

СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В ОСТАТОЧНЫХ КЛАССАХ

Финько О.А.

Краснодарский военный институт
Россия, 350035, Краснодар, Красина ул., 4, E-mail: ofinko@yandex.ru

Реферат. Предложен быстродействующий аналого-цифровой преобразователь (АЦП), использующий эффект осцилляции критического тока сверхпроводящего квантового интерферометра (КИ) как функции уровня приложенного сигнала. АЦП предназначен для высокопроизводительных устройств ЦОС, реализующих алгоритмы теоретико-числовых преобразований, в том числе, основанных на Китайской теореме об остатках.

Сверхпроводниковый АЦП предназначен для использования в устройствах цифровой обработки широкополосных сигналов и измерения сигналов быстропротекающих процессов. В настоящее время неизвестны принципы построения сверхпроводниковых АЦП, цифровой выход которых являлся бы числовой функцией $x_i = \left| X \right|_{p_i}^+$ (x_i - наименьший неотрицательный вычет от цифрового эквивалента X по заданному $\text{mod } p_i$).

В АЦП используется уникальное свойство компаратора тока, образованного КИ: его цифровой выход является периодической функцией $I_{\text{вх}}$ [1]. Это обусловлено эффектом осцилляции критического тока КИ в зависимости от уровня напряженности внешнего магнитного поля с периодом по потоку Φ (рис. 1).

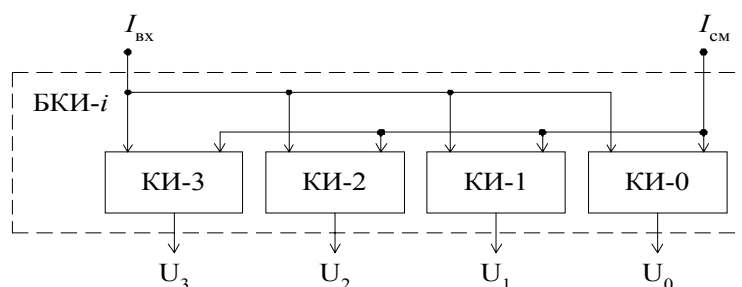


Рис. 1. Принцип работы блока квантовых интерферометров

Совокупность КИ-($k-1$), ..., КИ-0 (рис. 2) образует АЦП в k -разрядный код Грея. При этом для соответствующих КИ магнитный поток Φ_i , индуцированный аналоговым сигналом и пронизывающий кольцо КИ определяется как $\Phi_i = 2\Phi_{i-1}$. Ток смещения $I_{\text{см}}$ выбирается таким образом, чтобы на характеристиках управления сверхпроводящие области были равны резистивным областям. Характеристика управления КИ смещена так, чтобы один из ее лепестков располагался симметрично относительно нуля входного аналогового сигнала. На выходе КИ- i формируется логический потенциал U_i , соответствующий двоичному символу $a_i = \left| \left[X/2^i \right] \right|_2^+$, где X – цифровой эквивалент сигнала $I_{\text{вх}}$ ($[A]$ - целая часть A).

Таким образом, выходной двоичный код такого АЦП определяется как $(a_0, a_1, \dots, a_{k-1}) = x = \lfloor X \rfloor_{2^k}^+$.

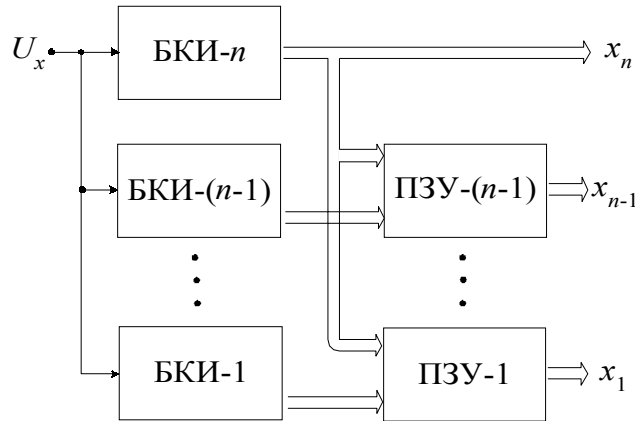


Рис. 2. Пример реализации блока квантовых интерферометров

Алгоритм аналого-цифрового преобразования в код x_n, x_{n-1}, \dots, x_1 , где $x_i = \lfloor X \rfloor_{p_i}^+$, использующий функцию вспомогательного аналого-цифрового преобразования в код по модулю 2^k строится на следующем положении.

