

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP  
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

ZESPÓŁ AUTOMATYKI ELEKTRONICZNEJ

440

BE10

Główny wykonawca doc.dr inż. Jacek Korytkowski

Wykonawcy

Konsultant

Nr zlecenia S1489

Metoda analizy parametrów dokładnościowych układów elektronicznych stosujących wzmacniacze monolityczne oraz eksperymentalne sprawdzenie metody:....

Etap 1. Wykonanie i badanie modelowego układu źródła napięć wzorcowych z wykorzystaniem nowoczesnych wzmacniaczy monolitycznych.

Zleceniodawca

Miasta statutowa PIAP

Pracę rozpoczęto dnia 11.07.94

zakończono dnia 30.11.94

Z-ca Dyrektora ds. Badawczych i Rozwojowych

Kierownik Zespołu

dr inż. J. Jabłkowski

doc.dr inż. J. Korytkowski

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 9

Egz. 1 OIN

rysunków 1

Egz. 2 ZAE

fotografii

Egz. 3 ZAE-1

tabel

Egz. 4

tablic

Egz. 5

załączników 2

Egz. 6

Nr rejestr. 7156

## **Analiza deskryptorowa**

WYKONANIE + BADANIA LABORATORYJNE UKŁADU ELEKTRONICZNEGO ŹRÓDŁA  
WZORCA NAPIĘCIA.

## **Analiza dokumentacyjna**

---

Praca zawiera : opis modelowego układu źródła napięć wzorcowych,  
opis i wyniki badań eksperymentalnych tego układu oraz wnioski.

## **Tytuły poprzednich sprawozdań**

Sprawozdań nie było.

## SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Opis modelowego układu źródła napięć wzorcowych.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Badania eksperymentalne układu źródła napięć wzorcowych.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Wnioski.....</b>	<b>8</b>
<b>5. Literatura.....</b>	<b>9</b>
<b>Załącznik 1</b>	
<b>Załącznik 2</b>	

## 1. Wprowadzenie

W dobie powszechnej dominacji układów mikroprocesorowych w elektronicznej technice urządzeń pomiarów i automatyki są powszechnie stosowane układy liniowe wzmacniaczy monolitycznych, bez których nie można realizować takich układów jak:

wzmacniacze pomiarowe małych poziomów sygnałów,  
źródła sygnałów wzorcowych (sygnałów odniesienia),  
dokładne separatory oddzielenia galwanicznego sygnałów,  
przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe.

Brak jest w literaturze specjalistycznej opisu prostych metod analizy parametrów dokładnościowych układów elektronicznych stosujących wzmacniacze monolityczne.

Celem tematu będzie opracowanie prostej metody analizy parametrów dokładnościowych układów elektronicznych służących do przetwarzania sygnałów i stosujących wzmacniacze monolityczne.

Opracowanie teoretyczne metody analizy parametrów dokładnościowych liniowych układów elektronicznych stosujących wzmacniacze monolityczne powinno zostać uzupełnione analizą parametrów dokładnościowych oraz badaniami eksperymentalnymi przykładowego rozwiązania układu elektronicznego.

Wybór układu elektronicznego do analizy i badań eksperymentalnych uzasadniono niżej.

Autor niniejszej pracy opracował w latach ubiegłych, dla potrzeb laboratorium kierowanego zespołu, elektroniczne źródła napięć wzorcowych (10 mV, 100 mV, 1 V, 10 V) nazwane symbolami ADZ-2A oraz ADZ-2C stosujące dostępne wówczas wzmacniacze monolityczne (typ  $\mu A776$ ). Źródło tych napięć wzorcowych sprawdzone obecnie po 10 latach eksploatacji w laboratorium ZAE z bardzo dokładnym multimetrem firmy KEITHLEY typ 196 SYSTEM DMM (zakupionym w 1993 roku dla PIAP-LAB) wykazało wysoką dokładność rzędu 0,01% równą dokładności tego precyzyjnego multimetru.

Należy podkreślić, że podstawowym przeznaczeniem źródeł napięć wzorcowych jest kalibracja dokładnych woltomierzy cyfrowych powszechnie stosowanych w laboratoriach pomiarowych. Tak, więc zmodyfikowany układ elektronicznego źródła napięć wzorcowych opracowany przez autora w latach ubiegłych może być przedmiotem badań eksperymentalnych a następnie przedmiotem analizy parametrów dokładnościowych według sformułowanej przez niego metody.

Realizowany temat podzielono na dwa etapy:

1. Wykonanie i badanie eksperymentalne modelowego układu źródła napięć wzorcowych , który podlegał modernizacji przez zastosowanie nowoczesnych wzmacniaczy scalonych;
2. Sformułowanie metody oraz dokonanie analizy dokładności przykładowego układu jakim będzie układ elektronicznego źródła napięć wzorcowych .

