

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

65710

Patent dodatkowy
do patentu _____

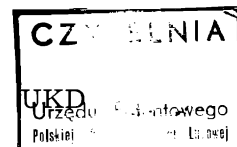
Zgłoszono: 23.V.1970 (P 140 839)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 15.XI.1972

Kl. 42m³,5/02

MKP G06f 5/02



Twórca wynalazku: Jerzy Loska

Właściciel patentu: Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa (Polska)

Sposób tłumaczenia liczb całkowitych dwójkowych na dziesiętne

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób tłumaczenia, czyli przeliczania liczb całkowitych dwójkowych na dziesiętne kodowane dwójkowo, przydatny w niektórych wyspecjalizowanych, elektronicznych maszynach cyfrowych.

Szeroko znane są maszyny cyfrowe, które do przeliczania wyników z jednego systemu na drugi wykorzystują programy przechowywane w pamięci. Ważne jest w takim przypadku aby programy te zapewniały możliwie szybkie uzyskiwanie poprawnych wyników, natomiast sam stopień skomplikowania programów tłumaczących oraz ich wielkości są zazwyczaj bez większego znaczenia. Dlatego programy te do tłumaczenia stosują niektóre szybko zbieżne szeregi algebraiczne lub ułamki łańcuchowe. Odwrotnie przedstawia się sprawa w przypadku maszyn cyfrowych wyspecjalizowanych, najczęściej posiadających programy tłumaczące wbudowane w sieć logiczną sterowania. Tu sposób tłumaczenia powinien być najprostszy, prowadzący do nieskomplikowanych a co za tym idzie tanich i wysoce niezawodnych układów sterujących. Poza tym sposób taki, jako używany do przeliczeń nie będącymi zasadniczym przeznaczeniem maszyny, musi przeważnie zakładać możliwie pełne wykorzystanie układów podstawowych wyspecjalizowanej maszyny cyfrowej.

Celem wynalazku jest sposób tłumaczenia liczb dwójkowych całkowitych na dziesiętne wystarczająco szybki przy zadanej dokładności obliczeń oraz

2

prowadzący do oszczędnej i zwartej realizacji logicznej sieci sterującej wyspecjalizowanego przełącznika cyfrowego.

Cel ten osiągnięto w sposobie, według którego po umieszczeniu w rejestrze liczby dziesiętnej ciągu kodów postaci 0011 przeprowadza się równoczesne badanie obu skrajnych bitów rejestru liczby dwójkowej i jeśli wartość najbardziej znaczącego bitu tego rejestru wynosi jeden, następuje zmiana zawartej w nim liczby przedstawionej w kodzie uzupełniającym na liczbę w systemie znak-moduł, drogą negowania logicznego wszystkich bitów począwszy od pierwszego bitu bardziej znaczącego znajdującego się przed pierwszą jedyneką licząc od mniej znaczącej strony liczby, połączona z zapamiętaniem jedynki we wskaźniku znaku. Następnie, jeżeli wartość najmniej znaczącego bitu rejestru liczby dwójkowej równa jest zero następuje dodanie jedynki do zawartości rejestru liczby dwójkowej połączone z zapamiętaniem jedynki we wskaźniku jedynki. Natomiast w przeciwnych przypadkach odpowiednio bądź nie następuje zmiana liczby dwójkowej, bądź dodanie jedynki, a zawartości obu wskaźników pozostają przeciwne, ale w każdym z tych czterech możliwych przypadków następuje przesunięcie zawartości rejestru liczby dwójkowej o jeden bit w kierunku bardziej znaczących bitów, następnie do wskaźnika końca tłumaczenia zostaje wprowadzona jedynka i dalej następuje badanie tego wskaźnika.

