

# NA WARSZTACIE

## CYFROWY MIERNIK PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

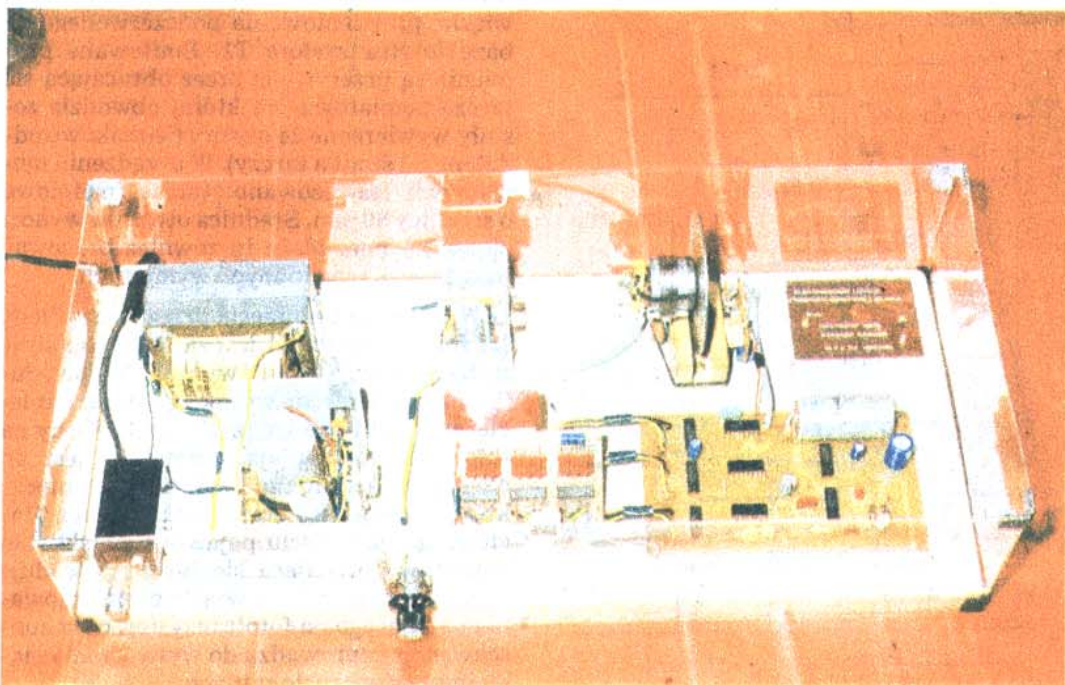
Cyfrowy miernik prędkości obrotowej to urządzenie mogące znaleźć zastosowanie wszędzie tam, gdzie potrzebna jest informacja o prędkości obrotowej elementów wirujących. Z powodzeniem może pracować np. jako obrotomierz samochodowy, a po dokonaniu niewielkich przeróbek jako cyfrowy miernik częstotliwości. Zastosowane wyświetlacze umożliwiają dokładny i wygodny odczyt.

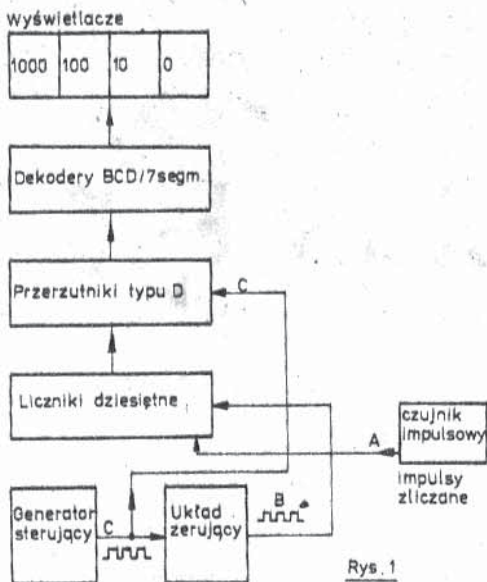
Schemat blokowy miernika został przedstawiony na rys. 1. Urządzenie działa na zasadzie pomiaru częstotliwości przez zli-

czanie impulsów elektrycznych w jednostce czasu.

