

MINIATUROWY OSCYLOSKOP

Jednym z najważniejszych urządzeń w pracowni radioamatora jest oscyloskop. Jest to jednak urządzenie trudne do nabycia, a przy tym dość drogie. Stąd też jedynym rozsądnym wyjściem, aby zaopatrzyć się w oscyloskop, pozostaje wykonanie przyrządu we własnym zakresie. Koszt elementów składających się na niżej opisany oscyloskop nie powinien przekroczyć 4-5 tys. zł, co nie wydaje się wygórowaną sumą wobec osiągniętych parametrów. Należy jednak mieć na uwadze fakt, że budowa bądź co bądź skomplikowanego urządzenia, jakim jest oscyloskop, nie jest zadaniem łatwym. **Wymagana jest tu umiejętność wykonywania obwodów drukowanych, zresztą dość skomplikowanych, dostęp do fabrycznego oscyloskopu i innych przyrządów podczas uruchamiania układu, oraz duże doświadczenie w montażu, od którego w dużej mierze zależą osiągnięte parametry.**

Dane techniczne oscyloskopu są następujące (w nawiasie parametry osiągnięte w wykonanych modelach):

Wymiary pola pomiarowego – 4 x 5 cm, co odpowiada 8 x 10 działek, 1 działka = 0,5 cm

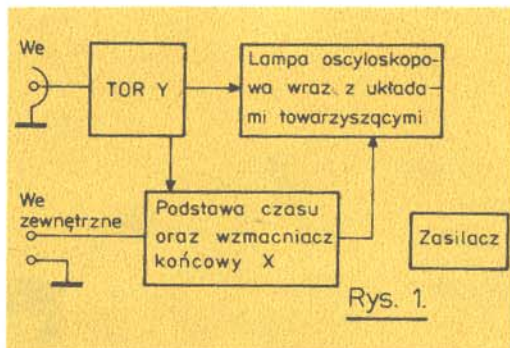
Tor Y

Czułość toru Y: 10 mV/dz do 50 V/dz zmieniana skokowo w sekwencji 1-2-5, sprzężenie stałoprądowe,
pasmo toru Y (-3dB): 5 MHz (7 MHz),
czas narastania w torze Y: 70 ns (50 ns)

Podstawa czasu

Rodzaj podst. czasu: wyzwalana z możliwością pracy AUTO, kreślenie linii odniesienia bez sygnału w torze Y
szybkość podst. czasu: 100 ns/dz do 100 ms/dz, płynnie regulowana, wyzwalamie zewnętrzne – jest,
minimalne wymiary zewnętrzne osiągnięte przez autora, oraz ciężar: 220x70x185 mm,
2,4 kg
pobierana moc: około 20 W.

Podane wymiary urządzenia oraz ciężar świadczą o tym, że przyrząd można wykonać



w wersji miniaturowej. Jest to uzależnione jednak od posiadania miniaturowych elementów (potencjometry, przełączniki obrotowe) oraz doświadczenia w konstruowaniu różnych urządzeń. Stąd też średnio zaawansowanym radioamatorom nie polecamy wykonywania oscyloskopu w wersji miniaturowej – lepiej wykonać urządzenie większe, ale o lepszych parametrach.

Oscyloskop został zaprojektowany wyłącznie na elementach dostępnych w handlu. Wiele z tych elementów można jednak zdobyć na różnego rodzaju giełdach, w sklepach BOMIS itp. – w ten sposób koszt podzespołów można znacznie obniżyć. Należy jednak stosować elementy sprawdzone, gdyż od tego w dużej mierze zależy osiągnięcie sukcesów w uruchomieniu tego skomplikowanego urządzenia.

W oscyloskopie można wyróżnić kilka bloków, przedstawionych schematycznie na rys. 1. Poszczególne bloki będą omawiane sukcesywnie, w kolejności narzuconej przez uruchamianie i strojenie poszczególnych układów.

Zasilacz

Zadaniem zasilacza jest dostarczenie napięcia zgodnie z tabelą 1. Wykonanie zasilacza jest sprawą o tyle trudną, że musi on dostarczyć aż siedmiu napięć, z których 4 są stabilizowane. Średnio zaawansowany radioamator jest w stanie zaprojektować zasilacz wyposażony w samodzielnie wykonany transformator o mocy około 30 W. Poniżej zostanie przedstawione przykładowe rozwiązanie wykorzystujące transformator z rdzeniem EI84 o grubości pakietu 28 mm. Zastosowanie innego transformatora wymaga wykonania odpowiednich obliczeń. Spo-

sób obliczania transformatorów można znaleźć w literaturze (np. książka: T. Konopiński, R. Pac – „Transformatory i dławiki elektronicznych urządzeń zasilających”). W proponowanym zasilaczu napięcie 6 i 7 nie jest stabilizowane. Takie rozwiązanie szeroko stosowane, ma tę wadę, że przy dużych wahanach napięcia sieci będzie ulegać zmianie jasność i ostrość obrazu względnie pogorszą się niektóre parametry oscyloskopu. Bardziej zaawansowani radioamatorzy mogą samodzielnie opracować układ stabilizacji napięć + 200 i - 420 V.

Proponowany schemat ideowy zasilacza przedstawia rys. 2, natomiast dane transformatora oraz pozostałych elementów zasilacza zawarte są w tabeli 2 i 3.

