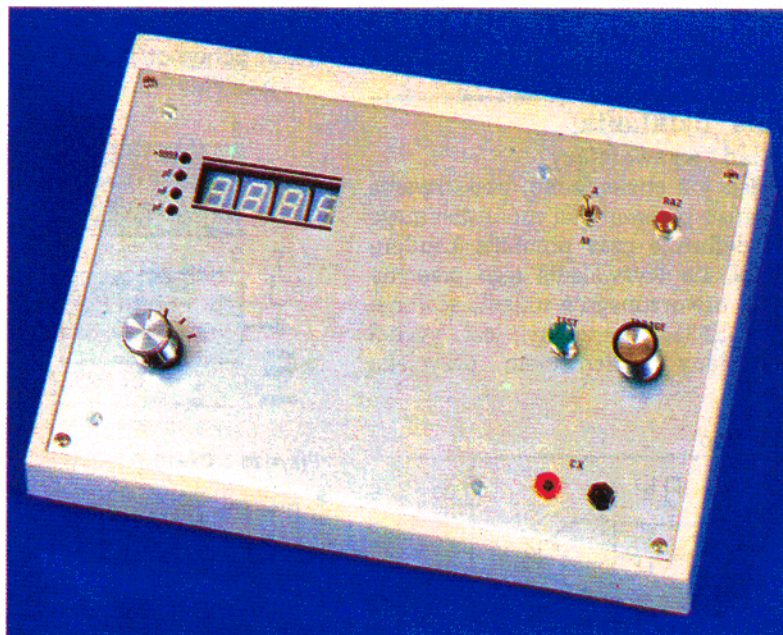


*Każdy elektronik, zaawansowany czy debiutant, ma problemy z zaopatrzeniem w podzespoły elektroniczne. Jednym ze sposobów obniżenia kosztów z tym związanych jest stosowanie podzespołów używanych. Często jednak ich oznaczenia są niezrozumiałe lub nieczytelne. Posiadanie więc miernika pojemności może okazać się opłacalne.*

# Cyfrowy miernik pojemności



Proponujemy czytelnikom wykonanie prostego miernika pojemności o następujących właściwościach i parametrach:

- 3 zakresy pomiarowe:  $\mu\text{F}$ ,  $\text{nF}$  i  $\text{pF}$
- wynik pomiaru na czterocyfrowym, 7-segmentowym wyświetlaczu
- sygnalizacja przekroczenia zakresu (dioda elektroluminescencyjna)
- sygnalizacja aktualnego zakresu (dioda elektroluminescencyjna)
- kompensacja pojemności pasożytniczych po uprzednim ręcznym ustawieniu pojemności zerowej (na zakresie  $\text{pF}$ )
- zasilanie 3V do 6V, nominalne 5V
- pobór prądu podczas świecenia wszystkich segmentów wyświetlacza około 40mA
- własny oscylator multipleksera
- możliwość wysterowania 4 wyświetlaczy ze wspólną katodą przez 7 wyjść
- pojemność licznika 9999
- możliwość wyzerowania miernika w dowolnym momencie
- maksymalna częstotliwość zliczania 2MHz
- częstotliwość multipleksera 1kHz

## Zasada działania

Strukturę przyrządu przedstawia schemat blokowy na **rys. 1**. Składa się on z przerzutnika astabilnego, trzech przerzutników monostabilnych oraz licznika z dekodern i wyświetlaczem. Zamiana pojemności kondensatora na liczbę pokazywaną przez wyświetlacz odbywa się w sposób następujący: przerzutnik astabilny dostarcza fali prostokątnej o stałej częstotliwości, której zbocza opadające są zliczane przez czas proporcjonalny do wartości pojemności mierzonego kondensatora. Wystarczy więc tak dopasować czas trwania impulsu przerzutnika monostabilnego do częstotliwości przerzutnika astabilnego, żeby wynik zliczania pokazywany na wyświetlaczu wyrażał pojemność mierzonego kondensatora.

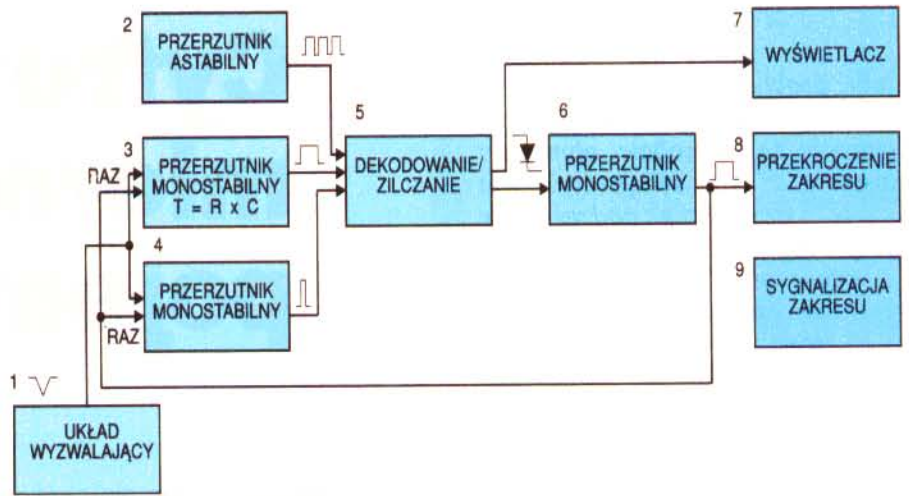
Na przykład (rys. 2), mierzony kondensator  $10\mu\text{F}$  wraz z rezystorem  $10\text{k}\Omega$  utrzymuje impuls przerzutnika monostabilnego (3) przez czas  $0.1\text{s}$ . Jeśli przerzutnik astabilny (2) generuje częstotliwość  $100\text{ Hz}$ , to zostanie zliczone 10 impulsów. Liczba ta zostaje wyświetlona na wyświetlaczu i oznacza pojemność kondensatora.

Oprócz tego dodatkowy przerzutnik monostabilny (4) opóźnia rozpoczęcie zliczania impulsów przerzutnika astabilnego (2), aby skompensować pojemności pasożytnicze, wpływające na wynik pomiaru na zakresie „pF”. Natomiast trzeci przerzutnik monostabilny steruje świeceniem diody LED sygnalizującej przekroczenie zakresu pomiaru.