Теорема.

$$x_i = \left\lfloor x_n - \left\lfloor p_i l_i \right\rfloor_{2^k}^+ \right\rfloor_{2^k}^+, \quad (1)$$

где $l_i = \lfloor X/p_i \rfloor_{2^k}^+, i=1, 2, \dots, n-1$ и $p_n = 2^k$.

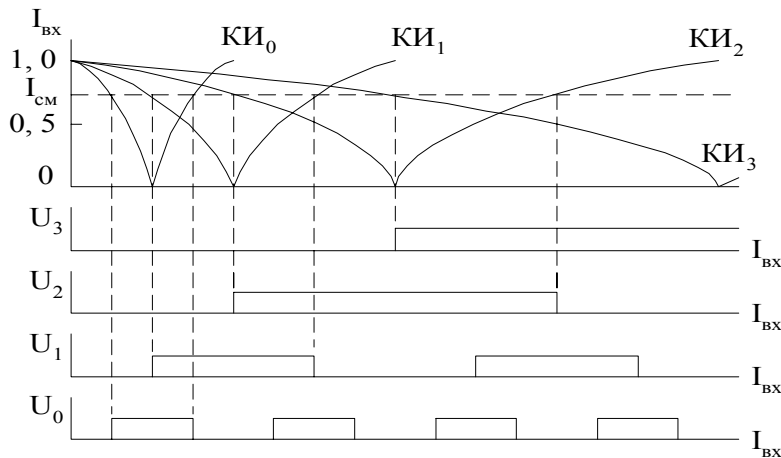


Рис. 3. Структурная схема сверхпроводникового АЦП в код СОК

АЦП, реализующий (1), представлен на рис. 3 и включает в себя n блоков КИ вспомогательного аналого-цифрового преобразования – БКИ-1, ..., БКИ-($n-1$), БКИ- n , с шагом квантования $p_1\Delta, p_2\Delta, \dots, p_{n-1}\Delta, \Delta$, соответственно, где Δ – минимальный шаг квантования АЦП. На выходах БКИ-1, ..., БКИ-($n-1$), формируются двоичные коды вычетов соответственно l_1, l_2, \dots, l_{n-1} , а на выходе БКИ- n – двоичный код вычета $x_n = \lfloor X \rfloor_{2^k}^+$. ПЗУ-1, ..., ПЗУ-($n-1$) содержат результаты вычисления вычетов x_1, \dots, x_{n-1} в соответствии с выражением (1) и могут быть выполнены по любой технологии.

Так как каждый из БКИ-1, ..., БКИ-($n-1$), БКИ- n включает по k КИ (рис. 2), то для построения полномасштабного АЦП потребуется nk КИ и $n-1$ ПЗУ. Длительность одного цикла преобразования определяется длительностью функционирования КИ (доли наносекунд) и временем задержки

электрического сигнала в ПЗУ, которое может быть выполнено на любой элементной базе, в том числе и сверхпроводниковой.

Таким образом, структура устройства цифровой обработки сигналов (рис. 4), реализующего, например, алгоритм вычисления числовой свертки, будет иметь меньше ступеней преобразования, что позволит увеличить производительность устройства и освободить дополнительную площадь на кристалле ИМС.

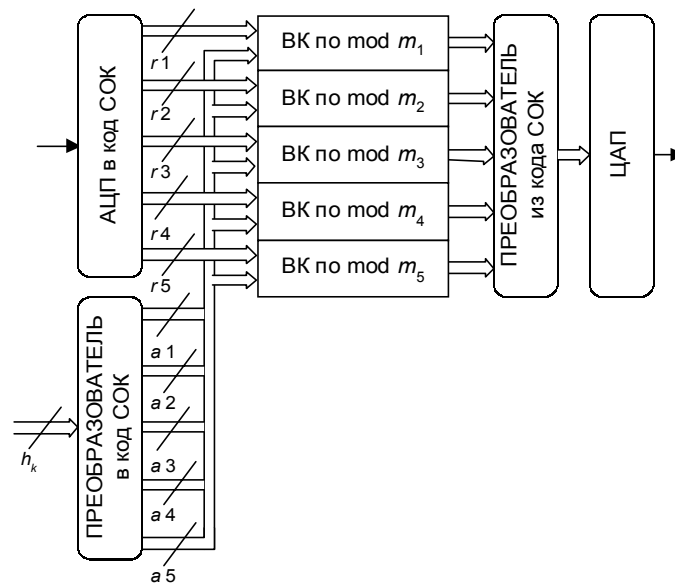


Рис. 4. Пример устройства ЦОС, использующего АЦП в код СОК

Разработанный сверхпроводниковый АЦП в код СОК дополняет другие технические решения, основанные, например, на электрооптической элементной базе [2].