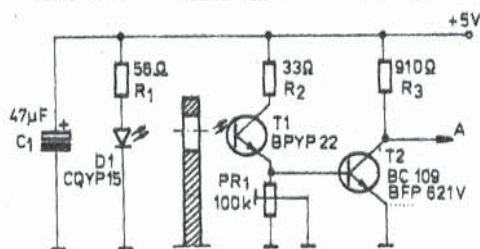
W czujniku impulsowym wielkość wejściowa, jaką jest prędkość tarczy pomiarowej, np. zamocowanej na wale silnika, zamieniana jest na ciąg impulsów prostokątnych, oznaczonych na rysunku symbolem A. Impulsy te, odpowiadające stanom logicznym TTL, kierowane są do wejść liczników dziesiętnych pracujących w kodzie BCD. Tu następuje ich zliczanie w czasie T, równym stałej czasowej generatora. Następnie pod wpływem stanu wysokiego, czyli tzw. logicz-

Widok ogólny zmontowanego miernika prędkości obrotowej

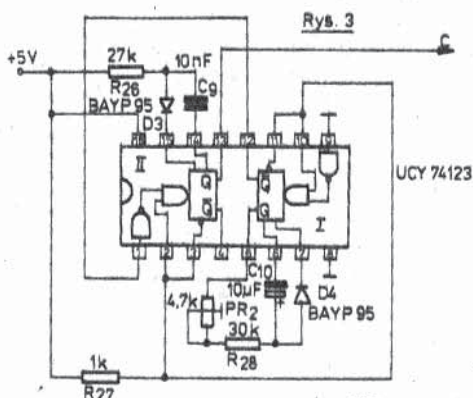




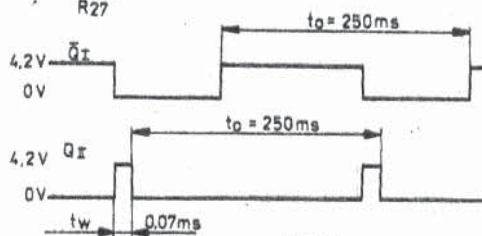
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

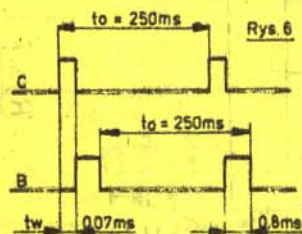
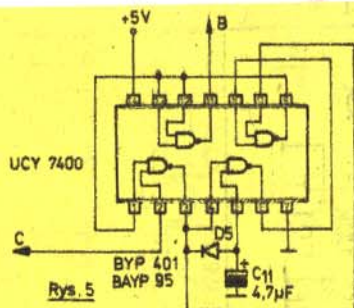
nej jedyńki, wygenerowanej przez generator sterujący (impulsy C), stany wyjściowe liczników zostają przepisane do pamięci przerzutników typu „D”. Po przepisaniu informacji, wejścia przerzutników zostają automatycznie zablokowane przez stan niski, tzw. logiczne zero, które pojawiło się na specjalnych wejściach zegarowych przerzutników. W tym czasie wyświetlacz pokazuje liczbę zgodną z wartościami „słów” znajdujących się w pamięci przerzutników.

Zamiana „słów” z kodu BCD na kod wskaźników dokonywana jest w dekodrach. Tuż po przepisaniu informacji do pamięci przerzutników następuje wyzerowanie liczników za pomocą impulsów B. Odpowiedzialny za to jest układ zerujący, który wytwarza impulsy opóźnione w czasie w stosunku do impulsów C. Chodzi tu mianowicie o to, aby informacja wyjściowa z liczników nie została skasowana w momencie przepisywania do pamięci przerzutników.

Przez ustawiczne zerowanie liczników w odpowiednich odstępach czasu równych stałej czasowej generatora, pokazywana przez wyświetlacz liczba będzie odpowiadała prędkości obrotowej tarczy.

Schemat czujnika impulsowego został przedstawiony na rys. 2. Diody D1 emituje wiązkę promieniowania podczerwonego na bazę fototranzystora T1. Emitowane promienie są przerywane przez obracającą się tarczę pomiarową, na której obwodzie zostały wywiercone 24 otwory (jednakowo oddalone od środka tarczy). W urządzeniu modelowym zastosowano tarczę metalową o średnicy 80 mm. Średnica otworów wynosi około 3,5 mm. Może tu również pracować inna tarcza, o podobnych wymiarach.

W chwili przysłonięcia przez tarczę diody D1 fototranzystor T1 jest zatkany i napięcie na bazie tranzystora T2 wynosi 0 V. Powoduje to pojawienie się wysokiego stanu napięcia na kolektorze tranzystora T2. Kiedy na fototranzystor padają promienie, jest on otwarty. Na emiterze pojawia się napięcie, które otwiera także tranzystor T2, w rezultacie czego na wyjściu pojawia się niski stan napięcia. Obracająca się tarcza powoduje cykliczne przerywanie wiązki promieniowania padającego na fototranzystor, co w konsekwencji doprowadza do wytworzenia ciągu impulsów prostokątnych.



Jako tranzystor T2 może pracować tu dowolny tranzystor typu npn małej mocy.

