

# Miernik częstotliwości

Miernik działa na zasadzie zliczania impulsów we wzorcowym odstępie czasu. Częstotliwość impulsów odpowiada częstotliwości badanego sygnału. Kształt mierzonego przebiegu jest dowolny. Ukształtowane impulsy badanego przebiegu są doprowadzone do wejścia 1 bramki, natomiast do wejścia 2 tej bramki są doprowadzone impulsy o wzorcowym czasie trwania (np. 10 ms, 100 ms, 1 s), które powodują otwarcie bramki dla badanego przebiegu. Impulsy badanego przebiegu przechodzące przez bramkę są zliczane w układzie licznika. Liczbę zliczanych impulsów odczytuje się na wyświetlaczu.

Jeżeli we wzorcowym odstępie czasu  $T$  licznik zliczył  $n$  impulsów to częstotliwość badanego przebiegu wynosi:

$$f_x = n/T(s) \quad [\text{Hz}]$$

W tej metodzie pomiar częstotliwości jest obarczony dwoma błędami. Jeden składnik błędu wynika z zasady pomiarów cyfrowych, w której liczba zliczanych impulsów jest zawsze liczbą całkowitą i może różnić się o  $\pm 1$  od liczby okresów mierzonego przebiegu. Drugi składnik błędu wynika z dokładności odstępów czasu, w których jest otwarta bramka, a to łączy się z dokładnością wzorca częstotliwości. Im dłuższy jest czas pomiaru, a tym samym im więcej jest zliczonych impulsów, tym większa jest dokładność pomiaru, pod warunkiem, że wzorec jest dokładny, a badany przebieg charakteryzuje się stabilną częstotliwością.

Schemat blokowy miernika częstotliwości składa się z następujących pięciu bloków: wzmacniacza wejściowego, generatora impulsów wzorcowych, bramki z układem sterowania, zespołu liczników z pamięcią, dekoderni i wyświetlacza oraz zasilacza.

## Wzmacniacz wejściowy

Wzmacniacz wejściowy jest wykonany na oddzielnej płytce i stanowi układ uniwersalny o wielu różnorodnych zastosowaniach. Jego budowę przedstawia odrębna dokumentacja, stanowiąca załącznik do dokumentacji miernika częstotliwości.

## Generator impulsów wzorcowych

Zadaniem generatora jest wytwarzanie impulsów o wzorcowym czasie trwania ustalonym przy pomocy przełącznika. Dokładność miernika zależy wprost od dokładności wzorca. Jednocześnie im dokładniej wzorec jest skorygowany, tym droższy. Podstawowa konstrukcja miernika przewiduje wzorec KXO-01,  $f = 10 \text{ MHz}$ , zapewniający w zakresie napięć i temperatur pracy odchyłkę mniejszą niż  $3 \times 10^{-6}$  i sygnał wyjściowy TTL. Tym niemniej, przewidziano możliwość zastosowania innego wzorca, pozostawiając na płytce punkty lutownicze dla wmontowania elementów wzmacniacza formującego, gdyby zamiennik generował przebiegi o amplitudzie lub kształcie niezgodnym ze standardem TTL oraz dla zmiany stosunku podziału częstotliwości, gdyby częstotliwość zamiennika wynosiła 2 lub 5 MHz.

Częstotliwość wzorcowa jest dzielona w układzie U3. Przy 10 MHz sygnał powinien być doprowadzony do końcówki 1U3, końcówka 11U3 (punkt lutowniczy J2) połączona zwróć z końcówką 14U3 (J3), a sygnał wyjściowy (1 MHz) z końcówki 12 U3 podany na wejście dzielnika 15U4B (J6). Na schemacie ideowym (rys. 1) połączenia te zaznaczono

linią przerywaną, a na widoku płytki od strony elementów (rys. 5) i schemacie montażowym (rys. 6) ciągłą.

Uwaga: na płycie z drukiem dwustronnym zwory powinny być wykonane przewodem izolowanym!

Dla sygnału wzorcowego 5 MHz TTL połączenie J2-J3 należy przerwać, a J2 połączyć z J6. J3 pozostaje odłączony.

Dla sygnału 2 MHz TTL wejście 1U3 połączyć zworą z J3 lub 14U3, a J1 z J6. J2 pozostaje odłączony.

Sposób włączenia wzmacniacza formującego dla wzorców o sygnale sinusoidalnym TXCO-S przedstawiono w numerze 8/91 miesięcznika SAT AV (s. 37, rys. 4 - schemat i s. 40 - montaż).

Parametry miernika częstotliwości	Wartość
Zakres mierzonych częstotliwości	10 Hz - 100 MHz
Czułość	< 20 mV
Maksymalne napięcie wejściowe	25 V
Rezystancja wejściowa	> 1 MOhm (dla $U_{we} < 0,3$ V)
Pojemność wejściowa	< 25 pF
Dokładność pomiaru	$\pm 1$ na ostatnim miejscu wyświetlacza $\pm$ dokładność generatora wzorcowego
Czas otwarcia bramki	10 ms, 100 ms, 1 s
Czas odczytu	regulowany ręcznie 0,5 - 5 s
Dokładność wzorca częstotliwości KXO-01	nie gorsza niż $\pm 3 \times 10^{-6}$ dla temperatur 5-40°C
Liczba pozycji wyświetlacza	8 cyfr z przecinkiem

