

А. В. Снігур
Б. А. Балух
В. В. Івасюк
О. К. Сирота

КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА ДИСКРЕТИЗАЦІЇ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ В АНАЛОГО-ЦИФРОВІЙ СИСТЕМІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЕТАПІВ ПОВНОЇ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ

Вінницький національний технічний університет

***Анотація.** У роботі було створено план розробки навчальної комп'ютерної програми для аналого-цифрової системи на основі використання етапів повної побудови алгоритму для дискретизації аналогового сигналу. Для ефективного самонавчання студентів в умовах військового часу та пандемії COVID-19.*

Ключові слова: дискретизація, час, амплітуди, сигнал, рівнем.

***Abstract.** The development plan for an educational computer program for analog signal discretization was created at work. For effective self-education of students in the conditions of wartime and the COVID-19 pandemic.*

Keywords: discretization, time, amplitude, signal, level.

Вступ

Сучасні підходи впровадження і застосування методів самостійного навчання студентів за допомогою спеціалізованих програмних засобів, які дозволяють здобувати якісну освіту незалежно від очної присутності студента на заняттях – є однією із цільових педагогічних проблем сучасності. Особливої актуальності та обговорення ця проблема набула під час карантинних обмежень під впливом пандемії COVID-19, та запровадження військового стану на території України. Введення статусу дистанційного навчання у вищих та середніх навчальних закладах створює деякі перешкоди на шляху здобуття людьми освіти. Головні з яких: відсутність соціалізації, проблеми із дотриманням академічної доброчесності здобувачами освіти, проблеми із доступом до навчальних матеріалів, тощо. Проте водночас складні умови є рушієм розвитку якісних програмних систем самонавчання.

Представлена програма може бути використана студентами для самостійного вивчення матеріалу та самостійного виконання ними навчального плану лабораторних робіт із дисципліни “Теорія інформації та кодування” та безпосередньо для розрахунку дискретизації аналогових сигналів в аналого-цифровій системі.

Результати дослідження

Постановка задачі

Розробка даної програми базується на основі використання етапів повної побудови алгоритму. Повна побудова алгоритму здійснюється на основі таких етапів: постановка задачі, аналіз предметної області, розробка алгоритму, перевірка правильності алгоритму, реалізація, аналіз алгоритму та його складності, перевірка (відлагодження) програми, створення документації. Одним з перших етапів є аналіз математичної моделі процесу, для якого розробляється програма. Розробку починаємо з першого етапу. Дискретними називають повідомлення, що дискретні як в часі, так і за рівнем. Дискретне повідомлення являє собою послідовність елементів, кожний з яких може набувати певну кількість різних значень. В деяких випадках дискретні повідомлення є результатом перетворення безперервної інформації в дискретну форму. Це перетворення, як правило, супроводжується виконанням таких операцій: а) операція дискретизації в часі; б) операція дискретизації за рівнем; в) операція кодування. Всі три вищезазначені операції виконують пристрої аналого-цифрового перетворення.

Дискретизація в часі може бути як рівномірною, так і нерівномірною. Для рівномірної дискретизації інтервал Δt зостається незмінним протягом існування функції $x(t)$. Для нерівномірної дискретизації цей інтервал змінюється у відповідності зі зміною характеристик функції $x(t)$, наприклад, при зміні швидкості сигналу. Найбільше поширення одержала рівномірна дискретизація. Вона порівняно просто реалізується практично та має зручну математичну інтерпретацію.

В основі математичного опису процесу рівномірної дискретизації неперервної функції $x(t)$ в часі лежить так звана імпульсна функція дискретизації $a_d(t)$. Ця функція являє собою періодичну послідовність елементарних функцій, типу одиничний стрибок, які прямують одна за одною через інтервал часу Δt :

$$a_d(t) = \sum \delta(t - l \cdot \Delta t)$$

l – порядковий номер функції одиничного імпульсу $(-\infty, \infty)$;

$t - l \cdot \Delta t$ – миттєвий момент часу появи елементарної функції.