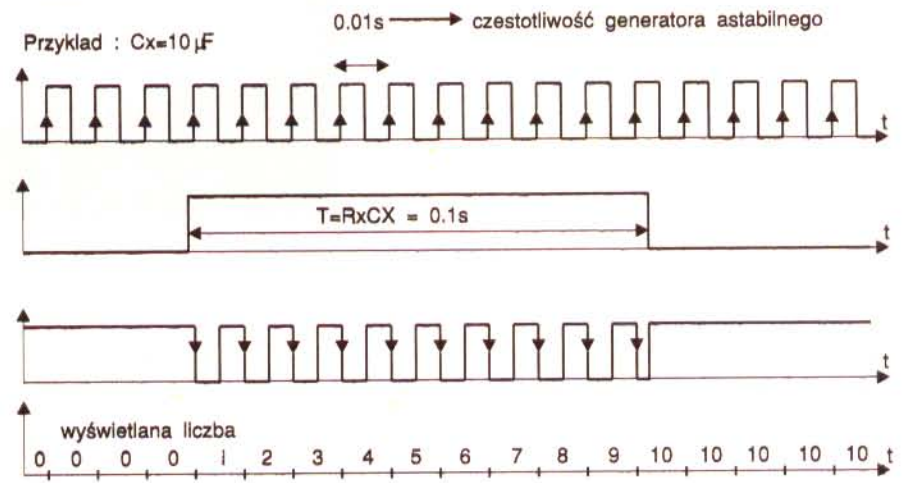
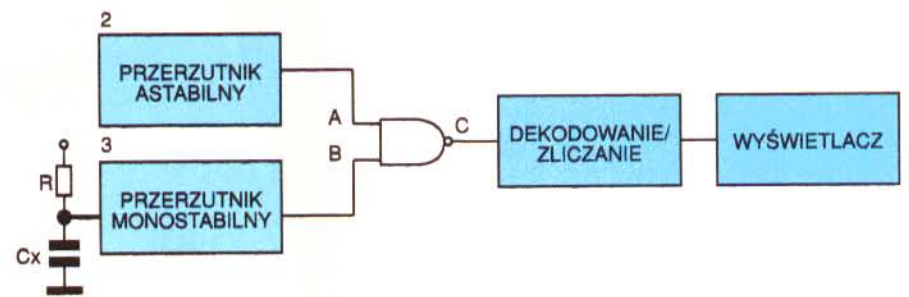
**Opis działania**

**Układ wyzwalający**

Jak już stwierdzono, czas trwania impulsu przerzutnika monostabilnego (3) definiuje czas pomiaru kondensatora. Do wyzwalania tego przerzutnika, utworzonego z układu scalonego NE555, potrzebny jest sygnał wywołany naciśnięciem przycisku



Rys. 1. Schemat blokowy



Rys. 2. Zasada działania

TEST/START. Powinien to być impuls ujemny:

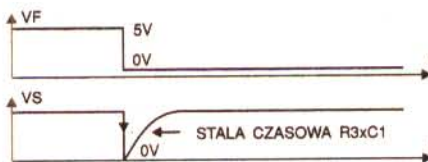
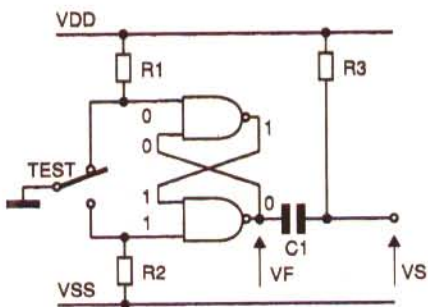
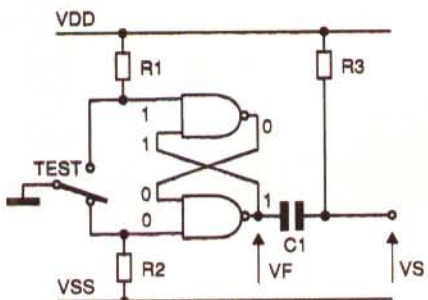
- o amplitudzie  $> 2/3V$ ,
- o czasie trwania krótszym od czasu pomiaru kondensatora o pojemności  $1\text{pF}$

Wymagania te spełnia układ pokazany na rys. 3, złożony z dwóch bramek i zakończony obwodem  $C1, R3$ . W czasie spoczynku, gdy przycisk TEST/START nie jest naciśnięty, wyjście VF układu wyzwalającego pozostaje na potencjale zasilania, VDD (5V). Po naciśnięciu przycisku,

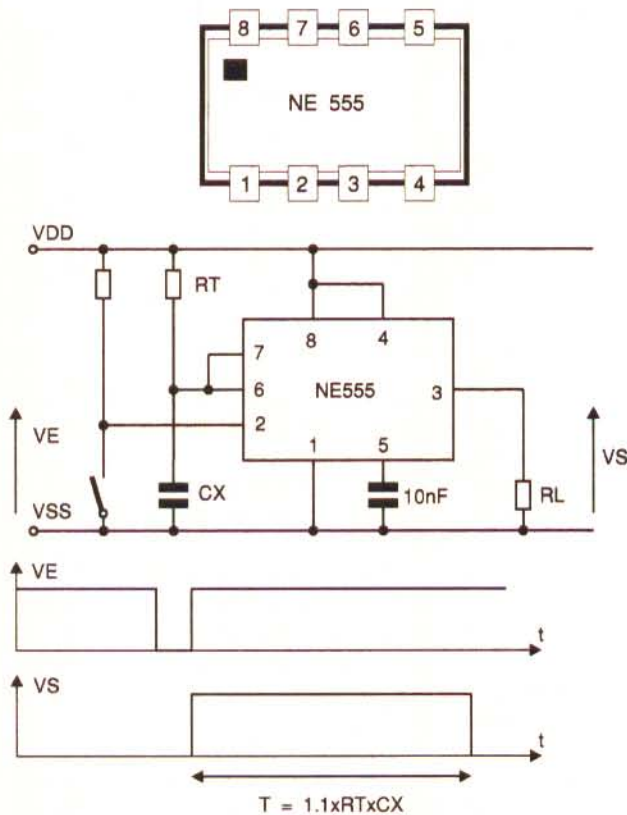
na wyjściu pojawia się potencjał niski, generując ujemny impuls wyzwalający VS o stałej czasu zaniku  $R3C1$ .

