

Застосування надпровідності та переходів Джозефсона для побудови надвисокочастотних АЦП

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто структурну схему надвисокочастотного АЦП, який використовує надпровідність та переходи Джозефсона. Принцип роботи АЦП використовує фазову модуляцію та демодуляцію надвисокочастотних сигналів.

Ключові слова: Аналогово – цифровий перетворювач, надпровідність квант магнітного потоку, квантування, фазова модуляція та демодуляція, надпровідниковий квантовий інтерферометр.

Abstract

The structural diagram of an ultrahigh-frequency ADC, superconductivity and Josephson transitions are considered. The working principle of the ADC uses phase modulation and demodulation of ultra-high-frequency signals.

Key words: Analog-to-digital converter, superconductivity quantum of magnetic flux, quantization, phase modulation and demodulation, superconducting quantum interferometer.

Вступ

Аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП) на базі переходів Джозефсона (ПД) мають ряд переваг у порівнянні з напівпровідниковими АЦП. Вони характеризуються значно меншим рівнем потужності розсіювання, високою швидкістю, широкою смугою пропускання сигналів, високим динамічним діапазоном або чутливістю до слабких рівнів сигналів [1,2]. Надпровідникові АЦП можливо розділити на дві категорії: Паралельні АЦП з дискретизацією Найквіста та АЦП з передискретизацією. Перші складаються із великої кількості окремих компараторів розташованих паралельно – кожен з яких визначає один рівень квантування.

Продуктивність таких АЦП обмежена точністю всіх рівнів квантування. Такі АЦП найкраще використовувати для оцифрування сигналів з широкою смугою пропускання, коли достатньо помірної роздільної здатності до 8дБ. В АЦП з передискретизацією сигнал дискретизується за допомогою одного квантувача.

Надпровідний АЦП, як правило, використовує надпровідникові квантові інтерферометри постійного струму, як квантувачі, а лічильник перекидання – як оцифровувач. Такі АЦП використовують рух квантів магнітного потоку по контуру, і тому ця технологія характеризується надзвичайно високою точністю, оскільки одиниця інформації квантується.

Результат дослідження

Для побудови АЦП пропонується використовувати фазову модуляцію та демодуляцію, які реалізуються на базі надпровідності та переходів Джозефсона.

Структурна схема АЦП (рис. 1) складається з аналогової частини, яка являє собою джерело постійної напруги із Т-тригерів, виготовлених за технологією швидкої одноквантової логіки, які генерують послідовність імпульсів із частотою, що дорівнює половині тактової частоти. Підсилювач лінії передачі Джозефсона пропускає послідовність імпульсів до великого переходу Джозефсона J_0 та ланки ФНЧ $L_0 R_0$, яка не пропускає складові змінної напруги послідовності імпульсів. Складові постійної напруги проходять до одноперехідного інтерферометра $L_1 J_1$, який виконує фазову модуляцію. Фаза вхідної послідовності імпульсів лінійно та безперервно залежить від магнітного

поток, наведеного до петлі інтерферометра L_1 вхідним струмом і 2π цієї фази відповідає об'єму окремого потоку у L_1 .

Наступний каскад АЦП здійснює демодуляцію фазомодульованої послідовності імпульсів використовуючи N каналів блоку синхронізації (БС) послідовності імпульсів із тактовою частотою АЦП f_i . Ці N каналів поперемінно і рівномірно використовується протягом періоду такту завдяки застосуванню елементів затримки $\tau = \frac{1}{Nf_i}$, таким чином досягається розрядність фази у π/N . Така саме розрядність (заданий ОЗБ у АЦП) у потоках дорівнює $\Phi_0/2N$, а межа швидкості зростання напруги АЦП складає $\pm N$ ОЗБ на період такту. Однобітові вихідні сигнали підсумовуються у декодері ДЕС, створюючи мультибітовий диференційний код.

