УДК 621.3

О.О. СЕМЕНОВА, А.О. СЕМЕНОВ, А.А. ГАЛКА, Я.М. ХОНЬКОВИЧ
Вінницький національний технічний університет

ШТУЧНІ НЕЙРОНИ З ІМПУЛЬСНИМ ПРЕДСТАВЛЕННЯМ ІНФОРМАЦІЇ

У статті пропонується використовувати для сучасних спеціалізованих обчислювальних пристроїв штучні нейрони, здатні обробляти імпульсні сигнали. Це дозволить уникнути перетворювачів та спростити структуру пристроїв. Запропоновано функціональні схеми нейронів із частотно-, широтно- та фазо-імпульсним представленням інформації.

In the article it is suggested to use artificial neurons, capable to process pulse signals, for modern specific computer devices. This allows avoiding converters and simplifying devices' structure. Function diagrams of neurons with pulse-frequency, pulse -width and pulse-phase information coding.

Ключові слова: нейрон, частотно-імпульсний, широтно-імпульсний, фазо-імпульсний.

Вступ

В останні роки інтенсивно вивчається можливість застосування апарату штучних нейронних мереж в задачах керування технічними об'єктами і технологічними процесами. В порівнянні з адаптивними системами керування, рівень невизначеності при використанні нейронних мереж може бути значно вищим, а головне, використання нейронних мереж не потребує аналітичного описання об'єкту керування.

Також нейронні мережі широко використовуються для вирішення ряду задач в сучасних телекомунікаційних мережах та системах, зокрема:

- для ідентифікації супутникових каналів [1];
- при розробленні приймачів для CDMA сигналів [2];
- для моделювання нелінійних НВЧ підсилювачів без пам'яті [3].

Постановка завдання

Оскільки у біологічних нейронах сигнали є послідовностями імпульсів, у штучних нейронах також можна використовувати імпульсно-модульовані сигнали. При цьому вхідні та вихідні сигнали є послідовностями імпульсів. Значенню вхідної та вихідної дії відповідає один із параметрів імпульсної послідовності. У нейронних мережах застосовуються чотири види модуляції. Таким чином, при застосуванні амплітудноімпульсної модуляції вхідних та вихідних сигналів нейронів значенням вхідної та вихідної дії відповідає амплітуда імпульсів, частотно-імпульсної – частота появи імпульсів, широтно-імпульсної – тривалість імпульсів, фазо-імпульсної – зсув імпульсів у часі.

Метою даної роботи є підвищення ефективності проектування штучних нейронних мереж.

Для досягнення мети пропонується розробити структурні схеми штучних нейронів із частотно-, широтно- та фазо-імпульсними інформаційними сигналами.

Штучний нейрон з частотно-імпульсним представленням інформації

Згідно одного із способів здійснення синапсного множення, будь-який із параметрів імпульсу – амплітуда, частота, тривалість, зсув у часі – відповідає значенням вхідної інформації, а інший – вазі синапсу, два останні параметри є константами [4]. У такому випадку значення вхідної інформації нейрону задається частотою імпульсної послідовності.

У праці [5], показано, що порівнянні з відео-імпульсним, амплітудноімпульсним і фазо-імпульсним методами представлення інформації, частотно-імпульсний метод є найбільш завадостійким і відмовостійким, та володіє найбільшою швидкодією. Таким чином, найкращими характеристиками володіють пристрої автоматичного керування з частотно-імпульсними інформаційними сигналами і саме їх доцільно застосовувати для розв'язання прикладних задач.

Тому пропонуємо схему нейрону з частотно-імпульсним представленням інформації (рис. 1). Для цього використаємо елементну базу частотних елементів – змішувачі, ключі, фільтри.

Даний нейрон має п'ять вхідних сигналів. Особливістю структури є те, що роль ваг синапсів виконують частотно-керовані перемикачі, які пропускають або не пропускають вхідні сигнали. Якщо перемикач відкритий, то це аналогічно множенню значення вхідного сигналу на вагу синапсу, яка дорівнює 1; якщо перемикач закритий, то це аналогічно множенню значення вхідного сигналу на вагу синапсу, яка дорівнює 0. Потім вхідні сигнали, що залишилися, сумуються за допомогою змішувачів. Функція активації реалізується таким чином: якщо частота сигналу суми f_{Σ} більше заданої порогової частоти $f_{пор}$, то сигнал суми проходить через фільтр верхніх частот і помножується у схемі множення частоти. Інакше, сигнал на виході відсутній. Отриманий вихідний сигнал порівнюється з бажаним сигналом виходу, і у випадку їх невідповідності змінюється положення перемикачів.

Такий нейрон характеризується високою завадостійкістю і хорошими обчислювальними можливостями. Даний приклад досить добре ілюструє можливість і доцільність проектування нейронів з частотно-імпульсним представленням інформації.

