



Patent dodatkowy
do patentu _____

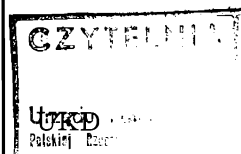
Zgłoszono: 16.XI.1970 (P 144 438)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 10.II.1973

Kl. 42m³, 15/42

MKP G06f 15/42



Współtwórcy wynalazku: Ryszard Gawroński, Zofia Decowska, Marek Decowski

Właściciel patentu: Polska Akademia Nauk (Instytut Cybernetyki Stosowanej), Warszawa (Polska)

Cyfrowy element neuropodobny

1

Przedmiotem wynalazku jest cyfrowy element neuropodobny, mający zastosowanie przy modelowaniu i analizie procesów w strukturach typu sieciowego, jak na przykład w analizatorach równań różniczkowych cząstkowych, układach uczących się i samoorganizujących, a także w strukturach systemu nerwowego.

Znane dotychczas są obok pneumatycznych, elektromechanicznych, także i elektroniczne elementy neuropodobne. Są to odrębne jednostki symulujące neurony. Ich konstrukcja wynika z rozważania matematycznych zależności określających elektryczne zachowanie się komórki neuronowej i zależy od założeń jakie ma spełnić. A więc są to bloki, które realizują takie właściwości komórki nerwowej jak pobudzenie, hamowanie, wagi wejść, sumowanie przestrzenne, czasowe i podprogowe, opóźnienie synaptyczne, refrakcję bezwzględną i względną oraz dalsze poimpulsowe zmiany pobudliwości, krótkotrwałą pamięć synaptyczną itp.

Wiadomo również, że podobne zależności matematyczne występują przy konstruowaniu urządzeń typu sieciowego (analizatorów polowych) do rozwiązywania równań różniczkowych cząstkowych i niektórych równań całkowych.

Z dotychczasowych doświadczeń w dziedzinie modelowania sieci neuronowych wynika konieczność zwrócenia szczególnej uwagi na uzyskanie dużej stałości parametrów elementu neuropodobnego i zapewnienie pewnej minimalnej dokładności. Znane

2

modele neuronu mają albo zbyt proste własności, zbliżone do typowego elementu logicznego, ewentualnie progowego o wyjściu zerojedynkowym, bądź też są złożonymi układami elektronicznymi o własnościach analogowych. W praktyce okazało się jednak, że urządzenia oparte o technikę analogową posiadają zbyt małą stałość parametrów, szczególnie w funkcji czasu i temperatury, a usunięcie tej wady znacznie zwiększa koszty elementu. Ponadto takie elementy przy współpracy z maszyną cyfrową wymagają dodatkowych kosztownych przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych.

Celem wynalazku jest skonstruowanie elementu neuropodobnego zachowującego wszystkie najważniejsze własności informacyjne neuronu, a jednocześnie wykonanego w technice cyfrowej.

Istota wynalazku polega na tym, że zaciski wejściowe połączone są z bramkami logicznymi typu iloczynu, do których, w charakterze wyżej wymienionych specjalnych wejść sterujących wagami, dołączone są zaciski wyjściowe przełącznika podającego do elementu impulsy z generatora wag. Wyjścia z bramek logicznych typu iloczynu połączone są poprzez sumatory logiczne z sumatorem realizującym sumowanie impulsów pobudzających i hamujących oraz efekt progowy, którego wyjście połączone jest z dekodernym poprzez sumator przebiegów sterowany przez generator impulsów synchronizujących i kasujących.

Dekoder sterowany jest również impulsami przy-

chodzącymi z tego samego generatora impulsów synchronizujących. Wyjście dekodera jest wyjściem elementu neuropodobnego. W sumatorze przebiegów znajdują się dwa odrębne liczniki kolejnych wypadkowych sum algebraicznych przebiegów wejściowych i przekazujące impulsy do dekodera. Praca elementu podzielona jest na dwa takty, w ciągu których kolejno zmieniają się rolami dwa wyżej wymienione liczniki.