Następnym członem urządzenia jest generator sterujący, przedstawiony na rys. 3. Zadaniem jego jest wytworzenie impulsów (C) sterujących przerytnikami. Generator zbudowany został przy użyciu układu scalonego UCY 74123. W obudowie tego układu pracują dwa identyczne uniwibratory. Uniwibrator pierwszy (I) objęty jest sprzężeniem zwrotnym zrealizowanym na elementach C<sub>10</sub>, R<sub>2a</sub>, PR<sub>2</sub>. Generuje on impulsy o okresie równym stałej czasowej T, którą obliczamy ze wzoru:

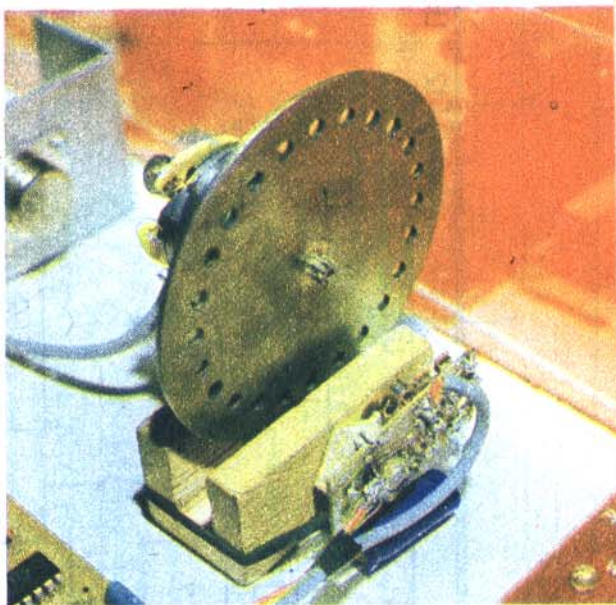
$$T = \frac{1}{f_g}$$

gdzie:  
 T – stała czasowa (s),  
 f<sub>g</sub> – częstotliwość generatora (Hz).  
 f<sub>g</sub> obliczamy ze wzoru:

$$f_g = \frac{N \cdot d_p}{80}$$

gdzie: N – liczba otworów tarczy pomiarowej,  
 d<sub>p</sub> – dokładność pomiaru (obr/min).

Urządzenie modelowy liczy z dokładnością do 10 obr/min, tak więc po podstawieniu do wzoru otrzymamy stałą czasową równą 0,25 s (250 ms). Oznacza to, że pomiar zostanie przerwany 4 razy w ciągu sekun-



Tarcza pomiarowa z oświetlaczem i fototranzystorem

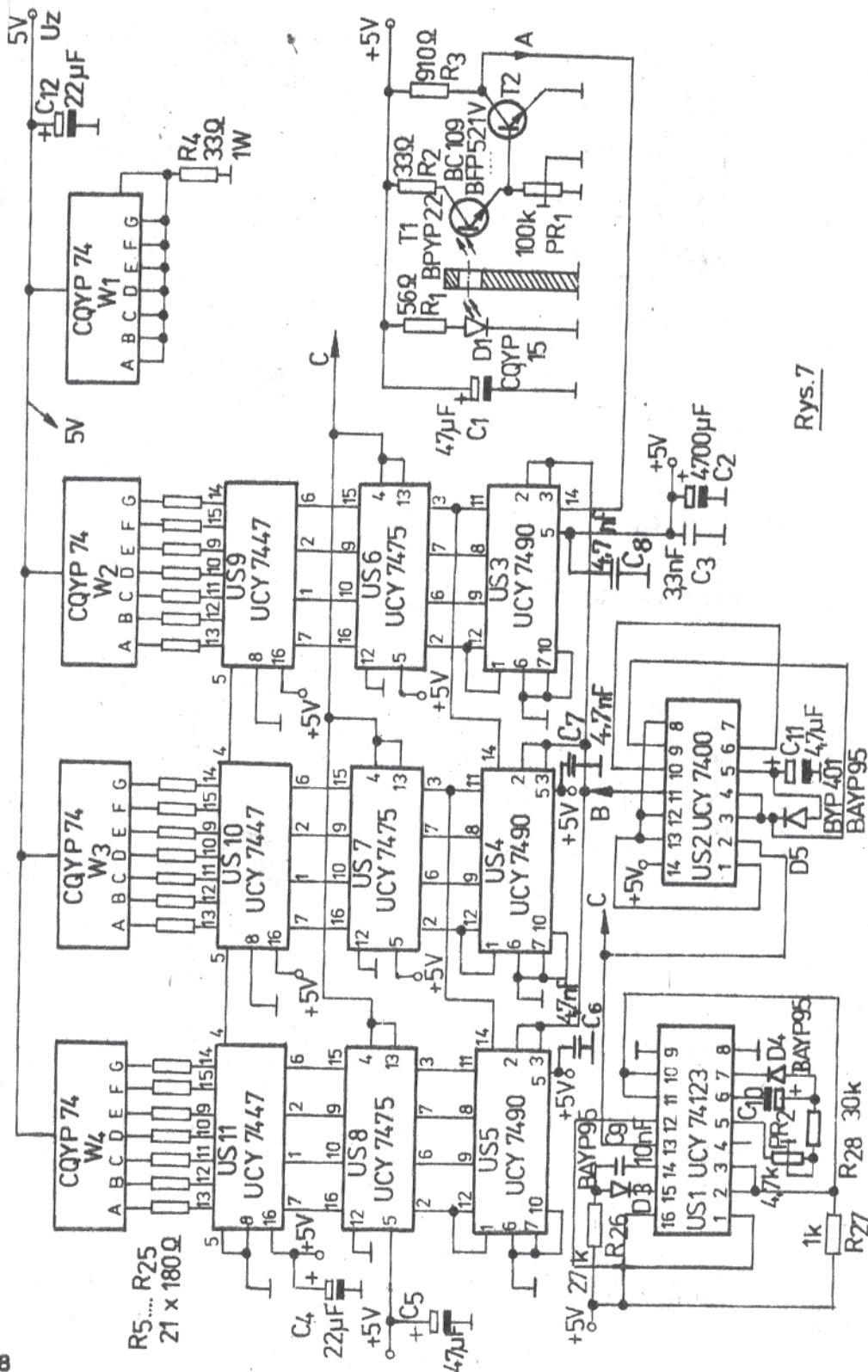
dy, czyli generator pracuje z częstotliwością 4 Hz.