Sygnal 1 MHz otrzymany na wyjściu układu U3 jest następnie dzielony w sześciostopniowym dzielniku dekadowym zbudowanym z wykorzystaniem układów 74LS390 (U4, U5, U6). Są to podwójne liczniki dekadowe liczące w kodzie BCD. Na wyjściu ostatniego stopnia powstaje przebieg o częstotliwości 1 Hz. Sygnal ten oraz dwa wcześniej otrzymane sygnały o częstotliwościach 10 Hz i 100 Hz są podawane poprzez klucze analogowe układu U7 (MCY 74066) do wejścia T przerzutnika U9A. Sterowanie kluczami analogowymi można zrealizować przy pomocy przełącznika obrotowego lub przełącznika elektronicznego. Ważne jest, aby przełącznik zapewniał jednoznaczność wyboru, tzn. żeby nie można było jednocześnie włączyć dwóch pozycji. Przełącznik dodatkowo włącza diody świecące D5 lub D6, określające jednostkę mierzonych częstotliwości (kHz lub MHz) oraz diody punktów dziesiętnych wskaźników (DP). W wersji elektronicznej przełącznik składa się z licznika pierścieniowego (Johnsona) U40 (MCY 74022), sprzężenia U39C, U39D (1/2 74HCT00) ograniczającego pierścień do 3 pozycji (zakresów) i przerzutnika RS (U39A, U39B) sterowanego przyciskiem SW1. Każde wciśnięcie SW1 przesuwa cyklicznie stan logiczny "1" na następną pozycję. W przypadku przełącznika stykowego (obrotowego lub przyciskowego - Isostat) nie należy wlotowywać układów U39 i U40, a w miejsce końcówek 1, 2 i 3 U40 wlotować przewody połączone odpowiednio z końcówkami przełącznika zakresów:

1U40 - S2 (3S2A)

2U40 - S1 (3S1A)

3U40 - S3 (3S3A).

Obie wersje przełącznika zakresów uwidoczniono na schemacie ideowym (rys. 1) wyodrębnione linią przerywaną. W zamówieniu należy zaznaczyć, czy zestaw ma zawierać U39 i U40.

## Bramka z układem sterowania

Układ ten zawiera bramkę, elementy wytwarzające impulsy potrzebne do jej sterowania oraz sygnały pomocnicze dla zespołu liczników i pamięci. Układ bramki stanowią dwa funktry logiczne NAND (U8A, U8B0 z rodziny TTL-S lub TTL-AS (dla  $f_{max} = 100$  MHz) połączone w ten sposób, że tworzą przerzutnik Schmitta kształtujący dodatkowo impulsy przekazywane do zespołu liczników.

Sygnał o okresie 10 ms, 100 ms lub 1 s jest przetwarzany w układzie sterowania w następujące ciągi impulsów:

- sterujące, o czasie trwania 10 ms, 100 ms lub 1 s, potrzebne do otwarcia bramki;
- B, służące do zapisu informacji w pamięci;
- C i D służące do kasowania liczników.

Ponadto układ sterowania umożliwia regulację czasu odczytu wyniku na wyświetlaczu (potencjometr P2).

Przerzutniki typu J-K układu U9 (74LS73) generują impulsy o czasie trwania równym okresowi impulsów z liczników U5, U6 (stosownie do nastawianego zakresu). Opadające zbocze impulsu wyzwala krótki impuls B (ok. 1 mikrosekundy) w generatorze pojedynczego impulsu utworzonym przez dwie bramki NAND układu U10A i U10B. Impulsy B służą do wpisywania zawartości liczników do pamięci. Jednocześnie uruchamiany jest przerzutnik monostabilny z układem U11 (74LS122), który generuje impuls o czasie trwania zależnym od ustawionej wartości potencjometru P2 (0,5 - 5 s). Opadające zbocze tego impulsu, poprzez dwie kolejne bramki NAND układu U10, generuje impuls (około 1 mikrosekundy) C i jego negację D, które zerują liczniki.

Cykl pomiarowy zostaje w ten sposób zakończony. Następny cykl pomiaru rozpoczyna się po nadejściu najbliższego zbocza narastającego sygnału z liczników U5, U6.

Rys. 1 przedstawia schemat ideowy wzmacniacza wejściowego, generatora impulsów wzorcowych, dzielników częstotliwości i bramki z układem sterowania oraz obu wersji przełącznika zakresów.

## Zespół liczników z pamięcią, dekoderni i wyświetlaczem

Zespół ten zawiera 8 zestawów licznik-pamięć-dekoder-wskaźnik. Parzysta liczba zestawów wynika z zastosowania podwójnego wskaźnika siedmiosegmentowego typu MAN 6710. Wybór typu wskaźnika jest dowolny i zależy od możliwości i upodobań budującego częstotściomierz (wielkość, kolor świecenia).

Wskaźniki MAN 7610, zastosowane w modelu ze względu na dostępność i niską cenę, są podwójnymi wskaźnikami siedmiosegmentowymi ze wspólną anodą o wysokości cyfr 14,2 mm, emitującymi światło czerwone. Charakteryzują się one dużą intensywnością świecenia przy małym poborze prądu (max 10 mA dla pojedynczego segmentu). Do sterowania wyświetlaczem mogą być użyte dekodery typu 74LS47 lub 74LS247, które mają identyczne wyprowadzenia, a różnią się tylko sposobem wyświetlania cyfr 6 i 9. Schemat zespołu liczników, pamięci i dekoderni jest przedstawiony na rys. 2, a schemat połączeń wyświetlacza na rys. 3.

Informacja jest wyświetlana po zakończeniu zliczania przez liczniki. Do czasu zmiany zawartości liczników informacja poprzednia jest przechowywana w pamięci. Pamięć tę stanowią poczwórne przerzutniki typu latch (74LS75). W ten sposób na wskaźnikach nie obserwuje się procesu zliczenia. Zespół liczników składa się z dekad liczących w kodzie BCD.

