

**Instytut Fizyki i Techniki Jądrowej AGH**  
**Institute of Nuclear Physics and Techniques**

**Instytut Fizyki i Techniki Jądrowej AGH**



**Raport INT 48 | E**

**DYNAMICZNY**  
**UKŁAD RÓŻNICOWY**

**MAREK LANKOSZ, EUGENIUSZ ŁACKI**

**KRAKÓW 1974**

This report has been reproduced directly from  
the best available copy

Rozprowadza – Распространяет – Available from:  
OŚRODEK INFORMACJI O ENERGII JĄDROWEJ  
00-901 Warszawa, PKiN, XI p.

Wydaje:

INSTYTUT FIZYKI I TECHNIKI JĄDROWEJ AGH – KRAKÓW  
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30

---

Wydanie 1. Nakład 420+55+23 egz.

Zamówienie nr 158/74

GP. II/1757/70

Ark. wyd. 0,8, ark. druk. 1,25

Oddano do produkcji 6. IV. 1974

Powielanie ukończono w maju 1974

Data złożenia maszynopisu przez autora 20. I. 1974

---

Wykonano z dostarczonych matryc w Powielalni Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków, ul. Manifestu Lipcowego 16

DYNAMICZNY UKŁAD RÓŻNICOWY  
DYNAMIC DIFFERENCE CIRCUIT  
ДИНАМИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА

Marek Iankosz  
Eugeniusz Iączki

Międzyresortowy Instytut Fizyki i Techniki Jądrowej  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Kraków  
luty 1974

### Streszczenie

W pracy przedstawiono dynamiczny układ różnicowy realizujący w sposób ciągły odejmowanie ilości zliczeń impulsów z dwóch radiometrycznych torów pomiarowych. Opisano wykonanie oraz działanie poszczególnych podzespołów układu. Przeprowadzono analizę błędów pomiaru różnicy zliczeń. Stwierdzono zgodność obliczeń teoretycznych błędu z błędem wyników doświadczalnych.

### Summary

A dynamic difference circuit for continuous subtraction of number of counts proceeding from two separate radiometric channels is presented. Construction and operation of circuit separate blocks is described. An error analysis of counts difference measurement was performed. Results of theoretical calculations were found to be in good agreement with experimental data. (011)

### Резюме

В статье представлено динамическую дифференциальную систему которая непрерывным способом вычисляет количество импульсов с двух радиометрических каналов. Описаны функционирование отдельных подузел системы и анализ ошибок измерения разницы. Получено согласованность ошибки рассчитанной по теории с ошибкой экспериментальных результатов.

## 1. WSTĘP

Rozwój techniki jądrowej stwarza konieczność zastosowania wielowjęściowych układów realizujących różne operacje arytmetyczne. Sygnały pomiarowe przekazywane są do układu z torów pomiarowych, natomiast sygnał wyjściowy jest rejestrowany lub wykorzystywany do sterowania zespołów automatyki. Przykładem takiego układu jest dynamiczny układ różnicowy /D.U.R./

Zadaniem dynamicznego układu różnicowego jest tworzenie z dwóch statystycznych ciągów impulsów o częstościach  $N_1$  i  $N_2$  różnicy  $N_1 - N_2$ . Układ pracuje na zasadzie przepełnienia buforowej pamięci rewersyjnej. Impulsy z toru dodawania o średniej częstości  $N_1$  większej od częstości  $N_2$  toru odejmowania są przepuszczane przez bramkę wyjściową dopiero po dopełnieniu pamięci rewersyjnej opróżnianej przez impulsy z toru odejmowania. Sygnały wyjściowe podawane są na integrator cyfrowy względnie analogowy.

Różnica dwóch ciągów impulsów może być realizowana również innymi sposobami. Impulsy z toru dodawania i odejmowania są zliczane w określonym czasie w poszczególnych torach przez liczniki jednokierunkowe. Po zakończeniu pomiaru stany liczników przepisuje się do pamięci pośredniczącej. Skasowane liczniki podejmują następny cykl pracy. W tym czasie informacje z pamięci kierowane są do układu wykonującego odejmowanie.