Taka kolejność realizowania opracowania umożliwi zgłoszenie w krótkim terminie artykułu np. do redakcji PAK opisującego układ źródła napięć wzorcowych , które może wzbudzić zainteresowanie szerokiej grupy użytkowników woltomierzy cyfrowych .

Przedmiotem niniejszego sprawozdania jest pierwszy wyżej wymieniony etap pracy .

## 2. Opis modelowego układu źródła napięć wzorcowych

Ze względu na osiągnięcie bardzo dobrych parametrów dokładnościowych przez opracowany w latach ubiegłych układ źródła napięć wzorcowych [ 1 ] , modernizacja układu modelowego przeznaczonego do badań eksperymentalnych nie obejmowała zasadniczych zmian schematu a tylko zastosowanie nowoczesnych wzmacniaczy scalonych jakimi są wzmacniacze OP-07C strojone laserem , opracowane w końcu lat siedemdziesiątych przez firmę Monolithic Precision , a obecnie oferowane przez wiele poważnych firm takich jak: Linear Technology Corporation ( rodzina wzmacniaczy OP-07 ) , Burr Brown (rodzina wzmacniaczy OPA-27) oraz Analog Devices (rodzina wzmacniaczy AD OP-07 ). W szczególności zastosowano w układzie modelowym źródła diody referencyjne 1N937A ( diody oferowane przez znane firmy : SILEC , TRANSITRON , MOTOROLA ) , które badane przez autora [ 2 ] wykazują po odpowiedniej selekcji bardzo małą niestabilność napięcia referencyjnego w czasie ( rząd 0,001%/rok ). Zachowano także w układzie wysokostabilne rezystory precyzyjne typu RM67 oraz RM43B firmy INCO PYSKOWICE . W układzie źródła w obwodach dokładnego strojenia napięć wyjściowych zastąpiono potencjometry strojeniowe typu P7401 produkcji węgierskiej przez znacznie stabilne potencjometry strojeniowe firm MORGANITE lub BECKMAN.

### **Właściwości źródła napięć wzorcowych**

Ze względu na przewidywaną współpracę tego źródła z woltomierzami cyfrowymi , w celu uniknięcia wpływu na woltomierz zakłócających napięć wspólnych pochodzących od zasilacza sieciowego , źródło napięć wzorcowych nie zawiera takiego zasilacza , ale jest zasilane bateryjnie . Zawiera ono specjalnie opracowany układ zasilania charakteryzujący się brakiem wpływu zmian napięcia baterii zasilających na wartości napięć wyjściowych źródła .

Prawidłowa praca układu występuje już przy niewielkiej nadwyżce ( 1,8V ) napięcia baterii nad wartością napięcia wyjściowego źródła , wynoszącą 10V . Zapewnia to wydłużenie czasu pracy baterii zasilającej i prawie całkowite jej rozładowanie w trakcie eksploatacji urządzenia .

Dla ułatwienia eksploatacji źródło napięć wzorcowych jest wyposażone w dwa rodzaje sygnalizacji:

- zapasu pojemności baterii zasilającej na czas pracy ponad 50 godzin (żółta dioda świecąca);
- całkowitego wyczerpania się baterii zasilającej (czerwona dioda świecąca).

Schemat układu źródła napięć wzorcowych zawiera układ ograniczenia prądu zwarcia , a więc źródło to jest w pełni odporne na stan zwarcia jego wyjścia .

Pomimo kilku funkcji realizowanych , cały układ źródła pobiera niewielki prąd zasilania nie przekraczający 10 mA a źródło pracuje prawidłowo przy zmianach napięcia baterii zasilającej od 11,8V do 20V. Źródło zawiera pojemnik na 4 baterie zasilające 3R12 , które wystarczają na ok. 170 godzin pracy .

Wyjścia źródła napięć wzorcowych zawierają cztery napięcia wzorcowe: +10V , +1V , +100mV , +10mV o wspólnym biegunie minus . Wyjście +10V jest aktywne , o obciążalności do 10 mA . Pozostałe wyjścia są odprowadzeniami z rezystancyjnego dzielnika napięcia i nie powinny być obciążane .

Podstawowe parametry dokładnościowe źródła podano niżej.

Napięcie wyjściowe	Błąd podstawowy %	Rezystancja wyjściowa $\Omega$	Błąd temperaturowy $\% / ^{\circ}C$	Błąd zmian napięcia zasilania $\% / 8V$
+10V	$\leq 0,006$	0,01	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
+1V	$\leq 0,006$	900	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
+100mV	$\leq 0,02$	100	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
+10mV	$\leq 0,05$	10	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$

Schemat ideowy elektryczny układu źródła napięć wzorcowych podany jest na Rys.1

Spis elementów elektronicznych źródła napięć wzorcowych podaje Załącznik 1.