Pierwszy układ zespołu liczników UI2 (74LS196, 74S196) decyduje o maksymalnej częstotliwości jaką może mierzyć częstotłomierz. Dla układu 74LS196  $f_{\max} = 50$  MHz, a dla układu 74S196  $f_{\max} = 100$  MHz. Wszystkie pozostałe liczniki są typu 74LS90. W układach dekoderek wykorzystano możliwości wygaszania wskaźników nie wykorzystywanych w danej chwili przez co zmniejsza się pobór mocy, a wynik jest bardziej czytelny.

## Zasilacz

Schemat zasilacza jest przedstawiony na rysunku. Zasilacz dostarcza stabilizowanych napięć +5V i +12V. Napięcia te są uzyskiwane z monolitycznych stabilizatorów typu 7805 i 7812 dołączonych do prostowników z filtrami pojemnościowymi. Prąd maksymalny potrzebny ze źródła 5V wynosi 700 mA, a ze źródła 12V - 150 mA.

Wersje zasilacza różnią się transformatorem sieciowym. Przedstawiona na schemacie rys. 4a zawiera seryjny transformator ZATRA TS 12/6. W wersji 4b zastosowano specjalnie wykonany transformator, droższy, jednakże mniejszy (na rdzeniu TS-8) i pozwalający uprościć prostownik +12 V do jednopółkowego (tylko dioda D10). Otwory i punkty lutownicze na płycie drukowanej umożliwiają użycie obydwu wersji transformatora.

## Konstrukcja przyrządu

Model częstotłomierza został wykonany w metalowej obudowie o wymiarach:

Szerokość	200 mm
Wysokość	46 mm
Głębokość	150 mm

O wysokości obudowy decydują wymiary transformatora sieciowego.

### UWAGA!

Urządzenie jest zasilane z sieci, a więc występują w nim niebezpieczne napięcia. Montaż i uruchomienie wymagają przestrzegania zasad bezpiecznej pracy z urządzeniami elektrycznymi.

Na tylnej ścianie przyrządu znajduje się gniazdo bezpiecznika oraz jest zamocowany stabilizator napięcia +5V, co zapewnia dobre rozpraszanie wydzielającego się ciepła. Na płycie czołowej są umieszczone wskaźniki, przełącznik wyboru czasu otwarcia bramki (zakresów), wyłącznik sieciowy, gniazdo wejściowe, potencjometry P1 i P2 oraz diody świecące D5, D6 i D9.

Wszystkie elementy elektroniczne są zamontowane na dwóch płytkach drukowanych. Płytką AVT 1023 (rys. 7) zawiera wskaźniki segmentowe, płytką główną AVT 113, dwustronna z metalizowanymi otworami, pozostałe elementy (z wyjątkiem montowanych na obudowie). Rys. 5 przedstawia widok płytki głównej od strony elementów z zaznaczonymi zworami J1 - J6 i J2 - J3 dzielnika częstotłowości 10 MHz (w poprzek ścieżek - koniecznie izolowane!).

Na rys. 6 pokazano rozmieszczenie elementów na płycie głównej.



## Montaż i uruchomienie

Montaż przyrządu sprowadza się do prawidłowego włożenia w otwory płytek drukowanych odpowiednich elementów i starannego ich wlutowania.

Dla wyeliminowania przykrych niespodzianek zaleca się sprawdzić elementy przed montażem. Najwięcej uwagi należy poświęcić płytce głównej, zwracając uwagę, czy zabrudzenia, ścinki lub wióry po obróbce mechanicznej nie powodują zwarć między ścieżkami. Elementy powinny być dobrej jakości, a montaż staranny. Po zmontowaniu płytkę należy umyć z resztek topnika (czystym spirytusem).

### Uwaga!

Różne typy tranzystorów FET, dopuszczalne jako zamienniki T1, mogą mieć odmiennie umieszczone końcówki. Należy starannie dopasować końcówki do właściwych otworów, wyginając je w miarę potrzeb lub/i obracając obudowę. W typach czterokońcówkowych (4-masa) końcówkę masy należy odciąć tuż przy obudowie.

Do uruchomienia częstotściomierza potrzebny jest multimetr, oscyloskop i generator sygnałów o dowolnym kształcie, ale o zakresie częstotliwości do 50 - 100 MHz.

Montaż i uruchomienie najlepiej wykonywać metodą "krok po kroku". Montujemy w pierwszej kolejności zasilacz i multimetrem sprawdzamy wartości napięć, które powinny wynosić  $+5V \pm 5\%$  oraz  $+12V \pm 0,5V$ . Następnie montujemy i uruchamiamy kolejne bloki funkcjonalne przyrządu. Ten sposób ułatwia wykrywanie błędów montażu i niesprawnych elementów. Oscyloskopem można sprawdzić amplitudy zakłóceń obydwu napięć zasilających. Wartości te nie powinny przekraczać 20mV. Większa amplituda może świadczyć o zbyt małej pojemności kondensatorów filtrujących lub uszkodzeniu stabilizatora. Oscyloskopem sprawdzamy też sygnał wyjściowy generatora wzorcowego oraz kształt impulsów na wyprowadzeniu 12 układu U3. Powinna to być fala prostokątna o częstotliwości 1MHz. Jeżeli montaż tej części przyrządu był prawidłowy, a potencjometr P2 jest w lewym skrajnym położeniu (minimalna rezystancja), to co 0,5s powinna zapalać się dioda D9 na czas wybrany przełącznikiem zakresów (10ms, 100ms lub 1s). Następnie należy sprawdzić wzmacniacz wejściowy. W tym celu do gniazda wejściowego podajemy sygnał o określonej częstotliwości (np.: 1MHz) i amplitudzie około 20mV. Sygnał ten (o nieznacznie mniejszej amplitudzie) powinien być obserwowany w niezmiennym kształcie na wyprowadzeniu 9 układu U1, a na wyjściu wzmacniacza (kolektor T3) powinien mieć kształt impulsów prostokątnych o amplitudzie co najmniej 2,5V i wypełnieniu zależnym od położenia potencjometru P1. Jeżeli wszystkie układy działają poprawnie, to na wyświetlaczu można odczytać częstotliwość sygnału wejściowego.

