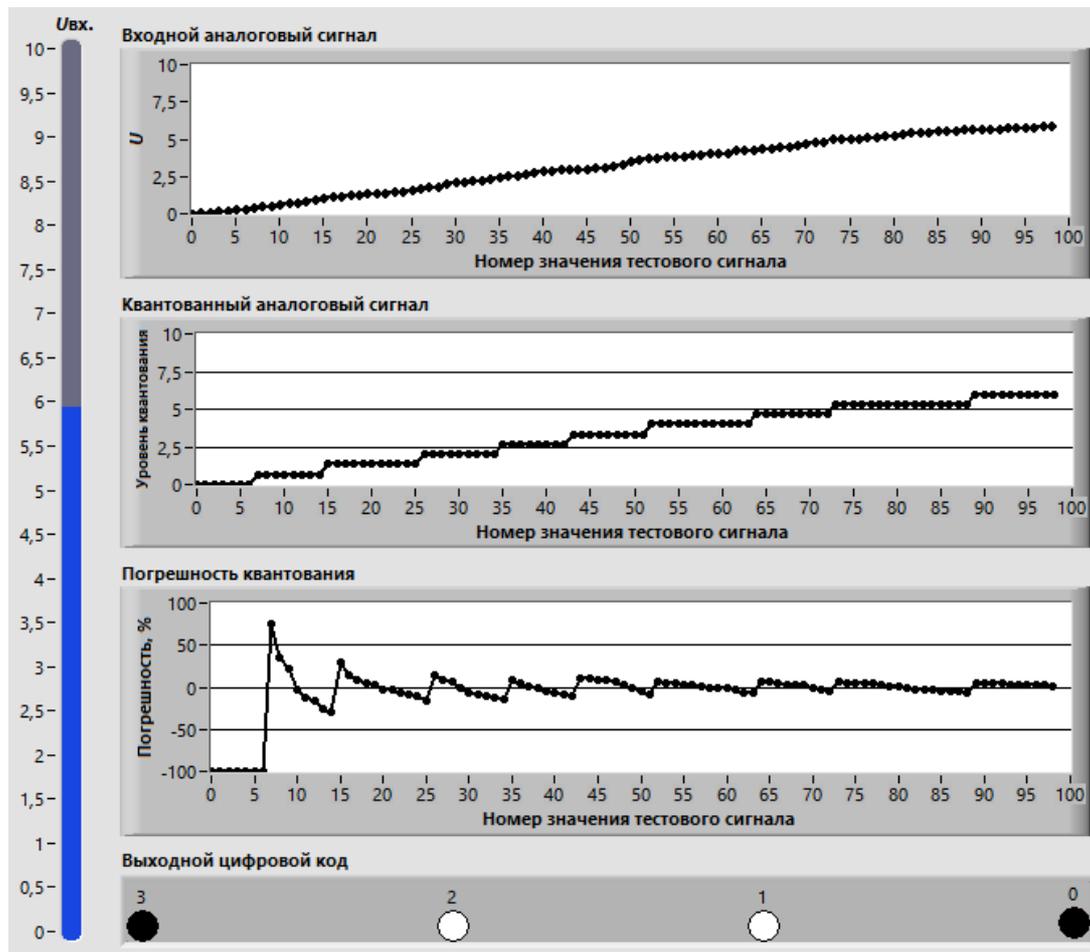


Рис. 2 – Тестовая лицевая панель цифрового двойника АЦП (виртуального прибора LabVIEW)

Во время работы тестовой программы пользователь имеет возможность задавать значения входного аналогового сигнала и наблюдать графики исходного сигнала, сигнала после квантования, погрешности этого квантования и выходной цифровой код.

Применение разработанного цифрового двойника АЦП целесообразно в качестве составного элемента в комплексных цифровых двойниках измерительных приборов, измерительных информационных систем и систем управления с целью исследований их метрологических характеристик на этапах эскизного и структурного проектирования.

#### Список цитируемой литературы

1. Кехтарнаваз Н., Ким. Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW. Москва: Издательский дом “Додэка-XXI”. 2007. 290 с.
2. Клевец К.В., Январёв С.Г., Леухин Р.И. / Разработка устройства измерения вебер-амперных характеристик электротехнических устройств в среде LABVIEW // Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах: материалы 16-ой Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова, 9-10 дек. 2016 г., г. Новочеркасск - Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГПУ, 2016. - С. 77-80.



3. Январёв С.Г., Шепелева А.О., Ланкина М.Ю. / Аппроксимация динамической характеристики намагничивания с помощью метода Недлера-Мида // Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах: материалы 16-ой Междунар. науч.-практ. конф., посв. 110-летию Южно-Рос. гос. политехнич. ун-та (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, 9-10 дек. 2016 г. - ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. - С. 60-67.
4. Шепелева А.О., Январёв С.Г., Корнеев А.С., Собанский Д.В. / Вычисление вебер-амперных характеристик электромагнита методом Нелдера-Мида // Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики. Материалы 18-ой Международной молодёжной научно-практической конференции., г. Новочеркасск, 28-30 августа 2017г.-ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова. - Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017. С. 57-66.

© В.И. Леухин, С.Г. Январёв, 2019