### **3.Badania eksperymentalne układu źródła napięć wzorcowych**

#### **3.1 Cel badań**

Badania eksperymentalne układu źródła napięć wzorcowych powinny wyjaśnić dwa zagadnienia :

A. Jaka jest dla okresu kilkuletniego stabilność długoczasowa wartości napięć wzorcowych źródeł napięć wykonanych w połowie lat osiemdziesiątych w OAE i eksploatowanych w laboratoriach OAE-2 i ZAE do dnia dzisiejszego;

B. Po modernizacji układu źródła napięć wzorcowych jaki jest wpływ , na podstawowe parametry dokładnościowe , wymiany ze starego typu (  $\mu A776$  ) na nowoczesny typ (OP-07C) monolitycznego wzmacniacza scalonego stosowanego w układzie .

#### **3.2 Stabilność długoczasowa źródeł napięć wzorcowych**

W latach 1984 - 1986 wykonano w OAE kilka źródeł napięć wzorcowych z których dwa egzemplarze oznaczone symbolami ADZ-2A i ADZ-2C ( C ) są nadal stosowane w laboratoriach jako wtórne wzorce napięć stałych . Parametry dokładnościowe tych źródeł opisano w rozdziale 2 niniejszego sprawozdania .

Napięciem odniesienia przy strojeniu (wzorcowaniu) wyżej wymienionych źródeł był wtórny wzorec napięcia 10V CERTAVOLT [ 4 ] firmy CODI SEMICONDUCTOR typu PVS-10GB Nr fabr. 3320 wyprodukowany w sierpniu 1978 roku. Wartość napięcia tego wzorca została potwierdzona świadectwem sprawdzenia z 07.04.1983 r. przez Laboratorium Wzorców Elektrycznych PKNMiJ i określona jako  $9,9994V \pm 0,003\%$  w temperaturze  $20^{\circ}C$  .

Gwarantowane dokładności ( błędy podstawowe ) źródeł ADZ-2A i ADZ-2C ( C ) według opisu [ 1 ] podano w rozdziale 2 niniejszego sprawozdania .

W miesiącu listopadzie 1994 roku dokonano pomiarów wartości napięć wzorcowych tych źródeł za pomocą nowo zakupionego woltomierza cyfrowego firmy KEITHLEY Model 2002 Multimeter o numerze fabrycznym: 0577069.

Gwarantowane przez producenta dokładności pomiarów dokonywanych tym woltomierzem wyliczone na podstawie dokumentacji producenta dla tzw. dokładności 90 dniowej wynoszą odpowiednio:

przy pomiarze 10V	$\pm 0,0006\%$ (6 ppm),
przy pomiarze 1V	$\pm 0,0008\%$ (8 ppm),
przy pomiarze 100mV	$\pm 0,0031\%$ (31ppm),
przy pomiarze 10mV	$\pm 0,0175\%$ (175ppm).

Wyniki pomiarów wartości wzorcowych napięć źródeł ADZ-2A i ADZ-2C (C) podaje Załącznik 1 Tabela 1.

Z Tabeli 1 wynika, że w okresie wynoszącym nie mniej niż 8 lat graniczny błąd stabilności źródeł nie przekroczył:

dla napięcia 10V	0,006%/ 8 lat	średnio: 8 ppm/rok,
dla napięcia 1V	0,005%/ 8 lat	średnio 7 ppm/rok,
dla napięcia 100mV	0,012%/ 8 lat	średnio 15ppm/rok,
dla napięcia 10mV	0,031%/ 8 lat	średnio 40 ppm/rok.

Jak widać błędy stabilności długoczasowej w okresie 8 lat są mniejsze od błędów podstawowych tych źródeł [ 1 ]. Należy, więc wyciągnąć wniosek, że zaprojektowane schematy źródeł oraz zastosowane elementy są właściwe dla zapewnienia odpowiednich dokładności.

### **3.3 Wpływ zamiany monolitycznego wzmacniacza na parametry dokładnościowe źródła**

O parametrach dokładnościowych źródła napięć wzorcowych decydują głównie:

- zmiany napięcia diody referencyjnej,
- parametry rezystorów w obwodzie sprzężenia zwrotnego i dzielniku napięć wyjściowych,
- zmiany parametrów wzmacniacza.

W układzie źródła zastosowano wysokostabilne diody referencyjne oraz wysokostabilne rezystory precyzyjne.



W układach źródeł ADZ-2A i ADZ-2C zastosowano wzmacniacz monolityczny typu  $\mu A776$ . Jest to wzmacniacz monolityczny zaliczany do grupy wzmacniaczy drugiej generacji ( wzmacniacze  $\mu A725, \mu A733, \mu A776$  oraz 101 ) opracowanej na początku lat siedemdziesiątych głównie przez firmę Fairchild Semiconductor. Wzmacniacz  $\mu A776$  ma kilka cech:

1. może być zasilany niskimi napięciami począwszy od  $2 \times 3V$ ,
2. ma możliwość tzw. programowania (nastawy) prądu pierwszego stopnia co umożliwia ..  
.. obniżenie poboru mocy i własnego nagrzania wzmacniacza,
3. ma dość duże napięcie niezrównoważenia , ale ma możliwość zerowania zewnętrznym ..  
.. potencjometrem wartości tego napięcia,
4. jest produkowany przez wiele firm co znakomicie obniża cenę wzmacniacza.