Таким чином, для покращення ефективності розробки нейронних мереж варто застосувати частотно-імпульсного кодування вхідних та вихідних сигналів штучних нейронів, оскільки при проектуванні можна досить просто розрахувати параметри імпульсних послідовностей.

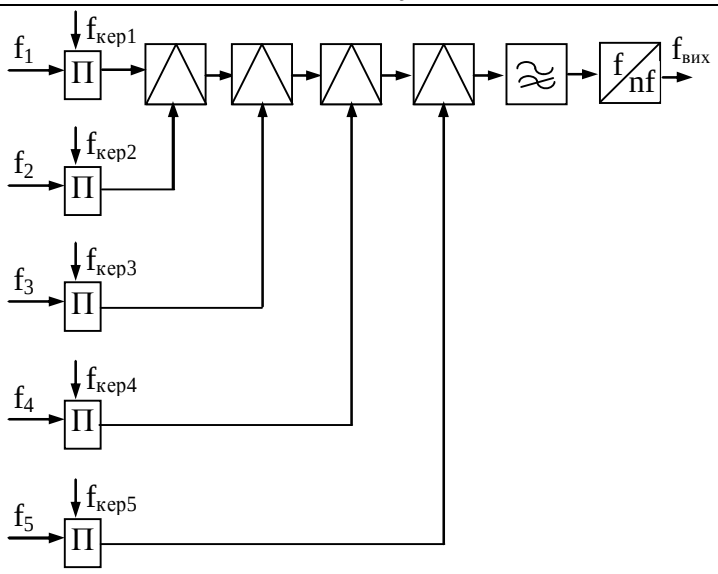

Рис. 1. Нейрон з частотно-імпульсним представленням інформації

Штучний нейрон з широтно-імпульсним представленням інформації

Для перетворення й обробки інформації найбільш придатними в сучасних системах є обчислювальні засоби широтно-імпульсного типу, що мають потужні обчислювальні можливості і велику номенклатуру датчиків [6]. Також за рахунок передачі інформації в широтно-імпульсній формі відбувається підвищення швидкодії пристрою.

Структурна схема нейрона з широтно-імпульсним представленням інформації представлена на рис. 2. Нейрон має три входи. Вхідні і вихідні сигнали є широтно-імпульсними. Значення ваг синапсів також задаються імпульсами різної тривалості. Функція активації у даному випадку є лінійною.

Нейрон працює таким чином. На входи нейрону a, b, c поступають імпульсні сигнали x_a, x_b, x_c. Імпульси сигналу x_a мають тривалість t_{xa}, імпульси сигналу x_b – тривалість t_{xb}, імпульси сигналу x_c – тривалість t_{xc}. Сигнали ваги приймають значення w_1, w_2, w_3; тоді імпульси ваги синапсу 1 мають тривалість t_{w1}, імпульси ваги синапсу 2 – тривалість t_{w2}, імпульси ваги синапсу 3 – тривалість t_{w3}.

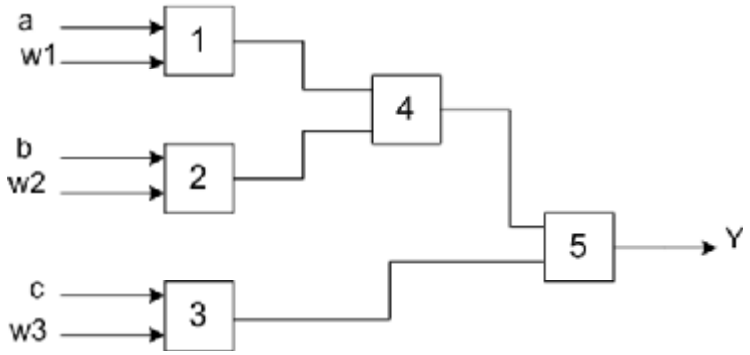

Рис. 2. Нейрон з широтно-імпульсним представленням інформації

Сигнали x_a і w_1 надходять на входи елемента 1, на виході якого отримуємо імпульсний сигнал тривалістю $|t_{xa} - t_{w1}|$. Сигнали x_b і w_2 надходять на входи елемента 2, на виході якого отримуємо імпульсний сигнал тривалістю $|t_{xb} - t_{w2}|$. Сигнали x_c і w_3 надходять на входи елемента 3, на виході якого отримуємо імпульсний сигнал тривалістю $|t_{xc} - t_{w3}|$.

Сигнали з виходів елементів 1 і 2 надходять на входи елемента 4, на виході якого маємо послідовність імпульсів тривалістю $|t_{xa} - t_{w1}| + |t_{xb} - t_{w2}|$, яка поступає на перший вхід елемента 5, на другий вхід якого надходить імпульсна послідовність з виходу елемента 4. Сигнал з виходу елемента 5 є вихідним сигналом нейрону і представляє собою послідовність імпульсів тривалістю $|t_{xa} - t_{w1}| + |t_{xb} - t_{w2}| + |t_{xc} - t_{w3}|$.