Rezystor nastawny PR<sub>2</sub> służy do ustawienia stałej czasowej generatora.

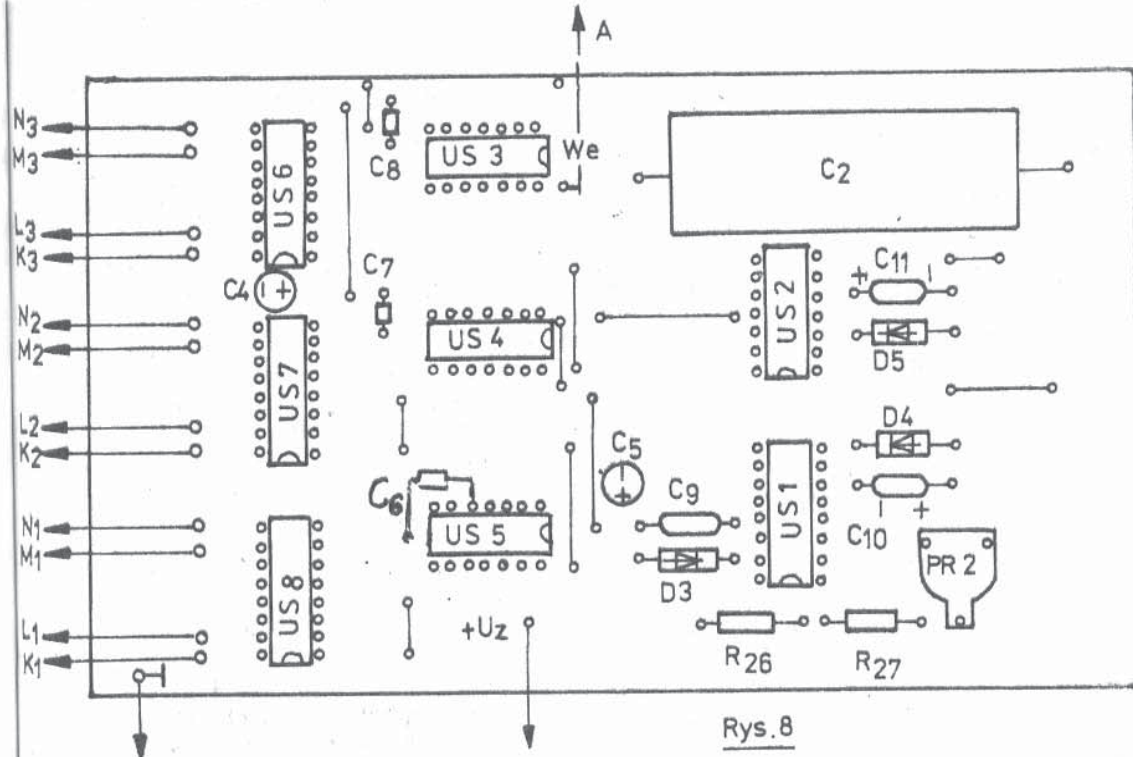
Uniwibrator drugi (II) skracza czas trwania impulsu wejściowego. Czas trwania (t<sub>w</sub>) tego impulsu możemy wyznaczyć ze wzoru:

