

УДК 372.853

Р.А. Горбенко¹, Ю.М. Корж¹, С.В. Сомов¹, Ю.П. Бендес²¹ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава² Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У статті розглянуто застосування комп'ютерних технологій при вивченні аналого-цифрових перетворень (АЦП), яке полягає в широкому використанні інформаційних ресурсів інтерактивного емулятора електричних схем "Multisim". Авторами розроблено методичний підхід до пояснення принципу перетворення аналогового сигналу в цифровий за допомогою АЦП послідовного наближення та імітації роботи його схеми. Запропонований підхід сприяє вдосконаленню освітнього процесу, активізації навчальної діяльності та покращенню якості засвоєння навчального матеріалу.

Ключові слова: інформаційні технології, моделювання, Multisim, аналого-цифровий перетворювач.

Вступ

Постановка проблеми. Декілька останніх десятиріч характеризуються стрімким розвитком радіоелектроніки та телекомунікаційної галузі. Основною рушійною силою цього розвитку стали досягнення в мікроелектроніці, що, в свою чергу, дозволило реалізувати прогресивні методи транспортування, розподілу, обробки та зберігання інформації. Хоча первинна інформація використовується у більшості випадків в аналоговому вигляді, але цифровий сигнал має переваги внаслідок його високої завадостійкості і можливості використовувати регенератори при передачі на великі відстані. Тому мікроелектронні системи, які використовують цифрові методи обробки інформації, містять пристрої взаємного перетворення аналогових та цифрових сигналів. Роль таких пристроїв виконують аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі (АЦП і ЦАП) [2].

Оскільки теорія та дослідження процесів аналого-цифрового перетворення використовується при викладанні багатьох дисциплін: "Теорія електричних кіл", "Теорія зв'язку", "Цифрова схемотехніка", "Обчислювальна техніка та мікропроцесори" та ін., то виникає необхідність розробки інноваційних педагогічних технологій вивчення АЦП. Поставлене завдання ускладнюється необхідністю отримання знань за короткий час, що вимагає використання сучасних високоефективних способів щодо їх поширення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для покращення методики вивчення перетворення аналогового сигналу в цифровий необхідно широко використовувати методи, що дозволяють сформувати уміння та навички практичного використання отриманих знань [1, 3]. Пріоритетним є впровадження сучасних інформаційних технологій, що забезпечують подальше удосконалення навчально-виховного

процесу, доступність та ефективність освіти, підготовку молодого покоління до життєдіяльності в інформаційному суспільстві [4, 5]. Теоретико-методологічні та методичні проблеми розробки та використання інноваційних технологій навчання висвітлюють у своїх працях П. С. Атаманчук, М.І. Жалдак, І.О. Іваницький, Є.В. Коршак, А.І. Павленко, В.П. Сергієнко, В.Д. Сиротюк, І.І. Тичина, М.І. Шут.

Формулювання мети статті. Тому метою даної роботи є розробка шляхів підвищення якості й швидкості засвоєння студентами принципів функціонування пристроїв аналого-цифрових перетворень шляхом впровадження в навчальний процес комплексу віртуальних досліджень АЦП.

Для моделювання радіоелектронних пристроїв доцільно використовувати пакет "Multisim" від компанії National Instruments, який має досить широку бібліотеку радіоелектронних елементів та дає можливість оперативного огляду їх основних характеристик. Це програмне забезпечення дозволяє:

- наочно ілюструвати електричні схеми аналогових, цифрових та змішаних пристроїв;
- проводити їх моделювання із присвоєнням елементам схем реальних значень аналогів;
- вимірювати параметри сигналів та характеристики схем із зручною візуалізацією за допомогою осцилографів, логічних аналізаторів, побудовачів амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик.

Виклад основного матеріалу

Важливою корисною особливістю програми "Multisim" є те, що вона не обмежує кількість контрольованих вимірювальних приладів, які застосовуються. Інтерфейс програми та бібліотека генераторних і вимірювальних приладів наведена на рис. 1.