Отриманий вихідний сигнал порівнюється з бажаним сигналом виходу, і у випадку їх невідповідності змінюється тривалості імпульсів, які відповідають значенням ваг синапсів.

Даний приклад ілюструє можливість і доцільність проектування нейронів з широтно-імпульсним

кодуванням інформації.

Штучний нейрон з фазо-імпульсним представленням інформації

Згідно [7] саме фазо-імпульсні елементи відрізняються простотою забезпечення багатофункціональності при мінімальній схемотехнічній надлишковості. Також основною перевагою фазо-імпульсних елементів є незалежність кількості їх компонентів від основи числення [8].

У даному нейроні (рис. 3) значення вхідних та вихідної дії кодується фазою сигналів вхідних та вихідної дії.

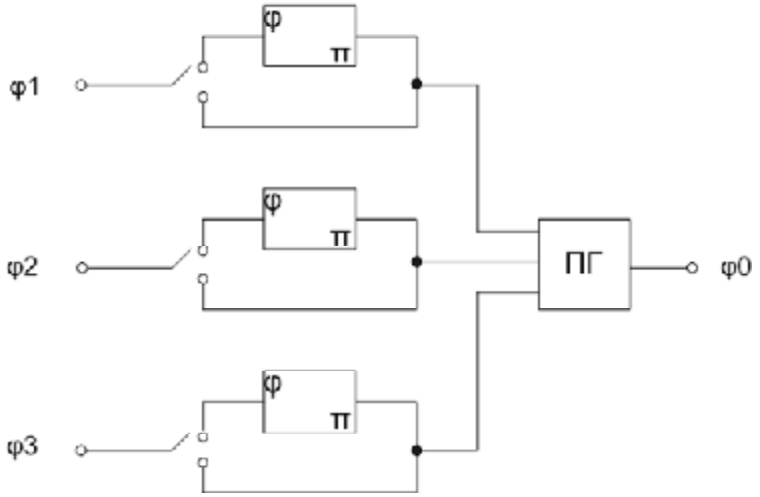

Рис. 3. Нейрон з фазо-імпульсним представленням інформації

Нейрон має три входи; вхідні та вихідна дії приймають значення 0 або 1; роль ваг синапсів виконують перемикачі; функція активації реалізується у параметричному генераторі згідно табл. 1.

Нейрон працює таким чином. На входи нейрону надходять сигнали з фазами j_1, j_2, j_3. Якщо вхідна дія нейрону $x_i = 0$, тоді $j_i = 0^0$. Якщо вхідна дія нейрону $x_i = 1$, тоді $j_i = 180^0$. Залежно від положення кожного перемикача вхідний сигнал проходить або не проходить через лінію затримки, яка змінює значення його фази на p, тобто змінює вхідну величину на протилежну. Потім всі три зважених сигнали з фазами j_1', j_2', j_3' надходять на входи параметричного генератора. Якщо фази принаймні двох зважених сигналів мають значення 0^0, тоді фаза вихідного сигналу $j_0 = 0^0$, тобто вихідна дія нейрону буде рівна 0. Якщо фази принаймні двох зважених сигналів мають значення 180^0, тоді фаза вихідного сигналу $j_0 = 180^0$, тобто вихідна дія нейрону буде рівна 1.

Таблиця 1

Вхідні та вихідний сигнали параметрона

j_1	j_2	j_3	j_0
0°	0°	0°	0°
0°	0°	180°	0°
180°	180°	0°	180°
180°	180°	180°	180°

Висновки

Таким чином, для покращення ефективності розробки нейронних мереж варто застосувати частотно-імпульсне, широтно-імпульсне або фазо-імпульсне кодування вхідних та вихідних сигналів штучних нейронів.

По-перше, це дає можливість при проектуванні просто розрахувати параметри імпульсних послідовностей, а також швидкодію множення і завадостійкість синапсів.

По-друге, це дозволяє уникнути використання перетворювачів сигналів, що, в свою чергу, спрощує структуру пристрою.

По-третє, використання у нейронних мережах сигналів з імпульсним представленням інформації дозволяє підвищити завадостійкість або швидкодію таких мереж, або зменшити їх структуру.

Так, запропоновані схеми штучних нейронів з імпульсним представленням інформації можуть знайти своє застосування у нейронних мережах, призначених для роботи у телекомунікаційних системах, сигнали у яких є частотно-, широтно-, або фазо-імпульсними

Література

1. M. Ibnkahla. Neural Network Modeling and Identification of Non-linear Channels with Memory: Algorithms, Applications and Analytic models / M. Ibnkahla, N. J. Bershad, J. Sombrin, F. Castanie // IEEE Trans. Signal Process. – May 1998. – pp.1208–1220.

