

СИСТЕМА ЦИФРОВОГО ГЕНЕРУВАННЯ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано огляд та аналіз існуючих систем цифрового генерування аналогових сигналів, що дало змогу вивчити існуючі методи генерування аналогових сигналів та засобів для їх реалізації, принципи їх функціонування і наявні переваги та недоліки.

Відповідно до розглянутих існуючих варіантів запропоновано вдосконалення. Для цього розроблено структурну схему системи, описано нововведені блоки та їх призначення і функціонування, підбрано реальні компоненти сучасної електроніки. Вибір обґрунтовано та визначено, що основними компонентами будуть мікроконтролери сімейства STM32 із ядром Cortex-M4F фірми STMicroelectronics та цифровий синтезатор AD9850 фірми Analog Devices, Inc. Представлено спроектовану систему цифрового генерування аналогових сигналів.

Ключові слова: система, генератор, ЦАП, DDS, STM32, AD9850 .

Abstract

The review and analysis of the existing systems of digital generation of analog signals was carried out, which made it possible to study the existing methods of generating analog signals and means for their implementation, the principles of their operation and the existing advantages and disadvantages.

In accordance with the considered existing options, improvements are proposed. For this, a structural diagram of the system was developed, the newly introduced blocks and their purpose and functioning were described, real components of modern electronics were selected. The choice is justified and it is determined that the main components will be microcontrollers of the STM32 family with a Cortex-M4F core from STMicroelectronics and a digital synthesizer AD9850 from Analog Devices, Inc. The designed system of digital generation of analog signals is presented.

Keywords: system, generator, DAC, DDS, STM32, AD9850.

Вступ

Генератор є важливою ланкою в багатьох електронних пристроях, чи це тестове, лабораторне обладнання, медичні [1, 2] або радіоелектронні системи. Крім технічних характеристик, важливими для користувача залишаються такі параметри, як зручність застосування, компактність і низька вартість генераторів. На жаль, пристрої, які пропонують більшість виробників, є дорогими. У зв'язку з цим залишається актуальною проблема створення бюджетного макета генератора, здатного замінити більш дорогі чи застарілі моделі [2].

Виробляється безліч інтегральних мікросхем, що дозволяють генерувати сигнали різної форми. Ці мікросхеми відрізняються за способом синтезу сигналів [3] та технічними характеристиками. За методом синтезу сигналів вони поділяються на прямі аналогові синтезатори, непрямі синтезатори на основі фазового автопідстроювання частоти, прямі цифрові синтезатори та гібридні синтезатори. В даний час найбільшою популярністю користуються синтезатори на основі прямого цифрового синтезу (Direct Digital Synthesis, або DDS) завдяки перевагам, пов'язаним з широкою роздільною здатністю за частотою, високою якістю сигналу, можливістю цифрового керування, низькою вартістю, малим розміром корпусів та енергоспоживанням [2].

Для налаштування та керування цифровим синтезатором необхідний мікроконтролер (МК). В даний час найбільшою популярністю серед розробників електронних пристроїв різного рівня стали використовувати мікроконтролери STM32.

Сімейство 32-розрядних флеш-мікроконтролерів STM32 на базі процесора Arm Cortex-M розроблено, щоб запропонувати користувачам нові ступені свободи. Він пропонує продукти, що

поєднують дуже високу продуктивність, можливість обробки цифрових сигналів у реальному часі, роботу з низьким енергоспоживанням, а також можливості підключення, зберігаючи при цьому повну інтеграцію і простоту розробки. [3-8]. Більшість моделей платформи програмується через USB-порт, який дозволяє підключати плату безпосередньо до комп'ютера. Пристрої на базі STM32 можуть працювати самостійно, або спільно з програмним забезпеченням комп'ютера. Як засоби управління макетом може бути використане як периферійне обладнання (дисплеї, кнопки, енкодера), так і персональний комп'ютер.

Результати дослідження

Виходячи з того, як побудовані класичні рішення генераторів (див. рис. 1), варто врахувати існуючі рішення та запропонувати вдосконалення. Принцип роботи синтезатора DDS [2, 9] полягає в наступному: в накопичувачі фази (НФ) формується послідовність кодів вихідного сигналу, що лінійно змінюється в часі.

