

Algorithms for processing measuring signals in the logarithmic system

Andriy Pylypchyn

Information Measurement Technology Department, Lviv Polytechnic National University, UKRAINE, Lviv, S. Bandery street 12, E-mail: sheriff_2012@mail.ru

Signal processing in measuring technologies is related to performance of mathematical operations such as multiplication and division. For example, measurement of power requires multiplying voltage and current and measurement of impedance voltage and current division.

Some tasks include measurement of physical values in a wide dynamic range, which covers several decades. Application of the logarithmic system in signal processing can not only simplify the multiplication and division operations replacing them by the addition and subtraction, but also provides a dynamic range compression.

Precision of multiplication and division operations in analog form are limited. Furthermore, analog devices are subjected to destabilizing effects of temperature, noise of different origin, fluctuations in supply voltage, etc.. In this sense, the undeniable advantage is on the side of the digital technology.

However, due to the limitations of the logarithmic function by multiplying and dividing of real numbers special algorithms were developed.

Final expressions of the proposed algorithms for multiplication and division of two digital signals x and y are described by expressions (1) and (2) provided in the main text.

The correctness of the algorithms was verified by simulation in MatLab. Also was found that the application of logarithmic transformations does not affect the nature of additive, multiplicative and nonlinearity errors. The proposed algorithms can be used in measuring devices with digital signal processing without the use of signal processors to perform direct multiplication and division signals.

The paper presents one of the possible variants of the hardware realization of the resistance measuring device (ohmmeter), which implements the algorithm of digital signals division in the logarithmic system.

Алгоритми опрацювання вимірювальних сигналів у логарифмічній системі

Андрій Пилипчин

Кафедра інформаційно-вимірювальні технології, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м.Львів, вул.С.Бандери, 12, E-mail: sheriff_2012@mail.ru

У роботі описано алгоритми придатні до швидкого оброблення цифрових сигналів у вимірювальних пристроях без застосування сигнальних процесорів. Запропоновані алгоритми ґрунтуються на заміні операцій множення (ділення) операціями додавання (віднімання) у логарифмічній системі. Їх коректність підтверджується шляхом імітаційного моделювання.

Ключові слова – цифрове опрацювання сигналів, логарифмічні перетворення, алгоритм перемноження та ділення сигналів, вплив похибок.

I. Вступ

У вимірювальній техніці при опрацюванні сигналів часто виникає потреба їх перемноження та ділення. Як приклад, опосередковане вимірювання потужності вимагає перемноження напруги і струму, а для імпедансів – ділення напруги і струму [1]. У цифрових приладах загальноприйнятою є декадна організація піддіапазонів, але існують задачі, коли вимагається проводити вимірювання величин у широкому діапазоні їх зміни, що охоплює кілька декад. Застосування логарифмічної системи для опрацювання сигналів забезпечує стиснення динамічного діапазону. У доповіді описано алгоритми перемноження та ділення сигналів у логарифмічній системі як додатної, так і від'ємної полярностей.

II. Застосування логарифмічної системи до опрацювання двополярних сигналів

У загальному випадку вимірювальні сигнали можуть мати різну полярність та приймати нульове значення. В той же час логарифмічна функція визначена лише для додатних значень (рис. 1, а). Тому для опрацювання сигналів різної полярності, як наприклад, у логарифмічних підсилювачах [2], логарифмічну функціональну характеристику приводять до вигляду, зображеному на рис. 1, б.

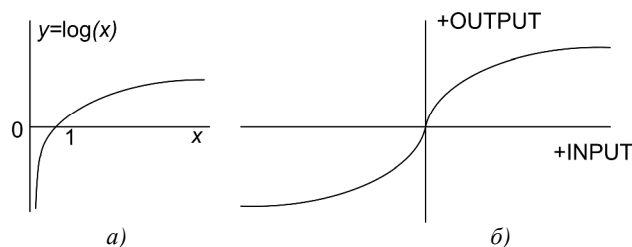


Рис.1. Графік логарифмічної функції (а) та характеристика "вхід-вихід" двополярної логарифмічної системи (б)

Точність виконання операцій перемноження та ділення у аналоговому вигляді є обмеженою. Крім того, аналогові пристрої піддані дестабілізуючим впливам температури, завад різного походження, коливанням напруги живлення, тощо. У даному сенсі безперечна перевага на боці цифрової техніки.

III. Опис алгоритмів перемноження та ділення цифрових сигналів

Цифровому обробленню вимірювальних сигналів передє аналого-цифрове перетворення. В результаті сигнали подаються числами у певному форматі [3].