Znacznie prostszym jest układ z licznikiem rewersyjnym, zliczającym w określonym czasie zarówno impulsy z toru odejmowania jak i dodawania. Po zakończeniu pomiaru stan licznika przekazywany jest do pamięci, a licznik po skasowaniu podejmuje następny cykl pracy.

W porównaniu z układami o quasiciągłym strzymywa-

niu różnicy, wymagającymi przeliczników o dużej pojemności, dynamiczny układ różnicowy jest bardziej prosty w budowie i tańszy ze względu na mniejszą ilość elementów /w praktyce wystarczają rozwiązania pamięci rewersyjnej o pojemności 8 bitów/.

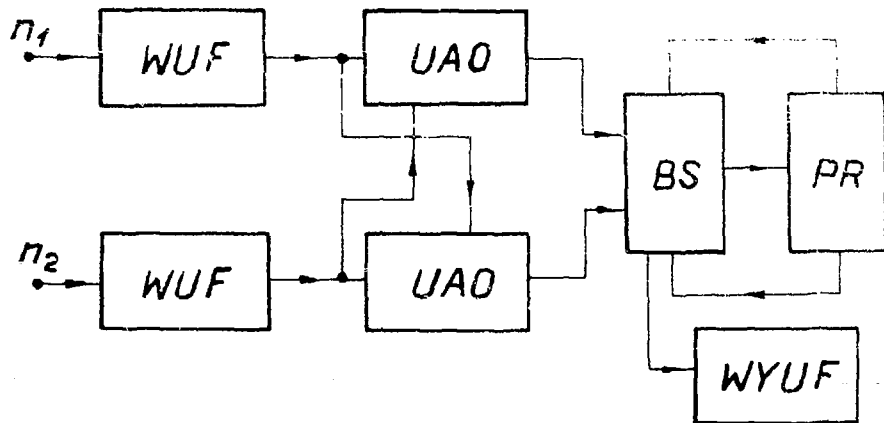
Dynamiczny układ różnicowy został wykorzystany do wstępnej obróbki sygnałów w radiometrycznej analizie fluorescencyjnej w metodzie filtrów zbalansowanych. Uzyskiwana w nim różnica częstości zliczeń impulsów z dwóch torów spektrometrycznych, zależąca od koncentracji oznaczanego pierwiastka, przeliczana jest następnie w układzie analogowym. Ze względu na stosunkowo małą różnicę częstości impulsów na poziomie dużych częstości z poszczególnych torów, zastosowanie cyfrowego realizowania operacji odejmowania zapewnia otrzymanie wymaganej dokładności pomiaru rzędu 0,1%, nieosiągalnej przy realizowaniu tego zadania wyłącznie techniką analogową /integratory analogowe w obu torach/.

Błąd wprowadzony przez dynamiczny układ różnicowy zależy od stosunku częstości impulsów w obu torach oraz od pojemności rewersyjnej pamięci buforowej. Wersja układu zbudowana na elementach scalonych serii TTL, pozwala na pomiar różnicy zliczeń dwóch ciągów impulsów o częstościach mniejszych od 4 MHz.

## 2. OPIS DZIAŁANIA DYNAMICZNEGO UKŁADU RÓŻNICOWEGO

W skład bloku dynamicznego układu różnicowego wchodzi następujące podzespoły /rys. 1/ :

- a/ WUF - wejściowe układy formujące,
- b/ UAO - układ antykoincydencyjno-opóźniający,
- c/ PR - rewersyjna pamięć buforowa,
- d/ BS - układ bramek sterujących,
- e/ WYUF - wyjściowy układ formujący.



Rys. 1 Schemat blokowy dynamicznego układu różnicowego

- WUF - wejściowy układ formujący
- UAO - układ antykoincydencyjno-opóźniający
- BS - układ bramek sterujących
- PR - rewersyjna pamięć buforowa
- WYUF - wyjściowy układ formujący

Impulsy podawane na wejścia układu przekazywane są do wejściowych układów formujących, nadających im pożądane parametry, niezbędne do zapewnienia poprawnej pracy pozostałych podzespołów.