Płytkę montażową miernika z układami scalonymi

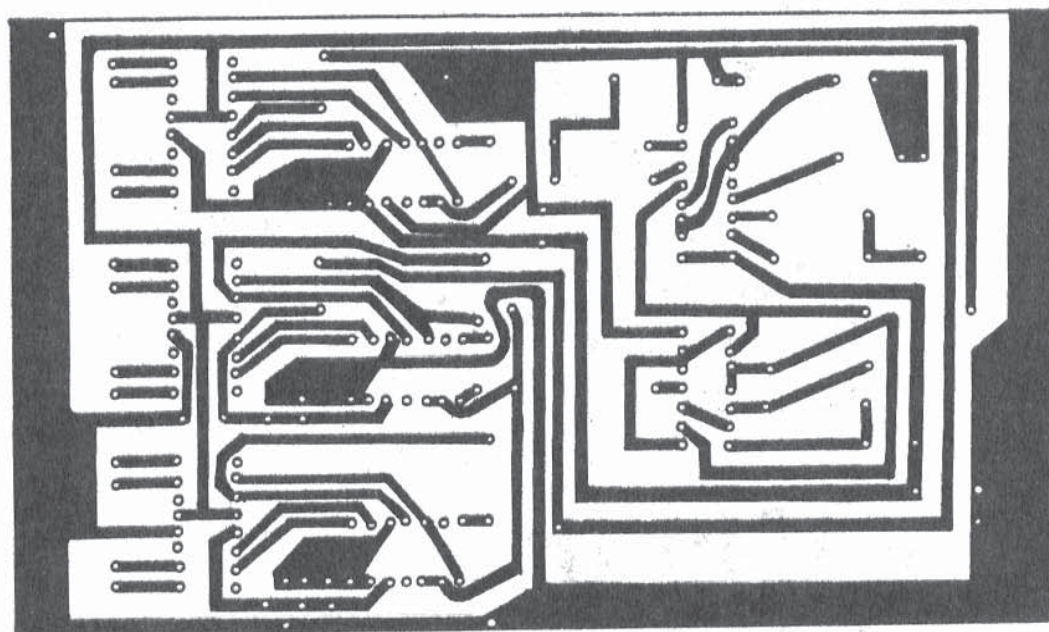




Rys. 7



Rys. 8

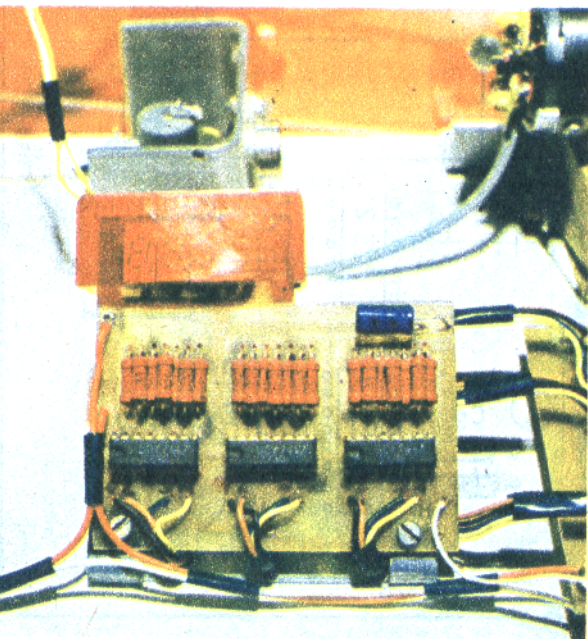


$$t_w = 0,25 \cdot R \cdot C(1+0,7R)$$

gdzie:  $t_w$  – czas trwania impulsu wyjściowego (ns),  
 $R$  – wartość rezystancji rezystora  $R_{26}$  (k $\Omega$ ),  
 $C$  – pojemność kondensatora  $C_9$  (pF).

Na rys. 4. przedstawione zostały przebiegi czasowe generatora.