Дискретизація безперервної функції $x(t)$ з математичної точки зору являє собою операцію множення цієї функції на функцію $a_d(t)$:

$$x_d(t) = x(t) \cdot a_d(t) = \sum x(t) \cdot \delta(t - l \cdot \Delta t) = \sum x(l \cdot \Delta t)$$

Таким чином, множення функції $x(t)$ на суму одиничних стрибків $\delta(t - l \cdot \Delta t)$ призводить до того, що з'являється послідовність імпульсів, які розташовуються на відстані Δt один від одного. Ці імпульси мають амплітуди, що дорівнюють миттєвим значенням функцій $x(t)$, взятих з кроком Δt

Першим кроком на шляху перетворення аналогового сигналу в цифровий є формування послідовності дискретних моментів часу, в які здійснюється дискретизація сигналу. Способи аналого-цифрового перетворення базуються переважно на використанні періодичних відліків дискретизації, (дискрет) розміщених на однакових відстанях. Якщо дискрети формуються досить часто, то вихідний сигнал може бути повністю відновлений з послідовності дискретів шляхом використання фільтра низьких частот для інтерполяції чи шляхом фільтрування високочастотних складових з дискретних відліків сигналу ЦАП. Класичні результати в системах з дискретизацією були отримані в 1931 році Котельниковим та в 1933 році Г. Найквістом, коли вони визначили мінімальне значення частоти дискретизації, необхідне для вилучення всієї інформації з неперервного, змінного в часі сигналу. Ці результати, критерій Котельникова-Найквіста визначаються співвідношенням:

$$f_d > 2f_b$$

f_d – частота дискретизації;

f_b – верхня частота в спектрі вхідного сигналу;

Перетворення безперервного (аналогового) сигналу в дискретний (цифровий), крім операцій дискретизації в часі повинно також супроводжуватися операцією кодування миттєвих значень амплітуди в сукупність певних цифрових символів, що являють собою кодове слово.

Найчастіше ця сукупність символів (кодове слово) є сукупністю двійкових цифр, кожна з яких має вагу, пропорційну степеню двійки в залежності від її позиції в кодовому слові:

$$A_k = q \cdot (a_0 \cdot 2^0 + a_1 \cdot 2^1 + a_2 \cdot 2^2 + \dots + a_{n-1} \cdot 2^{n-1})$$

A_k – миттєве значення амплітуди відліку;

$a_i = 0, 1$ – розрядний коефіцієнт при i -му двійковому символі;

2^i – вага двійкового символу в i -й позиції кодового слова;

q – інтервал (крок) дискретизації за рівнем

З наведеного прикладу можна зробити висновок, що між кодовим словом та миттєвим значенням амплітуди A_k існує певна відповідність, що встановлюється за допомогою величини, яка називається кроком дискретизації q за рівнем. За допомогою цієї величини проводиться операція дискретизації за рівнем.

Суть ідеї операції в тому, що весь діапазон зміни миттєвих значень амплітуди сигналу A_k від нуля до максимального значення A_{kmax} розбивається на ряд дискретних підрівнів. Дані підрівні відрізняються один від одного на величину інтервалу дискретизації q . Величина інтервалу дискретизації q , в свою чергу визначається вибраною шкалою дискретизації, яка залежить від кількості двійкових символів в кодовому слові n і визначається за допомогою виразу, показаному.

$$q = A_{kmax} / (2n - 1)$$

При проведенні операції дискретизації за рівнем миттєве значення функції змінюється найближчим меншим, або більшим значенням підрівня дискретизації в залежності від того, яке з цих значень більш близьке до миттєвого значення функції. Розрізняють рівномірну та нерівномірну дискретизацію за рівнем. Для рівномірної дискретизації характерне постійне значення інтервалу q , а для змінної воно змінюється в залежності від умов дискретизації. В процесі дискретизації за рівнем з'являється похибка дискретизації, значення якої визначається різницею між дискретним значенням амплітуди A_k та її дійсним миттєвим значенням.