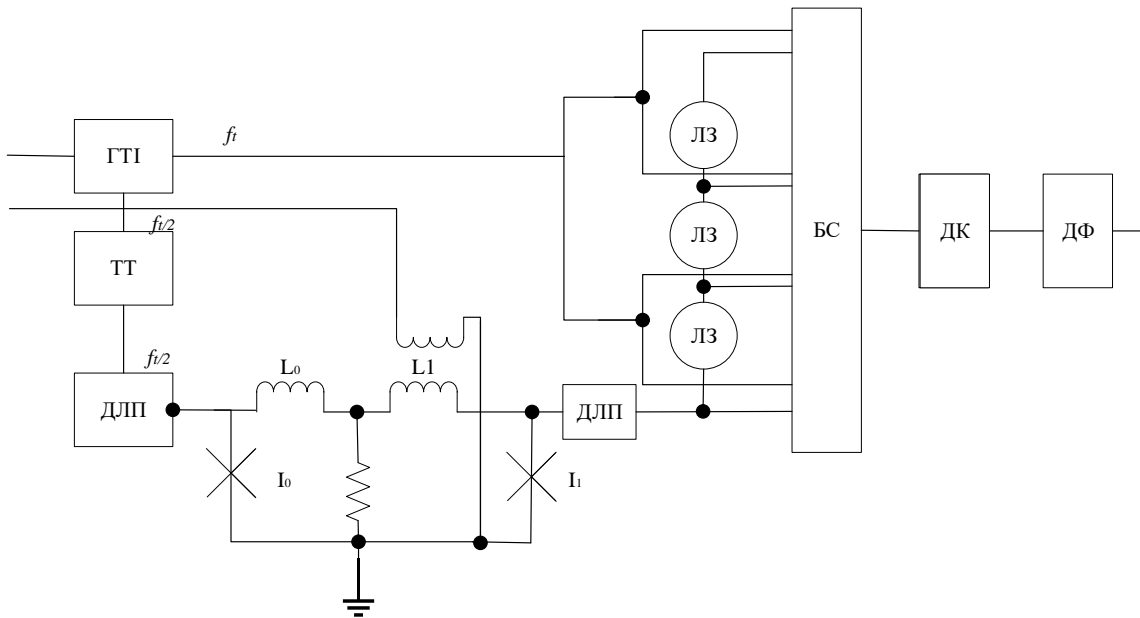


Рис 1. – Структурна схема АЦП

ГТІ – генератор тактових імпульсів, ТТ – Т-тригер, ДЛП – Джозефсоніфська лінія передачі, БС – блок синхронізації, ДФ – десятковий фільтр, ЛЗ – лінія затримки.

На рис. 2 показано як виконується перетворення фазомодульованої імпульсної послідовності у мультибітовий диференційний код у чотирьох каналному плечі синхронізації. Верхня крива відображає вхідний сигнал АЦП, амплітуда магнітного потоку становить $\Phi_0/2$, а амплітуда фази π_1

Фазомодульована послідовність імпульсів розділяється на чотири однакових сигнали із однаковою затримкою в часі $\tau = \frac{1}{4f}$, які надходять у чотири канали блоку синхронізації (наступні 4 криві на рис.2.)

