

Stanisław FRYCZ

Lesław TOPÓR-KAMIŃSKI

Instytut Podstawowych Problemów  
Elektrotechniki i Energoelektroniki  
Politechnika Śląska

#### PRZEŁĄCZNIKOWO-KONDENSATOROWY UKŁAD MNOŻĄCY

**Streszczenie.** Przedstawiono klasyfikację analogowych i cyfrowych układów mnożących. Pokazano przykład układu parametrycznego sterowanego cyfrowo oraz opisano model układu mnożącego zbudowanego na bazie aktywnych obwodów przełącznikowo-kondensatorowych.

#### 1. Wprowadzenie

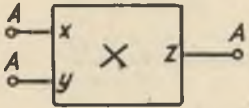
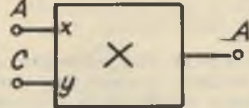
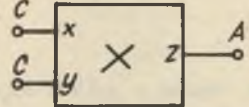
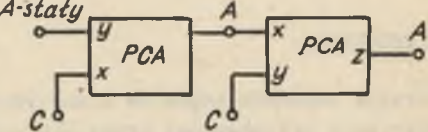
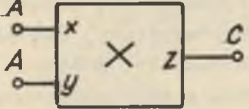
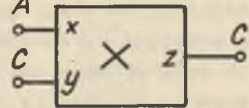
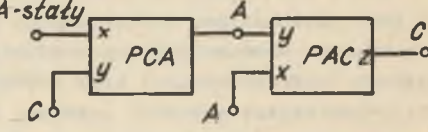
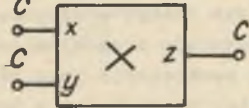
Operacja mnożenia sygnałów elektrycznych, ważna z punktu widzenia przetwarzania przenoszonej przez nie informacji, jest niemożliwa do wykonania w układach liniowych i stacjonarnych.

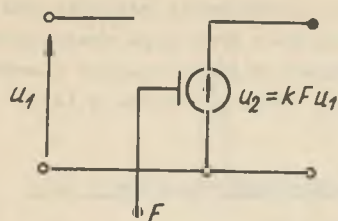
Do realizacji mnożników analogowych wykorzystuje się elementy o pewnych charakterystykach nieliniowych np. logarytmicznych, lub elementy o parametrach sterowanych innym sygnałem np. tranzystor polowy.

W praktyce mnożniki te wykonywane są techniką mikroelektroniczną jako elementy scalone. Mając do dyspozycji analogowy układ mnożący o odpowiedniej klasie dokładności mnożenia, można tworzyć sieci elektryczne o zadanych z góry własnościach nieliniowości lub niestacjonarności czasowej. Obecnie wskutek powszechnego wprowadzenia do praktyki cyfrowych systemów sterujących (mikroprocesory) oraz sterowanych mini układów analogowych (filtry przestrajane cyfrowo) zachodzi konieczność stosowania układów mnożących jednocześnie sygnały analogowe i cyfrowe. Zakładając w ogólności, że każdy układ mnożący posiada dwa wejścia oznaczone jako  $x$  i  $y$ , jedno wyjście  $z$  oraz dzielnik sygnały na dwie klasy: analogowe (A) i cyfrowe (C), można wyróżnić sześć rodzajów mnożników przedstawionych w tabelicy 1. Bloki 2 i 4 z tej tabelicy znane są powszechnie jako przetworniki w układach analogowo-cyfrowych przy założeniu, że na jedno z ich wejść podawany jest analogowy sygnał wzorcowy.

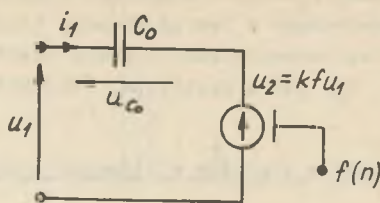
Z punktu widzenia teorii obwodów interesujące znaczenie ma blok PCA, gdyż pozwala on budować sieci analogowe o parametrach sterowanych sygnałem cyfrowym. W najprostszym przypadku PCA może być uważany ze źródło napięciowe sterowane napięciem, którego współczynnik wzmocnienia z kolei

Tablica 1

Lp.	Rodzaje sygnałów Zaciskowych	Nazwa lub schemat zastępczy
1.		<p>Analogowy układ mnożący (AUM)</p>
2.		<p>Przetwornik cyfrowo- analogowy (PCA)</p>
3.		<p>A-staty</p> 
4.		<p>Przetwornik analogowo- cyfrowy (PAC)</p>
5.		<p>A-staty</p> 
6.		<p>Cyfrowy układ mnożący (CUM)</p>