Impulsy przychodzące z torów pomiarowych, których opóźnienie mieściło się w czasie równym czasowi rozdzielczemu pamięci buforowej, były traktowane jako impulsy jednoczesne. Prowadziło to do negowania stanów pamięci i powstawania znacznych błędów. W przypadku zaistnienia koincydencji zadaniem układu antykoincydencyjno-opóźniającego jest opóźnienie impulsu bramkowanego o czas większy niż czas rozdzielczy rewersyjnej pamięci buforowej.

Podstawowym zespołem dynamicznego układu różnicowego jest rewersyjna pamięć buforowa, wykonana w formie binarnego licznika rewersyjnego, oraz zespół bramek sterujących. Układ bramek sterujących kieruje impulsy z torów  $n_1$  i  $n_2$  do licznika, względnie z toru  $n_1$  do układu wyjściowego. Impulsy z toru  $n_1$  są dodawane, a impulsy z toru  $n_2$  odejmowane od bieżącego stanu licznika. O tym gdzie ma być kierowany impuls będzie decydować stan licznika i tor, z którego impuls przychodzi.

I tak do licznika będą kierowane :

- a/ impulsy z toru  $n_1$  wtedy gdy licznik jest pusty i w stanach pośrednich,
- b/ impulsy z toru  $n_2$  wtedy gdy licznik jest pełny i w stanach pośrednich.

Do toru wyjściowego są kierowane impulsy z toru  $n_1$  tylko wtedy, gdy licznik będzie w stanie "pełny".

Układ bramkujący zabezpiecza licznik przed sytuacją, w której przy napełnionym liczniku przychodzi impuls z toru  $n_1$  lub przy pustym liczniku z toru  $n_2$ . Sytuacje takie prowadzi do negacji stanów licznika



1 powstawania błędu rejestracji.

Wyjściowy układ formujący nadaje impulsom wyjściowym odpowiedni kształt wymagany przez układy współpracujące z dynamicznym układem różnicowym.

### 3. OPIS PRACY PODZEPÓŁÓW

#### 3.1. Wejściowy układ formujący

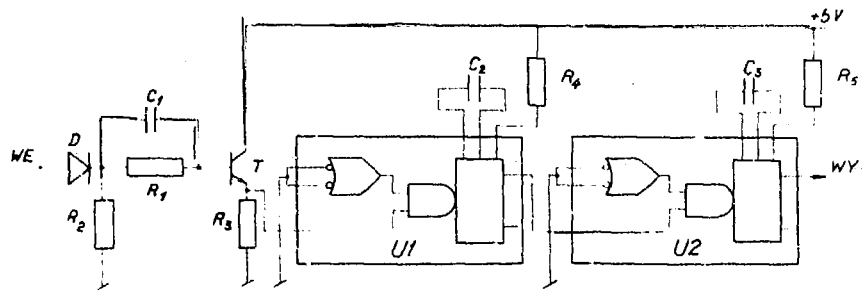
Wejściowy układ formujący tworzy : stopień ogranicznika, selektor amplitudy oraz dwa multiwibratory monostabilne /rys. 2/. Zadaniem diody D jest zabezpieczenie układu przed impulsami o ujemnej polarności. Wtórnik z kolei zabezpiecza układ przed przesterowaniem. Z wtórnika sygnał przekazywany jest do multiwibratora monostabilnego U1 typu SN 74121. Multiwibrator SN 74121 posiada dwa wejścia sterujące, A i B o następujących sposobach sterowania /3/ :

- a/ narastającym zboczem impulsy podanego na wejście B pod warunkiem, że wejście A posiada stan "0",
- b/ opadającym zboczem impulsu podanego na wejście A pod warunkiem, że wejście B jest w stanie "1".

Z chwilą wyzwolenia, na okres trwania impulsu wyjściowego, praca uniwibratora jest całkowicie niezależna od zmian stanów na wejściach sterujących. Impulsy wyjściowe z multiwibratora U1 o czasie trwania 200 nsek wyzwala multiwibrator U2, sterujący układ antykoincydencyjno-opóźniający impulsami wyjściowymi o czasie trwania 100 nsek.