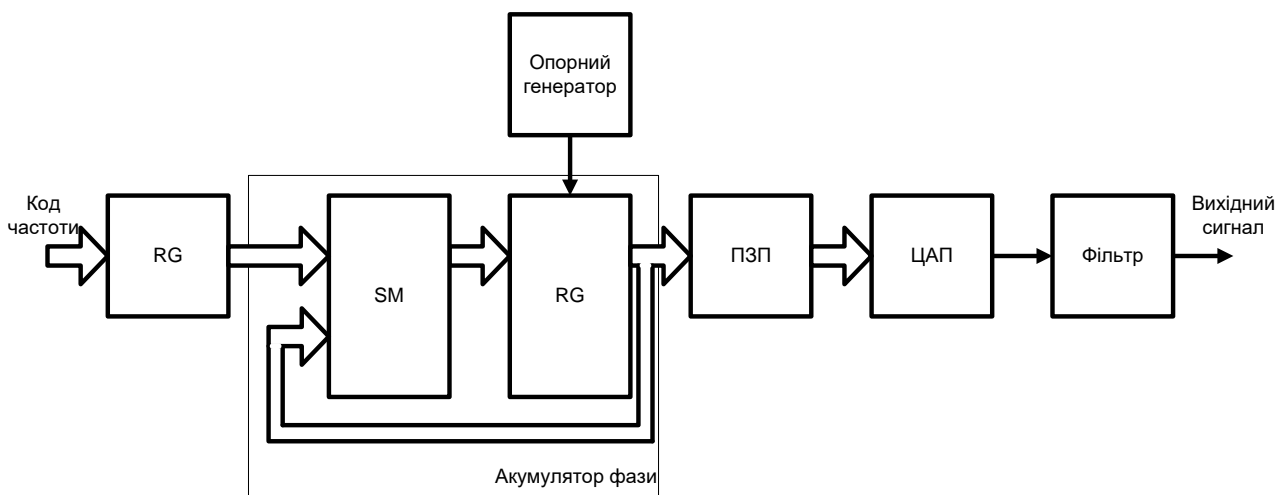


Рисунок 1 — Структура прямого цифрового синтезатора частоти

Як накопичувач фази використовується накопичуючий суматор (SM). Він являє собою регістр (RG), що перезавантажується в кожному такті роботи пристрою величиною, що дорівнює його старому вмісту, плюс деяка постійна добавка (код частоти). Вміст регістру RG лінійно збільшується в часі, а збільшення залежить від величини постійної добавки. Нагромаджуючий суматор, що використовується для формування коду фази, називають акумулятором фази. Акумулятор фази працює з періодичними переповненнями, що відповідає періодичній зміні функції і тактується по частоті f_{clk} від генератора (G). Частота переповнення акумулятора дорівнює вихідній частоті, і визначається за формулою: $f_{out} = K * f_0 / 2^n$, де f_{out} — вихідна частота, f_0 — тактова частота, K — код частоти, n — розрядність акумулятора фази.

Зміни в накопичувачі фази відбуваються під впливом тактової частоти f_0 , що виробляється опорним генератором (ОГ), та коду частоти, яка генерується синтезатором. Значення амплітуди сигналу, що відповідають поточній фазі сигналу, вибираються з перекодувальної таблиці (Look Up Table), що розміщується в ПЗП. Вибір значення sin проводиться за адресою в ПЗП із потрібною фазою. Значення з комірок пам'яті надходять на цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), де виходить «ступінчастий» синусоїдальний сигнал. Для згладжування вихідного сигналу на виході ЦАП розташовується нижній фільтр частот (ФНЧ).

В якості вдосконалення запропоновано структурну схему (рисунок 2) в якій замінити окремі вузли: регістри, накопичуючий суматор, постійний запам'ятовуючий пристрій, опорний генератор на єдиний блок на базі мікросистемної системи, а також покласти на нього функції формування коду фази, контролю поточної фази, значень для АЦП і функцій керування всією системою. Функції всіх згаданих вузлів візьме на себе мікроконтролер STM32.