Podczas nawijania transformatora należy stosować przekładki międzywarstwowe z cienkiego papieru kondensatorowego lub z folii z tworzyw sztucznych. Po nawinięciu pierwszego uzwojenia (sieciowego) należy wykonać ekran międzyuzwojeniowy z jednego **nie zamkniętego!** zwoju miedzianej folii. Folię tę należy bardzo dobrze izolować kilkoma warstwami plastikowej ceratki. Ekran można wykonać także z jednej warstwy drutu DNE \varnothing 0,2 mm pozostawiając wolne (izolowane) końce tej warstwy. Ekran łączymy przewodem z rdzeniem transformatora oraz masą zasilacza. Następnie uzwojenia nawijamy kolejno pamiętając o odpowiedniej izolacji międzyuzwojeniowej.

W przypadku trudności z wykonaniem ekranu można z niego zrezygnować, licząc się jednak ze zmniejszoną odpornością na zakłócenia sieciowe. Korzystając z gotowego transformatora sieciowego o mocy większej niż 30 W należy odpowiednio wykonać uzwojenia wtórne, określając najpierw liczbę

Tabela 1

Lp.	U(V)*	I (mA)	Napięcie tętnień (wartość międzyszczytowa) oraz uwagi
1.	4 Vsk	700	Żarzenie lampy oscyloskopowej, napięcie zmienne, na potencjale - 350 V w stosunku do masy!
2.	+ 12	60	$U_1 < 10$ mV pp
3.	- 12	60	$U_1 < 10$ mV pp
4.	+ 5	100	$U_1 < 50$ mV pp
5.	+ 40	10	$U_1 < 50$ mV pp
6.	+ 200	40	$U_1 < 1$ V pp
7.	- 420	2	$U_1 < 1$ V pp

mierzone względem masy, z wyjątkiem pierwszej, poz.



Miniaturowy oscyloskop zmontowany w metalowej obudowie. Ekran lampy oscyloskopowej znajduje się za szybką z naniesioną na nią skalą

bę zwojów na volt a następnie przeliczając odpowiednio dane zawarte w tabeli 2.

Można także zlecić wykonanie odpowied-

niego transformatora w zakładzie elektromechanicznym.

Zasilacz można zmontować w dowolny sposób, np. na płytce drukowanej. Nie podajemy jednak jej rysunku ze względu na dużą różnorodność wymiarów stosowanych elementów, szczególnie tych nabywanych na giełdach i bazarach. Konstruując części mechaniczne zasilacza należy pamiętać o odpowiednim umieszczeniu transformatora (MT 8/81, s. 63), oraz przewidzieć ewentualne ekranowanie zasilacza (magnetyczne), gdyby się później okazało, że jest on źródłem zbyt silnego pola magnetycznego.

Uruchamiając zasilacz obciążamy go nominalnymi prądami (zgodnie z tabelą 2) oraz kontrolujemy napięcia oraz poziom tętnień (najlepiej za pomocą oscyloskopu). Należy pamiętać, że zbyt duża wartość napięcia tętnień powoduje powstanie przydźwięku