Przy uruchamianiu stopni począwszy od dzielnika częstotliwości, generator można zastąpić sygnałem działającego już własnego generatora wzorcowego, łącząc ostrożnie, by nie spowodować zwarcia, kolejne stopnie dzielnika z gniazdkiem wejściowym. Dla wzorca 10MHz mamy do dyspozycji następujące częstotliwości:

- na wyprowadzeniu:

1U3	- 10 MHz
14U3, 11U3	- 2 MHz
12U3, 15U4	- 1 MHz
12U4, 13U4	- 0,5 MHz
9U4, 1U4	- 100 kHz
3U4, 4U4	- 50 kHz
7U4, 15U5	- 10 kHz
12U5, 13U5	- 5 kHz
9U5, 1U5	- 1 kHz

itd.

Przy częstotliwościach poniżej 10kHz odpowiednią amplitudę można uzyskać stosując dzielnik oporowy, np. dla 20mV - 10k i 0,39k.

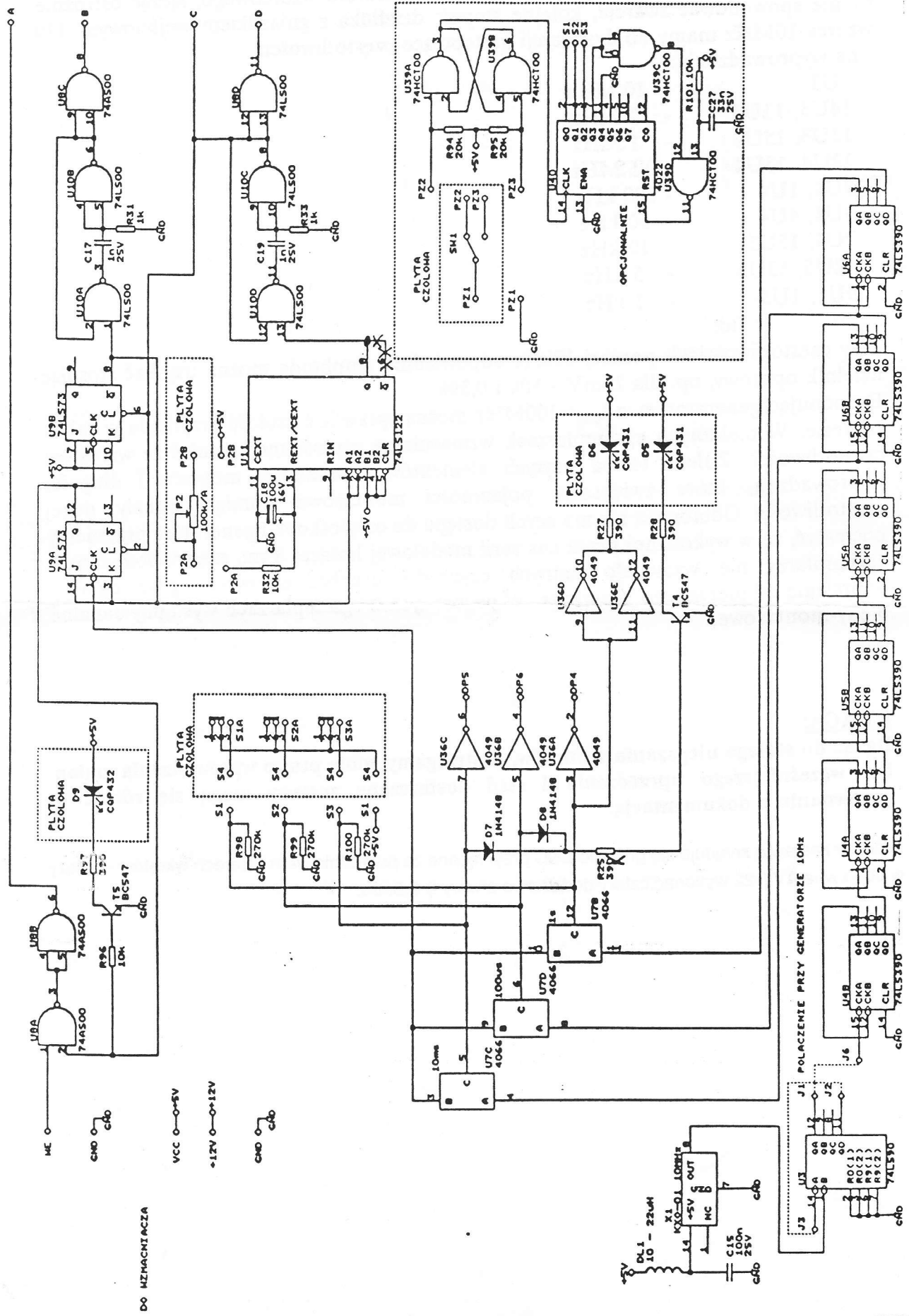
Dysponując generatorem o  $f_{\max}=100\text{MHz}$  można sprawdzić czułość przyrządu w całym zakresie. W niektórych egzemplarzach wzmacniacza czułość może maleć ze wzrostem częstotliwości. Zależy to od użytych elementów, staranności montażu i długości doprowadzeń, które zwiększają pojemności montażowe tłumiąc sygnały dużej częstotliwości. Odbiorców nie mających dostępu do oscyloskopu i generatora pragniemy pocieszyć, że w wykonanej przez nas serii modelowej liczącej 8 szt. częstotściomierzy, 6 egzemplarzy nie wymagało żadnych czynności uruchomieniowych, gdyż działały poprawnie od pierwszego włączenia. W pozostałych 2 egzemplarzach wystąpiły banalne błędy montażowe.

