

М.И. Ледовской

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОАНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ШИМ В СИСТЕМЕ LabVIEW

При разработке интеллектуальных микроконтроллерных модулей (ИММ) [1], предназначенных для управления техническими объектами и процессами, возникает необходимость моделирования задачи цифроаналогового преобразования. Примером может служить задача преобразования цифрового значения управляющего сигнала, полученного в микроконтроллере, в напряжение соответствующего уровня.

Традиционным способом технического решения данной задачи является использование цифроаналоговых преобразователей (ЦАП). Однако при использовании микроконтроллеров AVR более простой альтернативой является цифроаналоговое преобразование на основе ШИМ-сигналов [2].

В настоящей работе рассматривается моделирование цифроаналогового преобразования на основе ШИМ микроконтроллеров AVR в системе LabVIEW фирмы National Instruments [3,4]. Предлагается виртуальный прибор, который можно использовать в качестве инженерного инструментария при разработке ИММ. Прибор позволяет автоматизировать решение ряда задач анализа и синтеза ЦАП на основе ШИМ микроконтроллеров AVR.

Кроме того, данный прибор целесообразно использовать в учебном процессе, как электронное учебно-методическое пособие в составе виртуальной учебной лаборатории. Прибор обеспечивает наглядную визуализацию принципа цифроаналогового преобразования на основе ШИМ и способствует успешному изучению данной темы в дисциплинах, посвященных архитектуре и применению микроконтроллеров AVR.

На рис.1 приведена лицевая панель прибора "Цифроаналоговое преобразование на основе ШИМ микроконтроллеров AVR". В состав лицевой панели входят следующие блоки:

– блок **AVR контроллер** содержит регуляторы **Разрешение ШИМ, Преобразуемое значение, Тактовая частота AVR, Делитель частоты T/C1, Лог."0" и Лог."1"**, индикатор **Регистр OCR1 T/C1**, а также кнопку **STOP**;

– блок **Измеритель ШИМ-сигнала** содержит регулятор **Периоды**, а также индикаторы **Частота, Заполнение, Импульс** и индикатор-осциллограф ШИМ-сигнала;

– блок **ФНЧ Баттерворта** содержит регуляторы **Частота среза, Порядок** и переключатель **Установившийся режим/Переходной процесс**;

– блок **Аналоговый сигнал** содержит индикатор-осциллограф аналогового сигнала и индикатор-осциллограф погрешности цифроаналогового преобразования, которая представляется относительными значениями (процентами). Аналоговый сигнал и погрешность могут индцироваться в

двух режимах работы ФНЧ в соответствии с состоянием переключателя Установившийся режим/Переходной процесс.