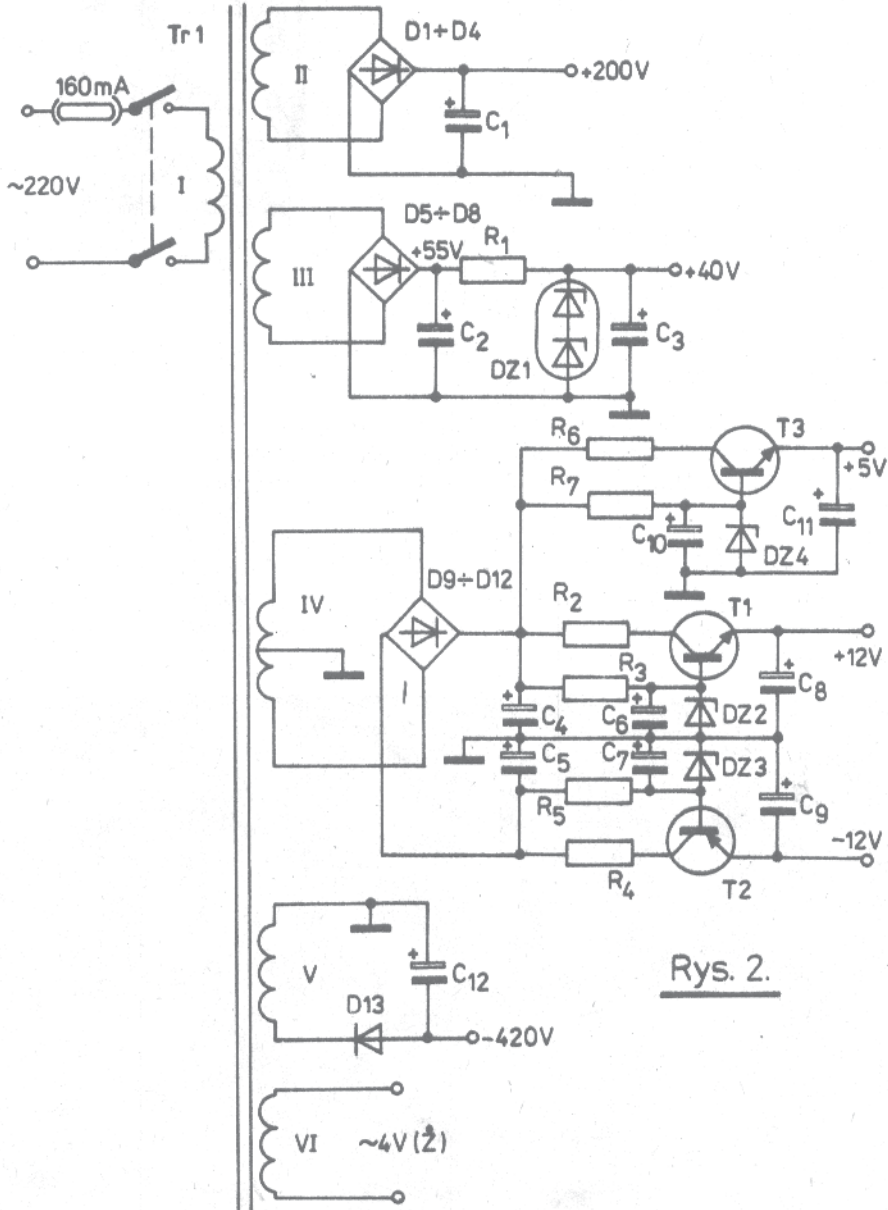
Tabela 2
Dane transformatora zasilacza

Nr Uzwojenia	Napięcie (zmienne) wartość skuteczna	Liczba zwojów Ø drutu (mm)	Uwagi
I	220 V	1160 Ø 0,35	Przed nawinięciem uzwojenia II wykonujemy ekran międzyuzwojeniowy
II	152 V	800 Ø 0,25	
III	40 V	210 Ø 0,25	
IV	2 x 14,3 V	2 x 75 Ø 0,35	
V	304 V	1600 Ø 0,1	odcsep w środku uzwojenia lub (lepiej) nawinięte bifilarnie dobrze izolowane poszczególne warstwy oraz całe uzwojenie
VI	4 V	22 Ø 0,6	

Dane dla rdzenia EI84, grubość pakietu blach 2,8 cm, 5,27 zwojów na volt.

sieci na oglądanym przebiegu, rozmycie obrazu (brak ostrości) oraz szkodliwą modulację jasności. W przypadku nadmiernego grzania się tranzystorów względnie diod Ze-

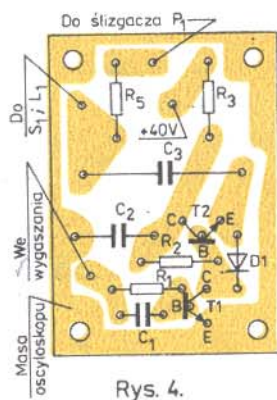
nera należy zaopatrzyć je w niewielkie radiatory. Jeżeli próba pełnego obciążenia wypadnie pomyślnie, zasilacz możemy uważać za uruchomiony.



Rys. 2.

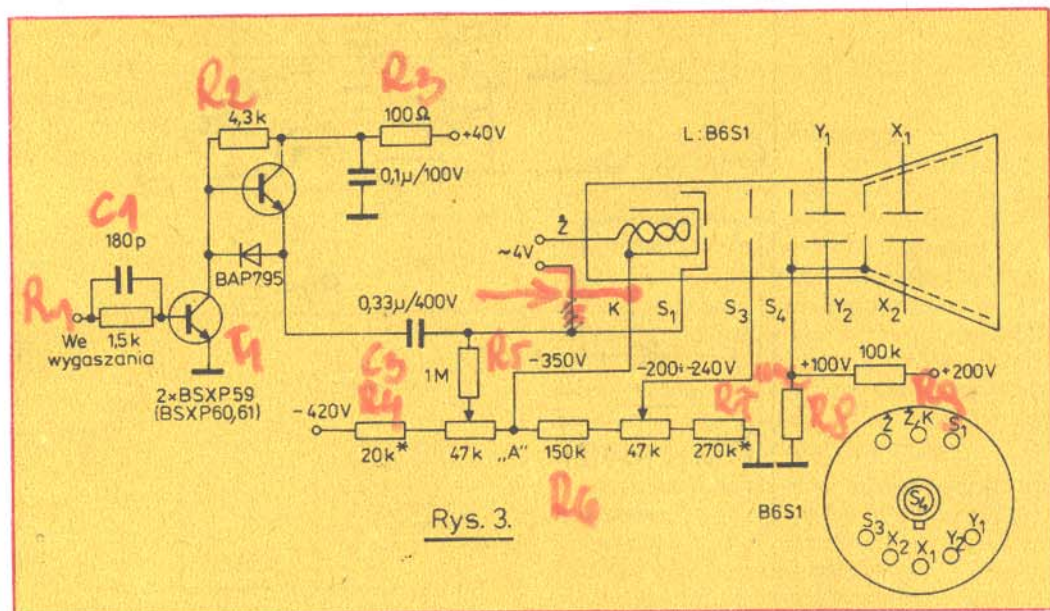
Lampa oscyloskopowa wraz z układami towarzyszącymi

W oscyloskopie zastosowano niewielką lampę typu B6S1 produkcji NRD, (cena w marcu 82 r. – 780 zł). Lampa ta dobrze nadaje się do amatorskiego oscyloskopu ze względu na małe wymiary oraz przystępną cenę, mimo stosunkowo niewielkiej jasności świecenia oraz dużej średnicy plamki (rzędu 1 mm). Bezpośrednio z lampą współpracuje układ wygaszania plamki, który zostanie zaprezentowany w wersji uproszczonej, nie wymagającej rozbudowanych układów do stałoprądowego sterowania jasnością (układ rozbudowany zostanie przedstawiony przy okazji omawiania modyfikacji oscyloskopu). Schemat przedstawia rys.3. Elementy układu można umieścić na niewielkiej płytce drukowanej, przedstawionej na rys.4, przy czym rezystory R_4 , R_6 i R_7 są umieszczone bezpośrednio na wyprowadzeniach potencjometrów. Uruchamianie rozpoczynamy przy nie wmontowanych tranzystorach T1 i T2. Elektrody Y_1 , Y_2 , X_1 i X_2 podłączamy do elektrody S_4 . Po około 10–15 s od załączenia zasilania, kręcąc potencjometrem P_1 usiłujemy uzyskać plamkę na środku ekranu. Gdy się to nie uda, kontrolujemy napięcia na elektrodach S_1 , K , S_3 i S_4 lampy B6S1 zgod-