#### 3.2. Układ antykoincydencyjno-opóźniający

Układ antykoincydencyjno-opóźniający wykonany jest na dwóch multiwibratorach SN 74121 /rys. 3/, sterowanych równolegle impulsami z torów  $n_1$  i  $n_2$ , przy czym impulsy z toru  $n_1$  podawane są na wejście A multiwibra-



Rys. 2 Schemat wejściowego układu formującego

toru U3 i wejście B multiwibratora U4. Impulsy z toru  $n_2$  sterują pozostałą parą wejść multiwibratorów. W przypadku opóźnienia impulsów wejściowych w granicach od 0 do 100 nsek impulsy wychodzące z multiwibratorów U3 i U4 są rozsunięte o czas 100 nsek. Na rysunku 4 przedstawiono przebiegi czasowe impulsów otrzymanych z wejściowych układów formujących i układu antykoincydencyjno-opóźniającego w przypadku koincydencji.

### 3.3. Układ bramek sterujących

Impulsy wyjściowe z układu antykoincydencyjno-opóźniającego podawane są na bramki B1 i B2, sterujące licznik rewersyjny /rys. 5/. Poziomy wyjściowe tych bramek określają rodzaj pracy licznika :

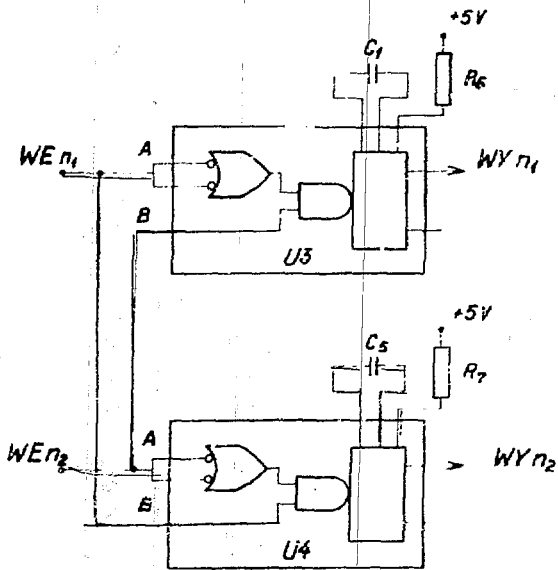
- dodawanie, poziom "0" z B1 i poziom "1" z B2,
- odejmowanie, poziom "1" z B1 i poziom "0" z B2.

Równocześnie impulsy wyjściowe z bramek, poprzez układ negacji podwójnego iloczynu logicznego /NAND/ B3, sterują wejścia taktujące poszczególnych przerzutników.

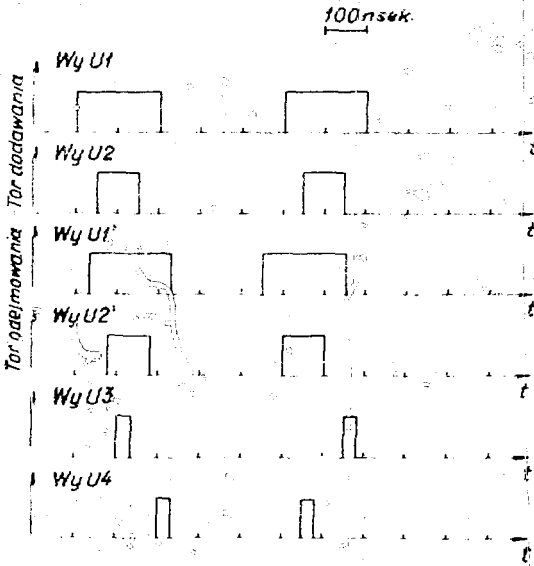
Układy negacji 8-krotnego iloczynu logicznego B6 i B7 sterowane wyjściami przerzutników służą do blokowania bramek B1 i B2 dla impulsów wejściowych. Wyjście z B6 steruje równocześnie poprzez inwerter B5, bramkę B4, wyprowadzającą impulsy z toru  $n_1$  do wyjściowego układu formującego. Bramki B1 do B5 są ćwiartkami układów SN 7400 N zawierających 4 układy NAND. Jako bramki B6 i B7 zastosowano układy SN 7440 N.