W razie gdy wskaźnik ten zawiera zero oznacza to koniec tłumaczenia. Jeśli zawiera on jedynkę, to zawartość rejestru liczby dwójkowej z wyjątkiem najbardziej znaczącego bitu podlega sumowaniu logicznemu a wynik zostaje zapamiętany we wskaźniku końca tłumaczenia. Po przesunięciu zawartości rejestru liczby dziesiętnej o jeden bit w kierunku bardziej znaczących bitów, jeżeli wskaźnik końca tłumaczenia zawiera jedynkę bądź wskaźnik jedynki na najmniej znaczącym bicie zawiera zero to do zawartości rejestru liczby dziesiętnej dodany zostaje najbardziej znaczący bit rejestru liczby dwójkowej. Kolejno dodany zostaje bez przeniesień ciąg tetrad korekcyjnych, przy czym jeżeli pewna tetrada rejestru liczby dziesiętnej posiada najmniej znaczący bit równy zero, to do najbliższej mniej znaczącej tetrady rejestru liczby dziesiętnej zostaje dodany kod 1101. Odwrotnie, gdy sprawdzany przez układ badania najmniej znaczących bitów tetrad bit równy jest jedynce to dodany zostaje kod 0011.

Po tych czynnościach wynik podlega zapamiętaniu w rejestrze liczby dziesiętnej natomiast zawartość rejestru liczby dwójkowej zostaje przesunięta o jeden bit w kierunku bardziej znaczących bitów i następuje powrót do badania zawartości wskaźnika końca tłumaczenia.

Na podstawie dostępnych publikacji technicznych nie można aktualnie wskazać metody tłumaczenia liczb dwójkowych całkowitych na dziesiętne kodowane dwójkowo tak prostej jak sposób stanowiący przedmiot niniejszego wynalazku. Korzyścią techniczną wynikającą z zastosowania opisywanej metody tłumaczenia liczb dwójkowych całkowitych na dziesiętne jest możliwość budowy pewnych, wyspecjalizowanych przeliczników cyfrowych.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonywania obliczeń tłumaczących, przy czym fig. 1 podaje same obliczenia dla dowolnie wybranej liczby dwójkowej $S = 0110011_2 = +51_{10}$ w wyniku których otrzymuje się liczbę w dziesiętnym kodzie nadmiarowym.

$$R = +1000 \quad 0100_2 + 3$$

Fig. 2 natomiast zawiera algorytm tłumaczenia, czyli sformalizowany zapis szczegółowy ogólnego sekwencyjnego i przetwarzalnego sposobu przeprowadzenia obliczeń.

Jeżeli X jest daną liczbą dwójkową o n bitach to w systemie znak-moduł jej zapis wygląda następująco:

$$x = x_n \cdot 2^n + \sum_{i=0}^{n-1} x_i \cdot 2^i$$

$$x_i = [0,1]$$

n — liczba naturalna

gdzie x_n jest bitem znaku, równym zero dla dodatnich liczb, a 1 dla ujemnych. Liczba ta w kodzie

uzupełniającym może być przedstawiona jak następuje:

$$X = (0) \cdot 2^n + \sum_{i=0}^{n-1} X_i \cdot 2^i, \quad \text{gdy } X > 0$$

oraz

$$X = (-1) \cdot 2^n + \sum_{i=0}^{n-1} \bar{x}_i \cdot 2^i + 2^0, \quad \text{gdy } X < 0$$

zaś $\bar{x}_i = 1 - X_i$ oraz jak poprzednio $x = [0,1]$
 n — liczba naturalna

Pomijając znak dodatnią liczbę dwójkową, całkowitą można przedstawić jak poniżej:

$$(X) = (\dots)X_{n-1} \cdot 2 + \dots X_2 \cdot 2 + X_1 \cdot 2 + X_0$$

Widać stąd, że aby przetłumaczyć liczbę dwójkową całkowitą na dziesiętną potrzeba i wystarczającą kolejny jej bit począwszy od najbardziej znaczącego mnożyć przez 2 i dodawać do bitu sąsiedniego mniej znaczącego, następnie znowu przemienić mnożyć przez 2, dodawać kolejny bit mniej znaczący i tak dalej aż do najmniej znaczącego bitu.