#### UWAGA:

Dążąc do stałego ulepszania zestawów, zastrzegamy sobie prawo wprowadzania zmian bez wcześniejszego uprzedzenia i stąd dostarczone zestawy mogą się różnić w porównaniu z dokumentacją.

Jeżeli w zestawie znajduje się gniazdo BNC przykręcane za pośrednictwem czterech wkrętów - należy w obudowie AVT-22 wykonać cztery dodatkowe otwory  $\phi 2,5\text{mm}$ .

Ry. 1

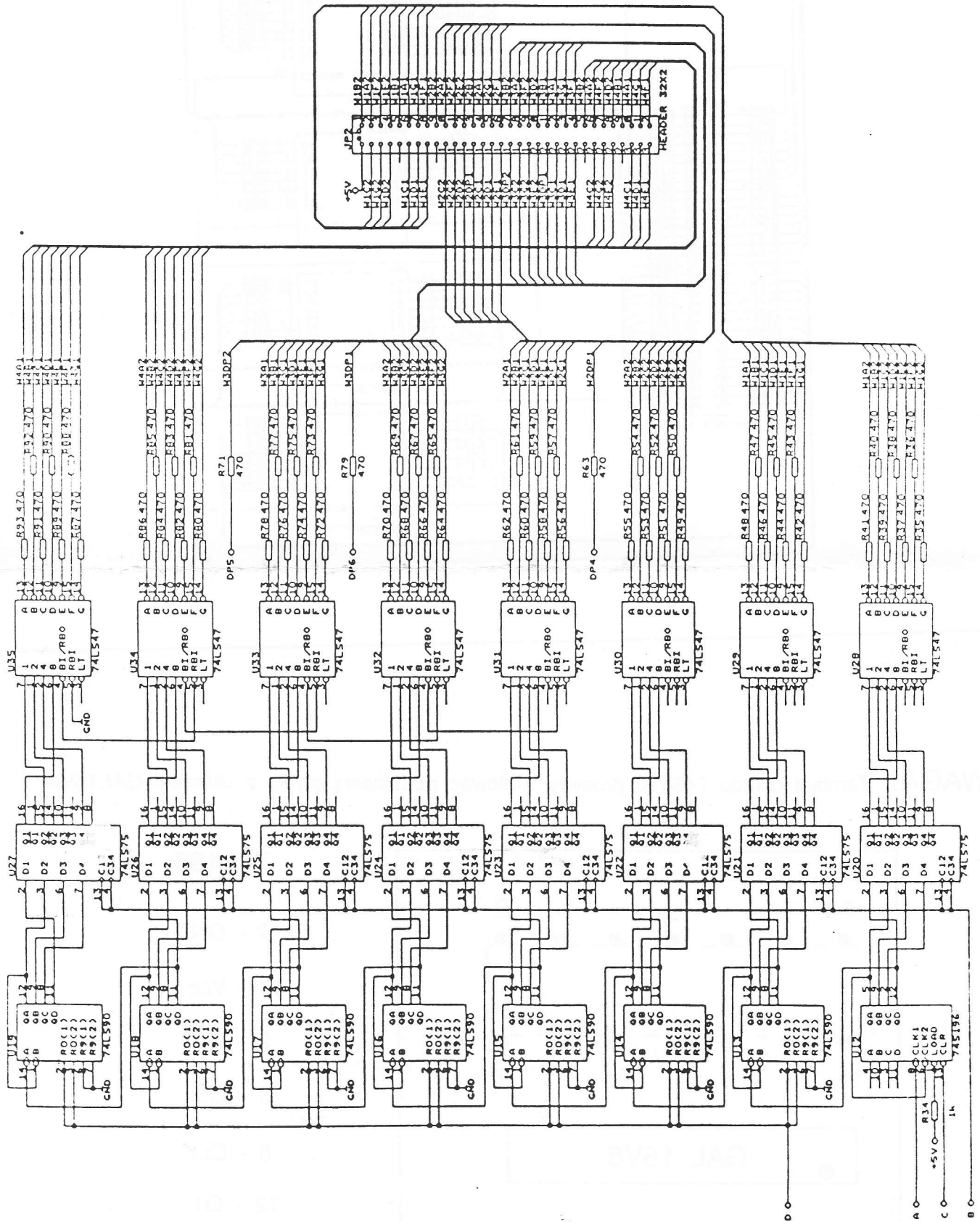


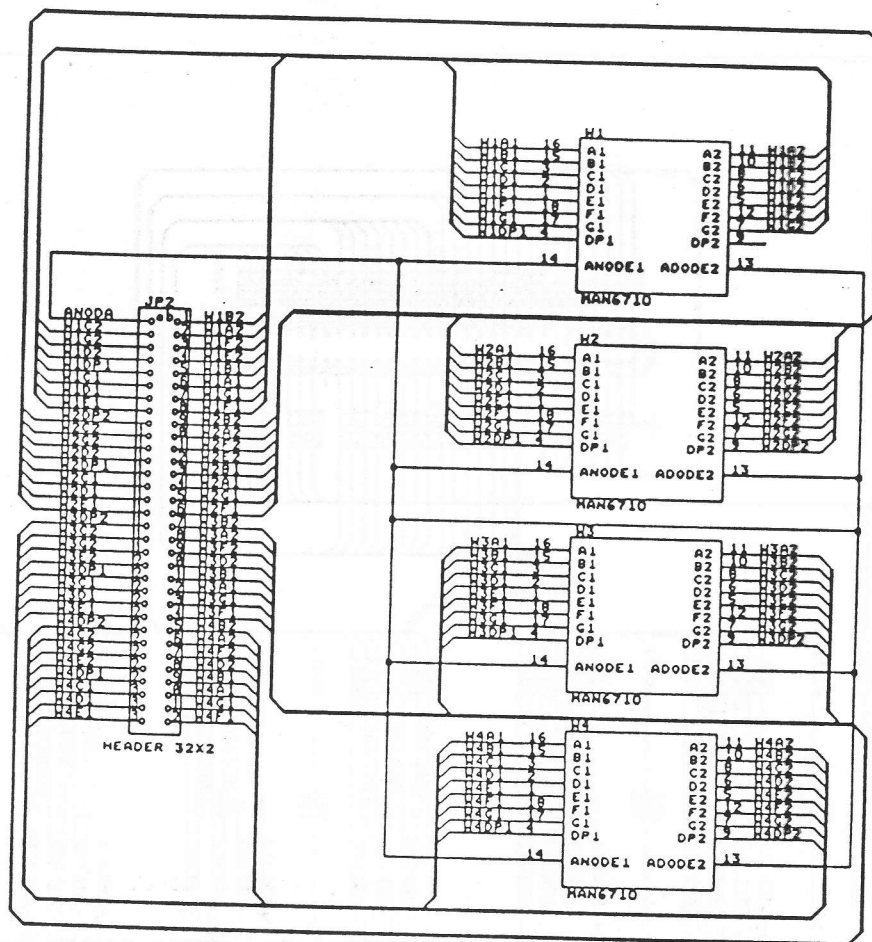
DO WZMACNIACZA

# POŁACZENIE PRZY GENERATORZE 10MVA

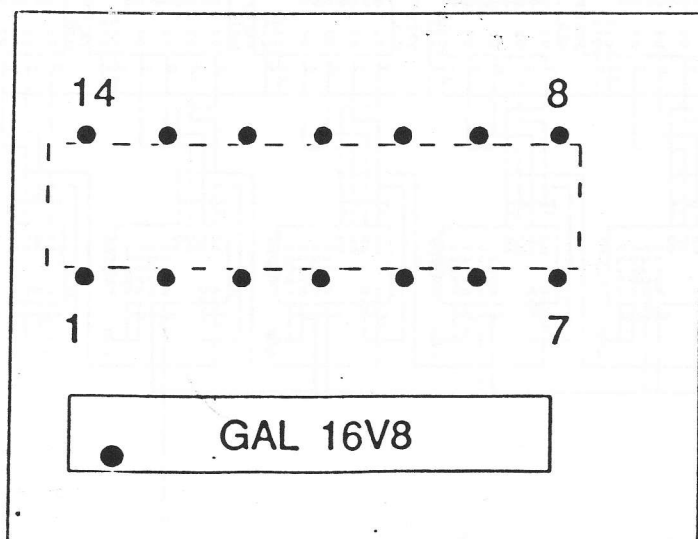


Ryp. 2





**UWAGA!** Zamiast układu 74S196 prosimy wlotować dodatkową płytkę z układem GAL16V8



**74S196**

pin 7 - GND

14 - Vcc

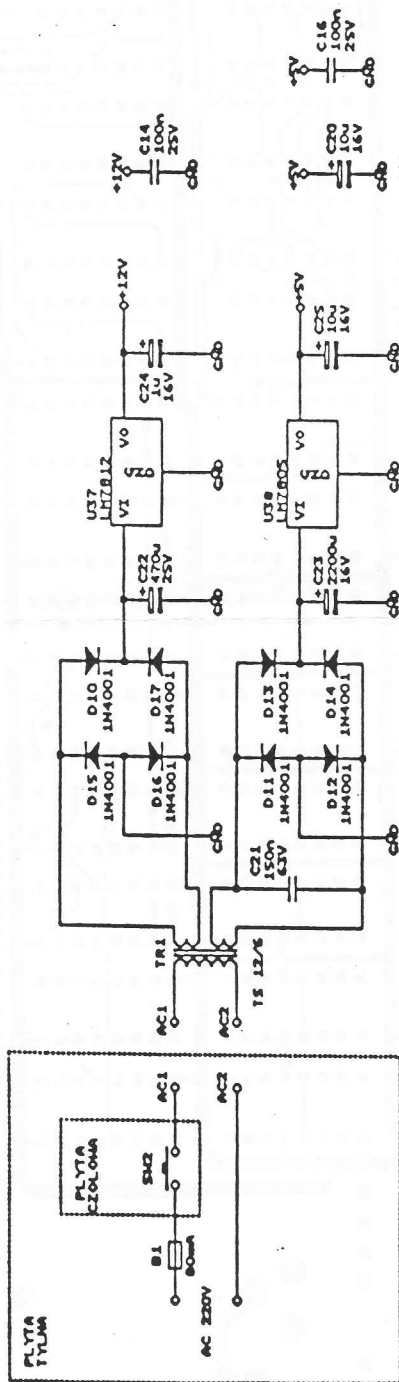
2 - Q0

5 - Q3

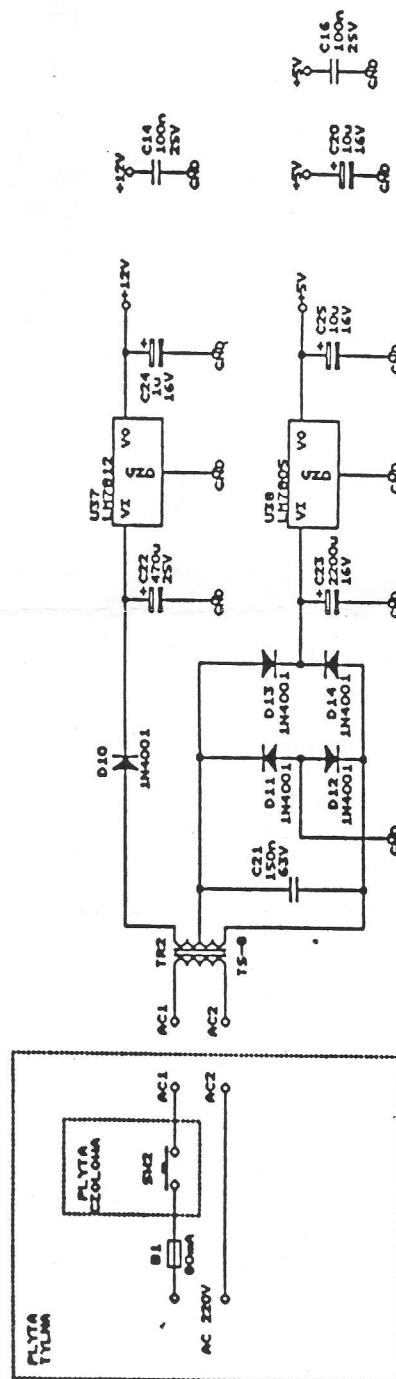
8 - CLK

12 - Q1

13 - RES



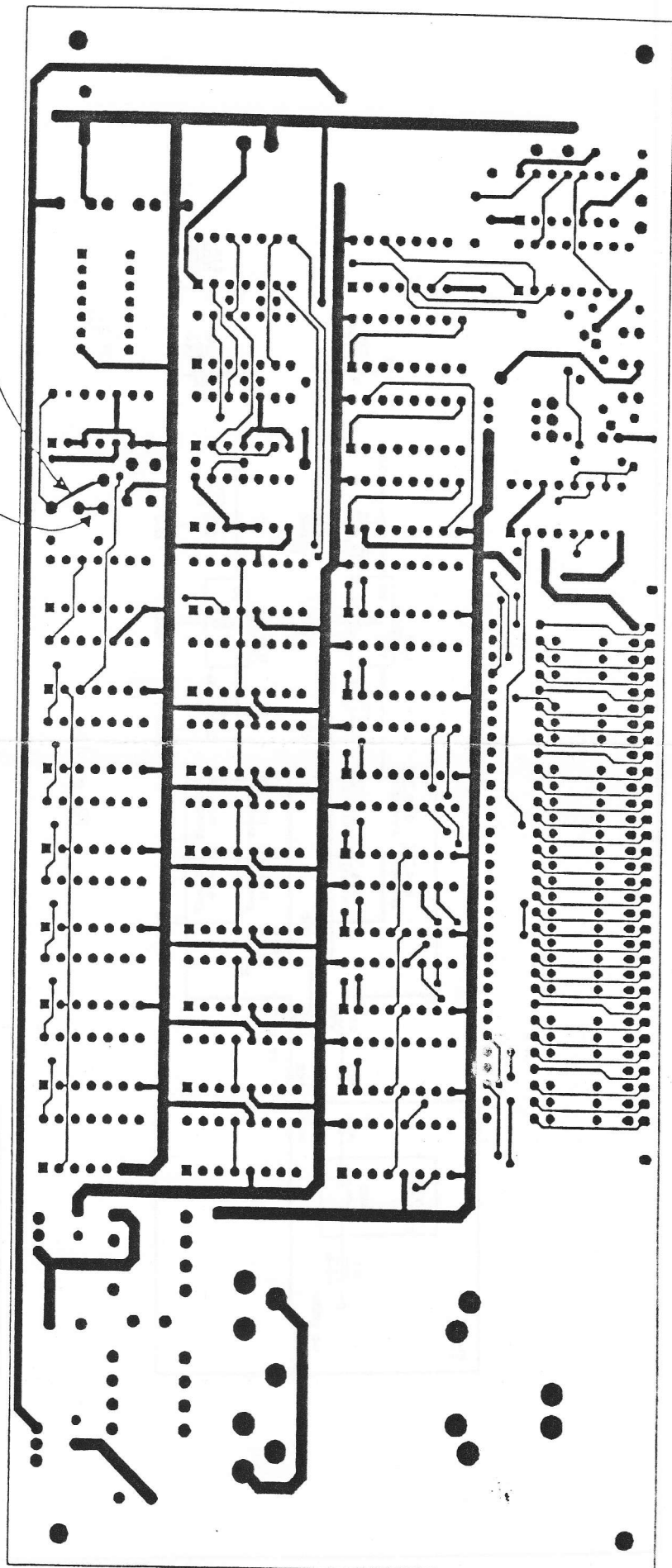
Rys. 4a



Rys. 4b

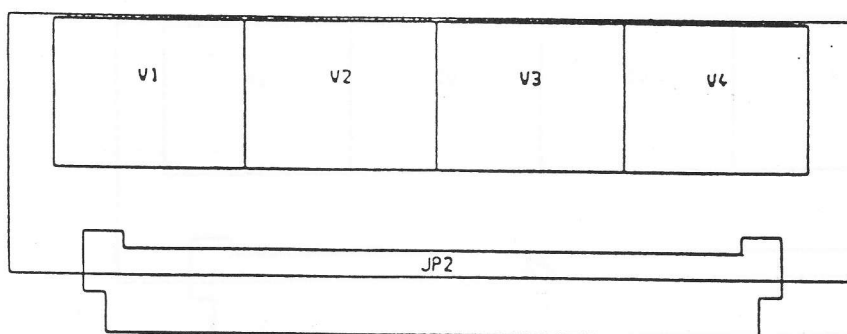