2. M. Ibnkahla. Applications of Neural Networks to Digital Communication a Survey / M. Ibnkahla // IEEE Signal Processing Magazine. – November, 1997. – pp.1186-1215.

3. M. Ibnkahla. Neural Networks for Modeling Non-linear Memoryless Communication Channels / M. Ibnkahla, J. Sombrin, F. Castanie, N. J. Bershad // IEEE Trans. Commun. – 1997. – 7 July. – pp.768–771.

4. Reyneri L. M. A Comparison between Analog and Pulse Stream VLSI Hardware for Neural Networks and Fuzzy Systems / L. M. Reyneri, H. C. A. M. Withagen, J. A. Hegt, M. Chiaberge // Proc. of MICRONEURO 94, Int'l Conf. on Microelectronics for Neural Networks and Fuzzy Systems, Torino (I), September 1994. – IEEE Computer Society Press. – pp. 77–86.

5. Кичак В.М. Синтез частотно-імпульсних елементів цифрової техніки : [монографія] / Кичак В.М. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 266 с.

6. Бардаченко В.Ф. Основи теорії таймерних обчислювально-вимірювальних пристроїв / В.Ф. Бардаченко, В.М. Кичак. – Вінниця : ВДТУ. – 2003. – 106 с.

7. Reyneri L. M. Neuro-Fuzzy Hardware: Design, Development and Performance / L. M. Reyneri // Proc. of FEPCONN III, Skukuza (South Africa), 12-15 July 1998. – pp. 305-311.

8. Проектирование многофункциональных интегральных схем / [Молчанов А.А., Волкогон В.П., Лоза Ю.Х., Яловега Г.И.]. – К. : Техніка, 1984. – 143 с.

Надійшла 17.5.2012 р.
Рецензент: д.т.н. Осадчук О.В.

УДК 621.3

О.І. ПОЛІКАРОВСЬКИХ
Хмельницький національний університет

АРХІТЕКТУРА ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТИ ДЛЯ РІШЕНЬ ЦИФРОВОГО РАДІО

Розглянуто принципи організації прямих цифрових синтезаторів частоти – DDS. Виконано математичний аналіз функціонування основних елементів такого синтезатора. Розглянуто можливості застосування синтезаторів прямого цифрового синтезу для побудови телекомунікаційних систем з різними видами модуляції. Застосування цифрових синтезаторів прямого синтезу DDS значно спрощує архітектуру радіоапаратури з точки зору спрощення побудови модуляторів, демодуляторів. Значно спрощується реалізація складних видів модуляції (QAM).

The principles of direct digital frequency synthesizers - DDS. A mathematical analysis of the functioning of key elements of the synthesizer. The possibilities of application of direct digital synthesizers synthesis for the construction of telecommunication systems with different types of modulation. Thus the use of digital synthesizers direct synthesis DDS greatly simplifies the architecture of radio in terms of simplification of construction modulators, demodulators. Simplify the implementation of complex types of modulation like QAM.

Ключові слова: Software Defined Radio (SDR), радіозв'язок з програмованими параметрами компонентів, АЦП, ЦАП, КАМ, прямий синтезатор частоти, Software Defined Radio (SDR), ADC, DAC, direct frequency synthesizer (DDS), QAM.

Постановка задачі

У розвинутих країнах світу активно ведуться розробки технології, що отримала загальну назву Software Defined Radio (SDR) - радіозв'язок з програмованими параметрами компонентів (РППК)[1]. Суть технології SDR (РППК) полягає у тому, що базові параметри приймально-передавальних пристроїв визначаються саме програмним забезпеченням, а не апаратною конфігурацією. Вихідним елементом радіопередавача у такій технології є, як правило, цифровий синтезатор частоти з можливістю модуляції усіх базових параметрів сигналу (фази, частоти, амплітуди). Параметри такого синтезатора визначають якість роботи систем побудованих за технологією SDR. У процесі роботи DDS синтезатора виникає цілий ряд джерел похибок і шумів синтезатора, що призводить до погіршення тактико-технічних характеристик такої апаратури. Завданням роботи є виявлення оптимальної побудови внутрішньої структури синтезатора з метою мінімізації шумів систем SDR.

Аналіз досліджень та публікацій

DDS (Direct Digital Synthesizer – Прямий цифровий синтезатор) у спрощеному вигляді представлено на рисунку 1. DDS має у своєму складі такі основні функціональні блоки: фазовий акумулятор, перетворювач фаза – амплітуда (зазвичай це блок постійної пам'яті з записаними у неї значеннями функції синус – косинус), цифро-аналоговий перетворювач та фільтр.