

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Адаменко В. О., асистент; Шунков В. В.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Схемотехнічна реалізація штучних нейронних мереж залишається одним з пріоритетних напрямів розвитку обчислювальної техніки, що підтверджується численними дослідженнями в галузі розвитку нейрокомп'ютерів. Більшість корпорацій, які займаються розробкою традиційних процесорів, проводять дослідження спрямовані на реалізацію нейропроцесорів, як якісно нового підходу до вирішення задач інтелектуального рівня: розпізнавання і осмислення зображень та звуків, прийняття рішень в умовах часткової невизначеності тощо.

В [1] запропоновано функціональну схему схемотехнічної реалізації штучного нейрону (ШН), як елементу штучних нейронних мереж (ШНМ), використання яких є одним з напрямів реалізацію нейрокомп'ютерів та штучного інтелекту. Принцип роботи ШНМ передбачає, що знання зберігаються у вигляді значень вагових коефіцієнтів ШН, тому реалізація методу для їх збереження є актуальною задачею. В роботі наведено аналіз методів зберігання значень вагових коефіцієнтів для схемотехнічної реалізації неперервних (аналогових) нейронних мереж.

Проведений аналіз методів збереження значень вагових коефіцієнтів показав, що універсального рішення на даний момент не має. В більшості випадків збереження відбувається за допомогою традиційних методів цифрової техніки, тобто зберігається двійкове значення вагових коефіцієнтів, що в свою чергу призводить до значного зростання кількості операцій та ускладнення схеми нейронної мережі, адже необхідно забезпечити фізичний зв'язок кожного входу ШН з певною коміркою пам'яті і, при необхідності, перетворити двійковий код в певне фізичне значення.

Цікавою є методика використання незалежного компоненту (компонентів) для збереження значень вагових коефіцієнтів. Історично першим [2] таким компонентом став мемістор — електрохімічний компонент, опір якого змінюється під дією струму в колі керування. Проте широкого поширення та розвитку дані компоненти не знайшли у зв'язку з доволі високою вартістю та порівняно низьким строком служби. Крім того, швидкодія таких елементів теж не найкраща, адже повні зміна опору займала мінімум 5 секунд. Нажаль подальші дослідження в галузі розвитку мемісторів не проводилися, тому на ринку відсутня (або не є вільнодоступною) сучасна елементна база, яка б реалізувала функції мемістора [3].

Як варіант реалізації запам'ятовування значень вагових коефіцієнтів є використання польових транзисторів (MOSFET) з «плаваючими» затвора-

ми [4]. До переваг можна віднести значне поширення технології їх виготовлення і, як наслідок, низьку вартість та високу надійність. Проте в більшості випадків перенесення носіїв заряду в ізолюваний затвор відбувається за допомогою лавинного пробію, відповідно важко отримати проміжні значення. Тобто по замовчуванню дані транзистори мають два стани — відкритий або закритий. Тому безпосереднє використання в якості елементів пам'яті для вагових коефіцієнтів є сумнівним.

Сучасним компонентом, який корпорація Hewlett-Packard пропонує в якості запам'ятовуючого пристрою є мемристор — пасивний електронний компонент мікроелектроніки з нелінійною вольт-амперною характеристикою. Падіння напруги на такому елементі змінюється пропорційно інтегралу струму за часом, який проходить через нього. Характерною ознакою цього елемента є наявність гістерезису, що дозволяє використовувати його в якості запам'ятовуючого елемента.

Мемристор, як і мемістор відноситься до компонентів хемотроніки, тобто його робота залежить від протікання електрохімічних процесів в електроліті (мемістор) або оксидному шарі (мемристор). Корпорація Hewlett-Packard розробила мемрістор, який представляє собою два тонкі (одиниці нанометрів) шари плівки діоксиду титану з різною концентрацією атомів кисню та провідникові електроди [5]. Носіями заряду виступають вакансії кисню. Збіднений шар має опір величиною в десятки Ом, а збагачений — десятки кОм. При прикладенні зовнішнього електричного поля відбувається дифузія із збагаченого шару діоксиду в збіднений, таким чином змінюється опір мемристора. Стан мемристора зберігається за відсутності напруги, доки не буде прикладена напруга іншої величини або знаку.