Rys. 4.

nie z wartościami podanymi na schemacie i ustalamy miejsce uszkodzenia. Następnie próbujemy wyostrzyć plamkę za pomocą potencjometru P_2 . Może okazać się konieczna korekta wartości rezystora R_7 , gdyż napięcie siatki trzeciej zależy od egzemplarza lampy. Po tej czynności sprawdzamy napięcie w punkcie A – powinno ono wynosić -350 ± 20 V. Ewentualnej zmiany wartości tego



Rys. 3.

napięcia dokonujemy zmieniając odpowiednio rezystor R_4 oraz korygując ewentualnie wartość R_7 w przypadku niemożności uzyskania ostrej plamki. Uruchomienie kończymy sprawdzeniem układu wygaszania po wlutowaniu tranzystorów T1 i T2. Przy niepodłączonym wejściu wygaszania (R_1, C_1) napięcie na anodzie diody D1 powinno wynosić co najmniej +38 V. Po podłączeniu wejścia wygaszania do napięcia +5 V napięcie na anodzie D1 powinno być mniejsze od 1 V, a jednocześnie obserwujemy chwilowe (około 0,3 s) zniknięcie plamki. Inne wartości napięć lub niezniknięcie plamki świadczy o uszkodzeniu jednego z elementów $R_1 - R_3$, T1, T2, D1 lub C_3 .

Jeżeli układ wygaszania działa prawidłowo, a plamka jest dostatecznie jasna i ostra, można przejść do wykonania układu podstawy czasu.

Tabela 3
Wykaz elementów zasilacza

Diody:	D1 - D4 - BYP 401-400 lub odpowiedniki D5 - D12 - BYP 401-100 .. D13 - BYP 401-1000
Diody Zenera:	DZ - kilka diod połączonych szeregowo na napięcie 40 V, np. 2 x BZP 630C20 DZ2, DZ3 - BZP 630C13 lub inna na napięcie 12,5 - 13,5 V DZ4 - BZP 630C5V6 - lub inna na napięcie 5,5 - 6,0 V
Tranzystory:	T1, T3 - BD354, BD 135 lub podobne, T3 z niewielkim radiatorem T2 - BD355, BD136 ...
Kondensatory: (elektrolityczne)	$C_1 - 47 \mu\text{F}/350 \text{ V}$, $C_2 - 100 \mu\text{F}/63 \text{ V}$, $C_3 - 47 \mu\text{F}/63 \text{ V}$, $C_4, C_5 - 1000 \mu\text{F}/25 \text{ V}$, $C_6, C_7 - 100 \mu\text{F}/16 \text{ V}$, $C_8, C_9 - 470 \mu\text{F}/16 \text{ V}$, $C_{10}, C_{11} - 100 \mu\text{F}/10 \text{ V}$, $C_{12} - 22 \mu\text{F}/450 \text{ V}$.
	Wartości pojemności nie są krytyczne, można stosować kondensatory o zbliżonej pojemności.
Rezystory:	$R_1 - 1 \text{ k} \Omega$ $R_2, R_4 - 27 \Omega$ (dowolnej mocy). $R_3, R_5, R_7 - 820 \Omega$ $R_6 - 56 \Omega / 0,5 \text{ W}$.
Bezpiecznik:	160 mA - zwłoczný Wyłącznik sieciowy typu Isostat lub inny.

Podstawa czasu ze wzmacniaczem końcowym X

Zadaniem podstawy czasu jest generowanie napięcia liniowo narastającego o regulowanej szybkości narastania oraz synchronizowanie go ze źródłem badanego sygnału. Od jakości i sposobu realizacji tego procesu zależy kilka istotnych czynników decydujących o przydatności oscyloskopu:

- stabilne wyzwalanie podstawy czasu z możliwością wyboru zbocza i regulacją poziomu wyzwalania w szerokim zakresie częstotliwości (co najmniej do 5 MHz),
- stabilność obrazu poziomie (jitter),
- opóźnienie wyzwalania podstawy czasu - im mniejsze, tym większą część impulsu wyzwalającego obserwujemy na ekranie - ważne dla pomiarów układów impulsowych.

Opisany poniżej układ dzięki wykorzystaniu układów scalonych TTL zapewnia uzyskanie co najmniej dobrych parametrów, jak na oscyloskop amatorski. Wszystkie zastosowane elementy są produkowane w kraju i nie powinno być specjalnych trudności z ich zdobyciem. Schemat ideowy podstawy czasu wraz ze wzmacniaczem końcowym X przedstawia rys. 5, natomiast tabela 4 zawiera dane elementów. Przełącznik zakresów podstawy czasu jest przedstawiony na rys. 6. Wyjaśnienia wymaga stosowanie w układach źródeł prądowych **czerwonych diod świecących**. Otóż rozwiązanie takie zapewnia niemal idealną kompensację zmian termicznych napięcia U_{BE} , co znacznie poprawia stałość prądów w funkcji zmian temperatury. Dodatkową korzyścią jest optyczna kontrola załączenia zasilania. W przypadku trudności ze zdobyciem diod świecących można oczywiście stosować dwie zwykłe diody krzemowe połączone szeregowo, zmniejszając odpowiednie rezystory emiterowe o około 40%.