**Pomiarowy przerzutnik monostabilny**

Schemat tego przerzutnika, do którego użyto układu scalonego NE555, jest pokazany na rys. 4. Powinien on pozostawać w stanie wyzwolonym przez czas proporcjonalny do pojemności  $Cx$  mierzonego kondensatora. Oporność rezystora  $R$  winna więc być dobrana do



Rys. 3. Układ wyzwalający



Rys. 4. Przerzutnik monostabilny

zakresu pomiaru, a przy jej ustalaniu trzeba wziąć pod uwagę:

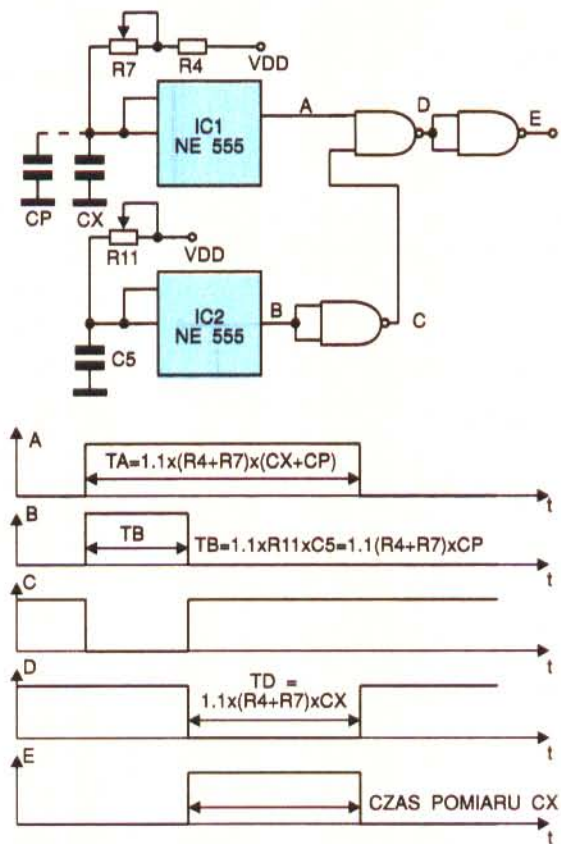
- wartości graniczne rezystora z punktu widzenia poprawnej pracy układu NE555, ( $R_{Tmin} = 1k\Omega$ ,  $R_{Tmax} = 1M\Omega$ )

- czas pomiaru odpowiedni do częstotliwości przerzutnika astabilnego.

Uwzględniając te wymagania, dla każdego zakresu dobiera się rezystor stały połączony z rezystorem nastawnym. Ustalone wartości są podane w tabeli 1.

**Kompensacja pojemności pasozytnicznych**

Szkodliwy wpływ tych pojemności nie jest pomijalny na zakresie „pF”. Wprowadzają one błąd 30 do 50pF. Błąd ten można skompensować opóźniając rozpoczęcie zliczania o czas równoważny czasowi zliczania pojemności pasozytnicznych. Dokonuje się tego za pośrednictwem dodatkowego przerzutnika monostabilnego (4), także wykorzystującego NE555, którego czas przerzutu może być regulowany potencjometrem R11 przez dokonującego pomiar. Schemat układu kompensacji i przebiegi czasowe w poszczególnych jego punktach są przedstawione na rys. 5.



Rys. 5. Kompensacja pojemności pasozytnicznych

Tabela 1. Rezystory dla przerzutnika monostabilnego

Zakres	Rezystor stały	Rezystor nastawny	Rezystancja średnia	Średni czas Cx = 9999
μF	1k	1k	1,5k	16,5s
nF	100k	100k	150k	1,65s
pF	1M	1M	1,5M	16,5ms

**Przerzutnik astabilny**

Liczba wyświetlana po zakończeniu pomiaru, oznaczająca pojemność zmierzonego kondensatora, jest liczbą zliczonych impulsów. Impulsy te są generowane przez przerzutnik astabilny (2), wykorzystujący układ scalony 4093 (rys. 6). Trzy rezystory dobrane do jednego kondensatora ustalają trzy częstotliwości przerzutnika dla trzech zakresów pomiarowych. Częstotliwości dla poszczególnych zakre-

sów są wyznaczone wzorem:

$$F = \frac{1}{R C \ln \frac{V_p (V_{DD} - V_N)}{V_N (V_{DD} - V_p)}}$$

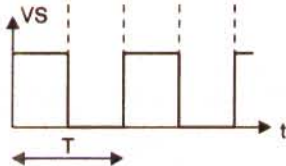
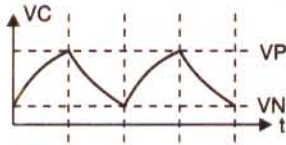
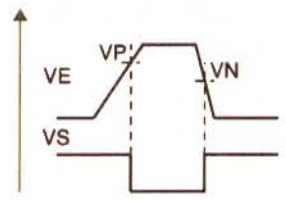
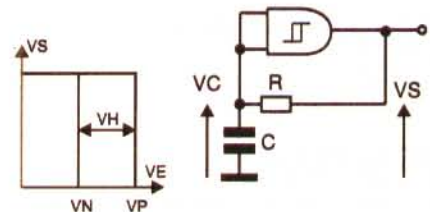
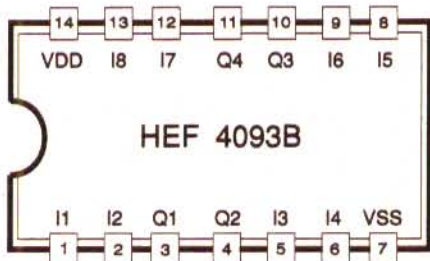
Z drugiej strony poszczególne częstotliwości przerzutnika astabilnego powinny spełniać następujące równanie:

$$F = \frac{9999}{\text{średni czas pomiaru}}$$

Wybrane wartości są umieszczone w tabeli 2.