Cechy te spowodowały jego wybór w połowie lat osiemdziesiątych do układu źródła napięć wzorcowych. Główną wadą wzmacniaczy drugiej generacji jest duża wartość napięcia niezrównoważenia ( ok.  $3 mV$  ) , które można zerować układem zewnętrznego potencjometru , ale jest to potencjalnym źródłem niestabilności napięcia niezrównoważenia.

W połowie lat siedemdziesiątych pojawiły się wzmacniacze monolityczne z przetwarzaniem typu " chopper " , które charakteryzowały się dość małym napięciem niezrównoważenia np.  $50 \mu V$  dla wzmacniacza HA2900 firmy Harris Semiconductor lub  $75 \mu V$  dla wzmacniacza SN62088 firmy Texas Instruments. Jednak bardzo wysoka cena rzędu 50 dolarów za sztukę wzmacniacza była przeszkodą dla szerszych zastosowań .

Pod koniec lat siedemdziesiątych firma Precision Monolithics uruchomiła produkcję wzmacniaczy monolitycznych nazwanych mono OP-07 , strojonych laserem , z których typ OP-07A cechuje niskie napięcie niezrównoważenia rzędu  $10 \mu V$  oraz dryft czasowy napięcia niezrównoważenia rzędu  $0,2 \mu V$  na miesiąc (dryft niekumulacyjny) przy cenie za jedną sztukę kilkunastu dolarów. Produkcję tego typu wzmacniaczy po kilku latach uruchomiło szereg firm takich jak : Linear Technology ( OP-07 ) , Analog Devices ( AD OP-07 ) , Burr Brown ( OPA-27 ) , co spowodowało , że najtańsze wzmacniacze oznaczone dodatkową literą C lub E o nieco gorszych parametrach można kupować w cenie nie przekraczającej 2 dolary .

Wzmacniacz OP-07CP cechuje się granicznym napięciem niezrównoważenia  $150 \mu V$  oraz granicznym dryftem długoczasowym nie większym niż  $2 \mu V$  na miesiąc (dryft niekumulacyjny).

Niska cena oraz dobre parametry wzmacniacza OP-07CP stały się powodem , że został on wytypowany do zastosowania w zmodernizowanym układzie źródła napięć wzorcowych.

W celu weryfikacji doświadczalnej możliwości zastosowania tego wzmacniacza dokonano badań układu źródła napięć wzorcowych o schemacie podanym na Rys.1 z 10 -oma losowo wybranymi , nieselekcjonowanymi wzmacniaczami OP-07CP .

Badaniom poddano układ źródła z kolejno wymienianymi wzmacniaczami oznaczonymi numerami od 1 do 10 na dwa istotne wpływy czynników zewnętrznych : wpływu zmiany temperatury otoczenia od  $20^{\circ}C$  do  $50^{\circ}C$  oraz wpływu zmiany napięcia zasilania od 12V do 20V. Biorąc pod uwagę charakter schematu źródła napięć wzorcowych , w którym napięcia 1V , 100mV i 10 mV są formowane przez odpowiedni dzielnik rezystancyjny , który powtarza w odpowiedniej skali wartość napięcia źródła +10V , zrezygnowano z pomiarów napięć na dzielnikach dla egzemplarzy wzmacniaczy 2,3,4,5,6,7,8, i 10 , pełne pomiary wykonano dla wzmacniaczy oznaczonych numerami 1 i 9 .

Wyniki badań wpływu zmian temperatury otoczenia podaje Załącznik 2 Tabela 2. Największy wpływ zmiany temperatury otoczenia w przeliczeniu na  $1^{\circ}C$  nie przekracza  $0,0005\% / ^{\circ}C$  ( 5 ppm /  $^{\circ}C$  ).

Wyniki badań wpływu zmian napięcia zasilania podaje Załącznik 2 Tabela 3 . Największy wpływ zmiany napięcia zasilania w zakresie od 12V do 20V nie przekracza  $0,0002\% / 8V$  ( 2ppm / 8V ).

#### 4. Wnioski

Zbadane dwa układy źródła napięć wzorcowych ADZ-2A i ADZ-2C ( C ) wykazały bardzo dobrą stabilność wartości napięć w czasie kilku lat pracy.

Dokonana modernizacja układu źródła napięć wzorcowych przez wprowadzenie nowoczesnego taniego wzmacniacza monolitycznego OP-07CP uprościła schemat przy zachowaniu wysokich parametrów dokładnościowych .

