

А.А. Штин

(г. Ижевск, Ижевский государственный технический университет  
им. М.Т. Калашникова)

A.A. Shtin (Izhevsk, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ MULTISIM

MODELING OF ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTERS IN THE MULTISIM

*В докладе рассмотрены особенности моделирования в Multisim таких функциональных узлов электронных устройств, как аналого-цифровые преобразователи.*

*The report examined the features of modeling in Multisim such functional units of electronic devices as analog-to-digital converters.*

*Ключевые слова: моделирование, время преобразования, разрядность, аналого-цифровой преобразователь.*

*Keywords: modeling, conversion time, code length, analog-to-digital converter.*

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) являются распространенным узлом электронных устройств в связи с повсеместным использованием персональных компьютеров и других устройств с встроенными микропроцессорами и микроконтроллерами.

Естественно, что специалист в области проектирования, эксплуатации и ремонта электронных устройств должен иметь представление о принципах построения АЦП [1]. Поэтому изучение АЦП должно быть обязательным компонентом соответствующих дисциплин.

Не умаляя значимости практических занятий с реальными электронными элементами, следует заметить, что моделирование электронных схем имеет свои достоинства. Например, можно оперативно изменить конфигурацию схемы, тип элементов и численные параметры.

В докладе рассмотрены возможности моделирования АЦП в программной среде *Multisim*.

В *Multisim* есть две модели АЦП: 16-разрядный *ADC16* и 8-разрядный *ADC*. Алгоритм преобразования, реализованный в этих моделях, не описывается. Единственным параметром, доступным для пользования, является время преобразования, которое фиксировано и равно 1 мкс. Тем не менее, эти модели могут быть использованы в тех случаях, когда алгоритм преобразования АЦП не играет существенной роли.

Схема включения 8-разрядного АЦП показана на рис. 1. Сигнал пуска поступает на вход *SOC* в виде прямоугольного импульса положительной полярности. Сигнал готовности формируется на выходе  $\overline{EOS}$  через 1 мкс.

Заметим, что для преобразования разнополярного входного напряжения может быть включен второй источник опорного напряжения  $V_{ref-}$ .

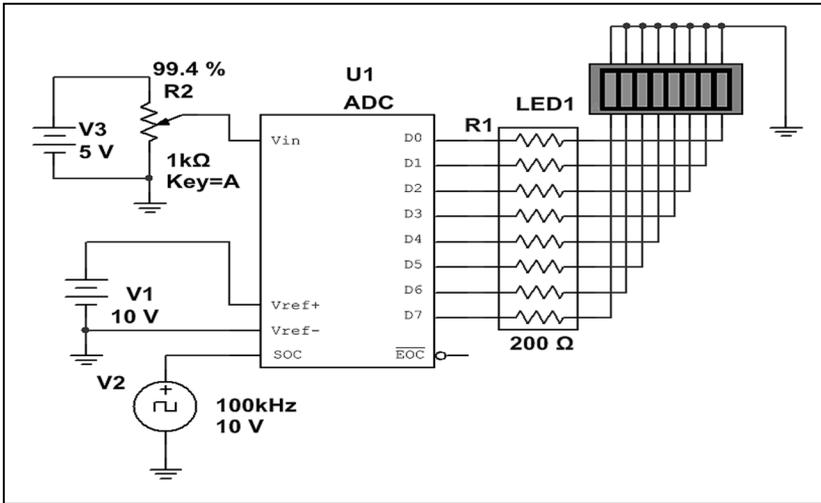


Рис. 1. Схема включения виртуального АЦП

Рассмотрим модель АЦП последовательного счета, который был практически первой практической реализацией принципа аналого-цифрового преобразования (рис. 2).

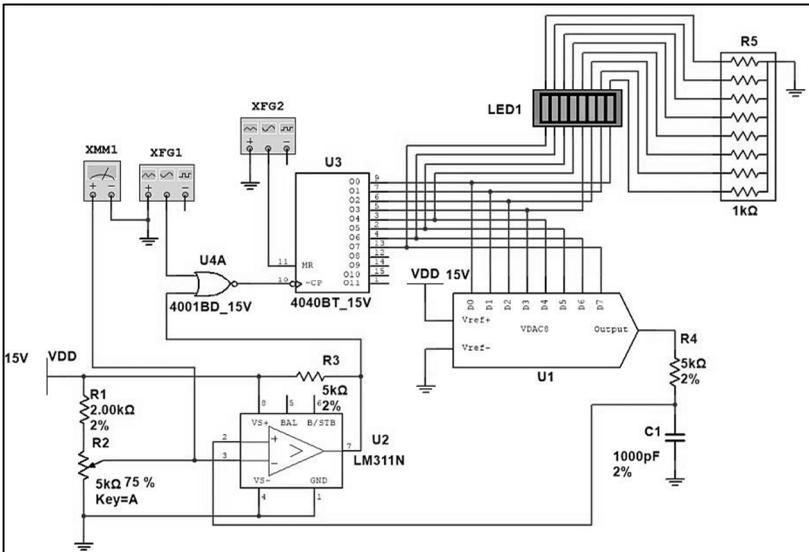


Рис. 2. Модель АЦП последовательного счета

Основные функциональные узлы данного АЦП: двоичный счетчик  $U3$ , цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)  $U1$ , компаратор  $U2$  и логический элемент  $U4A$  (ИЛИ-НЕ). Принцип преобразования не требует особых пояснений. Генератор  $XFG1$  формирует тактовые импульсы, генератор  $XFG2$  вырабатывает импульсы запуска. Входное напряжение преобразуется во временной интервал, который заполняется импульсами с образцовой частотой.