Mnożenie i dodawanie należy jednak przeprowadzać już w systemie dziesiętnym stosując liczby dwójkowe przedstawione w systemie znak-moduł. W technice maszyn cyfrowych jedną z najbardziej przydatnych reprezentacji liczb jest nadmiarowy kod dziesiętny, w którym wszystkie cyfry dziesiętne oraz zero przedstawione są przy pomocy grup 4-bitowych zwanych tetradami.

Przykładowo w kodzie tym zachodzą zależności następujące: $0_{10} = 0011_2 + 3$ a $9_{10} = 1100_2 + 3$. Indeks „+3” symbolizujący nadmiarowy kod dziesiętny przypomina o tym, że jest to kod liniowy, w którym wszystkie cyfry powiększono przez dodanie tetrady $0011_2 = 3_{10}$ do normalnej reprezentacji dwójkowej cyfr dziesiętnych.

Kod ten jednak wymaga po każdym dodawaniu przeprowadzenia korekcji, która w omawianym sposobie polega na dodaniu do tetrad wyniku grup korekcyjnych w postaci 0011 bądź 1101. Przekształcenie liczby dwójkowej podanej w kodzie uzupełniającym na liczbę w systemie znak-moduł przeprowadza się według wynalazku drogą negowania logicznego wszystkich bitów począwszy od pierwszego bitu bardziej znaczącego znajdującego się przed pierwszą jedynką licząc od mniej znaczącej strony liczby.

Postępowanie według sposobu będącego przedmiotem wynalazku wygląda następująco. Do początkowo pustego rejestru R zostaje wprowadzony ciąg grup 0011 liczący tyle tetrad ile cyfr dziesiętnych zawierać będzie liczba dziesiętna. W wyniku początkowego badania skrajnych bitów liczby dwójkowej przechowywanej w rejestrze S zostaną właściwie ustawione wskaźniki Z i U . Jeśli najbardziej znaczący bit liczby dwójkowej jest jedynką oznacza to, że liczba jest ujemna, wtedy jedynka zostaje umieszczona we wskaźniku Z aby widoczny był prawidłowy znak liczby dziesiętnej, a sama liczba

dwójkowa po zamianie kodu uzupełniającego na system znak-moduł, uzyskuje nową postać.

Badanie bitu najmniej znaczącego liczby dwójkowej powoduje zapamiętanie jedynki we wskaźniku **U** jeśli bit ten zawierał zero oraz umieszczenie jedynki również na tym bicie. Po tych czynnościach zawartość rejestru **S** zostaje przesunięta w kierunku bitów bardziej znaczących o 1 bit. Załadowanie jedynki do wskaźnika **K** jest początkiem cyklicznej sekwencji czynności wykonywanych n razy jeśli liczba dwójkowa zawiera $n + 1$ bitów.

Na początku cyklu odbywa się sprawdzanie czy rejestr **S** nie zawiera zera. W razie gdyby tak było, zero zostaje załadowane do wskaźnika **K** co po zakończeniu cyklu powoduje również zakończenie obliczeń.

Zawartość rejestru **R** zostaje przesunięta o 1 bit w kierunku bardziej znaczącym, a następnie poddawana zostaje korekcji, która polega na dodaniu bez przenoszeń między tetradami, do każdej tetrady rejestru **R** innej tetrady korekcyjnej przy czym jeśli sąsiednia bardziej znacząca tetra da rejestru **R** posiada najmniej znaczący bit równy zeru, tetra da korekcyjna ma postać 1101, a w przeciwnym razie jest to 0011. Równocześnie do najmniej znaczącego bitu najmniej znaczącej tetrad y korygowanej zawartością rejestru **R** zostaje dodany najbardziej znaczący bit rejestru **S**. Po tej czynności zawartość rejestru **S** podlega przesunięciu o 1 bit ku bardziej znaczącym bitom i następuje powrót do badania wskaźnika **K** końca tłumaczenia.