Аналого-цифрові перетворювачі приймають на вході неперервні сигнали від аналогових пристроїв і

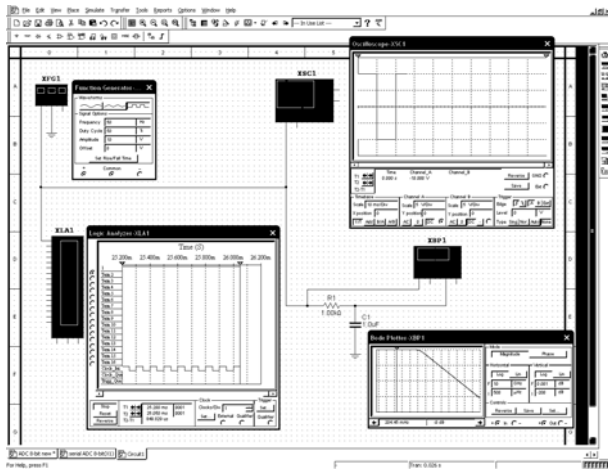


Рис. 1. Інтерфейс програми Multisim

видають на виході відповідні їм сигнали, які можна оброблювати за допомогою ЕОМ та інших цифрових пристроїв. Розроблено величезну кількість АЦП, які відрізняються швидкістю роботи (частота перетворення від десятків кілогерц до сотень мегагерц), розрядністю (від 6 до 24), допустимими діапазонами вхідного сигналу, величиною похибок, методами видачі вихідного коду. АЦП працюють за принципом багаторазового порівняння вхідних аналогових сигналів з набором деяких еталонних величин. При цьому, основною класифікаційною ознакою функціонування АЦП є алгоритм його роботи. Цей алгоритм відображає комплекс операцій, за допомогою яких установлюється послідовність і чисельні співвідношення між аналоговою вхідною величиною, еталонними величинами і цифровим вихідним кодом. За видом алгоритму розрізняють три класичних методи перетворення: метод послідовного рахунку, метод порозрядного зрівноважування і метод безпосереднього читання [3]. Найбільшу продуктивність має метод безпосереднього читання, а найменші апаратні витрати – метод послідовного рахунку.

АЦП послідовного наближення займають проміжне положення по швидкодії, вартості й роздільній здатності між послідовно-паралельними й інтегруючими АЦП і знаходить широке застосування в системах керування, контролю й цифрової обробки сигналів. Розглянемо принципи побудови й роботи АЦП послідовного наближення на прикладі класичної структури (рис. 2) 4-розрядного перетворювача, що складається із трьох основних вузлів: компаратора, регістру послідовного наближення (РПН) і цифро-аналогового перетворювача.

Вхідна напруга подається на перший вхід компаратора, а на другий його вхід – еталонна напруга, яка східчасто змінюється за часом. Вихідний сигнал компаратора подається на вхід регістру послідовних наближень, що синхронізується зовнішнім тактовим сигналом. Вихідний код регістра потрапляє на ЦАП, який із опорної напруги формує змінну еталонну напругу.

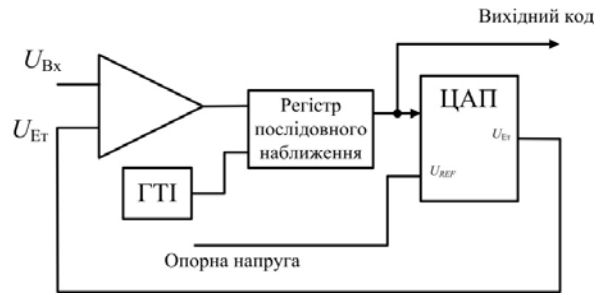


Рис. 2. Структурна схема АЦП послідовного наближення

Регістр послідовних наближень, в залежності від результату попереднього порівняння, вибирає наступний рівень еталонної напруги за алгоритмом:

- в першому такті після подачі команди "Пуск" із приходом першого тактового імпульсу РПН примусово задає на вхід ЦАП код, що дорівнює половині його шкали. Тобто вхідний сигнал порівнюється з половиною опорної напруги (рис. 3);
- якщо вхідний сигнал менший половини опорної напруги, то на наступному такті він порівнюється з 1/4 опорної напруги, а в РПН записується старший розряд вихідного коду, рівний нулю;
- якщо вхідний сигнал більший половини опорної напруги, то на наступному такті він порівнюється з 3/4 опорної напруги, а в РПН записується старший розряд вихідного коду, рівний одиниці;
- потім ця послідовність повторюється потрібну кількість раз зі зменшенням при кожному такті удвічі ступеня зміни еталонної напруги (на третьому такті – 1/8 опорної напруги, на четвертому – 1/16 і т. д.). В результаті *опорна напруга* в кожному такті наближається до вхідної напруги. В останньому п такті визначається молодший розряд.