Układ zerujący, pokazany na rys. 5, przetwarza impulsy prostokątne (C) docierające do generatora. Zadaniem jego jest kasowanie liczników zaraz po przepisaniu informacji do pamięci przerzutników. Układ został



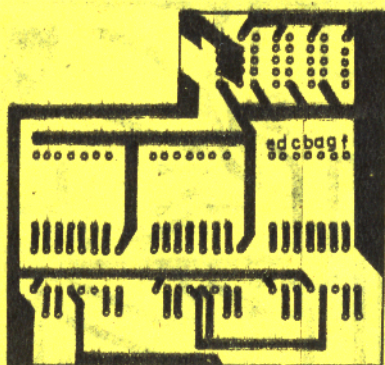
Płytki montażowa wyświetlaczy

zbudowany na 4 bramkach typu NAND. W położeniu spoczynkowym, gdzie na wejściu 2 US2 (rys. 7) nie ma sygnałów, kondensator  $C_{11}$  jest naładowany i wymusza w konsekwencji stan niski na wyjściu 11. Gdy na wejściu pojawi się jedynka wówczas stan wyjścia nie ulegnie zmianie, gdyż kondensator zostanie rozładowany. Dopiero gdy na wejście podane zostanie zero wówczas na wyjściu będzie trwał stan wysoki tak długo, aż kondensator naładuje się do napięcia odpowiadającego logicznej jedynce.

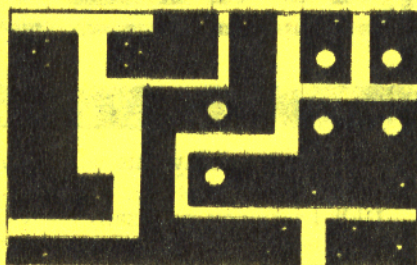
Na rys. 6 przedstawiono przebiegi czasowe układu zerującego. Jak widzimy, sygnał wyjściowy B startuje dopiero od zbocza opadającego sygnału C. Stała czasowa nie ulega zmianie.

Schemat ideowy miernika pokazany został na rys. 7.

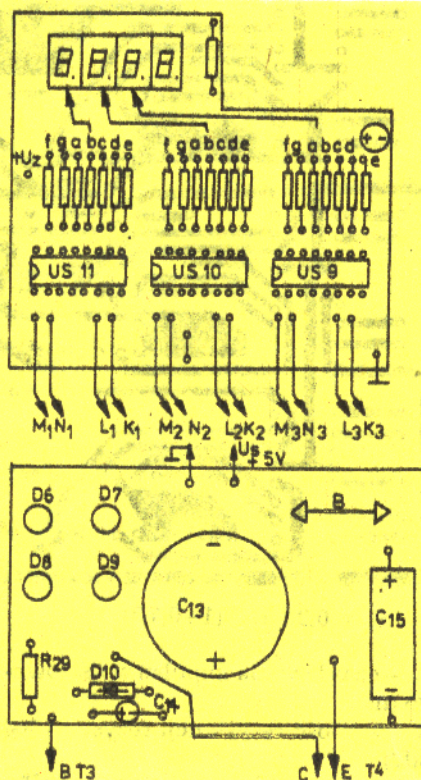
Liczniki UCY 7490 są licznikami czterobitowymi i zliczają do dziesięciu. Każdy licznik ma wejście liczące, oraz 4 wyjścia informacyjne. Oprócz tego liczniki mają po dwa wejścia zerujące, zerowane poziomem wysokim za pomocą impulsu B.

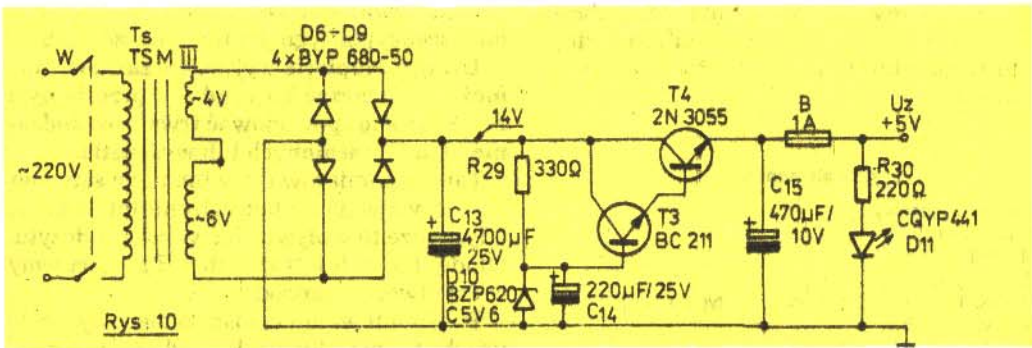


Rys. 9



Rys. 11





Rys. 10

Jako przerzutniki zastosowano układy scalone UCY 7475 zawierające po 4 przerzutniki typu „D” wyzwalane poziomem wysokim przez podanie sygnału C na specjalne wejścia zegarowe. Gdy napięcie na wejściu zegarowym przyjmie poziom wysoki, wówczas informacje z wejść są natychmiast przenoszone na wyjście. Przerzutnik poza tym zapamiętuje tę informację, która znajdowała się na wejściu w momencie zmiany poziomu sygnału zegarowego z wysokiego na niski. Przerzutniki wyzwalane poziomem noszą również nazwę przerzutników typu „zatrask” (ang. latch).