Zasada działania układu jest następująca: sygnał wyzwalający (zewnętrzny lub ze wzmacniacza Y) doprowadzony jest do wtórnika o dużej impedancji wejściowej zrealizowanego na tranzystorach T1 i T2. Sygnał ten z emitera T2 przez rezystor R_6 wchodzi na wejście komparatora z histerezą, zrealizowanego przy użyciu odbiornika linii typu 75107. Rozwiązanie takie jest stosunkowo proste oraz zapewnia małe opóźnienia wyzwalania. Regulację poziomu wyzwalania

Tabela 4

Zestawienie elementów układu podstawy czasu i wzmacniacza końcowego X

Układy scalone:

US1 - UCY 75107 (podwójny odbiornik linii),
 US2 - UCY 7400,
 US3 - UCY 74123,
 US4 - UCY 7474,
 US5 - UCY 7410.

Tranzystory:

T1 - BF245 lub inny połowy złączowy z kanałem n,
 T2 - BC108, BC148, BF519 - 521 lub inny dowolny npn,
 T3, T4 - BSXP93, BSXP94 lub odpowiednik,
 T5 - BC177, BC157,
 T6, T7 - B148B, BC108B,
 T8, T15 - BF519 - 521,
 lub inny w.cz.npn. (np. BF194 - lecz wtedy inna kolejność wyprowadzeń),
 T9, T10 - BF258, BF259,
 T11, T12, T13, T14 - BF519 - 521 lub inny w.cz.

Diody:

D1, D2, D3, D4, D5, D6 - dowolne impulsowe, np. BAP795,
 D7, D8 - diody elektroluminescencyjne czerwone np. CQYP40.

Diody Zenera:

DZ1 - BZP630 C6V8 lub inne na napięcie ok. 7 V,
 DZ2 - BZP630 C5V8 lub inne na napięcie ok. 5,5 V

Kondensatory:

C1, C2, C3, C4, C5, C12, C13, C15, C16, C17, C19, C20
 - ceramiczne 10 - 47 nF. stosowane na płytkach p.cz. OR
 i OTV do blokowania sygnałów wcz.

C6 - 5,1 pF

C7 - 4,7 nF/25 V, elektrolityczny.

C8 - 47pF ceramiczny,

C9, C10 - 100 pF ceramiczny,

C11 - 180 pF ceramiczny,

C14 - 68 pF, ceramiczny,

C18 - dobrać ok. 330 pF - ceramiczny

Rezystory: (dowolnej mocy z wyjątkiem R33 i R34)

R1 - 1 M Ω (około),

R3 - 3,3 k Ω

R2 - 3,3 - k Ω dobrać.

R4, R5, R6 - 100 Ω (około),

R7 - 2,7 k Ω ,

R8 - 1 k Ω ,

R9 - 47 k Ω ,

R10 - k Ω .

R11, R12, R15, R16, R17 - 10 k Ω (około),

R13, R14 - 33 k Ω ,

R18 - 10 k Ω ,

R19 - 1,5 k Ω ,

R20 - 470 Ω ,

R21 - 56 Ω ,

R22 - 39 k Ω ,

R23 - 330 Ω (około),

R24 - 5,1 k Ω ,

R25 - 51 k Ω ,

R26 - 47 k Ω (około),

R27, R28 - 820 Ω ,

R29 - 160 Ω ,

R30 - 10 k Ω ,

R31, R32 - 100 k Ω ,

R33, R34 - 18 k Ω / 4 W (po 2 rezystory 9,1 k Ω / 2 W).

R35, R36 - 3,3 k Ω ,

R38, R37 - 380 Ω ,

R39 - 33 k Ω ,

R40 - 10 k Ω ,

R41 - 100 Ω (dobierany przy strojeniu przy pomocy równoległego rezystora R42).