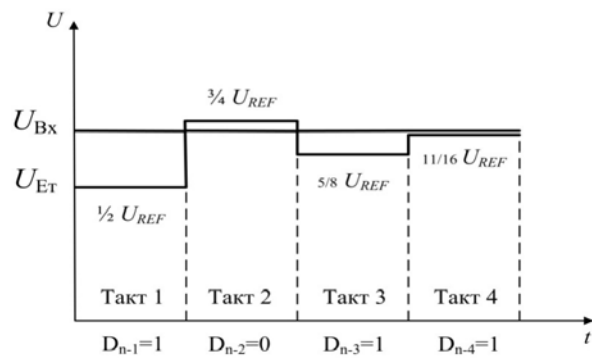


Рис. 3. Часова діаграма АЦП послідовного наближення

Таким чином, у процесі перетворення на виході компаратора, як це видно з рис. 3, формується вихідне число у вигляді послідовного коду старшими розрядами вперед.

Апроксимацію вхідного сигналу двійковим кодом і перевірку цієї апроксимації для кожного розряду наочно пояснити студентам дозволяє використання логічної схеми (рис. 4).

Перетворення завжди починається зі встановлення одиничного розряду, що відповідає початковій оцінці амплітуди вхідного сигналу половиною величини опорної напруги. На кожному етапі процесу перетворення двійкове представлення поточного наближення зберігається в РПН. Якщо початкова оцінка перевищує величину вхідного сигналу, то компаратор подає контролеру команду на скидання одиничного значення, а в іншому випадку залишається встановлене значення. В наступному такті контролер встановлює одиничне значення наступного розряду і процес починається знову.

Після n подібних кроків у регістрі послідовного наближення одержується двійкове число, з якого після цифро-аналогового перетворення отримується напруга, що відповідає $U_{вх}$ із точністю до одиниці молодшого розряду (ОМР). Вихідне число може бути одержане із РПН у вигляді паралельного двійкового коду по N лініях.

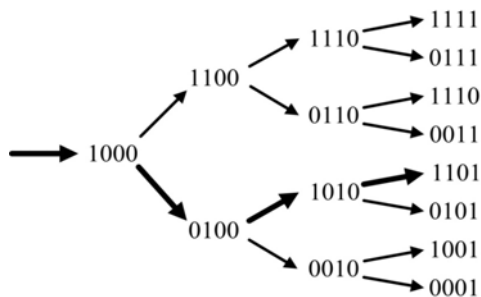


Рис. 4. Логічна схема роботи АЦП послідовного наближення

Вивчення процесів, які відбуваються у АЦП, можна здійснювати за допомогою технічної літератури, структурних і принципівих схем та із застосуванням реальних пристроїв (АЦП, осцилографа). Але даний шлях вимагає досить значного часу на засвоєння бази знань з техніки безпеки та поведіння з приладами для правильного проведення досліджень. Значно підвищити ефективність вивчення матеріалу за короткий період часу можна за допомогою імітаційного моделювання з використанням персональних ЕОМ. Такий підхід дозволяє подавати інформацію в зручній формі, усунути проблеми щодо проведення вимірів на реальних об'єктах, проводити графічне відображення процесів, що досліджуються у реальному масштабі часу.

Проведемо розробку моделі (восьмирозрядного) АЦП послідовного наближення (рис. 5). Ця модель відповідно до завдання повинна забезпечувати проведення таких досліджень:

- дослідження залежності значень отриманого коду від параметрів вхідного сигналу та перевірка правильності перетворення – отримання контрольного аналогового сигналу в ЦАП;

- дослідження форми та значень сигналів на проміжних етапах перетворення (в так званих точках контролю).