Zmodernizowany układ źródła ma parametry dokładnościowe bardzo atrakcyjne jako np. źródło napięć wzorcowych do sprawdzania cyfrowych woltomierzy w laboratoriach. Jednak

aktualne parametry eksploatacyjne czynią je niezbyt atrakcyjnym do stosowania we współczesnych laboratoriach. Powodem tej nieatrakcyjności są :

-duże gabaryty , objętość ok.  $3 \text{ dcm}^3$  ;

-duże baterie zasilające -4 baterie 3R12.

Wydaje się , że źródło napięć wzorcowych o sprawdzonym układzie , ale po gruntownej zmianie konstrukcji celem miniaturyzacji , może stać się użytecznym wzorcem wtórnym napięć stałych dla licznych użytkowników woltomierzy cyfrowych.

Należy jednak zwrócić uwagę , że przygotowanie takiego wyrobu nie będzie proste , gdyż wymagać będzie : opracowania pełnej dokumentacji , wykonania serii prototypów , wykonania badań pełnych prototypów, przeprowadzenia w GUM badań celem uzyskania aprobacji typu oraz konieczne będzie uzyskiwanie dla każdego wyprodukowanego urządzenia świadectwa legalizacji wystawianego przez GUM.

### 5.Literatura

[ 1 ] J.Korytkowski : Elektroniczne źródło napięć wzorcowych zwiększa dokładność pomiarów napięć stałych. Wiadomości Elektrotechniczne . Rok LIII. 1985 r. Nr 7-8.

[ 2 ] J.Korytkowski : Badania długoczasowej stabilności napięcia nowych diod referencyjnych produkcji krajowej. Pomiar Automatyka Kontrola . 1985 r. Nr 10.

[ 3 ] J.Korytkowski : Nowe krajowe diody referencyjne podwyższają dokładność hybrydowego źródła napięcia AU-1. Pomiar Automatyka Kontrola . 1987 r. Nr 1.

[ 4 ] Codi Semiconductor. Division of Computer Diode Corporation. CERTAVOLT (TM) 20 parts-per-million , Low noise . Constant Voltage Standard . Pollitt Drive , Fair Lawn, N.J.,USA.

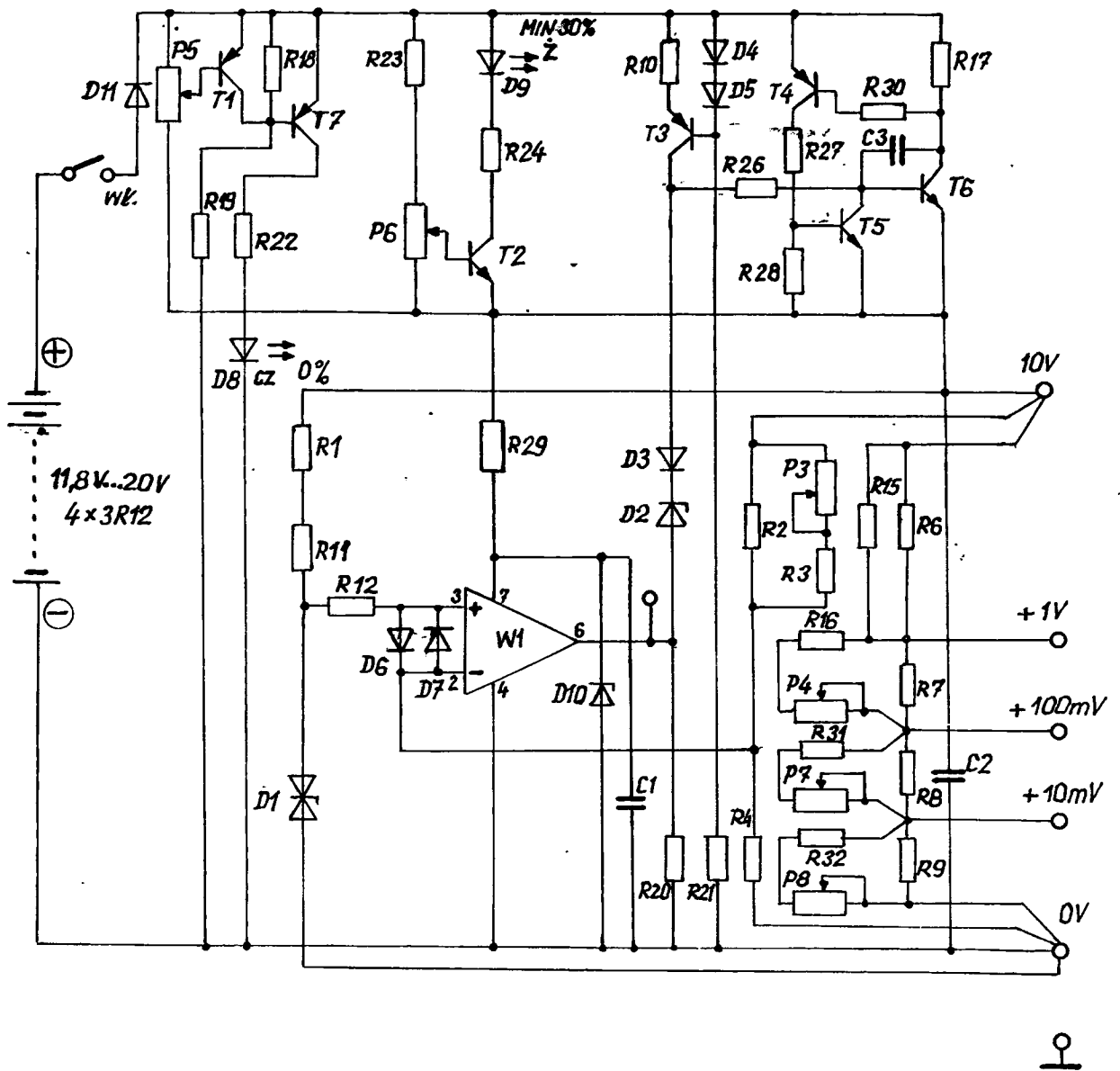
M.