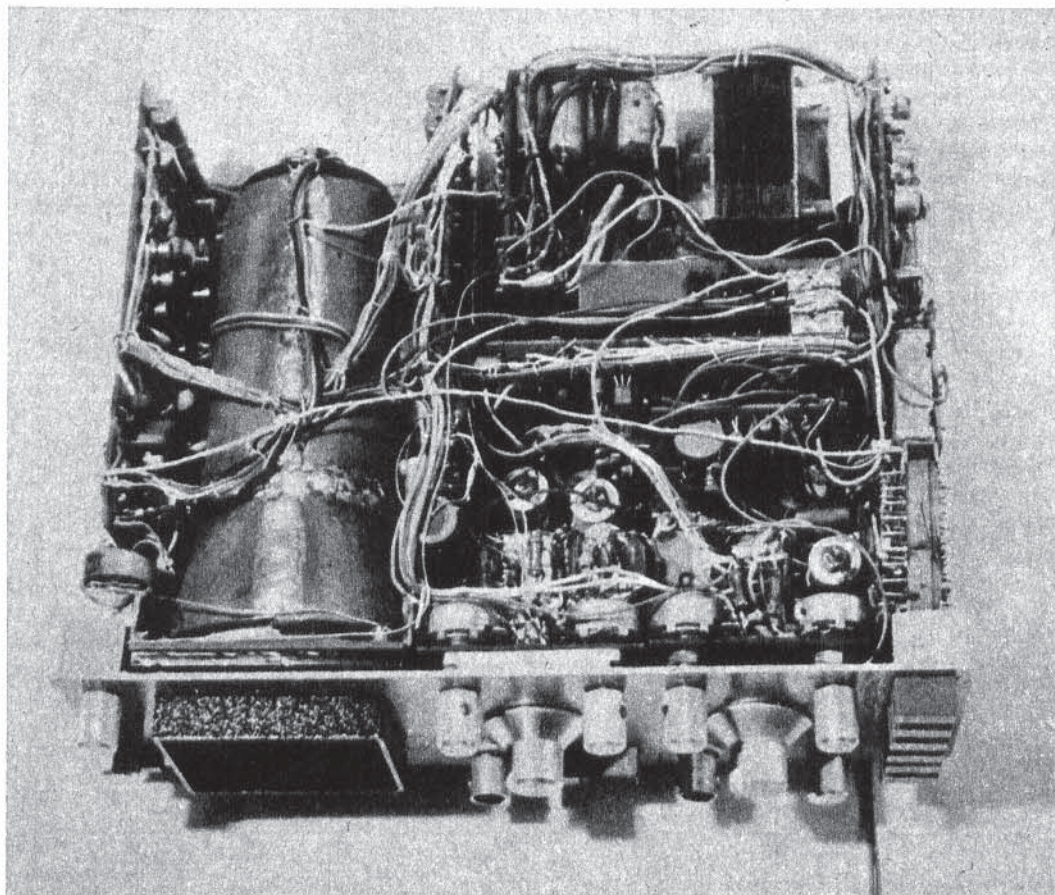
(okoła) = wartość nie jest krytyczna

Potencjometry:

P1, P2, P3 - 47 k Ω (A, miniaturowe).

P4 - 470 Ω , montażowy.

nia zapewnia potencjometr P₁ wraz z dzielnikiem napięcia R₁₀, R₇. Dodatkowo sprzężenie zwrotne realizują elementy R₉, C₆. Na wyjściu układu dostępny jest sygnał wyzwalający w formie impulsów prostokątnych. Układ scalony US2 pełni funkcję multipleksera i umożliwia sterowanie generatorem napięcia piłkkształtnego sygnałem prostym względnie zanegowanym (odpowiada to zmianie zbocza sygnału wyzwalającego). Właściwy generator podstawy czasu zawiera pozostałe układy scalone US3, US4 i US5 oraz tranzystory T3 - T8. Aby przeanalizować jego działanie, założmy, że przerzutnik F jest wyzerowany, na wyjściu Q multiwibratora monostabilnego M1 jest „0”, a wyjście Q przerzutnika M2 jest na poziomie „1”. Narastające zbocze sygnału wyzwalającego podane na wejście zegarowe przerzutnika F powoduje jego ustawienie - na wyjściu Q pojawia się „0”, co oznacza zatkanie tranzystora T4. Źródło prądowe na tranzystorze T5 ładuje liniowo kondensator C₁₄, który był początkowo rozładowany. Wtórnik emiterowy T6-T7 spełnia zadanie układu separującego, a dioda Zenera DZ2 przesuwą poziom napięcia o około 5,5 V w dół. W miarę narastania napięcia na C₁₄ rośnie także napięcie na ślizgaczu potencjometru P₄ od wartości ujemnych do około + 1,2 V, kiedy to zaczyna przewodzić D6 i T3. Tranzystor T3 generuje sygnał zerujący przerzutnik F, co oznacza wprowadzenie wyjścia Q w stan „1”, nasyceńnię tranzystora T4 oraz rozładowanie kondensatora C₁₄ prawie do zera. Jednocześnie opadające zbocze na wyjściu Q przerzutnika F wyzwala multiwibrator monostabilny M2. Wyjście Q multiwibratora M2 przechodzi w stan „0”. Sygnał ten podawany jest na wejście D przerzutnika F, co oznacza uniemożliwienie ustawienia go przez sygnał wyzwalający. Stąd też multiwibrator M2 zwany jest multiwibratorem wstrzymania - wstrzymuje on wyzwolenie generatorem podstawy czasu na czas konieczny do rozładowania kondensatora C₁₄. Czas ten zależy od pojemności podłączonej do punktu „C”, czyli od zakresu szybkości podstawy czasu. Dlatego też przerzutnik M2 ma przełączane kondensatory za pomocą przełącz-



Wnętrze miniaturowego oscyloskopu. Lampa oscyloskopowa znajduje się w stalowym ekranie, z obu jej stron, pionowo umieszczone są płytki montażowe. Od zewnętrznej strony – płytka wzmacniacza Y, od środka – płytka wzmacniacza X