Tabela 2. Rezystory dla przerzutnika astabilnego

Zakres	Średni czas pomiaru	Częstotliwość	Rezystor
μF	16,5s	606Hz	R18 = 2,2M
nF	1,65s	6,06kHz	R17 = 220k
pF	16,5ms	606kHz	R16 = 2,2k



$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{R C \ln \left( \frac{V_P \times (V_{DD} - V_N)}{V_N \times (V_{DD} - V_P)} \right)}$$

Rys. 6. Poziomy napięć układu 4093

Tabela 3. Pojemności kondensatora C2

Producent	Vp	VN	C2 obliczona	C2 przyjęta
Fairchild	3,6V	1,4V	397pF	390pF
Motorola	2,7V	2,44V	3,60nF	3,6nF
National Semi	3,3V	1,8V	605pF	560pF
RCA	2,9V	1,9V	923pF	1nF
RTC	2,9V	2,2V	1,33nF	1,2nF

Po dobraniu wartości rezystorów R16, R17 i R18, oblicza się pojemność kondensatora C2, za pomocą analogicznego wzoru uwzględniającego parametry układu scalonego 4093:

$$C_2 = \frac{1}{F R \ln \left( \frac{V_P (V_{DD} - V_N)}{V_N (V_{DD} - V_P)} \right)}$$

Wyniki obliczeń dla układów scalonych różnych producentów są umieszczone w tabeli 3.

**Układ zliczania i wyświetlania**

Schemat tej części przyrządu pokazuje rys. 7. Funkcje czterech liczników dziesiętnych, czterech dekodów BCD dla siedmiosegmentowych wyświetlaczy i dwudziestu ośmiu rezystorów ograniczających spełnia jeden układ scalony (IC7), licznik i multiplexer 74C926.

Siedem segmentów każdego z czterech wyświetlaczy otrzymuje sygnały poprzez rezystory 47Ω. Wspólne katody wyświetlaczy są połączone z wyjściami A, B, C i D multiplexera za pośrednictwem tranzystorów NPN. Ujemne zbrocza prostokątnego napięcia z multiwibratora są podawane do zliczania na wejście

„clock“. Sygnał przepelnienia pojemności licznika (9999) jest wysyłany z wyjścia „carry“ do IC3 (CD4538), który sygnalizuje przekroczenie zakresu włączając na chwilę LED D1.

Naciśnięcie przycisku KASOWANIE, tak jak i włączenie wyłącznika sieciowego przyrządu, poprzez kondensator C4 i IC6 powoduje wyzerowanie miernika (IC7 oraz IC1 i IC2).

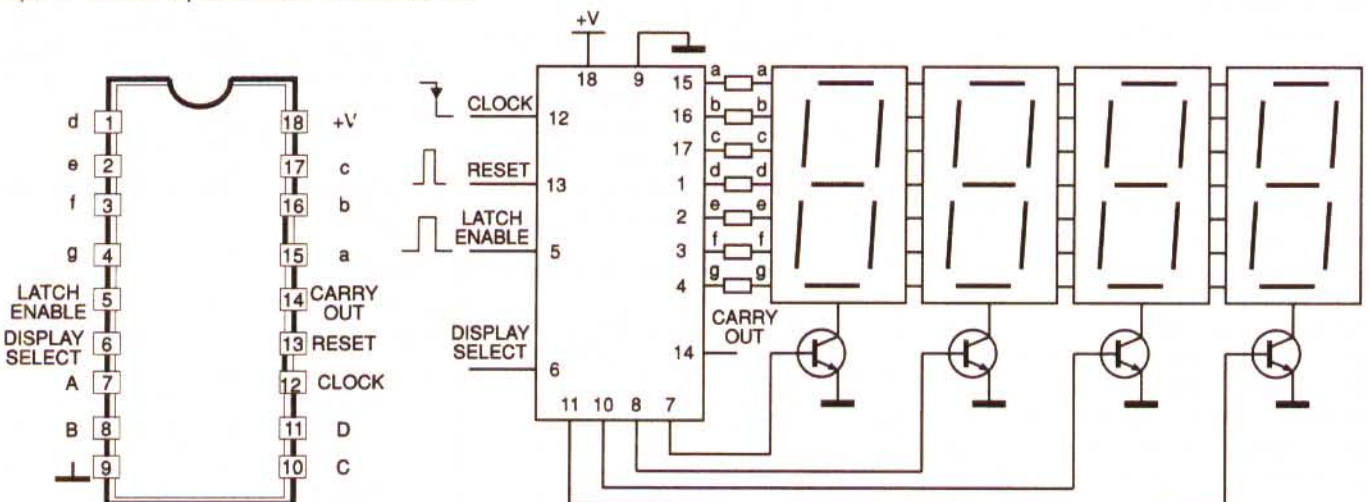
**Zasilanie**

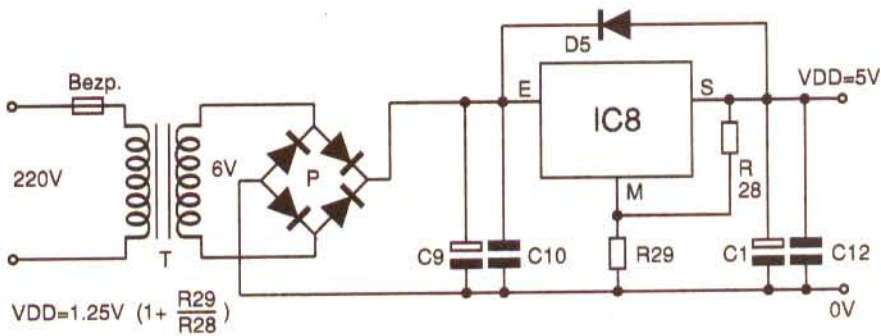
Schemat zasilacza jest pokazany na rys. 8. Mostek diodowy i stabilizator LM317 dostarczają układom miernika stabilizowanego napięcia 5V.

**Wykonanie**

Mozaikę ścieżek płytki drukowanej miernika, o wymiarach 165x140 podaje rys. 9, a rozmieszczenie na niej elementów - rys. 10. Montaż należy rozpocząć od wymiarowo najmniejszych elementów, kończąc na największych. Na rysunku 11 jest podany wzór ścieżek zasilacza, a na rysunku 12 rozmieszczenie jego elementów. Przed wykonaniem tej płytki warto już posiadać transformator, żeby ewentualnie dopasować

Rys. 7. Układ wyświetlacza z dekodorem





Rys. 8. Zasilacz 5V

rozkład ścieżek do jego wyprowadzeń. Zmontowany zasilacz umieszcza się wewnątrz obudowy (foto 4), podczas gdy główną płytkę przytwierdza się przy pomocy wkrętów i dystansów, tuż pod metalową nachyloną płytą czołową.