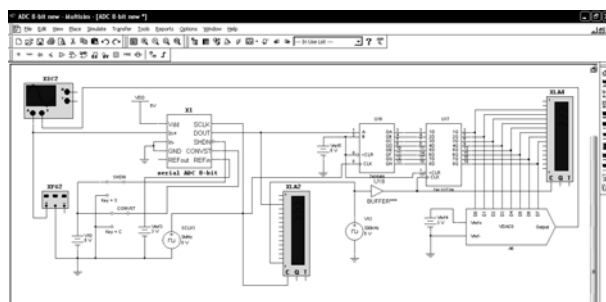


Рис. 5. Імітаційна модель восьмирозрядного АЦП послідовного наближення в програмі Multisim

З метою універсальності застосування в моделі, що проектується, закладена необхідна кількість параметрів, значення яких можна змінювати. Відповідно і змінюються умови проходження сигналу в АЦП. При створенні моделі був застосований широкий спектр різноманітних візуальних засобів, що забезпечило високу наочність моделі. Відповідно до завдання графічна оболонка повинна містити елементи формування, впливу та контролю. Як елементи впливу використаємо модель функціонального генератора, який формує синусоїдальний, пилкоподібний та прямокутний сигнал. Генератор XFG1 подає сигнал на вхід $In+$ АЦП для подальшого оцифрування.

Для роботи АЦП послідовного наближення, крім вхідного сигналу, необхідно на вхід SCLK подати тактові імпульси від тактового генератора CG та опорну напругу U_{REF1} (рис. 6). Для наочності моделювання необхідно ввести значення функціонального генератора (ФГ), генератора тактових імпульсів (ГТ) і джерела опорної напруги (ДОН) згідно значень, наведених табл. 1.

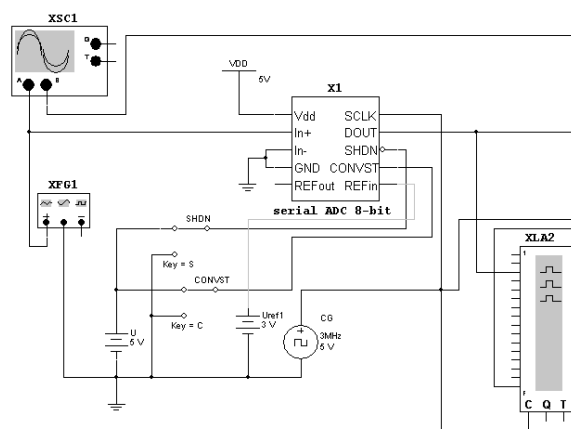


Рис. 6. Модель АЦП послідовного наближення в програмі Multisim

Таблиця 1

Вхідні параметри імітаційної моделі

	Амплітуда (В)	Частота (кГц)	Напруга зміщення (В)	Шпаруватість (%)
ФГ	1,5	10	1,5	50
ГТ	5	$3 \cdot 10^3$		50
ДОН	3			

Для роботи моделі на вхід SHDN необхідно подати логічну "1" шляхом натискання клавіші "S", а на вхід CONVST – логічну одиницю шляхом натискання клавіші "C" від джерела напруги U.

Для аналізу роботи моделі АЦП послідовного наближення використовуємо осцилограф XSC1 та логічний аналізатор XLA2 (рис. 7).

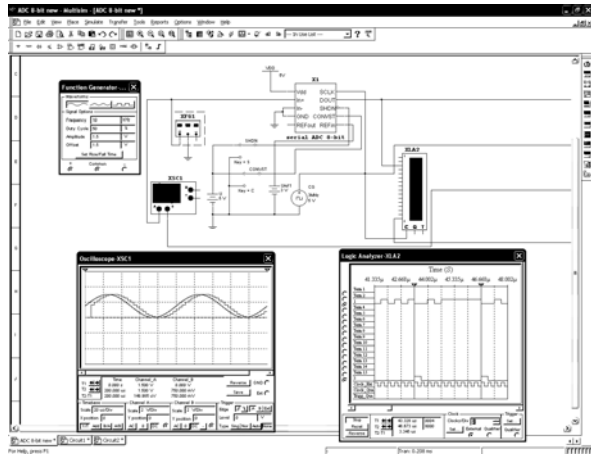


Рис. 7. Аналіз роботи моделі АЦП послідовного наближення в програмі Multisim

Оскільки послідовний код складний для безпосереднього сприйняття, тому для більшої наочності роботи АЦП послідовного наближення автори використовують перетворення в паралельний код (рис. 8).