### 3.4. Rewersyjna pamięć buforowa

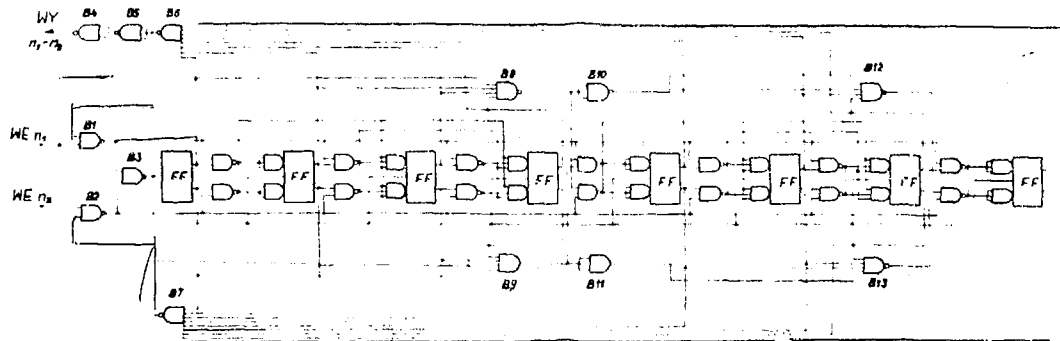
Rewersyjną pamięć buforową o pojemności 255 impulsów wykonano w formie synchronicznego przelicznika rewersyjnego /rys. 5/ /2/. Podstawowa komórka przelicznika składa się z 3 przerzutników "J-K Master



Rys. 3 Schemat układu antykoincydencyjno-opóźniającego



Rys. 4 Rozkład czasowy impulsów wyjściowych z układu wejściowego i antykoincydencyjno-opóźniającego



Rys. 5 Schemat układu bramek sterujących  
wraz z rewersyjną pamięcią buforową

"Slave". Rozszerzenie pojemności przelicznika zostało zrealizowane przez łączenie komórek podstawowych. Układy logiczne B8, B9, B12, B13 1/2 SN 7430 N oraz B10 i B11 1/4 SN 7400 N służą do przekazywania informacji o stanach przerzutników poprzednich komórek.

### 3.5. Wyjściowy układ formujący

Wyjściowy układ formujący, w postaci multiwibratora monostabilnego, wykonano w oparciu o bramki SN 7400 N. Czas trwania impulsu wyjściowego jest regulowany poprzez zmianę stałej czasowej obwodu różniczkującego CR. W wykonanym układzie impulsy wyjściowe mają polarność dodatnią i czas trwania 200 nsek.

## 4. ANALIZA BŁĘDU

Średnia wartość różnicy zliczeń impulsów otrzymana z dynamicznego układu różnicowego wynosi

$$R = (N_1 - N_2) \cdot t_p + \Delta R - \Delta S + \Delta K \quad /1/$$

gdzie :

- $N_1$  - średnia częstość impulsów w torze dodawania,
- $N_2$  - średnia częstość impulsów w torze odejmowania,
- $t_p$  - czas pomiaru,
- $\Delta R$  - średni błąd nadliczeń związany ze skończoną pojemnością pamięci buforowej,
- $\Delta K$  - średnia liczba nadliczeń impulsów spowodowana niedopełnieniem pamięci w momencie zakończenia pomiaru,
- $\Delta S$  - średnia liczba niedoliczeń impulsów spowodowana dopięciem pamięci po rozpoczęciu pomiaru.

Ponieważ zarówno impulsy w torze dodawania jak i odejmowania charakteryzuje rozkład Poissona, istnieje określone prawdopodobieństwo  $P_n$ ,  $n$ -tego stanu  $m$  pojemnościowej pamięci rewersyjnej /1/.

$$P_n = \frac{1-S}{1-S^{m+1}} S^{-(n-m)} \quad /2/$$

gdzie  $S = N_2/N_1$  /przy czym  $N_2 < N_1$ /.

Korzystając ze wzoru /2/ możemy wyznaczyć prawdopodobieństwo  $P_1$  zgubienia lub nadliczenia 1 impulsów.

$$P_1 = \frac{1-S}{1-S^{m+1}} S^1 \quad /3/$$

Ponieważ rozkłady prawdopodobieństwa impulsów zgubionych i nadliczonych są identyczne, ich wartości przeciętne są takie same. Powoduje to, że uzyskana różnica wartości średnich  $\Delta S$  i  $\Delta L$  wynosi zero.