### Sprawdzenie i uruchomienie

Uruchomienie miernika odbywa się w następującej kolejności:

#### 1. Zasilacz

Włączyć zasilacz nie połączony z układem i pokręcając R29 ustawić napięcie wyjściowe na 5V.

#### 2. Przed włączeniem

Połączyć układ główny z zasilaczem (uwaga na polaryzację).

#### 3. Włączenie

Po umieszczeniu układów scalonych ustawić przełącznik zakresów w skrajnym lewym położeniu (w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówek zegara) („pF“), bez kondensatora mierzonego i włączyć miernik. Powinna zaświecić się dioda D2, a wyświetlacz pokazać 0000.

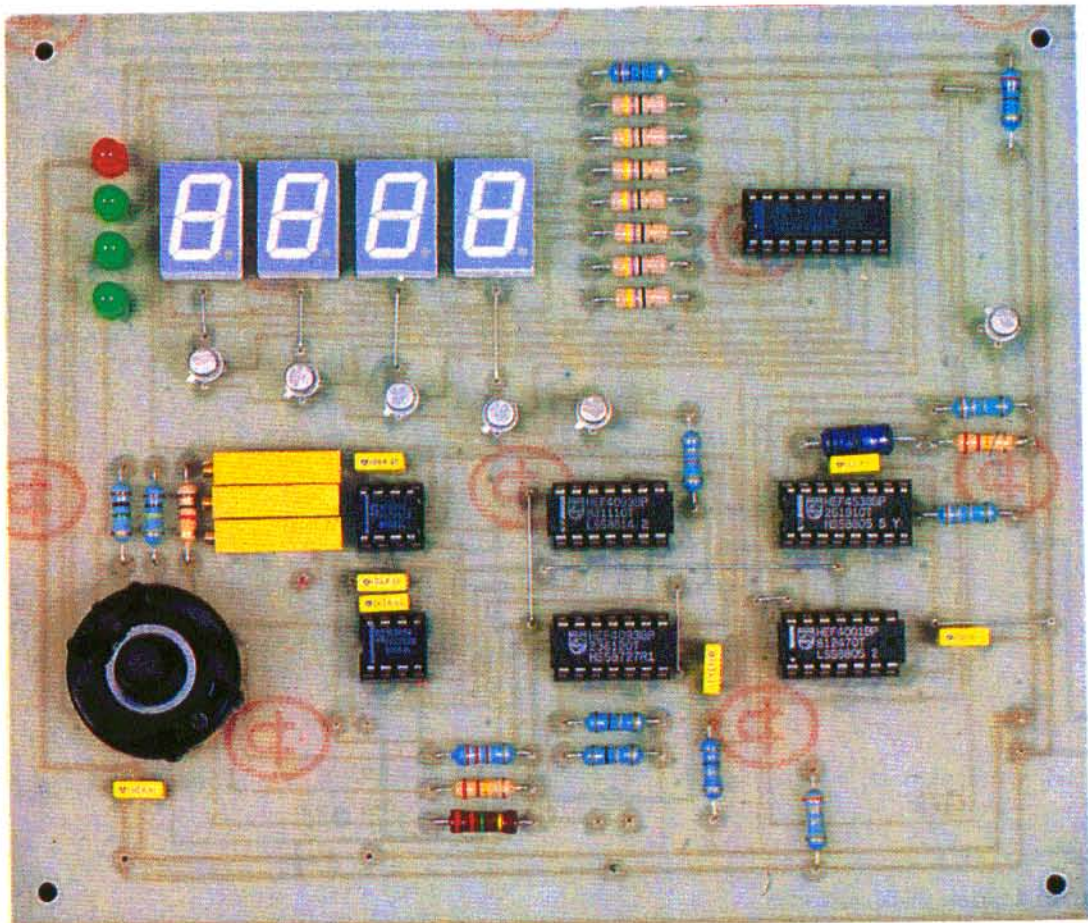
#### 4. Kompensacja

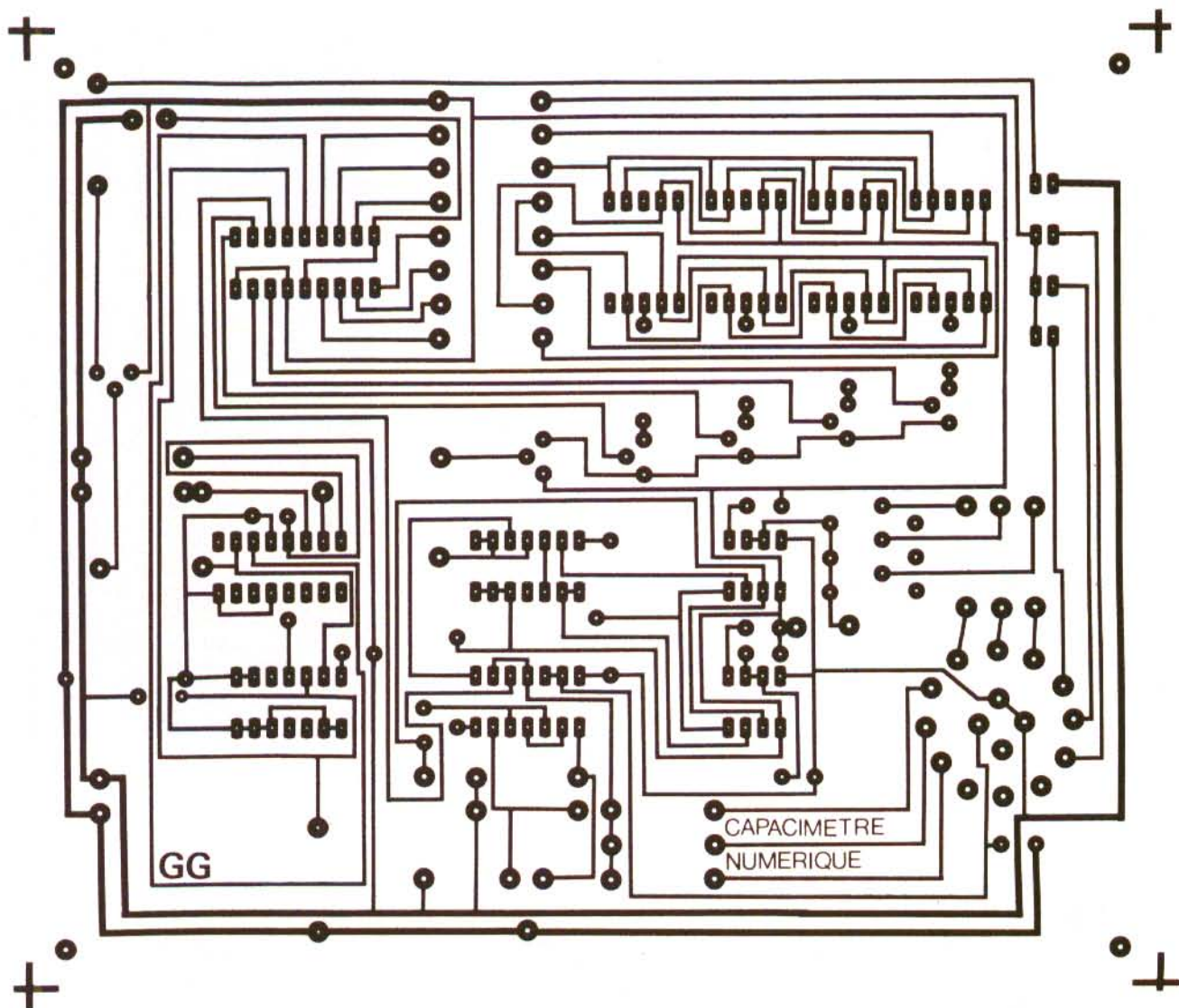
Przy potencjometrze R11, KOMPENSACJA, ustawionym w skraj-