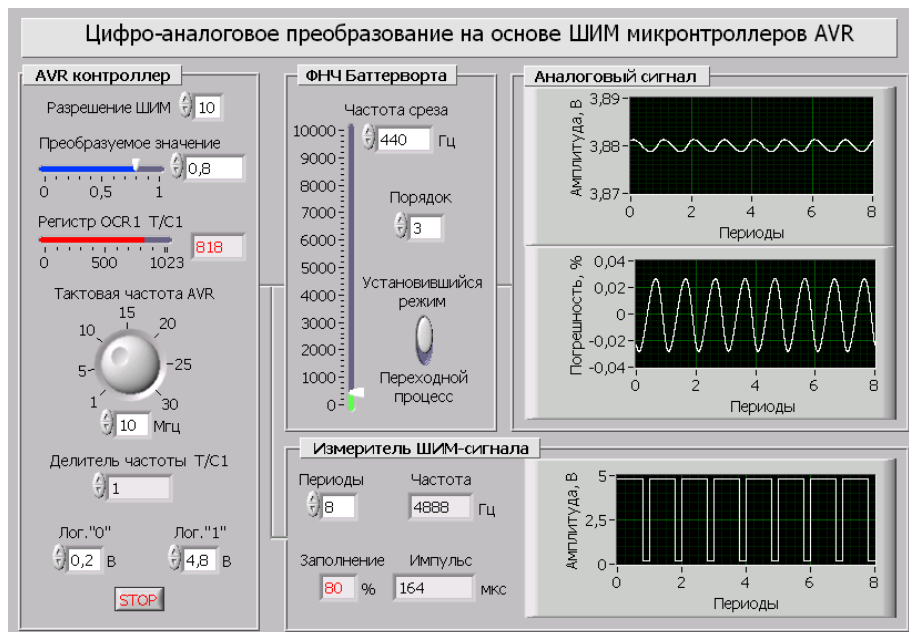


Рис.1. Лицевая панель виртуального прибора "Цифроаналоговое преобразование на основе ШИМ микроконтроллеров AVR"

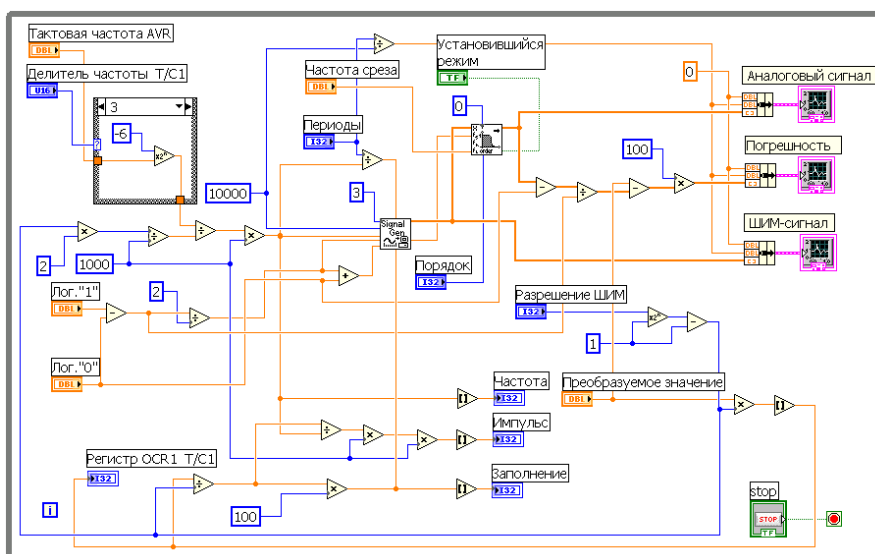


Рис.2. Блок-схема виртуального прибора "Цифроаналоговое преобразование на основе ШИМ микроконтроллеров AVR"

Блок-схема прибора, приведенная на рис.2, обеспечивает решение следующих задач:

1) генерирование ШИМ-сигнала, исходя из установленных значений регуляторов **Разрешение ШИМ, Преобразуемое значение, Тактовая частота AVR, Делитель частоты T/C1, Лог."0" и Лог."1"**. При этом моделируется пересчет преобразуемых вещественных значений из интервала [0,1] в целочисленный формат регистра OCR1 таймера/счетчика T/C1. ШИМ-сигнал формируется в режиме неинвертирующего широтно-импульсного модулятора. Для генерирования ШИМ-сигнала используется функция Signal Generator by Duratin (Генератор сигналов заданной длительности) системы LabVIEW 7.1;

2) вычисление параметров ШИМ-сигнала **Частота, Заполнение, Импульс**. Длительность ШИМ-сигнала определяется, исходя из состояния регулятора **Периоды**;

3) фильтрацию ШИМ-сигнала, исходя из установленных значений регуляторов **Частота среза, Порядок** и переключателя **Установившийся режим/Переходной процесс**. Данная задача решается путем моделирования ФНЧ Баттерворта с помощью функции Butterworth Filter (Фильтр Баттерворта) системы LabVIEW 7.1;

4) вычисление относительной погрешности цифроаналогового преобразования. При этом с помощью переключателя **Установившийся режим/Переходной процесс** обеспечивается наблюдение погрешности в соответствующем режиме ФНЧ.