Принцип роботи мемристора в першому наближенні повторює особливості роботи синапсів нервових клітин, адже останні створюють кращі зв'язки в місцях, по яким частіше проходять нервові імпульси. Тому їх використання, як елементів ШНМ є цілком реальним. До основних недоліків мемристора можна віднести високу вартість, так як технологія їх виготовлення порівняно нова та певні труднощі в зчитуванні записаної інформації (при реалізації, наприклад, багатошарових НМ), так як протікання струму через мемристор буде змінювати його стан.

В табл. 1 наведено порівняння перерахованих вище елементів для зберігання даних. Варто звернути увагу, що значення показників відповідає технічним характеристикам існуючих компонентів і не може в повній мірі проілюструвати потенційні можливості компонентів з врахуванням подальшого розвитку технології їх виготовлення.

Аналіз наведеної інформації дозволяє зробити висновок, що використання транзисторів з «плаваючим» затвором можливе лише в складі більш складних схем, адже вагові коефіцієнти НМ можуть приймати значення в доволі широкому діапазоні, а лавинне перемикання транзистора дозволяє зафіксувати лише значення логічного «0» чи «1». Проте застосування

MOSFET транзисторів цілком можливе при використанні більш складних схем збереження значень вагових коефіцієнтів.

Таблиця 1 Параметри компонентів зберігання даних

Тип	Діапазон зміни, Ом	Час зміни опору, с	Перезапис, циклів	Мініатюризація	Вартість
Мемістор	2 – 100	10–100	3000	Не проводилась	Невідома
Мемрістор	$500 - 10^5$	$0,5 \cdot 10^{-8}$	2000	до 14 нм	\$12,5/1біт
MOSFET	$10^{-3} - 10^3$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	10–100 тис	14 нм	\$2/1 Гбіт

Використання мемісторів та мемрісторів в якості запам'ятовуючих компонентів потребує більш докладного вивчення з використанням симуляторів електронних схем, адже перші зараз не випускаються, а другі мають занадто високу вартість для проведення фізичних експериментів. Проте це вимагає створення відповідних spice-моделей, що в свою чергу потребує поглибленого аналізу структури даних компонентів та електрохімічних процесів, які протікають під час їх роботи.

Перелік посилань

1. Адаменко В. О. Схемотехнічна реалізація штучного нейрону / В. О. Адаменко, Д. Ю. Чеботар // матеріали конференції МНТК «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 16–22 березня 2015 — К. : НТУУ «КПІ», 2015. — С. 77—81
2. Widrow B. Pattern Recognition and Adaptive Control / B. Widrow // Applications and Industry, IEEE Transactions on — 1964 — Vol. 83 — Iss. 74 — P. 269 — 277 — DOI: 10.1109/TAI.1964.5407756
3. Мемисторы (электрохимически управляемые резисторы) — Режим доступу: <http://www.155la3.ru/memistor.htm> — Назва з екрану.
4. Транзистор с плавающим затвором — Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/Транзистор_с_плавающим_затвором — Назва з екрану.
5. Kanellos M. HP makes memory from a once-theoretical circuit / Michael Kanellos // CNET. — 2008. — Режим доступу до ресурсу: <http://www.cnet.com/news/hp-makes-memory-from-a-once-theoretical-circuit>

Анотація

Наведено методи зберігання значень вагових коефіцієнтів штучних нейронних мереж. Проведено аналіз компонентів, які можна використовувати в якості запам'ятовуючих пристроїв. Окреслено основні напрями подальших досліджень в області схемотехнічної реалізації ШНМ.

Ключові слова: ШНМ, мемрістор, мемістор, методи зберігання інформації.

Анотация

Приведены методы хранения значений весовых коэффициентов искусственных нейронных сетей. Проведен анализ компонентов, которые можно использовать в качестве запоминающих устройств. Определены основные направления дальнейших исследований в области схемотехнической реализации ИНС.

Ключевые слова: ИНС, мемристор, мемистор, методы хранения информации.

Abstract

The storage methods of weight coefficient of artificial neural networks (ANN) are given. The components that can be used as storage devices are analyzed. The main directions for further research in the field of circuit implementation of the ANN are identified.

Keywords: ANN, memristor, memistor, data storage methods.