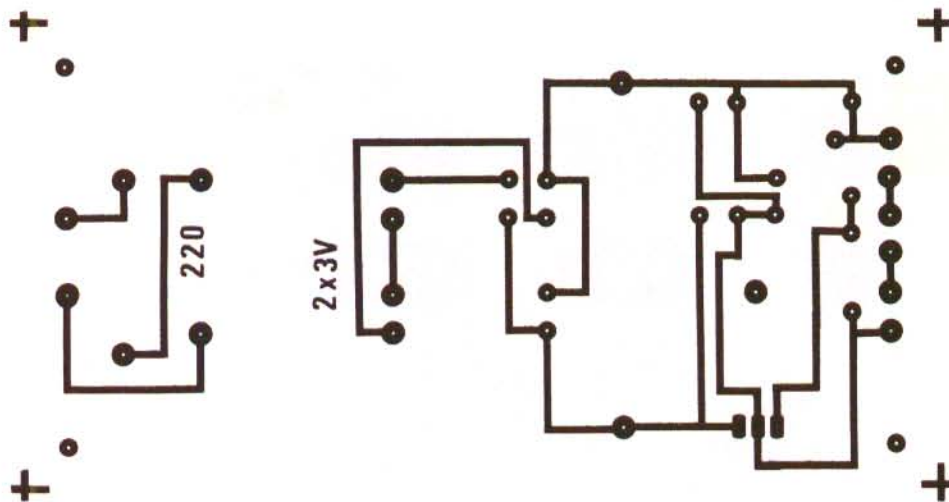
Foto 3. Zasilacz

Foto 2. Główna płyta miernika

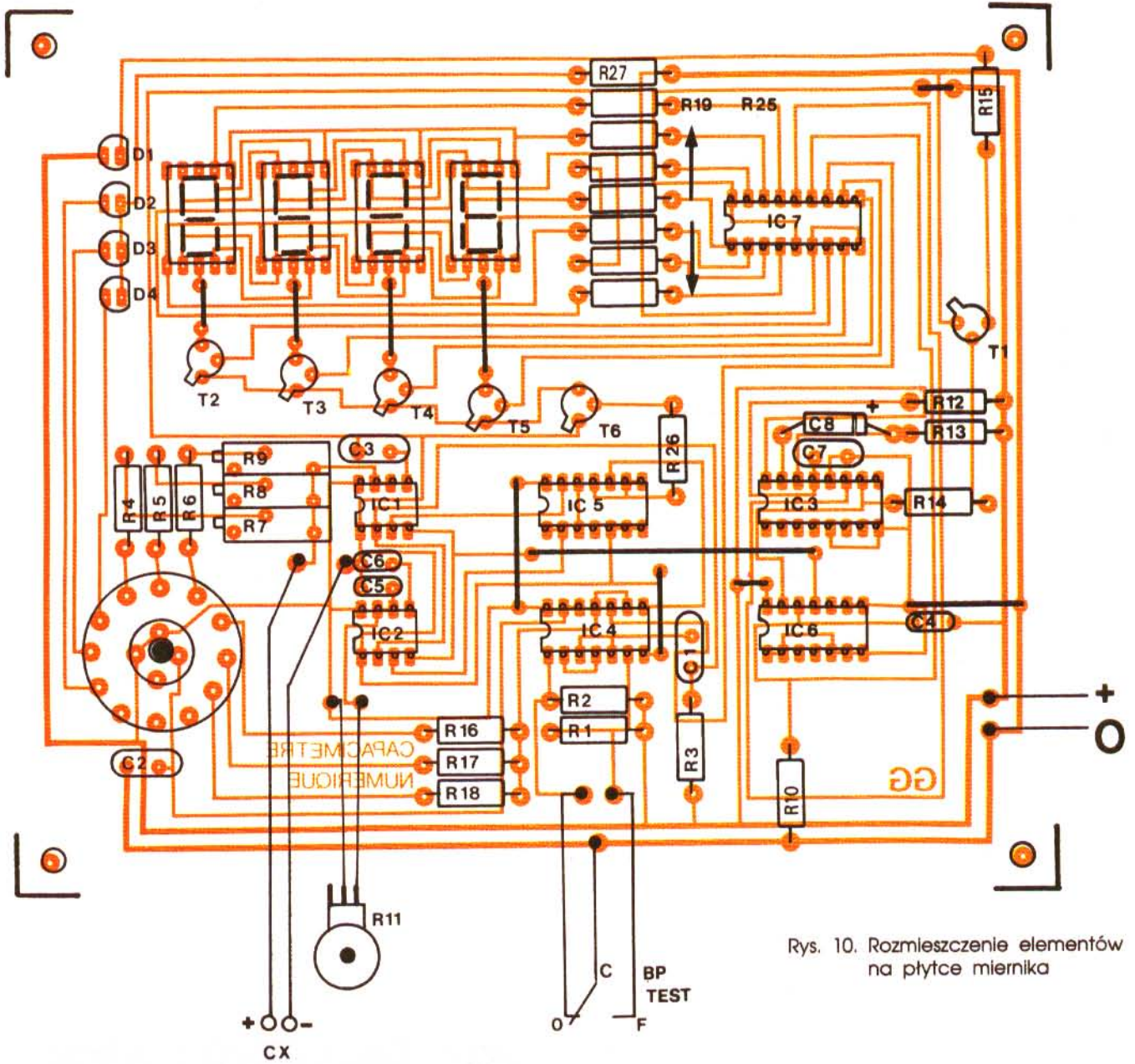