## ZALĄCZNIK 1

## Spis elementów źródła napięć wzorcowych ADZ-2C (B)

Lp.	Oznaczenie	Nazwa i dane techniczne		
1	R1	Rezystor precyzyjny RM70Y	95 $\Omega$	0,1%
2	R2	Rezystor precyzyjny RM43B	4,85k +0,97k	0,1%
3	R4	Rezystor precyzyjny RM70Y	40 k	0,1%
4	R6	Rezystor precyzyjny RM67	9k	0,03%
5	R7	Rezystor precyzyjny RM67	0,9k	0,03%
6	R8	Rezystor precyzyjny RM67	0,09k	0,03%
7	R9	Rezystor precyzyjny RM67	10 $\Omega$	0,03%
8	R10	Rezystor AT	1,67k	2%
9	R11	Rezystor AT	dobierany	1%
10	R12	Rezystor AT	5,36k	2%
11	R15	Rezystor AT	909k	1%
12	R16	Rezystor AT	86,6k	1%
13	R17	Rezystor AT	24,9 $\Omega$	2%
14	R18	Rezystor MIT-0,25	20k	5%
15	R19	Rezystor MIT-0,25	150k	5%
16	R20	Rezystor MIT-0,25	27k	5%
17	R21	Rezystor MIT-0,25	150k	5%
18	R22	Rezystor MIT-0,25	2,7k	5%
19	R23	Rezystor MIT-0,25	30k	5%
20	R24	Rezystor MIT-0,25	1,3k	5%
21	R26	Rezystor MIT-0,25	510 $\Omega$	5%
22	R27	Rezystor MIT-0,25	5,1k	5%
23	R28	Rezystor MIT-0,25	5,1k	5%

24	R29	Rezystor	MT-0,25	100 $\Omega$	5%
25	R30	Rezystor	MT-0,25	390 $\Omega$	5%
26	R31	Rezystor	AT	8,66k	1%
27	R32	Rezystor	AT	866 $\Omega$	1%
28	D1	Dioda referencyjna 1N937A			
29	D2	Dioda Zenera C5V1			
30	D3,D4,D5,D6,D7,D11				
		Dioda BAVP17			
31	D8	Dioda LED czerwona			
32	D9	Dioda LED żółta			
33	D10	Dioda Zenera C15			
34	T1,T3,T4,T7				
		Tranzystor BC177B			
35	T2,T5	Tranzystor BC107B			
36	T6	Tranzystor BC211 $\beta \geq 100$ dla $I = 10mA$			
37	W1	Wzmacniacz OP-07CP			
38	P1,P7	Potencjometr cermetowy strojeniowy 1 k MORGANITE, BECKMAN			
39	P3	Potencjometr cermetowy strojeniowy 1 M MORGANITE, BECKMAN			
40	P4,P6	Potencjometr cermetowy strojeniowy 10 k MORGANITE, BECKMAN			
41	P5	Potencjometr cermetowy strojeniowy 47 k MORGANITE, BECKMAN			
42	P8	Potencjometr cermetowy strojeniowy 100 $\Omega$ MORGANITE, BECKMAN			
43	C1	Kondensator	KFPm	1 $\mu F$ / 63V	
44	C2	Kondensator	KFPm	100 nF / 63V	
45	C3	Kondensator	KCPm	120 pF / 63 V.	



Rys. 1. Schemat układu źródła napięć wzorcowych.