Виртуальный прибор предназначен для следующих целей:

- наглядная иллюстрация принципа цифроаналогового преобразования на основе ШИМ микроконтроллеров AVR;
- исследование параметров ШИМ-сигнала в зависимости от настроек AVR контроллера;
- исследование погрешности цифроаналогового преобразования в зависимости от настроек AVR контроллера и ФНЧ Баттерворта;
- исследование параметров переходного процесса в зависимости от настроек ФНЧ Баттерворта;
- выбор настроек AVR контроллера и ФНЧ Баттерворта, обеспечивающих цифроаналоговое преобразование с требуемой погрешностью и заданным временем установления.

При использовании в учебном процессе работу с прибором рекомендуется выполнять в следующем порядке:

1. Загрузить виртуальный прибор, открыв файл **ЦАП на основе ШИМ AVR.vi** в системе LabVIEW 7.1, и запустить его после загрузки.

2. Изменяя состояние регулятора **Преобразуемое значение** блока **AVR контроллер**, наблюдать состояние индикаторов **Регистр OCR1 T/C1, Заполнение** и ШИМ-сигнал на индикаторе-осциллографе блока **Измеритель ШИМ-сигнала**. Длительность ШИМ-сигнала устанавливается с помощью регулятора **Периоды**.

Изменяя состояние регуляторов **Тактовая частота AVR** и **Делитель частоты T/C1**, наблюдать состояние индикаторов **Частота** и **Импульс**.

Изменяя состояние регуляторов **Лог."0"** и **Лог."1"** наблюдать нижний и верхний уровень ШИМ-сигнала.

Выполнить перечисленные действия для различных состояний регулятора **Разрешение ШИМ**. Определить диапазон возможных значений частоты ШИМ $f_{ШИМ}$.

3. Изменяя состояния регуляторов **Частота среза** и **Порядок** блока **ФНЧ Баттерворта**, наблюдать аналоговый сигнал и погрешность цифроаналогового преобразования на индикаторах-осциллографах блока **Аналоговый сигнал**. Контролировать получаемый результат в двух режимах ФНЧ, задаваемых с помощью переключателя **Установившийся режим/Переходной процесс**.

4. Задавшись частотой $f_{ШИМ}$, исследовать зависимость погрешности цифроаналогового преобразования и времени установления от частоты среза f_g в диапазоне $0,125 \cdot f_{ШИМ} \leq f_g \leq 0,5 \cdot f_{ШИМ}$ для различных значений порядка ФНЧ.

5. Подобрать разрешение ШИМ, частоту $f_{ШИМ}$, частоту среза f_g и порядок ФНЧ Баттерворта так, чтобы относительная погрешность цифроаналогового преобразования $\delta_{ЦАП}$ не превышала 0,1%. Определить время установления для этой погрешности.

6. Остановить виртуальный прибор. Переключить регулятор **Преобразуемое значение** в режим индикатора. Модернизировать блок-схему прибора таким образом, чтобы в качестве преобразуемого значения выступала вещественная величина $0,5 \cdot (\sin(i/500) + 1)$, где i – параметр внешнего цикла на блок-схеме. Преобразуемая величина должна выводиться в индикатор **Преобразуемое значение**.

7. Запустить прибор и наблюдать его работу в динамическом режиме, когда состояние индикатора **Преобразуемое значение** автоматически изменяется по синусоидальному закону.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пьявченко О.Н.* Концептуальное представление о прецизионных интеллектуальных микропроцессорных модулях ввода, измерений и обработки аналоговых сигналов. Известия ТРТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. №3 (75). – С.3–13.
2. *Трамперт В.* Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров. – Киев: МК-Пресс, 2006. – 208 с.
3. *Суранов А.Я.* LabVIEW 7: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 512 с.
4. *Евдокимов Ю.К. и др.* LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.