Kodem, w którym pracują liczniki UCY 7490 i przerzutniki UCY 7475 jest kod BCD. Aby informacja była zrozumiała należy czterobitowe „słowa” w kodzie BCD zamienić na odpowiadające im „słowa” 7-bitowe potrzebne do sterowania wyświetlaczy. Funkcję tę spełniają dekodery scalone UCY 7447 sterujące wskaźnikami typu CQYP 74, ze wspólną anodą. Przez połączenie wyprowadzeń 5 dekoderek „młodszych” cyfr z wyprowadzeniami 4 dekoderek „starszych” cyfr wykorzystana została tu funkcja wygaszania zer nieznaczących.

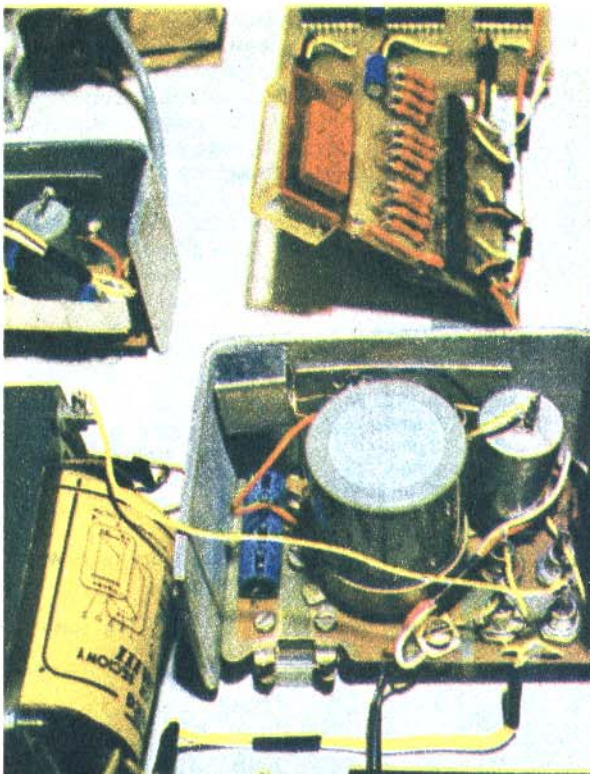
Wskaźnik W<sub>1</sub> odpowiedzialny za wyświetlanie jedności pokazuje stale cyfrę 0. A zatem miernik liczy prędkość obrotową z dokładnością do 10 obr./min. Możliwe jest również dołączenie dodatkowego bloku sterującego tym wyświetlaczem, a tym samym zwiększenie dokładności pomiaru. Wskaźnik W<sub>2</sub> pokazuje liczbę dziesiątek, W<sub>3</sub> – setek, a W<sub>4</sub> – tysięcy.

Kondensatory dołączone do zasilania układów scalonych eliminują zakłócenia impulsowe. Są to kondensatory C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>, i C<sub>8</sub> – włączane na płytkę od strony druku (rys. 8).

Schematy płytek montażowych pokazane zostały na rys. 8 i 9. Wyjścia a, b, c, d, e, f, g należy dołączyć do wyświetlaczy za pomocą krótkich przewodów, od strony druku. Należy pamiętać tu o właściwym połączeniu przewodów do poszczególnych segmentów wyświetlacza.

Całość urządzenia zasilana jest przez zasilacz stabilizowany, przedstawiony na rys. 10 i zmontowany na płytce (rys. 11). Transformator może być dowolnego typu o mocy 12–15 W, obniżający napięcie do około 10 V. Tranzystory T<sub>4</sub> oraz T<sub>3</sub> umieszczone zostały

Zasilacz miernika. Po lewej stronie widoczny transformator zasilający, w głębi – płytka z wyświetlaczami



na radiatorze z blachy aluminiowej grubości 2 mm o powierzchni około 50 cm<sup>2</sup>. Kolektory obu tranzystorów zostały dołączone do radiatora.

### Spis elementów

#### Czujnik impulsowy:

Półprzewodniki:

D1 – CQYP 15,

T1 – BPYP 22,

T2 – BC 109, BFP 521 lub podobny, typu npn.

Rezystory (0,25 W):

R<sub>1</sub> – 56 omów/1 W,

R<sub>2</sub> – 33 omy,

R<sub>3</sub> – 910 omów,

PR<sub>1</sub> – 100 kiloomów.

Kondensatory:

C<sub>1</sub> – 47 μF/16 V.

Tarcza metalowa wg opisu w tekście.