Al

Tabela: 1

Strona: 1

Badanie: Btgda stabilności długoterminowej źródeł napięci wzorcowych ADZ 2A oraz ADZ 2C

Obiekt

badania: ADZ 2A

Zakres	Wyniki pomiaru Wzrostki: 23.05.84 20°C	Wyniki pomiaru Wzrostki: 27.11.94 19,5°C	Btgda stabilności %
10V	10,00007 V	10,00066 V	+0,0059
1V	0,999996 V	1,000037 V	+0,0041
100mV	100,0007 mV	99,989 mV	-0,0117
10mV	9,9993 mV	10,0012 mV	+0,019

Uwagi  
Btgda stabilności w okresie  
10 lat dla poszczególnych napięć:

10V	< 0,006%
1V	< 0,005%
100mV	< 0,012%
10mV	< 0,020%

Badanie

Obiekt

badania: ADZ 2C (eszc)

Zakres	Wyniki pomiaru Wzrostki: 27.10.86 20°C	Wyniki pomiaru Wzrostki: 27.11.94 19,8°C	Btgda stabilności %
10V	zestrojono $\pm 0,001\%$	10,00036 V	+0,0036
1V	zestrojono $\pm 0,001\%$	1,000048 V	+0,0048
100mV	zestrojono $\pm 0,01\%$	100,0001 mV	$\pm 0,10$
10mV	zestrojono $\pm 0,01\%$	9,9969 mV	-0,031

Uwagi  
Btgda stabilności o okresie 8 lat  
dla poszczególnych napięć

10V	< 0,004%
1V	< 0,005%
100mV	< 0,010%
10mV	< 0,031%

Tabela: 2

Strona: 1

Badanie: Wpływ zmiany temperatury otoczenia na układ źródła napięć wzorcowych

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 1

Zakres	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=21^{\circ}C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=50^{\circ}C$	Błąd %
10V	9,99993V	9,99831V	-0,0162
1V	1,000002V	0,999886V	-0,0116
100mV	100,0001mV	100,0032mV	+0,0031
10mV	10,0002mV	9,9980mV	-0,0220

Uwagi: Największy błąd temperaturowy nie przekracza  
 $0,0005\% / ^{\circ}C$  (5 ppm /  $^{\circ}C$ )

Badanie

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 2

Zakres	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=20^{\circ}C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=51^{\circ}C$	Błąd
10V	9,99994V	9,99822V	-0,0172
1V	1,000003V		
100mV	100,0008mV		
10mV	10,0003mV		

Uwagi: Największy błąd temperaturowy nie przekracza  
 $0,0004\% / ^{\circ}C$  (4 ppm /  $^{\circ}C$ )



Badanie: Wpływ zmiany temperatury otoczenia na układ źródła napięć wzorcowych

Obiekt badania: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B) ze wzmacniaczem OP-07CP nr 3

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=51^\circ C$	Błąd %
10V	10,00002	9,99823	-0,0175
1V	1,000009		
100mV	100,0013		
10mV	10,0004		

Uwagi: Największy błąd temperaturowy nie przekracza  $0,0004\% / ^\circ C$  ( $4\text{ ppm}/^\circ C$ )

Badanie j.w.

Obiekt badania: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B) ze wzmacniaczem OP-07CP nr 4

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=51^\circ C$	Błąd %
10V	10,00002 V	9,99824	-0,0178
1V	1,000009 V		
100mV	100,0011 mV		
10mV	10,0004 mV		

Uwagi: Największy błąd temperaturowy nie przekracza  $0,0004\% / ^\circ C$  ( $4\text{ ppm}/^\circ C$ )

Tabela: 2

Strona: 3

Badanie: Wpływ zmiany temperatury otoczenia na układ źródła napięć wzorcowych

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 5

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $U_2 = 18V$ $t = 20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2 = 18V$ $t = 51^\circ C$	Błąd %
10V	9,99994 V	9,99818 V	-0,0176
1V	1,000004 V		
100mV	100,0003 mV		
10mV	9,9999 mV		

Uwagi: Największy wpływ temperatury nie przekracza  
 $0,0004 \% / ^\circ C$  (4 ppm /  $^\circ C$ )

Badanie j.w

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 6

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $U_2 = 18V$ $t = 20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2 = 18V$ $t = 51^\circ C$	Błąd %
10V	9,99998 V	9,99818 V	-0,0180
1V	1,000004 V		
100mV	100,0008 mV		
10mV	10,0002 mV		

Uwagi: Największy wpływ temperatury nie przekracza  
 $0,0004 \% / ^\circ C$  (4 ppm /  $^\circ C$ )

Tabela: 2

Strona: 4

Badanie: Wpływ zmiany temperatury otoczenia na układ zwołta napięć wzorcowych

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 7

Zakres	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=51^\circ C$	Błąd %
10V	10,00012 V	9,99830	-0,0182
1V	1,000018 V		
100mV	100,0019 mV		
10mV	10,0003 mV		

Uwagi: Największy błąd temperaturowy we pomiarze  
 $0,0004\% / ^\circ C$  (4 ppm/ $^\circ C$ )

Badanie p.w.

