

## ЦИФРОВИЙ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ СИНТЕЗАТОР

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

В даній роботі розглядається цифровий обчислювальний синтезатор, його короткий опис, особливості та практична реалізація.

**Ключові слова:** цифровий обчислювальний синтезатор, DDS, генератор.

### *Abstract*

In this paper, a digital computing synthesizer, its short description, features and practical implementation are considered.

**Keywords:** digital computing synthesizer, DDS, generator.

Цифровий обчислювальний синтезатор (ЦОС) або англ. Direct digital synthesizer (DDS) — електронний прилад, призначений для синтезу сигналів довільної форми і частоти з єдиною опорною частотою, що генерується генератором тактових імпульсів. Однією з важливих особливостей таких пристроїв є висока роздільна здатність завдання значень відтворюваних частот і їх абсолютна точність (зважаючи на тактовий генератор ідеальним). Як недолік можна вказати більш високе, у порівнянні з рішеннями на ФАПЧ, енергоспоживання через великий обсяг обчислень, і більш високий рівень негармонічних паразитних складових в спектрі синтезованого сигналу[1].

DDS унікальні своєю цифровою визначеністю - генерований ними сигнал синтезується з властивою цифровим системам точністю. Частота, амплітуда і фаза сигналу в будь-який момент часу точно відомі і підконтрольні. DDS практично не схильні до температурного дрейфу і старіння. Єдиним елементом, який володіє властивою аналоговим схемам нестабільністю, є ЦАП. Високі технічні характеристики стали причиною того, що останнім часом DDS витісняють звичайні аналогові синтезатори частот.

Основні переваги DDS: висока роздільна здатність по частоті і фазі, управління якими здійснюється в цифровому вигляді; швидкий перехід на іншу частоту (або фазу), перебудова по частоті без розриву фази, без викидів і інших аномалій, пов'язаних з часом встановлення; архітектура, заснована на DDS, зважаючи на дуже малий крок налаштування по частоті, виключає необхідність застосування точного підстроювання опорної частоти, а також забезпечує можливість параметричної температурної компенсації; цифровий інтерфейс дозволяє легко реалізувати управління мікроконтролером; для квадратурних синтезаторів є DDS з I і Q виходами, які працюють узгоджено.

Частотний діапазон DDS складає соті і навіть тисячні частки герца при вихідній частоті порядку десятків мегагерц. Така роздільна здатність недосяжна для інших методів синтезу. Іншою характерною особливістю DDS є дуже висока швидкість переходу на іншу частоту. Синтезатори на основі PLL використовують зворотний зв'язок і фільтрацію сигналу помилки, що уповільнює процес переходу частоти. Для DDS швидкість переходу обмежена практично тільки швидкістю цифрового керуючого інтерфейсу. Більш того, всі переходи по частоті в DDS відбуваються без розриву фази вихідного сигналу. Оскільки вихідний сигнал синтезується в цифровому вигляді, дуже просто можна здійснити модуляцію різних видів.

Параметри синтезатора частоти дуже важливі для апаратури зв'язку. Будучи серцем системи настройки, синтезатор в основному визначає споживчі властивості конкретного апарату. Як з технічної, так і з економічного боку DDS задовольняє більшості критеріїв ідеального синтезатора частоти: простий, високо інтегрований, з малими габаритами. Крім того, багато параметрів DDS програмно-керовані, що дозволяє закласти в пристрій нові можливості. Сучасні DDS використовують субмікронну CMOS-технологію, трьох вольтну логіку, мініатюрні корпуси. Одночасно постійно знижуються ціни на них. Все це робить DDS дуже перспективними приладами.

З процесами дискретизації і цифро-аналогового перетворення, які мають місце в DDS, пов'язані і деякі обмеження: максимальна вихідна частота не може бути вище половини тактової (на практиці вона ще менше). Це обмежує область застосування DDS в області HF і частини VHF-діапазону; окремі побічні складові вихідного сигналу на виході DDS можуть бути значними, в порівнянні з

синтезаторами інших типів. Спектральна чистота вихідного сигналу DDS сильно залежить від якості ЦАП; споживана DDS-потужність практично прямо пропорційна тактовій частоті і може досягати сотень мілліватт. При великих тактових частотах DDS можуть виявитися непридатними для пристроїв з батарейним живленням.

При практичній реалізації для генерації синусоїдального сигналу буде потрібно ЦАП. Тип ЦАП можна обрати - R2R на 8 біт. Він дозволить працювати на високих частотах, порядку мегагерц. Щоб спростити задачу, можна виконати генератор не у вигляді окремого пристрою з кнопками і LCD екраном, а у вигляді пристрою, який підключається до ПК через USB. Для цього підійде плата USB2RS232. Інтерфейс програми можна написати на Delphi7. Також знадобиться плата з ПЛІС, такі як Cyclone iv EP4CE10E22C8N або Cyclone ii EP2C5. За швидкістю роботи вони не відрізняються. Обидві плати мають «на борту» генератори 50 МГц, а всередині ПЛІС є PLL, за допомогою якого можна збільшити частоту до 200 МГц. При необхідності можна розширивши проект за потрібне функціоналом. Додати простіше, ніж зробити з нуля[2].

Синтез частот забезпечує набагато більш високу точність і стабільність, ніж традиційні електронні генератори, які використовують змінну індуктивності або ємності, дуже широкий діапазон роздільної здатності без будь-яких комутацій і практично миттєве перемикавання на будь-яку задану частоту.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Paul Kern (July 2007). "Direct digital synthesis enables digital PLLs". RFDesign.
2. Алексейченко А. В. Функциональный DDS генератор на ПЛИС [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://habrahabr.ru/post/260999/>.

**Білий Руслан Ігорович** — студент групи БМА-17, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ram13b.biliy@gmail.com.

Науковий керівник: **Костішин Сергій Володимирович** — док. техн. наук., доцент, кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Biliy Ruslan Igorovich** — student of BMA-17, Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, c. Vinnitsa, e-mail: ram13b.biliy@gmail.com.

Supervisor: **Kostishyn Sergey Volodymyrovych** — Ph.D., assistant professor, department of biomedical engineering, Vinnitsa National Technical University, c. Vinnitsa.