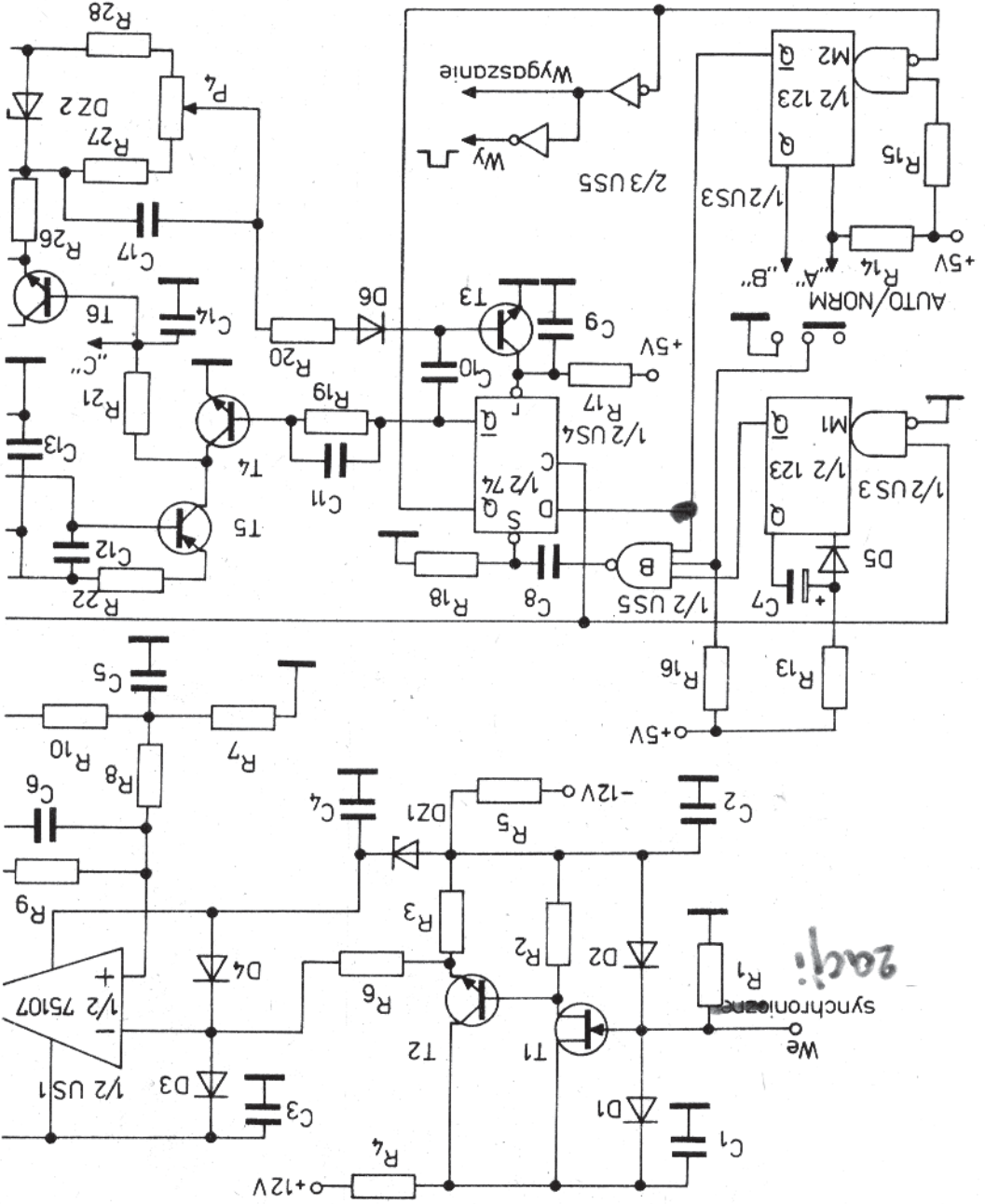
nika zakresów. Po upływie ustalonego czasu na wejście D przerzutnika F znowu podana jest logiczna „1” i generator podstawy czasu gotowy jest do następnego wyzwolenia.

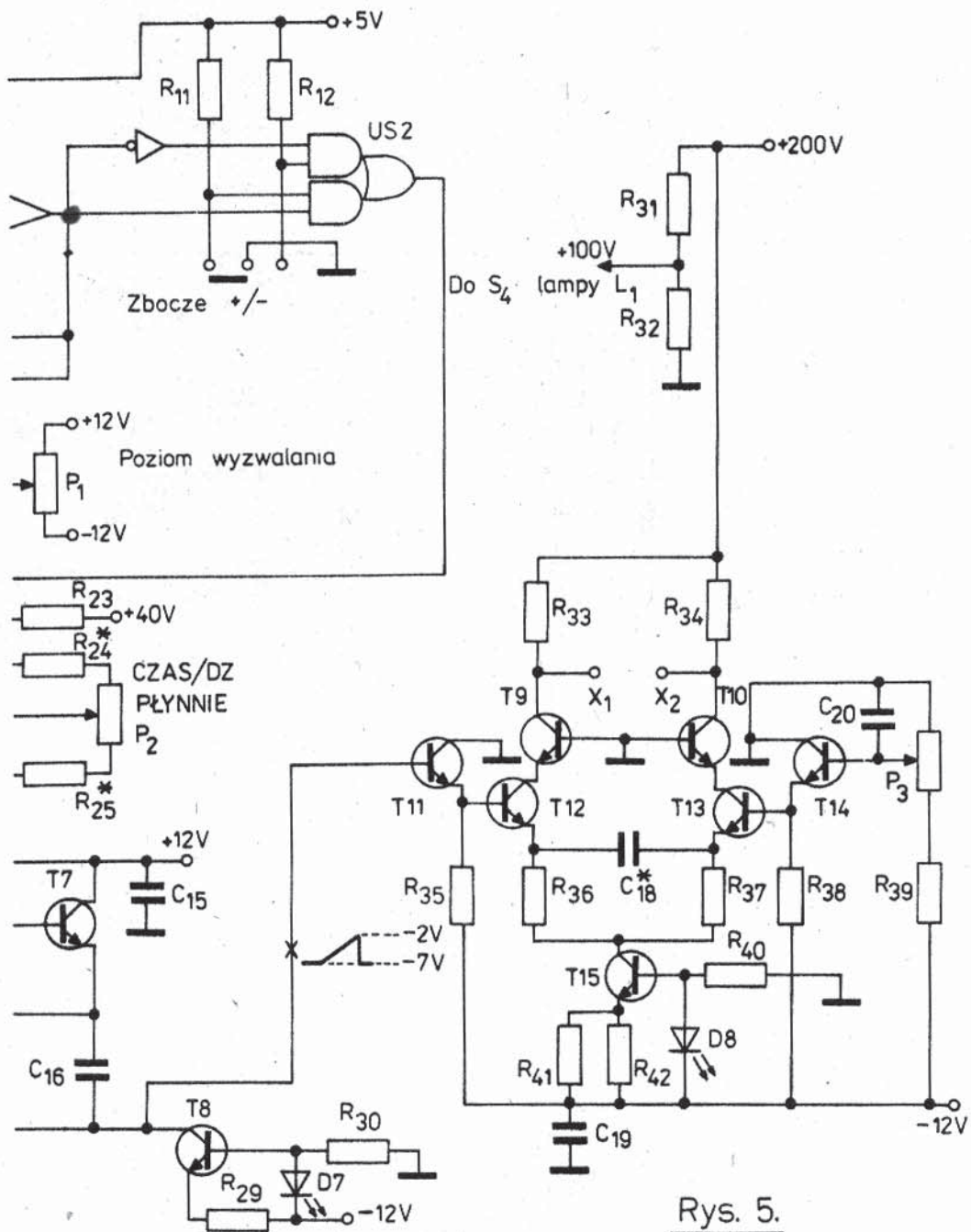
Przy analizie układu założyliśmy, że wyjście Q przerzutnika M1 jest na poziomie „0”, czyli blokuje on bramkę B. W rzeczywistości jest tak tylko wtedy, gdy częstotliwość impulsów wyzwalających jest większa od około 30 Hz. Wynika to z faktu, że przerzutnik M1 jest tzw. multiwibratorem monostabilnym z podtrzymaniem. Przy braku impulsów wyzwalających bramka B jest otwarta (przy odpowiednim położeniu przełącznika AUTO/NORM) i przepuszcza ona (z negacją) sygnał z wyjścia Q przerzutnika M2. Narastające zbrocze sygnału na tym wyjściu oznacza zdolność generatora do następnego wy-