W oparciu o wzór /3/ obliczamy błąd średni kwadratowy ilości impulsów zgubionych i nadliczonych w momencie początku i końca pomiaru

$$\delta L = \sqrt{\frac{2S}{(1-S)^2} - \frac{2(m+1)2S^{(m+1)}}{(1-S^{(m+1)})^2}} \quad /4/$$

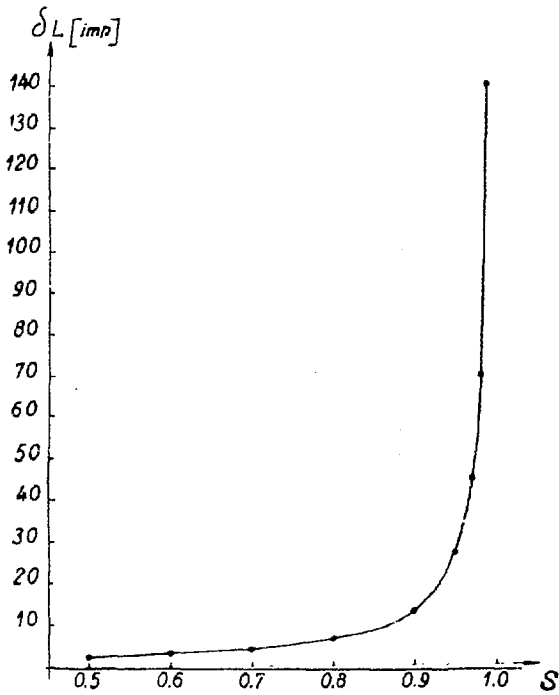
Jeśli wartość  $S^m$  będzie bardzo mała w porównaniu z 1 wzór /4/ ulega uproszczeniu

$$\delta L = \sqrt{\frac{2S}{1-S^2}} \quad /5/$$

Na rysunku 6 przedstawiono zależność błędu  $\delta L$  od stosunku częstości dwóch torów  $S$ .

Dzielaąc wzór /5/ przez wartość zmierzonej różnicy otrzymamy względny średni kwadratowy błąd impuls-





Rys. 6 Zależność błędu  $\delta_L$  od ilorazu częstości  $S$

sów zgubionych i nadliczonych

$$\delta_{L_{wzg}} = \sqrt{\frac{2S}{1-S^2}} \cdot \frac{1}{(N_1 - N_2) \cdot t_p} \quad /6/$$

Wyrażenie określające względny średni błąd nadliczeń  $\delta_{ND}$  można przedstawić następująco /7/ :

$$\delta_{ND} = \frac{\Delta R}{(N_1 - N_2) \cdot t_p} = \frac{S^{m+1}}{1 - S^{m+1}} \quad /7/$$

W tabeli 1 przedstawiono zależność błędu  $\delta_{ND}$  od  $S$  dla różnych pojemności pamięci rewersyjnej.

Względny średni kwadratowy błąd pomiaru różnicy zliczeń impulsów w rozkładzie Poissona można przedstawić następująco :

$$\delta_R = \frac{\sqrt{N_1 + N_2}}{(N_1 - N_2) \cdot \sqrt{t_p}} = \frac{1}{\sqrt{(N_1 - N_2) \cdot t_p}} \cdot \sqrt{\frac{1+S}{1-S}} \quad /8/$$

Błędy  $\delta_{L_{wzg}}$  i  $\delta_R$  mają charakter błędów przypadkowych i zależą od stosunku częstości impulsów obu torów, ich różnicy i czasu pomiaru. Z porównania wzorów 6 i 8 wynika, że błąd  $\delta_{L_{wzg}}$  jest znacznie mniejszy od  $\delta_R$  i jest pomijalny.

Błąd  $\delta_{ND}$  posiadający charakter błędu systematycznego, dobierając odpowiednio dużą pojemność pamięci, można zmniejszyć do wartości pomijalnych z przypadkowym błędem  $\delta_R$ .