Rys. 1



Rys. 2

sterowany jest sygnałem cyfrowym (rys. 1). Na bazie tego źródła da się zrealizować przykładowo układ z pojemnością  $C_0$ , przedstawiony na rys. 2. W ogólnym przypadku jest on opisany równaniem różnicowo-różniczkowym o postaci:

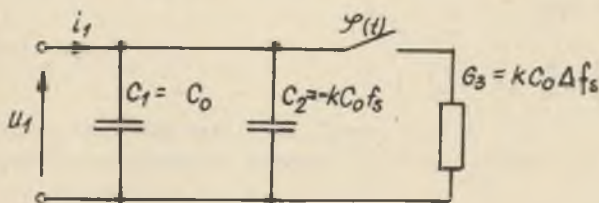
$$i_1(t) = C_0 \frac{d}{dt} \left\{ u_1(t) [1 - kf(n)] \right\} \quad (1)$$

Zakładając, że wartość współczynnika  $f$  w źródle  $u_2$  jest podtrzymywana przez cały okres kwantyzacji sygnału cyfrowego  $f(n)$ , można w równaniu (1) zastąpić go funkcją schodkową czasu ciągłego  $f_s(t)$ . Równanie to wtedy przyjmie postać:

$$i_1 = C_0 \frac{du_1}{dt} - kC_0 f_s(t) \frac{du_1}{dt} + kC_0 u_1 \frac{df_s(t)}{dt} \quad (2)$$

Odpowiadający równaniu (2) schemat zastępczy układu z rys. 2 przedstawiony jest na rys. 3, na którym:

$$\varphi(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \delta(t - n\tau), \quad \Delta f_s = f(n\tau) - f[(n-1)\tau] \quad (3)$$

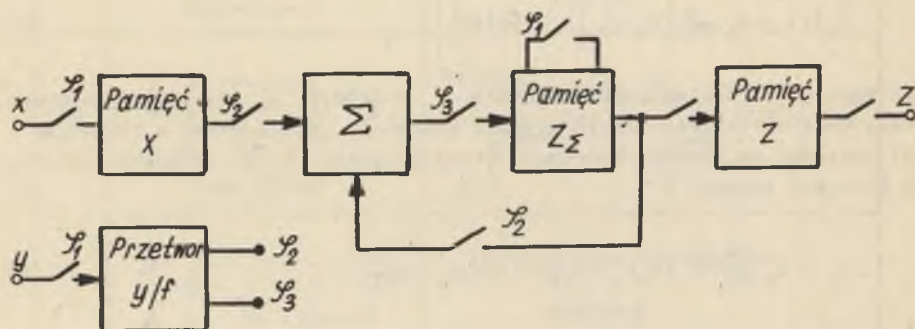


Rys. 3

Z analizy przedstawionego prostego przykładu zastosowania mnożnika analogowo-cyfrowego w teorii obwodów widać, że tworzone przy jego zastosowaniu sieci są parametryczne o typie niestacjonarności zarówno ciągłej (kondensator  $C_2$ ) jak i dyskretnej (konduktancja  $G_3$  wraz z kluczem  $\varphi(t)$ ).

## 2. Mnożenie sygnałów w układach przełącznikowo-kondensatorowych (SC)

Przedstawiona dotychczas klasyfikacja układów mnożących zakłada rozpatrywanie tylko dwu rodzajów sygnałów: analogowych i cyfrowych. Istnieją jednak układy, w których sygnały o wartościach ciągłych (dowolna liczba rzeczywista) są przetwarzane dla dyskretnych momentów czasowych (np. układy SC). Na rys. 4 przedstawiony jest schemat blokowy mnożnika, w któ-



Rys. 4

rym proces mnożenia sygnałów  $x$  i  $y$  dokonywany jest w okresie kwantyzacji  $\tau$  jednego z nich, przy czym wartość drugiego przetwarzania jest na częstotliwość impulsów sterujących pewnymi przełącznikami. Przebiegi sterujące kluczami przedstawione są na rys. 5.

Odpowiednik układu z rys. 4 zrealizowany przy użyciu przełączników, kondensatorów i wzmacniaczy operacyjnych pokazuje rys. 6.