Cyfrowe elementy neuropodobne według wynalazku, połączone w układ pozwalają sterować złożonymi procesami technicznymi, komunikacyjnymi, transportowymi czy nawet socjalnymi, a więc wszędzie tam, gdzie istnieje konieczność modelowania procesów w strukturach typu sieciowego. Ponadto przy wykorzystaniu tegoż elementu istnieje możliwość budowy urządzeń, w których możliwa jest realizacja procesów uczenia się, w dalszej perspektywie samoorganizacji.

Cyfrowy element neuropodobny według wynalazku nadaje się również jako element aktywnego analizatora polowego umożliwiającego rozwiązywanie szeregu zagadnień opisywanych równaniami różniczkowymi, cząstkowymi, a więc takich, w których zastosowanie klasycznych maszyn cyfrowych jest bardzo niewygodne. Sieci złożone z tego typu elementów, współpracujące z maszyną cyfrową znajdują przypuszczalnie szerokie zastosowanie przy badaniu systemów typu sieciowego bądź układów zawierających obiekty o stałych rozłożonych.

Przedmiot wynalazku zostanie bliżej objaśniony z wykorzystaniem rysunku przedstawiającego schemat blokowy elementu.

Cyfrowy element neuropodobny ma dwa typy wejść, a mianowicie pobudzające $1_p, 2_p, \dots, n_p$, oraz hamujące $1_h, 2_h, \dots, n_h$ i każdy z zacisków wejściowych $1_p, 2_p, \dots, n_p, 1_h, 2_h, \dots, n_h$ połączony jest odpowiednio z bramką logiczną typu iloczyn $A_p, B_p, \dots, N_p, A_h, B_h, \dots, N_h$. Do bramek tych dołączone są zaciski wyjściowe przełącznika P. Przełącznik P połączony jest z generatorem wag GW. Wyjścia bramek logicznych połączone są z sumatorem logicznym, i tak bramki $A_p, B_p, \dots, N_p$, dołączone do wejść pobudzających $1_p, 2_p, \dots, n_p$, mają wyjścia dołączone do sumatora logicznego SL_p , zaś bramki $A_h, B_h, \dots, N_h$, dołączone do wejść hamujących, $1_h, 2_h, n_h$ mają wyjścia dołączone do sumatora logicznego SL_h .

Wyjścia sumatorów logicznych SL_p i SL_h połączone są z sumatorem S, który dalej połączony jest poprzez sumator przebiegów SP z dekodern D. Wyjście dekodera D jest wyjściem elementu neuropodobnego. Do sumatora S realizującego sumowanie impulsów pobudzających i hamujących oraz efekt progowy, sumatora przebiegów SP oraz dekodera D dołączony jest generator GIS impulsów synchronizujących i kasujących. W sumatorze SP znajdują się dwa odrębne liczniki, liczące kolejno przebiegi wejściowe i przekazujące informacje do wyjścia.

Działanie cyfrowego elementu neuropodobnego według wynalazku jest następujące:

Impulsy z generatora wag GW bramkowane są w brankach logicznych $A_p, B_p, \dots, N_p, A_h, B_h, \dots, N_h$ im-

pulsami przychodzącymi do wejść $1_p, 2_p, \dots, n_p, 1_h, 2_h$. Następnie impulsy po wyjściu z bramek sumowane są w sumatorach logicznych SL_p i SL_h . W dalszej części układu, w sumatorze S realizowane jest sumowanie przebiegów pobudzających i hamujących, dając w efekcie zjawisko hamowania. Zjawisko hamowania w elemencie neuropodobnym osiąga się w ten sposób, że do sumatora S wchodzi tylko impulsy pobudzające. Wynika stąd, że impulsy hamujące, które przeszły przez sumator logiczny SL_h , są przeciwnego znaku ale o tej samej amplitudzie co impulsy pobudzające, które przeszły przez sumator logiczny SL_p i przychodzą w tej samej chwili czasowej. Tak więc pewne impulsy pobudzające, te które mają swój odpowiednik wprowadzony jako impulsy hamujące, są sprowadzone do zera i nie przechodzą dalej do układu.