## 5. REZULTATY POMIARÓW

Pomiary kontrolne mające na celu sprawdzenie poprawności działania układu wykonano używając impulsów, pochodzących z dwóch radiometrycznych torów pomiarowych. Równoległe do wejść układu podłączono przelicz-

niki, współpracujące synchronicznie z przelicznikiem rejestrującym impulsy wyjściowe. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 2. Występujące odchyłki  $\Delta$  ilości zliczeń z dynamicznego układu różnicowego R w odniesieniu do wyniku prawdziwego  $R_p$  otrzymanego przez odjęcie uzyskanych zliczeń przeliczników kontrolnych, spowodowane są gubieniem i nadliczaniem impulsów w pamięci rewersyjnej w momencie początku i końca pomiaru. Wartości średnie odchyłek są bliskie 0, natomiast wartości średnie kwadratowe  $\sigma_{Lp}$  są zbliżone do wartości błędu  $\sigma_L$ .

Wykonany w Międzyresortowym Instytucie Fizyki i Techniki Jądrowej AGH dynamiczny układ różnicowy został zastosowany w analogowym przetworniku danych pomiarowych z radiometrycznego układu pomiarowego zawartości miedzi w surowcach, półproduktach i odpadach procesu flotacji.

#### LITERATURA

1. S.Gorn, E.Zabielin, J.Hazanow - Aparaturnaja progressnost wycitajuszczego ustrojstwa, Moskwa 1961.
2. Application Book. F.J.Range of TTL integrated circuits, Philips.
3. Semiconductors and Integrated Circuits, Part 5, March 1971, Philips.

TABELA 1 Zależność błędu nadliczeń  $\sigma_{ND} [\%]$  od pojemności pamięci  $m$  i ilorazu częstości  $S$

$S$	$m = 3$	$m = 7$	$m = 15$	$m = 63$	$m = 255$
0,5	6,68	0,392	$15 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-18}$	$8 \cdot 10^{-75}$
0,6	13,4	1,71	$28,3 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-55}$
0,7	31,2	6,12	0,335	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-38}$
0,8	69,3	20,02	2,90	$6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-23}$
0,9	191,0	74,50	21,50	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-10}$
0,95	438,0	197,0	78,4	3,9	$2 \cdot 10^{-4}$
0,99	2415,0	1185,0	568,0	109,5	8,2

TABELA 2 Zestawienie wyników pomiarów kontrolnych D.U.R.

$N_1$	$N_2$	S	$t_p$	$R_p$	R	$\Delta = R - R_p$	$\sigma_{L_p}$	$\sigma_{L_p}/R$
imp/sek	imp/sek		sek	imp	imp	imp	imp	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3289,7	3216,4	0,977	100	7260	7146	- 114	64	0,90
				7772	7706	- 66		
				7098	7121	23		
				6833	6840	7		
				7282	7230	- 50		
				7208	7308	100		
				7336	7365	29		
				7259	7305	46		
				7896	7911	15		
				7540	7542	- 2		
3293,6	3151,4	0,956	100	14398	14392	- 6	33	0,24
				14540	14548	8		
				13497	13585	78		
				13892	13927	35		
				14441	14452	11		
				13654	13609	- 49		
				14356	14335	- 21		
				14196	14176	- 20		
				14350	14337	- 13		
				14923	14940	17		
				30300	30290	- 10		
				30370	30345	- 15		
				31914	31943	29		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3286,0	2981,9	0,907	100	29830 30284 31363 30141 31104 30424 30083	29796 30296 31368 30165 31105 30428 30090	-	34 12 5 26 1 4 7	0,06
3290,7	2654,4	0,807	100	64398 62915 63002 62529 63762 63215 63402 64663 64109 64299	64410 62898 63024 62532 63754 63199 63408 64657 64110 64302	-	12 17 22 3 8 16 6 6 1 3	0,017
3291,0	1735,0	0,527	100	156129 155693 155372 156188 155207 155260 155645 155961 154567 155669	156120 155702 155369 156203 155206 156247 155644 155968 154554 155659	-	9 9 3 15 1 13 1 7 13 10	0,004

— POWIELARNIA —  
— A G H —  
— KRAKÓW —