Операції множення (ділення) у логарифмічній системі замінюються на додавання (віднімання). Представлення чисел у логарифмічній системі та зворотна процедура експоненціювання здійснюється без додаткових обчислень шляхом звернення до запам'ятовуючого пристрою, який містить значення відповідних функцій. Проте через ряд обмежень, властивих логарифмічній функції, для перемноження та ділення дійсних чисел необхідно розробити спеціальні алгоритми.

Підсумкові вирази, що окреслюють запропоновані алгоритми перемноження та ділення двох цифрових сигналів x і y , мають такий вигляд:

$$x \times y = \text{sgn}(x) \times \text{sgn}(y) \times \{a^{\lceil \log_a(1 + |x|) + \log_a(1 + |y|) \rceil} - 1 - |x| - |y|\} \quad (1)$$

$$\frac{x}{y} = \text{sgn}(x) \times \text{sgn}(y) \times \{a^{\lceil \log_a(|x| + |y|) - \log_a(|y|) \rceil} - 1\} \quad \text{при } y \neq 0 \quad (2)$$

де $\text{sgn}(\ast)$ – функція знаку; a – основа алгоритму; $|\ast|$ – модуль дійсного числа.

У наведених алгоритмах оперування функціями знаку і модулями сигналів знімає обмеження на від'ємні їх значення. Проблема нульових значень сигналів x і y у формулі (1) вирішується додаванням **1** у підлогарифмічні вирази, а віднімання трьох прикінцевих членів вносить необхідну корекцію. У формулі (2) накладання умови $y \neq 0$ спрощує вирішення проблеми нульових значень x шляхом додавання $|y|$ у підлогарифмічний вираз, а віднімання **1** корегує кінцевий результат.

Коректність наведених алгоритмів була підтверджена шляхом імітаційного моделювання, виконаного в програмному пакеті MatLab. Крім того, встановлено, що при застосуванні логарифмічних перетворень характер адитивних, мультиплікативних похибок та похибок нелінійності зберігається. Запропоновані алгоритми можуть знайти застосування у вимірювальних пристроях із цифровим обробленням сигналів без застосування сигнальних процесорів для виконання безпосередніх операцій перемноження і ділення сигналів.

Для прикладу розглянемо вимірювальний пристрій (омметр), який реалізує алгоритм ділення цифрових сигналів у логарифмічній системі.

До складу пристрою (рис.2) входить вимірювальна схема у вигляді резистивного подільника напруги. Значення вимірюваного опору R_x визначається відношенням спаду напруг власне на R_x та зразковому резисторі R_o , тобто

$$R_x = X / Y \quad (3)$$

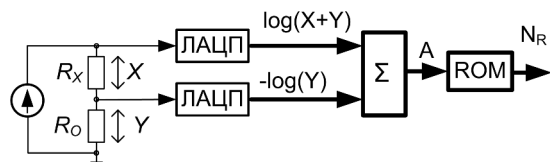


Рис.2. Схема омметра з опрацюванням сигналів у логарифмічній системі

Для реалізації алгоритму (2) один логарифмічний аналого-цифровий перетворювач (ЛАЦП) формує код пропорціональний логарифму суми напруг $X+Y$, а інший – логарифму напруги Y у доповнювальному коді. Суматор формує аргумент A експоненційної функції

$$A = \log_2(X + Y) + \log_2(Y) \quad (4)$$

Щоб отримати кінцевий результат, сумарний код потрібно експоненціювати. Для цього використано постійний запам'ятовуючий пристрій (ROM), який зберігає скориговане значення експоненційної функції

$$N = 2^A - 1 \quad (5)$$

За рахунок використання ЛАЦП вимірювальний пристрій забезпечує широкий динамічний діапазон вимірювання опору. Крім того, запропонована структура є доволі простою в реалізації.

Висновок

Запропоновані в роботі алгоритми можуть знайти застосування у вимірювальних пристроях із цифровим обробленням сигналів без застосування сигнальних процесорів для виконання безпосередніх операцій перемноження і ділення сигналів. Їх коректність підтверджується шляхом імітаційного моделювання. При застосуванні алгоритмів характер адитивних, мультиплікативних похибок та похибок нелінійності зберігається.

Література

- [1] Дорожовець М., Мотало В., Стадник Б., та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки, Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005, 532. с.
- [2] Real-Time Analog Computational Unit (ACU) AD538 // http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD538.pdf
- [3] Горлач А.А., Минц М.Я., Чинков В.Н. Цифровая обработка сигналов в измерительной технике, К: Техніка, 1985, 151 с.