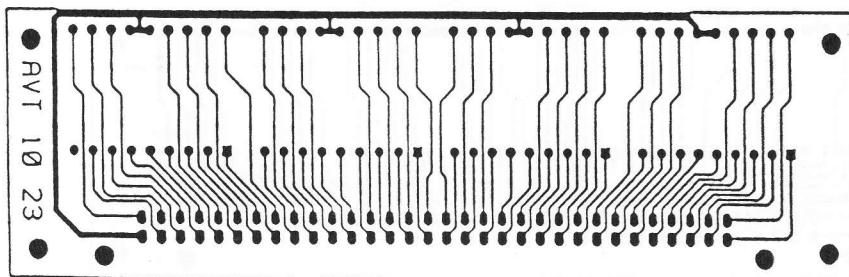
Ryp. 5

J1-J6 J2-J3

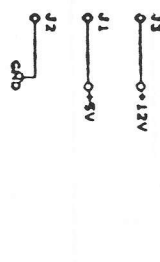








Rys. 7



Rys. 1

AVT 22				Wartość brutto. (w tys. zł)			
Lp.	Symbol	Nazwa/Wartość	Ilość				
<del>1.</del> W	R1	33kΩ	1				
<del>2.</del> W	R2, R15	330Ω	2				
<del>3.</del> W	R3	1MΩ	1				
<del>4.</del> W	R4	4,7kΩ	1				
<del>5.</del> W	R5	100Ω	1				
6. W	R6	6,8kΩ	1				
<del>7.</del> W	R7, R31, R33, R34	1kΩ	4				
<del>8.</del> W	R8, R11, R12, R13, W R14, R17, W R18 W	510Ω	7				
<del>9.</del> W	R9	2,2kΩ	1				
10. W	R10	2,7kΩ	1				
<del>11.</del> W	R16	220Ω	1				
<del>12.</del> W	R20	39Ω	1				
<del>13.</del> W	R19, R22	30Ω	2				
14. W	R21	120Ω	1				
<del>15.</del> W	R25	39kΩ	1				
<del>16.</del> W	R27, R28, 97	390Ω	3				
<del>17.</del> W	R32, R96	10kΩ	2				
<del>18.</del> W	R98, R99, R100	270kΩ	3				
<del>19.</del> W	C1	100nF/100V	1				
<del>20.</del> W	C2	15pF	1				
<del>21.</del> W	C3	100pF	1				