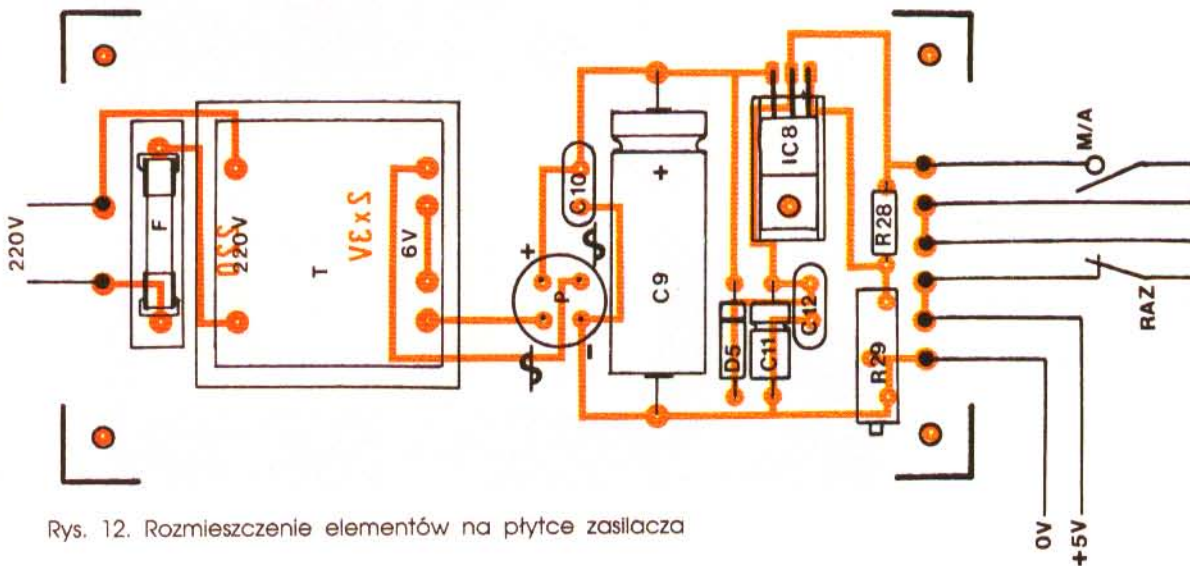
Rys. 9. Mozaika ścieżek płytki miernika



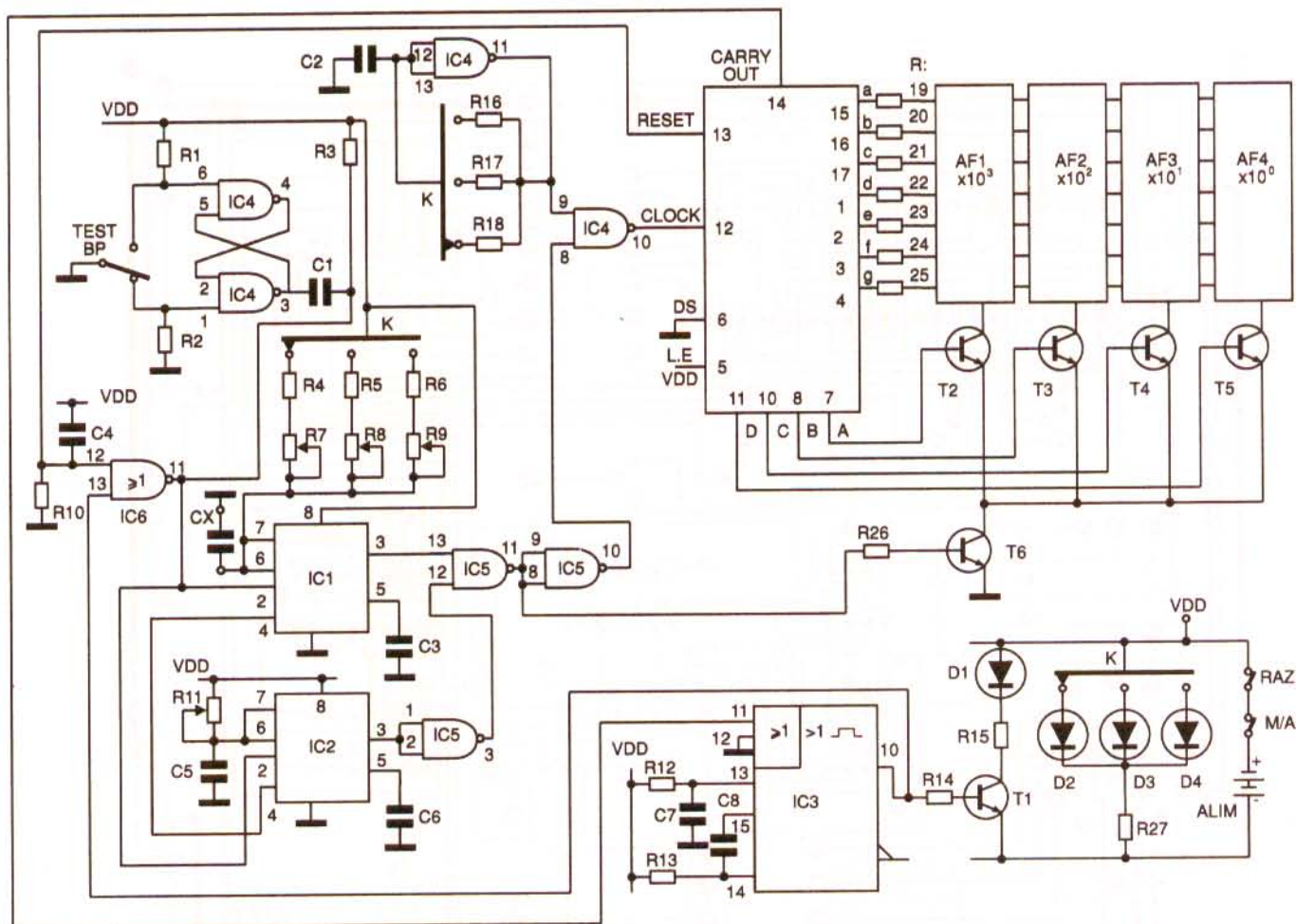
Rys. 11. Mozaika ścieżek płytki zasilacza