Układ miernika:

Półprzewodniki:

W<sub>1</sub> – W<sub>4</sub>, CQYP 74,

US1 – UCY 74123N,

US2 – UCY 7400N,

US3, US4, US5 – UCY 7490N,

US6, US7, US8 – UCY 7475N,

US9, US10, US11 – UCY 7447N,

D3, D4, D5 – BAYP 95 lub podobne.

Rezystory (0,25 W):

R<sub>4</sub> – 33 omy/1 W,

R<sub>5</sub>–R<sub>25</sub> – 180 omów,

R<sub>26</sub> – 27 kiloomów,

R<sub>27</sub> – 1 kiloom.

R<sub>28</sub> – 33 kiloomy,

PR<sub>2</sub> – 4,7 kilooma.

Kondensatory:

C<sub>2</sub> – 4700 μF/16 V,

C<sub>3</sub> – 3,3 nF,

C<sub>4</sub> – 22 μF,

C<sub>5</sub> – 47 μF,

C<sub>6</sub>–C<sub>9</sub> – 4,7 nF,

C<sub>9</sub> – 10 nF,

C<sub>10</sub> – 10 μF (najlepiej tantalowy),

C<sub>11</sub> – 4,7 μF/16 V,

C<sub>12</sub> – 22 μF/16 V.

Zasilacz:

Półprzewodniki:

T3 – BC 211,

T4 – 2N3055, BDP 620,

D6–D9 – BYP 680–50,

D10 – BZP 620 C5V6,

D11 – CQYP 441 lub innego typu.

Rezystory (0,25 W):

R<sub>29</sub> – 330 omów,

R<sub>30</sub> – 220 omów.

Kondensatory:

C<sub>13</sub> – 4700 μF 25 V,

C<sub>14</sub> – 220 μF 25 V,

C<sub>15</sub> – 470 μF 10 V.

Transformator – dowolnego typu o mocy 12–15 W, obniżający napięcie do około 10 V.

Bezpiecznik topikowy – 1 A.

Radiator dla tranzystorów T3 i T4 – wg opisu w tekście.

Wyłącznik sieciowy – najlepiej typu „Isostat”.

Zastosowana na wyjściu dioda elektroluminescencyjna sygnalizuje pracę zasilacza.

**Uwaga!** Napięcie wyjściowe zasilacza nie może przekraczać 5,3 V, gdyż w przeciwnym razie może to spowodować trwale uszkodzenie układów scalonych lub wyświetlaczy.

Tarcza pomiarowa powinna być sztywno zamocowana na osi tak, żeby nie miała bicia, gdyż może to wpływać na wahania odczytu. Diodę D1 i fototranzystor T1 mocujemy w osi otworów tarczki.

Po zmontowaniu całości zabieramy się do uruchomienia układu. Po podłączeniu zasilania wyświetlacz W<sub>1</sub> powinien wskazywać cyfrę 0. Dopiero pod wpływem wirowania tarczy powinny pojawiać się odpowiednie cyfry na wyświetlaczach, w zależności od prędkości obrotowej i gasnąć w chwili zatrzymania tarczy. Niewygaszenie cyfr na wyświetlaczach W<sub>2</sub> – W<sub>4</sub> podczas zatrzymania tarczy oznacza nieprawidłową pracę generatora sterującego. Może się też zdarzyć, że pomimo poprawnej pracy generatora, któryś z wyświetlaczy pokazywał będzie ciągle tę samą cyfrę. Przyczyną tego zjawiska może być przerwa w połączeniach przerywników z dekodernami.

Dekodery mają specjalne wejścia kontrolne, służące do sprawdzania poprawności działania, oraz jego połączeń z wyświetlaczami. Znajdują się one na wyprowadzeniu 3 układów scalonych UCY 7447. Przez podanie niskiego poziomu (masy układu) dekodery spowoduje wyświetlenie wszystkich segmentów danego wyświetlacza.

Strojenie układu rozpoczynamy od ustawienia czułości czujnika za pomocą potencjometru PR<sub>1</sub>. Następnie dokonujemy regulacji stałej czasowej generatora potencjometrem PR<sub>2</sub>. Istnieje kilka sposobów ustawienia stałej czasowej generatora np. przy użyciu częstotliwościomierza, generatora impulsów prostokątnych, bądź też oscyloskopu.

W celu przystosowania miernika prędkości obrotowej do pomiaru częstotliwości, należy odłączyć czujnik impulsowy oraz ustawić za pomocą PR<sub>2</sub> stałą czasową równą 0,1 s (generator będzie pracował z częstotliwością 10 Hz). Badany przebieg podajemy przez prosty, jednotranzystorowy wzmacniacz na wejście 14 układu scalonego US3.

**Krzysztof Król  
Ryszard Rachoń**