Вольтметр  $XMM1$  позволяет проверить соответствие между величиной входного напряжения и выходным кодом (индикатор  $LED1$ ).

Рассмотрим еще один вид АЦП, в котором реализован принцип непрерывного слежения за величиной входного напряжения. Модель такого АЦП показана на рис. 3.

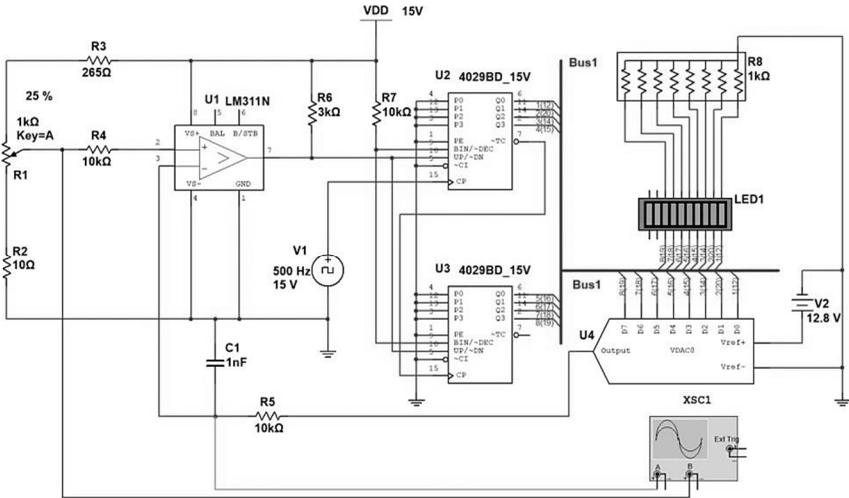


Рис. 3. Модель следящего АЦП

Основные функциональные узлы следящего АЦП: реверсивные двоичные счетчики  $U2$  и  $U3$ , ЦАП  $U4$  и компаратор  $U1$ .

Принцип действия следящего АЦП состоит в том, что компаратор постоянно анализирует знак разности между входным и образцовым напряжениями. Последнее формируется с помощью ЦАП. В зависимости от выходного сигнала компаратора счетчики работают либо в режиме суммирования входных импульсов, либо в режиме вычитания. Тактовые импульсы для счетчиков поступают от источника  $V1$ .

В некоторых случаях использования следящих АЦП позволяет улучшить динамические характеристики систем автоматического регулирования.

На рис. 4. показаны осциллограммы входного напряжения и выходного сигнала ЦАП, когда входное напряжение изменяется скачкообразно.

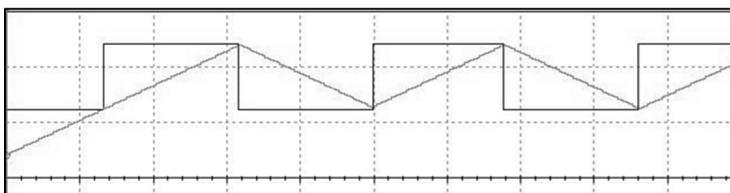


Рис. 4. Осциллограммы сигналов в следящем АЦП

Специфичным видом АЦП являются так называемые преобразователи "напряжение-частота" (ПНЧ). Обычно входное напряжение в подобных АЦП преобразуется в сигнал прямоугольной формы, частота которого прямо пропорциональна величине напряжения. Модель ПНЧ показана на рис. 5. Она включает популярный таймер 555 ( $U2$ ) и операционный усилитель  $U1$ .

Принцип действия основан на изменении времени заряда конденсатора  $C1$  в зависимости от входного напряжения.

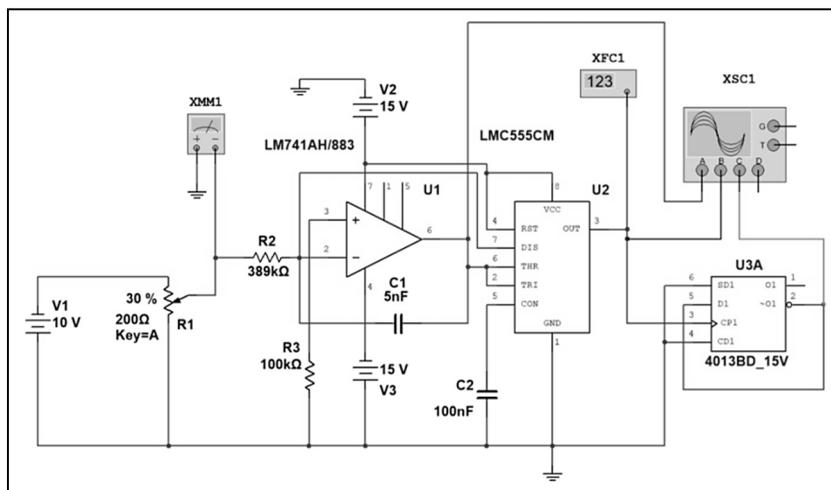


Рис. 5. Модель ПНЧ

Рассмотренные модели используются при выполнении практических работ по курсу "Электроника" на кафедре "Электротехника" ИжГТУ [2].

#### Список литературы

1. Микросхемы АЦП и ЦАП. Справочник / М., "Додека", 2005. – 432 с.
2. Штин, А.А. Электротехнические дисциплины в среде моделирования Multisim: лабораторный практикум. – Ижевск: ИжГТУ, 2016. – 220 с.

Материал поступил в редколлегию 10.10.19.