



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42063 (13) U
(51) МПК (2009)
G06F 7/48МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) НЕЙРОЧИП

1

2

(21) u200814795

(22) 22.12.2008

(24) 25.06.2009

(46) 25.06.2009, Бюл.№ 12, 2009 р.

(72) КОЧКАРЬОВ ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, КУ-
ЧЕРОВА НАТАЛІЯ СЕРГІЙВНА, ПАНАСКО ОЛЕНА
МИКОЛАЇВНА(73) ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧ-
НИЙ УНІВЕРСИТЕТ(57) Нейрочип, що містить декілька шарів, в кож-
ному з яких є декілька нейронів та система зв'язкуміж нейронами, який **відрізняється** тим, що ней-
рочип містить формувач спеціальних S-функцій,
які являють собою систему сигналів: $S_{00}=1$ $S_{jn}=S_{j,n-1}$, якщо $0 \leq j \leq 2^{n-1}-1$; $S_{jn}=x_n S_{j-2^{n-1}, n-1}$, якщо $2^{n-1} \leq j \leq 2^n-1$,причому на вхід подають змінні даного шару, а
виходи S-функцій підключені до входів нейронів з
відповідними ваговими коефіцієнтами, суматорами
та функціями ініціалізації.

Корисна модель належить до обчислювальної
техніки і може бути використана в виробництві
елементів та вузлів обчислювальної та радіоелек-
тронної апаратури.

Відомі, достатньо широко, вузли EOM та PEA,
які іменуються як нейрочипи або нейросистеми.
Вони містять обов'язково один або декілька еле-
ментів, які іменуються як нейрони, та систему зв'я-
зків між нейронами, яка дозволяє функціонувати
нейрочипу як єдине ціле.

Класичний нейрон, як правило, реалізує ска-
лярну логічну функцію (ЛФ) від n вхідних змінних x_i

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b, \quad y = f(S) \quad (1)$$

де x_i - вхідні змінні, що найчастіше приймають
умовні значення 0 або 1, для яких відведені різні
діапазони напруг;

w_i , b - вагові коефіцієнти та поріг функції (інди-
відуальні для кожної функції);

f - типова функція нелінійного перетворення
суми S , або як її іменують в літературі, функція
активації.

Головними недоліками нейронів та, як наслі-
док, нейрочіпів на вказаних нейронах, є:

- обмежені логічні можливості кожного окремо-
го нейрону, який може реалізовувати тільки так
звані порогові логічні функції [2], питома вага яких
в повній множині ЛФ від n аргументів мізерна і
зменшується з ростом n . Так, наприклад, вже при
 $n=5$, кількість порогових функцій не перевищує

0,003%, а для реалізації довільної логічної функції
потрібно 2 або більше нейронів;

- суттєва складність міжнейронних зв'язків, яка
полягає в тому, що кожен нейрон, як правило,
пов'язаний з кожним іншим.

Останній недолік частково компенсован в за-
пропонованому РД-нейроні [3,4], в якому з метою
спрощення міжнейронних зв'язків операцію пере-
множення $w_i x_i$ замінено на операцію віднімання.

В моделі РД-нейрона [4] його вихід визнача-
ється рівнянням:

$$S = \sum_{i=1}^n |w_i - x_i| - b_i, \quad y = f(S) \quad (2)$$

а в системі міжнейронних зв'язків використо-
вуються логічні елементи АБО.

Недоліком РД-нейрону, так само, як і у класи-
чного нейрона, є вищевказана обмежена функціо-
нальність, яка полягає в реалізації на одному ней-
роні тільки порогових ЛФ.

Відомі також так звані потокові нейрони [5], в
яких носіями інформації є щільності потоків імпу-
льсів одиначної амплітуди. Реалізація таких ней-
ронів здійснюється виключно на цифровій елемен-
тній базі, що є позитивним фактором, який додає
надійності функціонування та можливості сучасної
мікроініціалізації елементів.

Але потокові нейрони також реалізують тільки
порогові ЛФ, тобто мають той же недолік, що і всі
вищевказані технічні рішення. Крім того, потокові
нейрони мають суттєвий додатковий недолік, який
полягає у великій інерційності нейронів цього типу.

(19) UA (11) 42063 (13) U

Вказана інерційність витікає з самого принципу їх функціонування, бо для зчитування інформації у вигляді щільності потоку потрібно спостерігати систему деякий інтервал часу, теоретично безкінечний.

Таким чином, всі відомі нейрони мають однаковий недолік, який полягає у тому, що один нейрон реалізує тільки порогові ЛФ, а для реалізації довільної ЛФ потрібна, як мінімум, двохступенева структура з декількома нейронами.

Найбільш близьким аналогом пропонованого нейроніпу слід вважати класичний нейрон (див.вище), саме тому він обраний в якості прототипу.

Задачею корисної моделі є зменшення кількості нейронів в нейроніпі за рахунок розширення можливостей нейроніпів таким чином, щоб будь-який нейрон в нейроніпі мав можливість реалізації будь якої ЛФ, а не тільки порогової функції.