Литература

1. Hamilton C.A., Lloyd F.L. 8-bit Superconducting A/D Converter. – IEEE Trans., 1983, v. MAG-19, № 3, p. 1259-1261.
2. Финько О.А. Синтез параллельных электрооптических аналого-цифровых преобразователей для специализированных вычислителей, функционирующих в модулярной арифметике // Изв. вузов. Приборостроение. – 1999. – Т. 42, № 3-4. С. 30-32.



SUPERCONDUCTING AN ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER FOR DEVICES OF A DIGITAL SIGNAL PROCESSING OPERATING IN RESIDUAL CLASSES

Finko O.

Krasnodar military institute
Russia, 350035, Krasnodar, Krasina street, 4, E-mail: ofinko@yandex.ru

Abstract. The high-speed analog-to-digital converter (ADC) using effect of oscillation of a critical current of a superconducting quantum interferometer (QI) as functions of a level of the affixed signal is offered. The ADC is intended for high-performance DSP devices, number-theoretic conversions, realizing algorithms, including, grounded on the Chinese theorem of residuals.

In the ADC will be used unique property of a comparator of a current derivated QI: his digital output is the periodic function I_{in} [1]. It is stipulated by effect of periodic repetition of a critical current QI depending on a level of strength of an external magnetic field with period on stream Φ (fig. 1).

The collection QI- $(k-1)$, ..., QI-0 will be derivated by an ADC in the k -bit Gray code. Thus for appropriate QI the magnetic flux Φ_i , induced by an analog signal and piercing a ring QI is defined as $\Phi_i = 2\Phi_{i-1}$. The displacement current I_{disp} is selected so that on the characteristics of handle the superconducting areas were equal to areas of resistances. The characteristic of handle QI is displaced so that one of its petals allocated symmetric concerning zero of an entry analog signal. On an output QI - i the logical potential U_i , appropriate to the binary character $a_i = \left\lfloor \frac{X}{2^i} \right\rfloor_2^+$ is shaped, where X - digital equivalent of a signal I_{in} ($[A]$ - whole part A). Thus, the output binary code such an ADC is defined as $(a_0, a_1, \dots, a_{k-1}) = X \Big|_{2^k}^+$.

The algorithm of analog-digital conversion in the code x_n, x_{n-1}, \dots, x_1 , where $x_i = \left\lfloor \frac{X}{p_i} \right\rfloor_{2^k}^+$, using the function of auxiliary analog-digital conversion in the code modulo $2k$ is created on a position: $x_i = \left\lfloor \frac{x_n - p_i l_i}{2^k} \right\rfloor_{2^k}^+$,

where $l_i = \left\lfloor \frac{X}{p_i} \right\rfloor_{2^k}^+$, $i=1, 2, \dots, n-1$ and $p_n = 2^k$.

For construction of the ADC is required nk QI and $n-1$ ROM. The duration of one cycle of conversion is defined by duration of operation QI (long of millimicroseconds) and hold time of an electrical signal in ROM, which can be fulfilled on any element base, including superconducting element base. Designed superconducting an ADC in the code of residue number system supplements other technical solutions grounded, for example, on electrooptic element base [2].

References

1. C.A. Hamilton, F.L. Lloyd. 8-bit Superconducting A/D Converter. – IEEE Trans., 1983, v. MAG-19, № 3, p. 1259-1261.
2. O.A. Fin'ko, "Sintez parallel'nykh elektroopticheskikh analogo-tsifrovyykh preobrazovateley dlya vychisliteley, funktsioniruyushikh v modulyarnoy arifmetike (Synthesis of Parallel Electrooptical Analog-to-digital Converters for Computers Operating in modular arithmetic)", Izv. Vuzov. Priborostroenie, Vol. 42, No. 3-4, 1999, pp. 30-32. (In Russian).