Tak więc obserwuje się zsumowanie impulsów, zliczenie kolejne wypadkowych sum algebraicznych przebiegów wejściowych i przekazanie informacji do dalszej części układu. Wagi pobudzania jak i wagi hamowania są ściśle powiązane z szerokością impulsu przychodzącego z innego neuronu. Im szerszy będzie ten impuls, tym więcej impulsów z generatora przedostanie się do dalszej części układu, a więc tym większe będzie pobudzanie wyjściowe (przy hamowaniu będzie sytuacja odwrotna).

Sumator SP wypadkowych przebiegów docierających z sumatora S pracuje w dwóch taktach tworząc jeden cykl pracy całego układu. W każdym takcie pracuje jeden licznik, a w drugim liczniku przechowywana jest wartość sumy poprzedniego cyklu. W następnym takcie role liczników zmieniają się. Dzięki temu uzyskuje się modulację szerokości impulsu wyjściowego (na wyjściu dekodera D) ilością impulsów wejściowych (na wejściu sumatora SP), w określonym przedziale czasu.

Szczegółowo wyjaśniając, praca sumatora przebiegów SP jest następująca: liczniki pracują w takt impulsów zegarowych otrzymywanych z generatora impulsów synchronizujących GIS. W czasie trwania pierwszego taktu zliczane są w liczniku impulsy wejściowe przy nie wpuszczaniu impulsów zegarowych. Gdy przychodzi impuls zakańczający czas trwania taktu i rozpoczynający drugi takt, wpisywane są do tego samego licznika impulsy zegarowe aż do zapełnienia licznika. Chwila, w której licznik jest zapełniony, jest chwilą, w której przesłany jest impuls do dekodera i otrzymuje się początek impulsu wyjściowego, który trwa aż do momentu zakończenia drugiego taktu. Jednocześnie z zakończeniem drugiego taktu kończy się impuls wyjściowy. Wtedy to kasowany jest impuls z generatora GIS stan licznika, przez co przygotowany jest licznik do rozpoczęcia zliczania w następnym, trzecim takcie.

Drugi licznik, znajdujący się w sumatorze przebiegów SP działa identycznie, z tym, że impulsy wejściowe wpisywane są do niego w takcie, w którym do pierwszego licznika wpisywane są impulsy zegarowe, a zegarowe wtedy, gdy do pierwszego licznika przychodzi impulsy wejściowe.

1. Cyfrowy element neuropodobny, przeznaczony do modelowania struktur typu sieciowego, zawierający po kilka wejść dwóch typów pobudzających i hamujących oraz jedno wyjście, układy sumowania przestrzennego i czasowego oraz specjalne wejście sterujące zmianą wag, **znamienny tym**, że zaciski wejściowe ($1_p, 2_p, \dots, n_p$ i $1_h, 2_h, n_h$) połączone są z bramkami logicznymi typu iloczynu (A_p, B_p, N_p i A_h, B_h, N_h) do których w charakterze specjalnych wejść sterujących wagami dołączone są zaciski wyjściowe przełącznika (P) podającego do elementu impulsy z generatora wag (GW), a wyjścia z bramek logicznych typu iloczyn (A_p, B_p, N_p i A_h, B_h, N_h) połączone są poprzez sumatory logiczne (SL_p, SL_h) realizujące sumowanie przestrzeni z sumatorem

(S) realizującym sumowanie impulsów pobudzających i hamujących oraz efekt progowy, zaś wyjście sumatora (S) połączone jest z dekodery (D) poprzez sumator przebiegów (SP) sterowany przez generator (GIS) impulsów synchronizujących i kasujących, przy czym dekodery (D) sterowany jest również impulsami przychodzącymi z tego samego generatora (GIS) impulsów synchronizujących, a wyjście dekodera (D) jest wyjściem elementu neuropodobnego.

2. Cyfrowy element według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w sumatorze przebiegów (SP) znajdują się dwa odrębne liczniki, liczące kolejne przebiegi wejściowe i przekazujące je do wyjścia, a praca elementu podzielona jest na dwa takty, w ciągu których kolejno zamieniają się rolami dwa wyżej wymienione liczniki.