<del>22.</del> W	C4, C7, W C9, C10, C11 W C12, W C15w, W C16w, W C17w, C18, W C19w, W C20w, <del>C20</del>	100nF cer.	12				
<del>23.</del> W	C5	10μF/25V	1				
<del>24.</del> W	C6	22μF/25V T	1				
<del>25.</del> W	C8	10μF/16V	1				
<del>26.</del> W	C13	10μF/16T	1				
27. W	C14w	220pF	1				
<del>28.</del> W	C18	100μF/16V	1				
<del>29.</del> W	C21	150nF 33p	1				

AVT 22				Wartość brutto (w tys. zł)			
Lp.	Symbol	Nazwa/Wartość	Ilość				
30.	C14, C15, C16 <i>W</i>	100nF	3				
31.	C17, C19	1nF	2				
32.	<del>C20</del>	<del>10μF/16V</del>	1				
33.	C25 <i>Z</i>	10μF/16T	1				
34.	C24 <i>Z</i>	1μF/50V	1				
35.	C22 <i>Z</i>	470μF/50	1				
36.	C23 <i>Z</i>	1000μF/16V	1				
37. <i>W</i>	V1	MC10116	1				
38.	U3, U13, U14, U15, U16, U17, U18, U19	74LS90	8				
39.	U4, U5, U6	74LS390	3				
40.	U7	CD4066	1				
41.	U8	74AS00	1				
42.	U9	74LS73	1				
43.	U10	74LS00	1				
44.	U11	74LS122	1				
45.	U12	74S196 <i>94L</i>	1				
46.	U20...U27	74LS75	8				