Вказана мета досягається тим, що в структуру нейрону на вході вводиться додатковий блок - формувач спеціальних дворівневих S-функцій. Система S-функцій від n вхідних аргументів x_i може бути побудована рекурентно починаючи з $n=0$, таким чином:

$$S_{00}=1$$

$$S_{jn}=S_{j, n-1}, \text{ якщо } 0 \leq j \leq 2^{n-1}-1;$$

$$S_{jn}=x_n S_{j-2^{n-1}, n-1}, \text{ якщо } 2^{n-1} \leq j \leq 2^n-1. \quad (3)$$

Наприклад, для $n=2$:

$$S_{02}=1, S_{12}=x_1, S_{22}=x_2, S_{32}=x_2 x_1.$$

Для $n=3$:

$$S_{03}=1, S_{13}=x_1, S_{23}=x_2, S_{33}=x_2 x_1, S_{43}=x_3, S_{53}=x_3 x_1,$$

$$S_{63}=x_3 x_2, S_{73}=x_3 x_2 x_1$$

Можна довести, що будь яку ЛФ можна представити у вигляді полінома

$$S = \sum_{i=0}^{2^n-1} C_i S_i, y = f(S) \quad (4)$$

де S_i - вищенаведені спеціальні S-функції;

C_i - вагові коефіцієнти.

Таким чином, введення додаткового блоку формувача S-функцій ліквідує недоліки будь яких відомих нейронів і всі відомі нейрони можуть бути застосовані в вказаними формувачами в структурах нейроніпів.

Корисна модель пояснюється кресленнями, де:

- на Фіг.1 показана структура довільного шару нейроніпу;

- на Фіг.2 показано приклад реалізації довільного нейрону нейроніпу, зокрема, на операційному підсилювачі.

Нейроніп, що складається з нейронів, має один для всіх нейронів одного або декількох шарів формувач S-функцій І, який реалізовано, наприклад, на кон'юнктивній діодній полуматриці ПЛМ (Фіг.1). До сформованих S-функцій, які є різномані-

тними кон'юнкціями від x_i , згідно з розрахованими конкретними ваговими коефіцієнтами w_i , підключені безпосередньо всі нейрони 2 даного шару нейроніпу. Нейрони 2 складаються з блоків вводу 4 вагових коефіцієнтів w_i 3, суматорів 4 та блоків нелінійних функцій ініціалізації 5. Виходи нейронів 2 y_i можуть бути виходами для всього нейроніпу, або входами x_i для наступного шару нейроніпів, тобто подаватися на входи наступного формувача S-функцій І.

Введення формувачів S-функцій є необхідними та достатніми ознаками для досягнення технічного ефекту - зменшення кількості нейронів в нейроніпі в зв'язку з тим, що достатньо тільки одного нейрону запропонованої структури для реалізації будь якої логічної функції.

Нейрони 2 нейроніпу можуть бути реалізовані різними - відомими схемотехнічними засобами:

- класичними нейронами;
- РД-нейронами;
- потоковими нейронами.

На Фіг.2, як приклад, наведена схема реалізації довільного нейрону 2 на операційному підсилювачі. В даному разі функції блоків вводу вагових коефіцієнтів 3 виконують резистори 3 на входах ОП, функції суматора 4 виконує безпосередньо ОП, а роль функції активації 5 виконують стабілітрон та діод в зворотному зв'язку ОП.

Нейроніп працює таким чином. На стадії проектування нейроніпу вирішується питання кількості шарів нейроніпу, кількості нейронів у кожному шарі, виглядів ЛФ, які повинні реалізувати кожний нейрон. Після цього виконується мінімізація ЛФ за класичними або спеціальними критеріями. Результатами мінімізації ЛФ є обчислення вагових коефіцієнтів C_i в (4) для кожного нейрону. Структура S-ряду (4) для кожної ЛФ показує, які конкретно S-функції і з якими ваговими коефіцієнтами C_i треба подавати на кожний окремий нейрон нейроніпу.

Література:

1. Уоссерман. Нейрокомп'ютерна техніка, під ред. А.І. Галушкіна, М.:Мир, 1986.
2. Uchimurak K., Saito O., Amemia Y. A high-speed digital neuron network chip with low-power chain-reaction architecture // IEEE Journal, 1993, v.SC-27, N12, 1862-1866.
3. Бубенников А.Н., Бубенников А.А., Соловьев А.А. Основы и особенности гибких ультрачистых производств УБИС с индивидуальной обработкой пластин. Зарубежная радиоэлектроника, 1996, №6, с.43-55.
4. Маматов Ю.А. Булычев С.Ф., Карлин А.К., Тимофеев Е.А., Штерн Г.П. Цифровая реализация порогового нейрона. Отче по гранту № 94-01-01, 94, Российского фонда фундаментальных исследований.