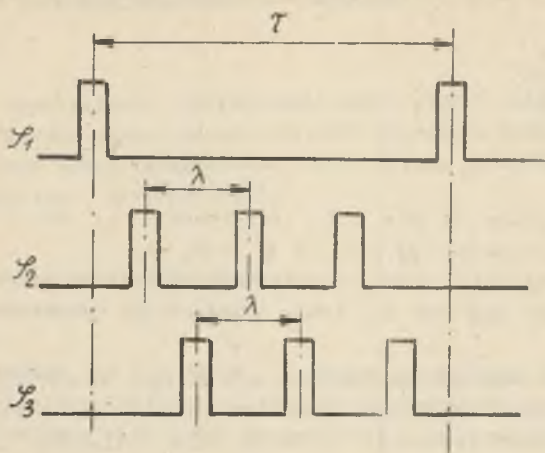
W układzie tym:

$$u_2 = \frac{C_2}{C_3} \cdot \frac{\tau}{T} u_1 \quad (4)$$

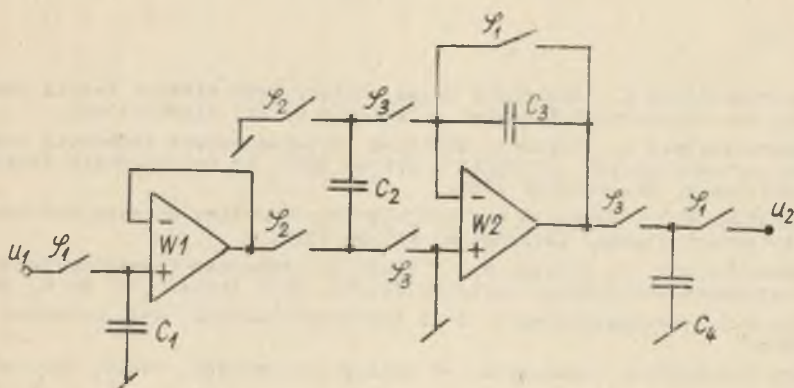
przy czym:

$$\frac{1}{T} = f = \alpha u_3 \quad (5)$$





Rys. 5



Rys. 6

zatem dla całego układu zachodzi:

$$u_2 = \frac{C_2}{C_3} \tau \alpha u_1 u_3. \quad (6)$$

przy czym mnożenie jest dwucwiartkowe, gdyż  $u_3 > 0$ .  
Poprzez wprowadzenie dodatkowego sygnału  $u_4$  sterującego częstotliwością funkcji przełączającej  $\varphi_1$ :

$$\frac{1}{\tau} = \beta u_4. \quad (7)$$

otrzymuje się układ mnożąco-dzieliący działający zgodnie z relacją:

$$u_2 = kx\beta \frac{u_1 u_3}{u_4}, \quad (8)$$

gdzie

$$k = C_2/C_3.$$

Aby  $u_2$  było równe 0 dla  $\lambda > \tau$  przetwornik  $u_3$  na  $f$  powinien wytwarzać w tym przypadku  $\varphi_2 = 0$ , a  $\varphi_3 = \varphi_1$ .

W celu uzyskania mnożenia czteroćwiartkowego należałoby wprowadzić dodatkowo detektor znaku sygnału  $u_3$ , który przełączałby odpowiednio strukturę całego układu.

Jeżeli założyć ciągłość sygnałów  $u_1$  oraz  $u_2$ , np. poprzez zastosowanie na wyjściu ekstrapolatora lub filtra, natomiast częstotliwość  $f$  sterować sygnałem cyfrowym, to przedstawiony układ może spełniać rolę przetwornika cyfrowo-analogowego.

#### LITERATURA

- [1] Topór-Kamiński L.: Analogowy układ mnożący jako element teorii obwodów. ZN Politechniki Śląskiej, Elektryka z. 54, Gliwice 1976.
- [2] Topór-Kamiński L.: Elementy składowe rezystancyjnych aktywnych obwodów parametrycznych. III SPETO, Ustroń 1979, ZN Politechniki Śląskiej, Elektryka z. 68, Gliwice 1980.
- [3] Michajłow F.A., Terjajew D., Buljekow W.: Dynamika niestacjonarnych dyskretnych system. Izd. Nauka, Moskwa 1980.
- [4] Viswanathan T.R., Faruque S.M., Vlach J.: Switched-Capacitor Transconductance and Related Building Blocks. IEEE Trans. CAS, No 6, 1980.
- [5] Jury E.I.: Przekształcenie Z i jego zastosowanie, WNT, Warszawa 1969.
- [6] Data acquisition components and subsystems catalog. Analog Devices, 1980.

Recenzent: doc. dr inż. Maria Jastrzębska

Wpłynęło do redakcji dnia 10 maja 1984 r.

## АНАЛОГОВЫЕ И ЦИФРОВЫЕ МНОЖИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

## Резюме

В статье представлена классификация аналоговых и цифровых множительных устройств. Показан пример параметрической системы с цифровым управлением а также описана модель множительного устройства, построенного на основе активных ёмкостно-ключевых цепей.

## ANALOGUE AND DIGITAL MULTIPLIERS

## Summary

Classification of digital and analogue multipliers has been presented. An example of a time-varying digitally controlled network is shown and a model of the multiplier built of active switched-capacitor elements is described.