47.	U28...U35	74LS47	8				
48.	U36	CD4049	1				
49.	U37 <i>Z</i>	LM7812	1				
50.	U38 <i>Z</i>	LM7805	1				
51.	W1...W4	LED podwójny	4				
52.	X1	10MHz	1				
53. <i>W</i>	.2, L3, L1	15μH <i>22μH</i>	4				
54.	DŁ <sub>1</sub>	12μH	1				
55. <i>W</i>	T3, T4w	BF506	2				
56.	T4, T5	BC547B	2				
57. <i>W</i>	T2	2N2369	1				
58. <i>W</i>	T1	2N4416	1				
59. <i>W</i>	D1, D2	BAT85	2				
60.	D5, D6	LED R	2				
61.	D7, D8	1N4148	2				
62.	D9	LED G	1				

AVT 22				Wartość brutto (w tys. zł)			
Lp.	Symbol	Nazwa/Wartość	Ilość				
63.	D10...D17 Z	1N4001	8				
64.	R35-93	470Ω	59				
65.		ISO potrójny	1				
66.	B	100μA oprawka do obudowy	1				
67.	BNC	X	1				
68.		Pot. 1K/A	1				
69.		Pot. 100k/A	1				
70.		kabel ekran. 25cm	1				
71.		tasiemka "12" 25cm	1				
72.		złącze katowe podwójne 40pin	1				
73.		pl. druk: wzmac., główn., wyświetl.	3				
74.		obudowa + oprzyrządow.	1				
75.		kabel sieciowy	1				
76.	TR	TS6/40 12/6	1				