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 8

Zakres	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=51^\circ C$	Błąd %
10V	10,00008 V	9,99834 V	-0,0174
1V	1,000014 V		
100mV	100,0016 mV		
10mV	10,0002 mV		

Uwagi: Największy błąd temperaturowy we pomiarze  
 $0,0004\% / ^\circ C$  (4 ppm/ $^\circ C$ )

Badanie: Wpływ zmiany temperatury otoczenia na układ źródła napięć wzorcowych

Obiekt: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 9

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $U_1=18V$ $t=20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=50^\circ C$	Błąd %
10V	10,00001 V	9,99849 V	-0,0152
1V	1,000026 V	0,999896 V	-0,0130
100mV	100,0028 mV	100,0038 mV	+0,0010
10mV	10,0006 mV	9,9982 mV	-0,0240

Uwagi: Największy błąd temperaturowy nie przekracza  
0,0005 %/°C (5 ppm/°C)

Badanie j.w

Obiekt: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 10

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=20^\circ C$	Wynik pomiaru warunki: $U_2=18V$ $t=51^\circ C$	Błąd %
10V	9,99996	9,99819	-0,0177
1V	1,000001		
100mV	100,0003		
10mV			

Uwagi: Największy błąd temperaturowy nie przekracza  
0,0004 %/°C (4 ppm/°C)

Badanie: Wpływ zmiany napięcia zasilania na układ zwojła napięć wzorcowych

Obiekt: Zmodyfikowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 1

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błąd %
10V	9,99992V	9,99993V	+0,0001
1V	1,000021V	1,000021V	0,0000
100mV	100,0024mV	100,0025mV	+0,0001
10mV	10,0008mV	10,0008mV	0,0000

Uwagi: Największy błąd zmiany napięcia nie przekracza  
0,0001%/8V (1ppm/8V)

Badanie

Obiekt: Zmodyfikowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 2

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błąd %
10V	9,99975V	9,99975V	0,0000
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Błąd zmiany napięcia niezauważalny

Tabela: 3

Strona: 2

Badanie: Wpływ zmiany napięcia zasilania na układ źródła napięć wzorcowych

Opis: Zmodernizowany układ ADZ-2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 3

Zalres	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błąd %
10V	9,99979V	9,99979	0,0000
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Błąd zmiany napięcia nie zauważalny

Badanie

Opis: Zmodernizowany układ ADZ-2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 4

Zalres	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błąd %
10V	9,99981	9,99981	0,0000
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Błąd zmiany napięcia nie zauważalny

Badanie: Wpływ zmiany napięcia zasilania na układ źródła napięć wzorcowych

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 5

Zakres	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błąd %
10V	9,99970V	9,99969	-0,0001
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Błąd zmiany napięcia nie przekracza  
 $0,0001\%/8\text{V}$  (1ppm/8V)

Badanie

Opis: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 6

Zakres	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błąd %
10V	9,99973	9,99974	+0,0001
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Błąd zmiany napięcia nie przekracza  
 $0,0001\%/8\text{V}$  (1ppm/8V)

Tabela: 3

Strona: 4

Badanie: Wpływ zmiany napięcia zasilania na utwardź źródła napięć wzorcowych

Obiekt: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
 badanie: ze wzmacniaczem OP-07 CP nr 7

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}$ $U_2=12V$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}$ $U_2=20V$	Błęd %
10V	9,99988V	9,99988V	0,0000
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Błęd wpływu zmiany napięcia niezauważalny

Badanie

Obiekt: Zmodernizowany układ ADZ 2C (B)  
 badanie: ze wzmacniaczem OP-07 CP nr 8

Zalives	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}$ $U_2=12V$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}$ $U_2=20V$	Błęd %
10V	9,99982V	9,99980V	-0,0002
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Największy błąd zmiany napięcia nie przekracza:  
 0,0002% / 8V (2 ppm / 8V)

2/1



Tabela: 3

Strona: 5

Badanie: Wpływ zmiany napięcia zasilania na ułtad  
zrodła napięci wzorcowych

Obiekt: Zmodyfikowany ułtad ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 9

Zalres	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błd %
10V	9,99990V	9,99991V	+0,0001
1V	1,000013V	1,000013V	0,0000
100mV	100,0019mV	100,0018mV	-0,0001
10mV	10,0006mV	10,0006mV	0,000

Uwagi: Największy bld wpływ zmiany napięcia nie przekrocze:  
0,0001% / 8V (1ppm / 8V)

Badanie

Obiekt: Zmodyfikowany ułtad ADZ 2C (B)  
badania: ze wzmacniaczem OP-07CP nr 10

Zalres	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=12\text{V}$	Wynik pomiaru warunki: $t=22^{\circ}\text{C}$ $U_2=20\text{V}$	Błd %
10V	9,99969	9,99970	+0,0001
1V			
100mV			
10mV			

Uwagi: Bld wpływ zmiany napięcia nie przekrocze:  
0,0001% / 8V (1ppm / 8V).