За допомогою паралельного ЦАП VDAC8 на осцилографі XSC1 поряд зі входнім сигналом отримуємо відновлений аналоговий сигнал після послідовного та паралельного перетворень (рис. 7).

Висновки

Використання моделей, створених за допомогою спеціального комп'ютерного середовища "Multisim", є досить простим та робить доступними складні та дорогі прилади. Запропонований підхід до вивчення АЦП сприяє вдосконаленню освітнього процесу,

активізації навчальної діяльності, покращенню якості засвоєння навчального матеріалу, подоланню формального підходу до дисципліни і формуванню навичок абстрактного та логічного мислення.

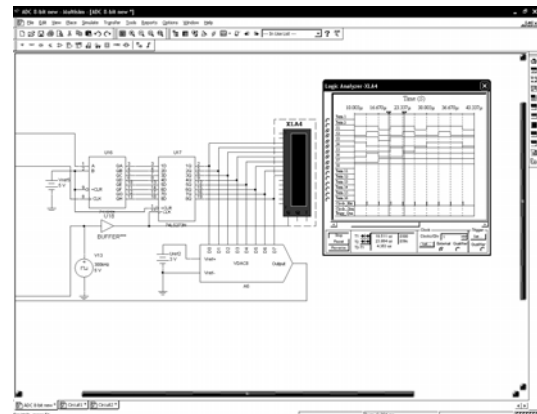


Рис. 8. Перетворення послідовного коду в паралельний у програмі Multisim

Список літератури

1. Бендес Ю.П. Лабораторний практикум з фізики з використанням персонального комп'ютера / Ю.П. Бендес. – Полтава: Видавництво "Оріяна", 2007. – 162 с.
2. Бойко В.І. Схемотехніка електронних систем. Кн. 2. Цифрова схемотехніка : підручник / В.І. Бойко. – К.: Вища шк., 2004. – 423 с.
3. Комплекс "еФізика" [Електронний ресурс] / Ю.П. Бендес. – Режим доступу до ресурсу: <http://efizika.org.ua/complex/>.
4. Маригодов В.К. Педагогика и психология: аспекты активизации творчества и готовности к профессиональной деятельности: учеб. пособ. / В.К. Маригодов, С.Е. Моторная. – К.: ИД Професионал, 2005. – 192 с.
5. Освітні технології: Навчально-методичний посібник / О.М. Пехота, А.З. Кіктенко, О.М. Любарська та ін.; за ред. О.М. Пехоти. – К.: А.С.К., 2004. – 256 с.

Надійшла до редколегії 4.07.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Л. Ляхов, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Р.А. Горбенко, Ю.М. Корж, С.В. Сомов, Ю.П. Бендес

В статье рассмотрено использование компьютерных технологий при изучении аналого-цифровых преобразований (АЦП), которое состоит в широком внедрении в учебный процесс информационных ресурсов интерактивного эмулятора электрических схем "Multisim". Авторами разработано методический подход к пояснению принципа преобразования аналогового сигнала в цифровой с помощью АЦП последовательного приближения и имитации его схемы. Предложенный подход способствует усовершенствованию образовательного процесса, активизации учебной деятельности и улучшению качества усвоения материала.

Ключевые слова: информационные технологии, моделирование, Multisim, аналого-цифровой преобразователь.

RESEARCH OF PROCESSES OF ANALOG-DIGITAL TRANSFORMATION BY A COMPUTER DESIGN

R.A. Gorbenko, Yu.M. Korg, S.V. Somov, Yu.P. Bendes

The article reviews the application of computer technology in the study of analog-digital conversions (ADC), which is in wide use of information resources online emulator of electrical circuits "Multisim". The authors' methodological approach to explain the principle of converting analog signal to digital using ADC approximation and simulation of its schemes. The proposed approach contributes to improving the educational process, intensification of training activities and improving the quality of learning.

Keywords: information technology, simulation, Multisim, analog-digital converter.