Rys. 10. Rozmieszczenie elementów na płytce miernika



Rys. 12. Rozmieszczenie elementów na płytce zasilacza



Rys. 13. Schemat ideowy miernika

nym lewym położeniu nacisnąć przycisk TEST/POMIAR. Wyświetlacz powinien pokazać kilkadziesiąt pF (pojemność pasożytnicza). Regulując potencjometrem KOMPENSACJA, doprowadzić poprzez kolejne pomiary do wyświetlania przez miernik za każdym razem zerowej pojemności.

#### 5. Przepętnienie

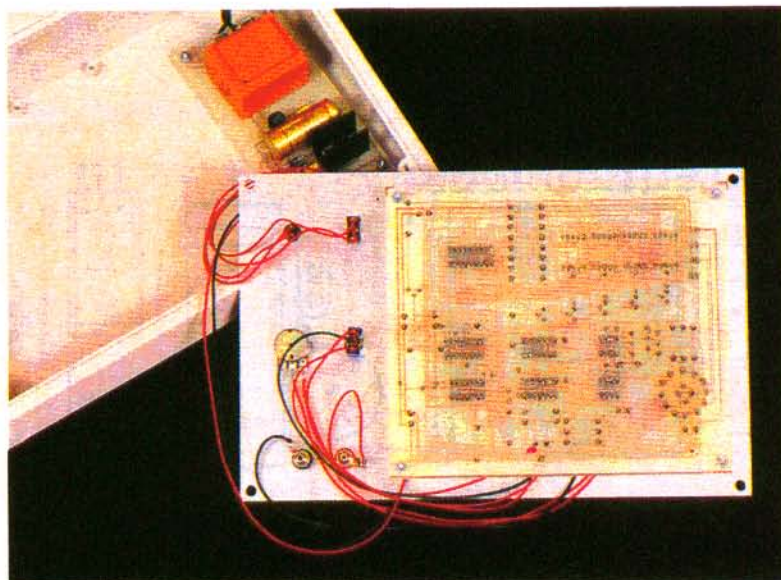
Na zakresie „pF” przyłączyć do wejścia miernika kondensator elektrolityczny (zachowując właściwą polaryzację), nacisnąć na przycisk TEST/POMIAR. Powinna zaświecić się na chwilę dioda D1, sygnalizując przekroczenie zakresu.

#### 6. Cechowanie

Właściwego ustawienia rezystorów nastawczych R7, R8 i R9 można dokonać dysponując kondensatorami o dobrze znanej, uprzednio dokładnie zmierzonej, pojemności (najlepiej o pojemności 4.7nF, 4.7μF i 470μF).

**Gerard Guilheneuf, EP**

Foto 4. Montaż płytek w obudowie





## WYKAZ ELEMENTÓW

### Miernik pojemności

#### Rezystory 0,5W

R1, R2, R3: 10k $\Omega$   
 R4: 1M $\Omega$   
 R5: 100k $\Omega$   
 R6: 1k $\Omega$   
 R7: 1M $\Omega$ , potencjometr nastawczy wieloobrotowy  
 R8: 100k $\Omega$ , potencjometr nastawczy wieloobrotowy  
 R9: 1k $\Omega$ , potencjometr nastawczy wieloobrotowy  
 R10, R12, R14: 33k $\Omega$   
 R11: 2.2M $\Omega$  A  
 R13, R17: 220k $\Omega$   
 R15, R27: 270 $\Omega$   
 R16: 2.2k $\Omega$   
 R18: 2.2M $\Omega$   
 R19 do R25: 47 $\Omega$   
 R26: 3.3k $\Omega$

#### Kondensatory

C1: 1nF, poliestrowy  
 C2: Tab. 3  
 C3, C6: 10nF, poliestrowy

C4, C7: 100nF, poliestrowy

C5: 2.2nF, poliestrowy

C8: 10 $\mu$ F/25V, elektrolit.

#### Półprzewodniki

IC1, IC2: NE555

IC3: CD4538

IC4, IC5: CD4093

IC6: CD4001

IC7: MM74C926

T1 do T6: 2N2222

D1: LED czerwona  $\phi$  5mm

D2, D3, D4: LED zielona  $\phi$  5mm

AFF1 do AFF4: wyświetlacz 13 mm

7- segmentowy o wspólnej katodzie

#### Podstawki do układów scalonych

2 szt 8 kontaktowe

3 szt 14 kontaktowe

1 szt 16 kontaktowa

1 szt 18 kontaktowa

#### Różne

1 wtycznik

1 przycisk przełączający

1 przycisk rozłączający

1 przełącznik 3 pozycyjny,

4 obwodowy

#### Zasilacz 5V

#### Rezystory 0,5W

R28: 240 $\Omega$

R29: 1k $\Omega$ , lub 2k $\Omega$ , potencjometr nastawczy wieloobrotowy

#### Kondensatory

C9: 2200 $\mu$ F/25V, elektrolit.

C10: 100nF, poliestrowy

C11: 1 $\mu$ F/25V, elektrolit.

C12: 10nF, poliestrowy

#### Półprzewodniki

D5: 1N4004

P: mostek diodowy 1A

IC8: LM317, obudowa TO220

#### Różne

T: transformator 220V/6V (2x3V) 3VA

1 oprawka bezpiecznika

1 bezpiecznik 100mA

2 gniazdka izolowane  $\phi$  4mm

2 krokodylki

2 wtyczki bananowe  $\phi$  4mm

2 pokrętła