Przebieg działań cyklicznych podany został na Fig. 1, natomiast Fig. 2 zawiera algorytm sposobu. W przyjętej symbolice strzałka z jedynką skierowana w lewo oznacza przesuwanie zawartości rejestru o 1 bit ku bitom bardziej znaczącym, znak minus nad kropką jest symbolem zmiany kodu uzupełniającego na system znak-moduł, a znak plus z kropką z lewej strony oznacza dodawanie z blokadą przeniesień między tetradami. Inne symbole są przyjęte w logice matematycznej. W szczególności rozwart y ku kórze „daszek“ oznacza sumowanie logiczne.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób tłumaczenia liczb całkowitych, dwójkowych na dziesiętne, **znamienny tym**, że po umieszczeniu w rejestrze (**R**) liczby dziesiętnej ciągu kodów postaci 0011 przeprowadza się równoczesne badanie obu skrajnych bitów rejestru (**S**) liczby

dwójkowej i jeśli wartość najbardziej znaczącego bitu tego rejestru (**Sn**) wynosi jeden, następuje zmiana zawartej w nim liczby przedstawionej w kodzie uzupełniającym na liczbę w systemie znak-moduł, drogą negowania logicznego wszystkich bitów poczynawszy od pierwszego bitu bardziej znaczącego znajdującego się przed pierwszą jedynką licząc od mniej znaczącej strony liczby, połączona z zapamiętaniem jedynki we wskaźniku (**Z**) znaku oraz następnie, jeżeli wartość najmniej znaczącego bitu (**So**) rejestru liczby dwójkowej równa się zero następuje dodanie jedynki do zawartości rejestru (**S**) liczby dwójkowej połączone z zapamiętaniem jedynki we wskaźniku (**U**) jedynki natomiast w przeciwnych przypadkach odpowiednio bądź nie następuje zmiana liczby dwójkowej, bądź dodanie jedynki, a zawartości obu wskaźników pozostają przeciwne ale w każdym z tych czterech możliwych przypadków następuje przesunięcie zawartości rejestru (**S**) liczby dwójkowej o jeden bit w kierunku bardziej znaczących bitów, następnie do wskaźnika (**K**) końca tłumaczenia zostaje wprowadzona jedynka i dalej następuje badanie tego wskaźnika, przy czym w razie gdy zawiera on zero oznacza to koniec tłumaczenia, natomiast jeśli zawiera jedynkę, to zawartość rejestru (**S**) liczby dwójkowej z wyjątkiem najbardziej znaczącego bitu podlega sumowaniu logicznemu, a wynik zostaje zapamiętany we wskaźniku (**K**) końca tłumaczenia, następnie po przesunięciu zawartości rejestru (**R**) liczby dziesiętnej o jeden bit w kierunku bardziej znaczących bitów, jeżeli wskaźnik (**K**) końca tłumaczenia zawiera jedynkę bądź wskaźnik (**U**) jedynki na najmniej znaczącym bicie zawiera zero to do zawartości rejestru (**R**) liczby dziesiętnej dodany zostaje najbardziej znaczący bit rejestru (**S**) liczby dwójkowej i następnie dodany zostaje bez przeniesień ciąg tetrad korekcyjnych, przy czym jeżeli pewna tetra da rejestru (**R**) liczby dziesiętnej posiada najmniej znaczący bit równy zero, to do najbliższej mniej znaczącej tetrad y rejestru (**R**) liczby dziesiętnej zostaje dodany kod 1101 i odwrotnie, gdy sprawdzany przez układ badania (ϕ) najmniej znaczących bitów tetrad bit równy jest jedynie to dodany zostaje kod 0011, a po tych czynnościach wynik podlega zapamiętaniu w rejestrze (**R**) liczby dziesiętnej natomiast zawartość rejestru (**S**) liczby dwójkowej zostaje przesunięta o jeden bit w kierunku bardziej znaczących bitów i następuje powrót do badania zawartości wskaźnika (**K**) końca tłumaczenia.