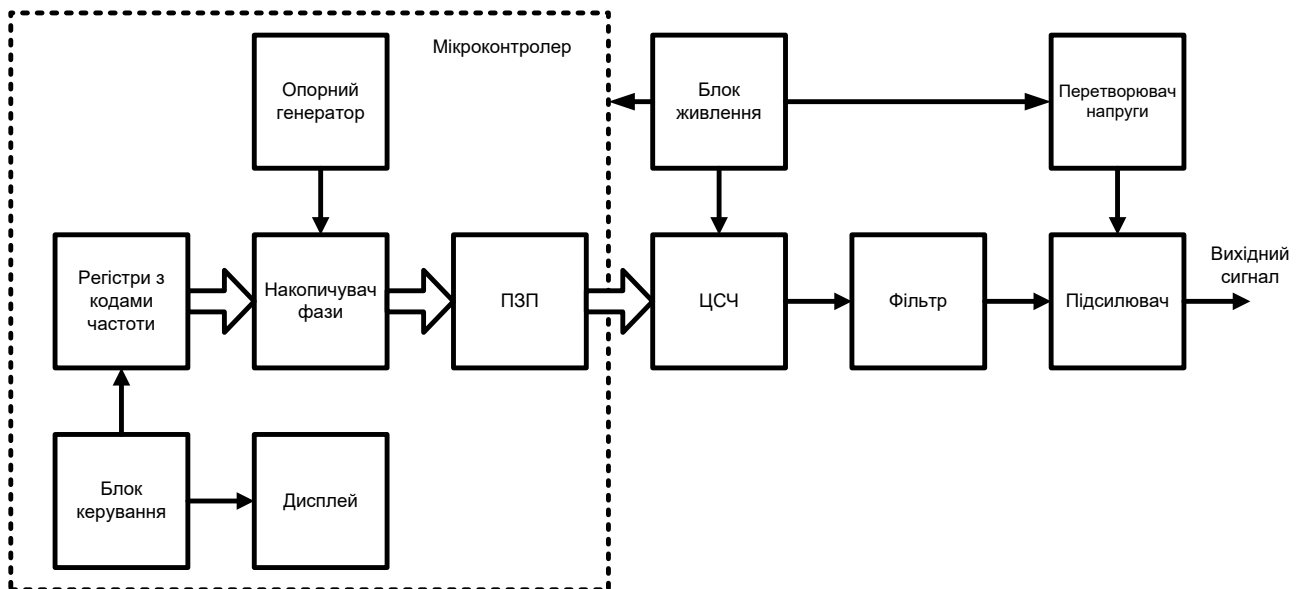


Рисунок 2 — Структура схема системи цифрового генерування аналогових сигналів

ЦАП замінити на сучасний високоточний швидкодіючий цифровий синтезатор частоти (ЦСЧ) AD9850 з цифровим керуванням із можливістю послідовної та паралельної передачі даних. Додати підсилювач вихідного сигналу для збільшення сили виходу. Такий підхід дозволить покращити характеристики генерування, підвищити точність, гнучкість управління, можливість подальшого вдосконалення та інтегрування в різні галузі діяльності.

Висновки

Відповідно до розглянутих існуючих варіантів запропоновано вдосконалення.

Розроблено структурну схему системи, описано нововведені блоки та їх призначення і функціонування, підібрано реальні компоненти сучасної електроніки.

Обґрунтовано та визначено, що основними компонентами будуть мікроконтролери сімейства STM32 із ядром Cortex-M4F фірми STMicroelectronics та цифровий синтезатор AD9850 фірми Analog Devices, Inc.

Взято за основу відлагоджувальні комплекси – STM32F4 Discovery та STM32F429I Disco.

Для управління мікроконтролерами розроблено програмне забезпечення із різними функціональними можливостями.

Список використаної літератури

1. Carmine Noviello Mastering STM32: eBook. Leanpub, 2018. 852 pages.
2. Кравчук О.С. Розробка функціонального генератора сигналів на основі прямого цифрового синтезу / О.С. Кравчук, В.І. Манаснков // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. 2007. № 4 (23). С. 22 - 26.
3. STM32F103C8 - Mainstream Performance line, Arm Cortex-M3 MCU with 64 Kbytes of Flash memory, 72 MHz CPU, motor control, USB and CAN. st.com: веб-сайт. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers/microprocessors/stm32f103c8.html> (дата звернення: 10.11.2023).
4. STM32CubeMX - STM32Cube initialization code generator st.com: веб-сайт. URL: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html> (дата звернення: 08.06.2021).
5. STM32 32-bit Arm Cortex MCUs. URL: <https://www.st.com/en/micro-controllers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html> (дата звернення 03.10.2018).
6. Getting started with STM32 st.com: веб-сайт. URL: https://wiki.st.com/stm32mcu/wiki/STM32StepByStep:STM32_step_by_step_overview (дата звернення: 10.11.2023).
7. STM32-base project: веб-сайт. URL: <https://stm32-base.org/guides/gettingstarted.html> (дата звернення: 10.11.2023).
8. STM32 microcontroller GPIO configuration for hardware. st.com: веб-сайт. URL: <an4899-stm32-microcontroller-gpio-configuration-for-hardware-settings-and-lowpower-consumption.pdf> (дата звернення: 10.11.2023).
9. Чинков В.Н. Цифрові засоби вимірюваної техніки військового призначення: підручник / В.Н.Чинков. Х.: ХУПС, 2007. Ч. 1. 244 с.

Азаров Олексій Дмитрович – доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Дідур Ігор Вячеславович – ст. гр. 1КІ-22м, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Колесник Ірина Сергіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Гонца Андрій Владиславович, ст. гр. 2КІ-22м, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Oleksyi D. Azarov – Dr. Sc., Professor, Head of the Department of Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Didyr V. Igor — student of group 1KI-22m, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University

Iryna S. Kolesnyk – PHD, candidate of engineering sciences, associate professor of department of the computing engineering, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya.