

Zastosowania Procesorów Sygnałowych

Adam Korzeniewski

adamkorz@sound.eti.pg.gda.pl

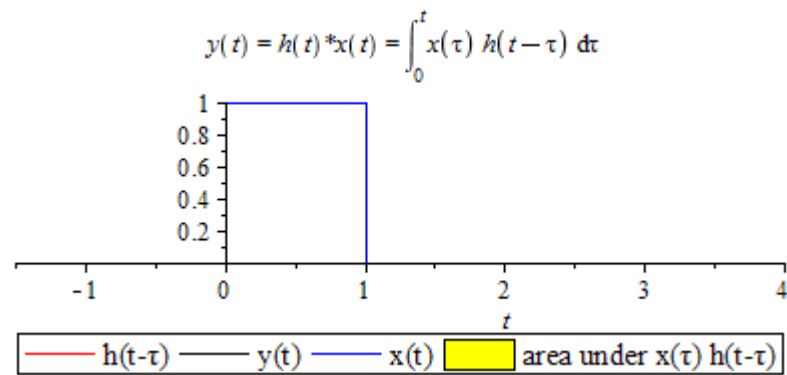
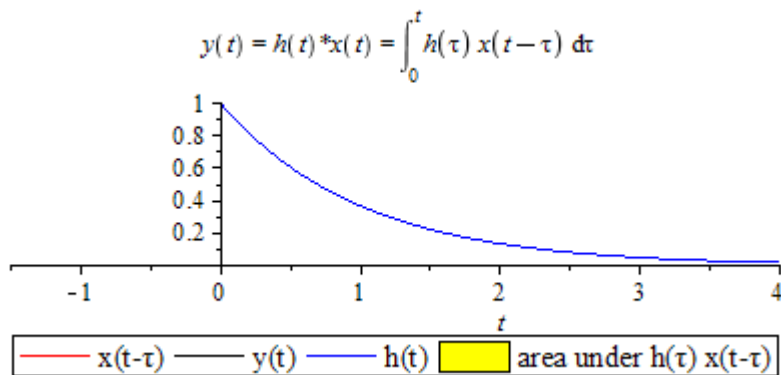
p. 732 - Katedra Systemów Multimedialnych

Szybki splot

Przetwarzanie potokowe

Splot

Operacja na dwóch funkcjach dająca w wyniku modyfikację oryginalnych funkcji (wynikiem jest iloczyn splotowy). Jest działaniem przemienne (podobnie jak mnożenie)



Szybki splot - FFT

Algorytm FFT jest tak bardzo skuteczny, że w przypadku obliczania splotu kołowego $y[n] = x[n] \otimes h[n]$ (N^2 mnożeń i $(N - 1)^2$ dodawań) opłaca się obliczyć widma sygnałów $x[n] \xrightarrow{FFT} X[k]$, $h[n] \xrightarrow{FFT} H[k]$,

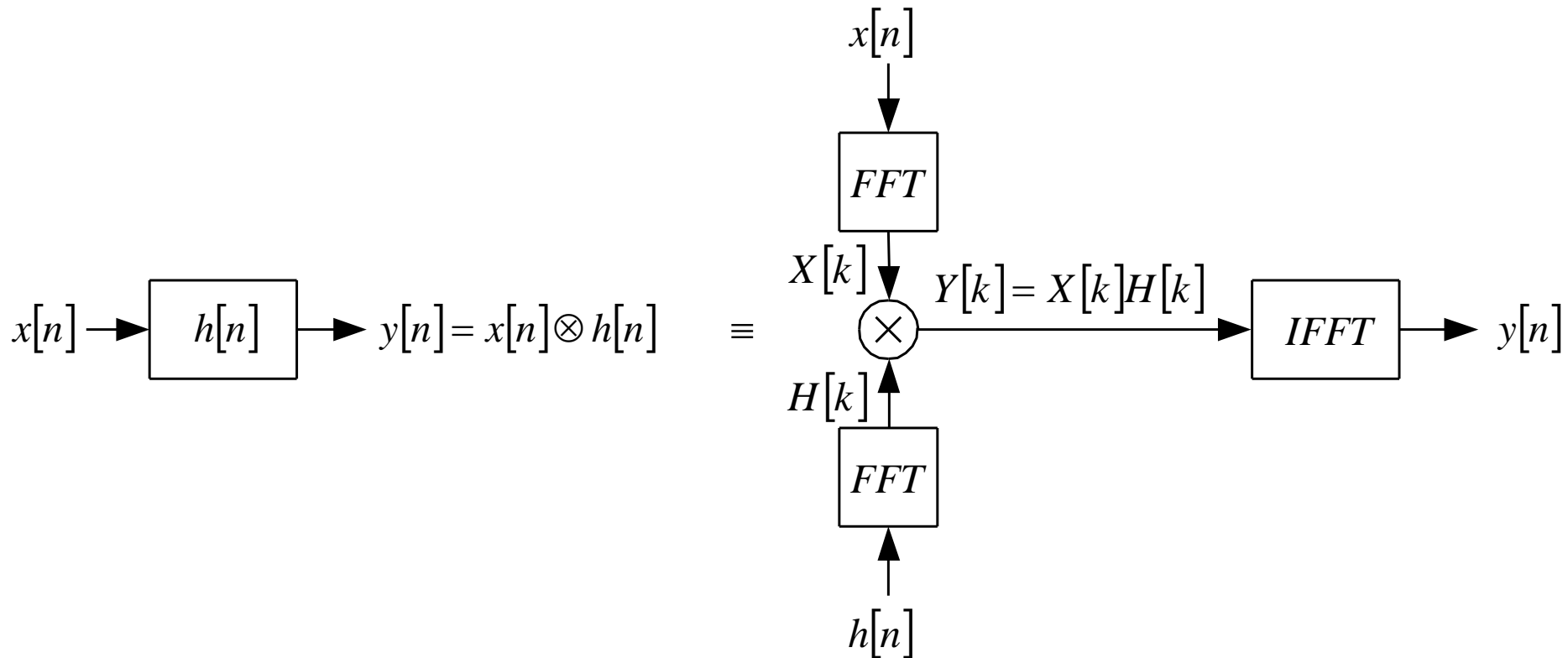
pomnożyć widma $Y[k] = X[k]H[k]$ i obliczyć

odwrotne przekształcenie $Y[k] \xrightarrow{IFFT} y[n]$.

Szybki splot

Ten sposób obliczania splotu nazywa się **szybkim splotem**, gdyż obliczenia trwają krócej już od $N = 32$ w przypadku splatania sygnałów zespolonych i od $N = 64$ w przypadku splatania sygnałów rzeczywistych. Korzystne jest to, że w tym zastosowaniu FFT nie ma potrzeby przenumerowywania próbek. Dodatkowe korzyści odnosi się w typowej sytuacji, gdy splot jest obliczany dla różnych sygnałów $x[n]$ przy tej samej funkcji $h[n]$. Wystarczy wtedy obliczyć przekształcenie tylko jeden raz.

Szybki splot – schemat blokowy



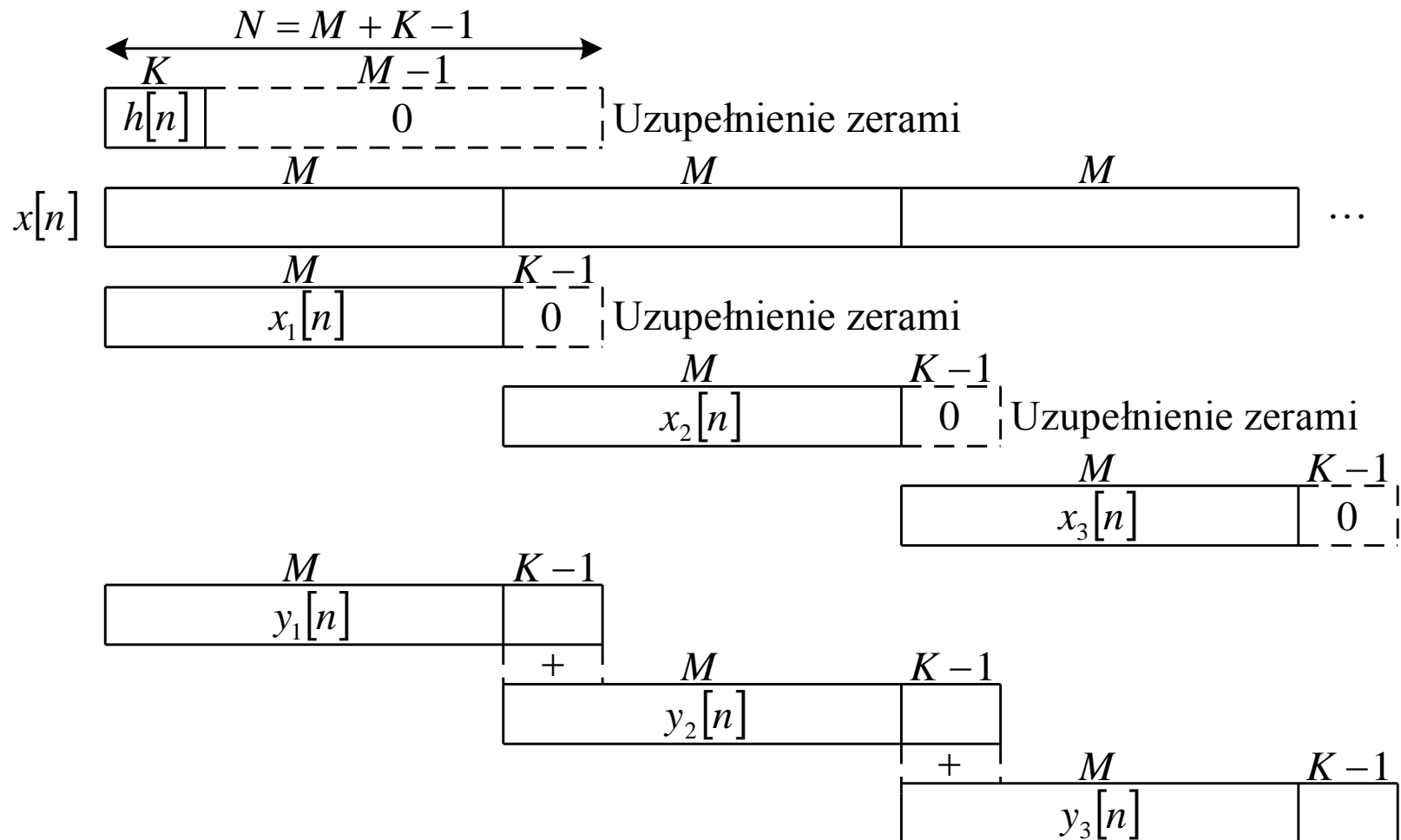
Szybki splot

Jeżeli sygnał wejściowy $x[n]$ jest bardzo długi (czy wręcz nieskończony, tak jak to jest przy przetwarzaniu w czasie rzeczywistym sygnałów dźwiękowych, czy obrazów ruchomych), to jego splatanie z odpowiedzią impulsową filtru $h[n]$ o długości K jest rozbijane na sumę szybkich splotów.

Szybki splot

Sygnał wejściowy należy rozbić na sumę bloków, każdy o długości M . Splot liniowy dwóch sygnałów o długościach M i K daje sygnał o długości $M + K - 1$. Splot kołowy powinien mieć taką właśnie długość $N = M + K - 1$, aby równał się splotowi liniowemu. Dlatego przed wykonaniem splotu kołowego sygnał $h[n]$ jest uzupełniany $M-1$ zerami do N oraz blok sygnału wejściowego $x_i[n]$ jest uzupełniany $K-1$ zerami do N . Wyniki kolejnych splotów kołowych $y_i[n]$ są sumowane na zakładkę o długości $K-1$, stąd metoda ma angielską nazwę *overlap-add*.

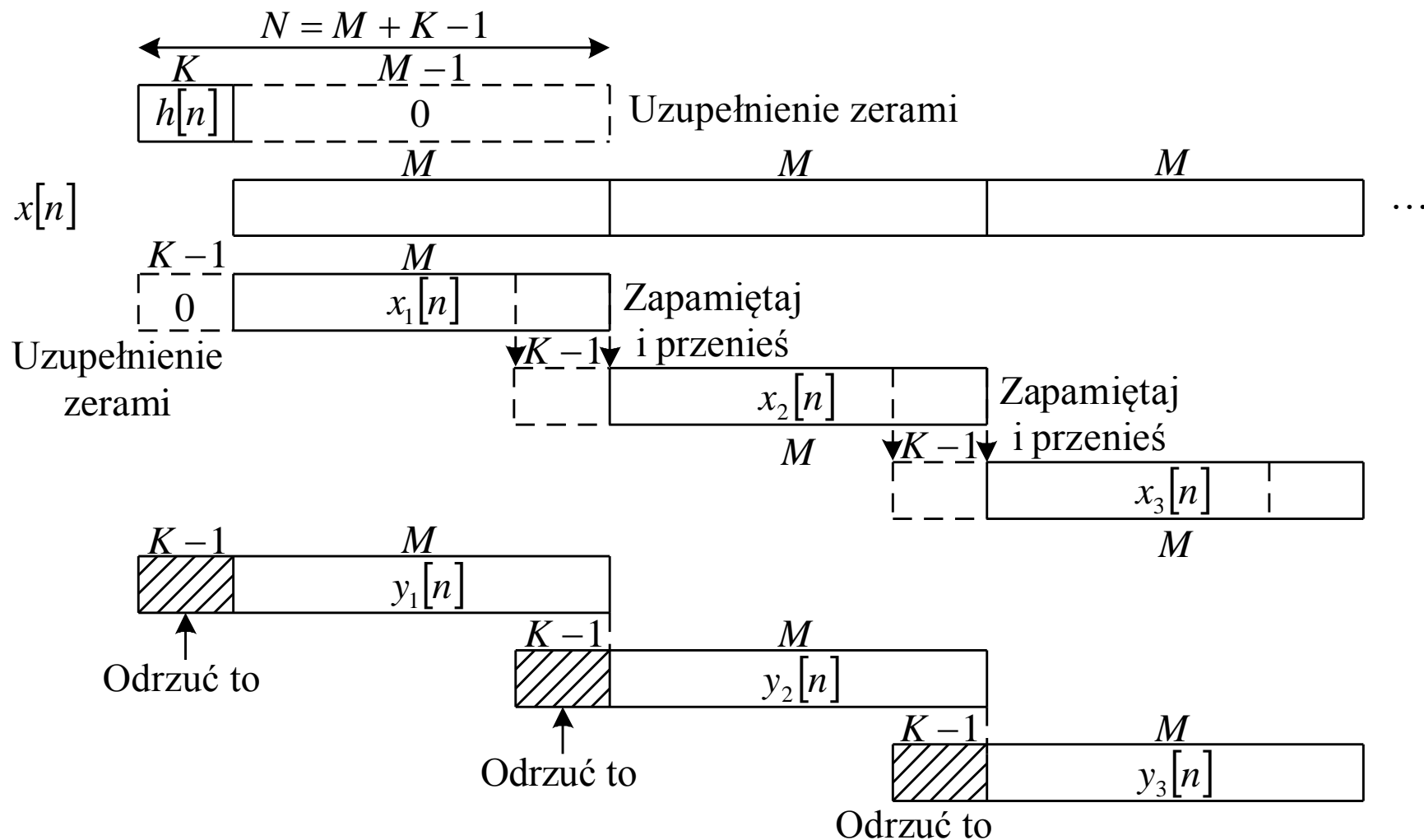
Szybki splot – obliczanie z dodawaniem zakładki (*overlap-add*)



Szybki splot

Równoważny sposób postępowania polega na zapamiętaniu $K-1$ końcowych próbek z poprzedniego bloku $x_{i-1}[n]$ i uzupełnieniu tymi próbkami początku następnego bloku $x_i[n]$. Tym razem splot kołowy daje $K-1$ początkowych próbek fałszywych (różniących się od wyniku splotu liniowego) i są one odrzucane z sygnału wyjściowego.

Szybki splot – obliczanie z dodawaniem zakładki (*overlap-add*)



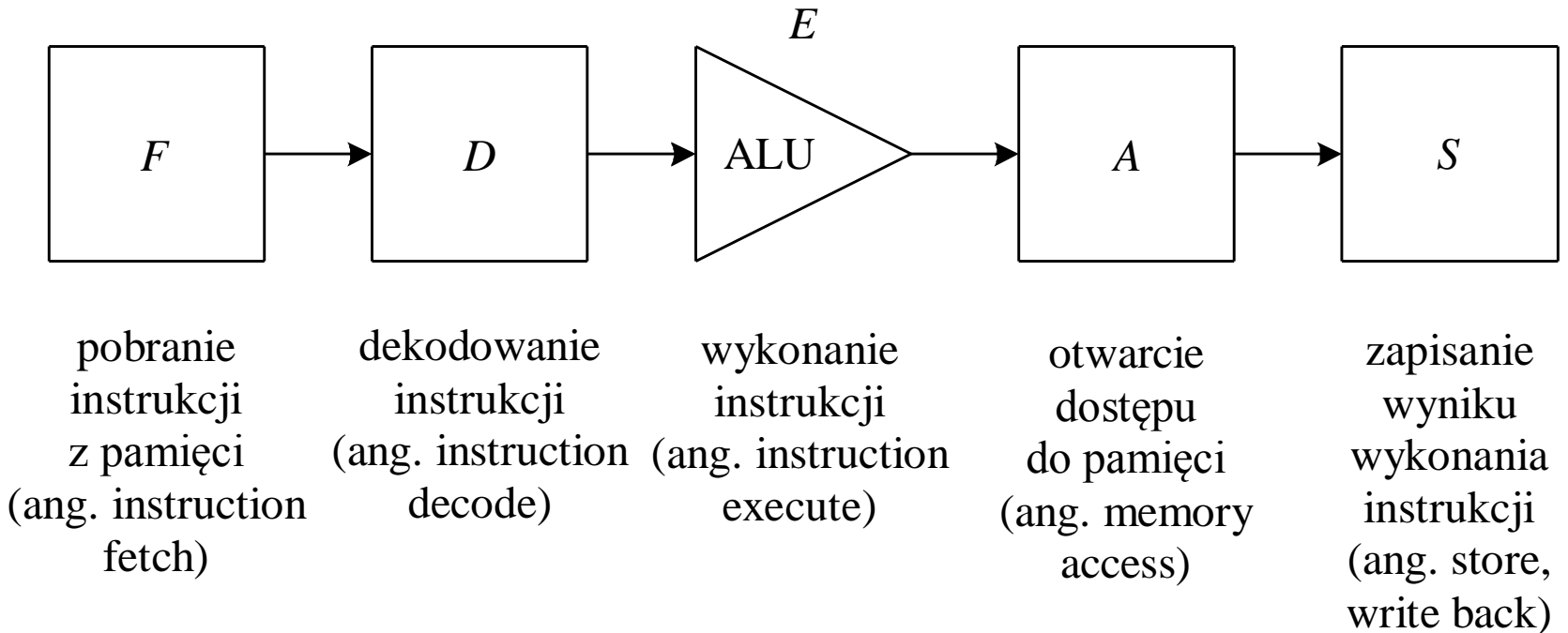
Szybki splot

Liczba kolejnych bloków próbek sygnału wejściowego $x[n]$ może być nieskończenie wielka. Ten sposób wprowadzania może być stosowany w procesorach sygnałowych przetwarzających sygnały cyfrowe w czasie rzeczywistym. Kolejne próbki ze źródła sygnału (mikrofon, kamera telewizyjna) są wprowadzane do odbiorczego bufora kołowego, a wyniki są wyprowadzane do nadawczego bufora kołowego.

Program komputerowy

Wykonanie programu komputerowego, to wykonanie sekwencji instrukcji. Instrukcję można przedstawić jako 5 bloków (stopni), każdy wykonywany w 1 cyklu zegara. Bloki oznaczymy literami F, D, E, A, S (pierwsze litery nazw w języku angielskim).

Program komputerowy – instrukcja programu jako 5 bloków



Przetwarzanie potokowe

Procesor sygnałowy ma logikę przystosowaną do wykonywania wszystkich bloków jednocześnie, dzięki czemu jest możliwe przetwarzanie potokowe.

Począwszy od 5-go cyklu zegara wykonywanych jest 5 bloków jednocześnie, każdy dla innej, kolejnej instrukcji. Wyniki S_1, S_2, \dots są dostępne w kolejnych cyklach zegara (5-tym, 6-tym, itd.), a nie po co 5-tym cyklu zegara, jak to było w przetwarzaniu niepotokowym.

Przetwarzanie potokowe

Potencjalnie jest możliwe 5-cio krotne zwiększenie prędkości obliczeń. Niestety trzeba z góry przewidzieć sytuacje konfliktowe, hazard (w literaturze naukowej wymienia się kilkadziesiąt takich sytuacji). Na przykład w przypadku instrukcji skoku, w najgorszym przypadku trzeba wycofać instrukcje, które następowały po instrukcji skoku i rozpocząć zapełnianie potoku od adresu, do którego nastąpił skok.

Dziękuję za uwagę

KONIEC