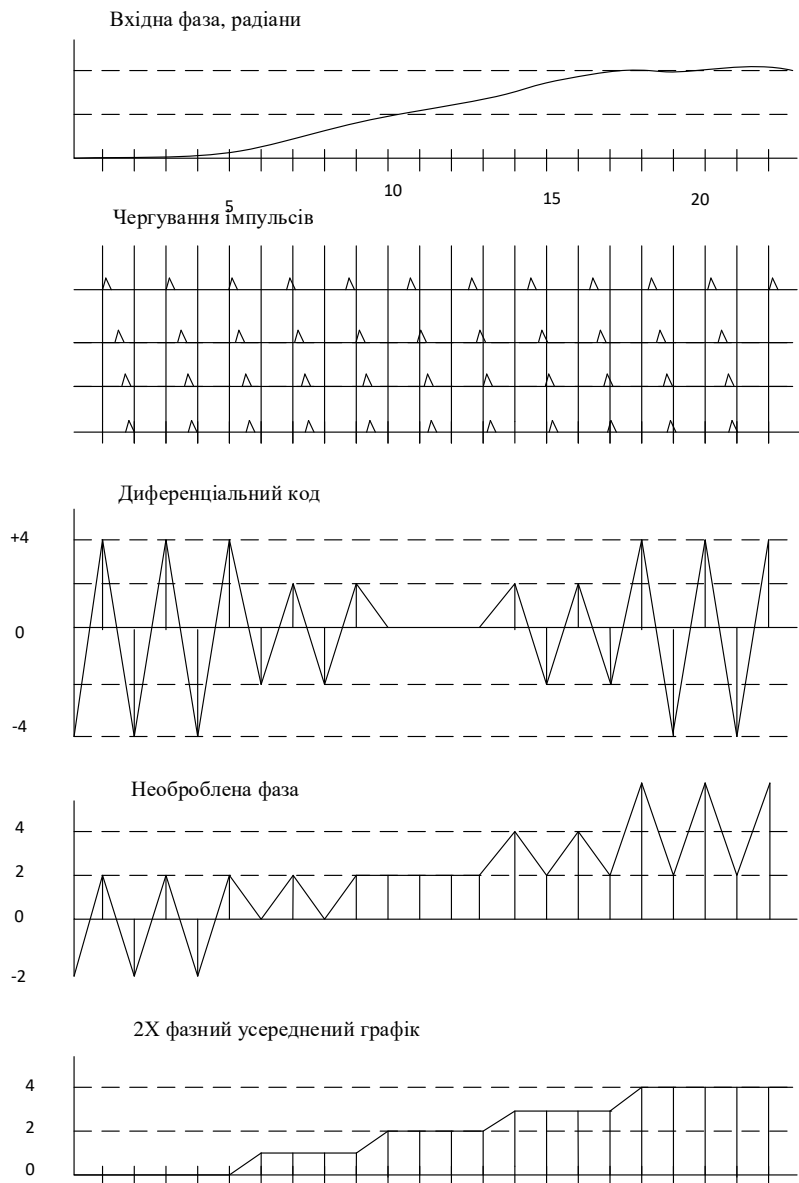


Рис.2 - Процес фазової демодуляції для системи з 4-канальним синхронізатором

Для кожного із каналів надходження (або відсутність) вхідного імпульсу протягом заданого періоду створює одиницю (або нуль) на виході відповідно. Сума чотирьох вихідних сигналів блоку синхронізації (обрахована декодером DESC) змінюється від 0 до 4 відповідно до диференціального коду від -4 до +40дБ, таке лінійне перетворення здійснюється у десятковому фільтрі, диференціальний код і його неперервне, приблизне відтворення наведені на рис 2.

Висновки

Наведено структурну схему надвисокочастотного АЦП, який використовує надпровідність та переходи Джозефсона. Принцип роботи АЦП використовує фазову модуляцію та демодуляцію надвисокочастотних сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shailaj Kumaz Shzivastava and Garijesh Kumaz, Patua Bihaz .Application of high-Tc superconduction Josephson junction devises. Journal of Energing Technologies and Inovative Research, January 2019, Volumes, tessus 1., p517-523.
2. Oleg A. Mukhanov, Deepnarayan Gupta, , Alan M. Kadin, and Vasili K. Semenov. Superconductor Analog-to-Digital Converters, November 2014.

Урсан Максим Іванович – аспірант групи 172-21а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkt17ms.ursan@gmail.com

Кучак Василь Мартинович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри ІКТ, Вінницький національний технічний університет

Maksym Ivanovych Ursan - postgraduate student of group 172-21a, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkt17ms.ursan@gmail.com

Vasyl Martynovych Kuchak – Ph.D. Sciences, professor, head of ICT department, Vinnytsia National Technical University