Структура комп'ютерної програми

Перед розробкою програми, необхідно представити задачу у вигляді необхідних структурних блоків (див. рис. 1):

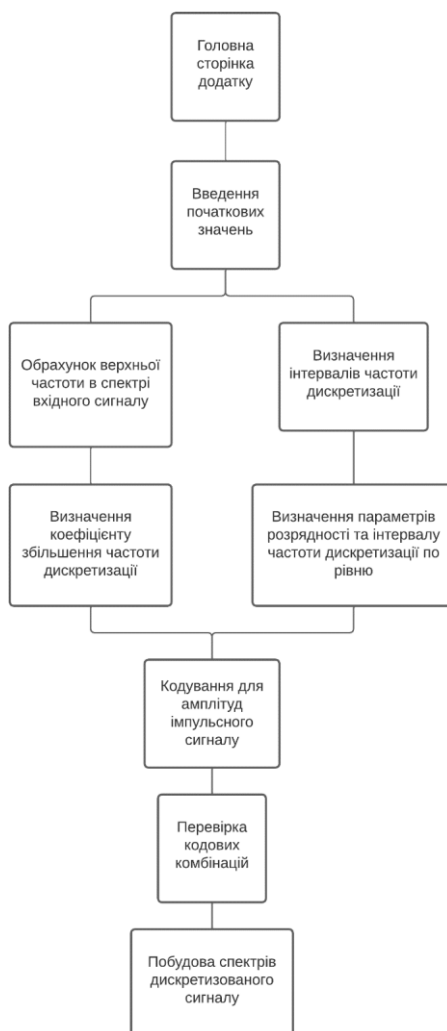


Рис. 1 Структура програми

Ці структурні блоки відповідають узагальненому алгоритму роботи програми. Розробка цього алгоритму входить до відповідного етапу повної побудови алгоритму

В ході тестування, що входить до етапу повної побудови алгоритму, перевірялися наступні складові комп'ютерної програми:

1. перехід між екранами з коректним збереженням введених даних;
2. коректність розрахунку складових спектру;
3. коректність графічного відображення амплітудно-частотного спектру згідно введених, та обрахованих даних.

Після проведеного тестування основного функціоналу програми, можемо зробити висновок:

1. Перехід і взаємодія з різними екранами працює правильно, дані зберігаються та обробляються згідно необхідних умов.
2. Розрахунок складових спектру виконується згідно формул – без помилок.
3. Після обрання користувачем усіх обчислених складових спектру (для прикладу), будується амплітудно-частотний спектр у вигляді стовпцевої діаграми. Усі значення відображаються правильно.

Висновки

В ході проведеної роботи було створено макет Android додатку, який буде сприяти розвитку систем дистанційного навчання та допомагати студентам самостійно опрацьовувати навчальний матеріал, та успішно виконувати навчальний план із дисципліни “Теорія інформації та кодування” та безпосередньо визначати дискретизацію аналогових сигналів в аналого-цифровій системі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Thomas M. Cover, Joy A. Thomas. Elements of information theory New York: Wiley, 1991. [ISBN 0-471-06259-6](#)
2. R. Landauer, Information is Physical Proc. Workshop on Physics and Computation PhysComp'92 (IEEE Comp. Sci.Press, Los Alamitos, 1993) pp. 1-4.
3. Claude E. Shannon, Warren Weaver. The Mathematical Theory of Communication. Univ of Illinois Press, 1963. [ISBN 0-252-72548-4](#)
4. И.В.Кузьмин, В.А.Кедрус, Основы теории информации и кодирования.– Киев: Высшая школа,1986г.»
5. Maxwell's Demon: Entropy, Information, Computing, H. S. Leff and A. F. Rex, Editors, Princeton University Press, Princeton, NJ (1990). [ISBN 0-691-08727-X](#)

Снігур Анатолій Васильович - к.т.н., доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Балух Богдан Анатолійович - студент групи ІСП-206, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bohdan.baluh@gmail.com

Сирота Олексій Костянтинівич – студент групи ІСП-206, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: a.surota2003@gmail.com

Івасюк Вадим Віталійович – студент групи ІСП-206, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vadim200339@gmail.com

Snigur Anatoliy Vasyliovych - Ph.D., Associate Professor of the Computer Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Balukh Bohdan Anatoliyovych - student of group 1SP-20b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bohdan.baluh@gmail.com

Ivasiuk Vadim Vitaliyovych - student of group 1SP-20b, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vadim200339@gmail.com

Sirota Oleksiy Kostiantynovych - student of group 1SP-20b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: a.surota2003@gmail.com