zwolenia. Po przejściu przez bramkę B jest już zbrocze opadające i po różniczkowaniu przez elementy C_8 , R_{18} wyzwala generator napięcia liniowego wykorzystując wejście „S” przerzutnika F. A zatem przy braku sygnału wyzwalającego napięcie podstawy czasu jest generowane z maksymalną szybkością – kreślona jest na ekranie jasna linia odniesienia (praca AUTO). Przełączenie przełącznika AUTO/NORM powoduje zablokowanie tego rodzaju pracy, co wykrytuje się przy najmniejszych szybkościach podstawy czasu. Napięcie pilokształtne zawierające się w przedziale od -7 V do -2 V względem masy podawane jest na wzmacniacz końcowy X pracujący w klasycznym układzie kaskody.

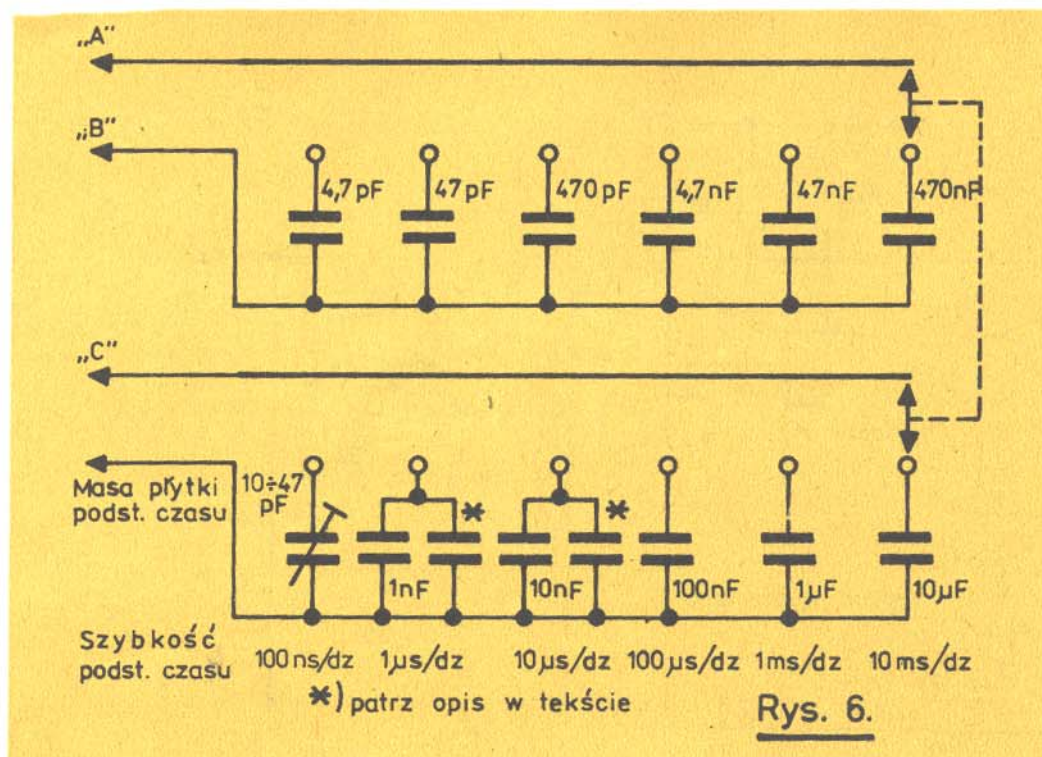
Potencjometr P_2 reguluje prąd źródła prą-

Punkty „A”, „B”, „C” - do przetłocznika zakresów





Rys. 5.



Rys. 6.

dowego (T5), czyli umożliwia płynną zmianę współczynnika czasu. Potencjometr P_3 umożliwia przesuw obrazu w poziomie. Przełącznik zakresów przedstawiony na rys. 6 jest sześciopozycyjny i zawiera 2 sekcje. Można zastosować odpowiedni przełącznik obrotowy lub Isostat. Kondensatory są przyłutowane bezpośrednio do przełącznika lub krótkimi przewodami. Elementy oznaczone gwiazdką służą do kalibrowania podstawy czasu na szybszych zakresach (trymer 10–40 pF oraz dwa dobrane kondensatory). Na zakresach wolniejszych wystarczy dobrać kondensatory z dokładnością 5% (w zależności od dostępnych przyrządów można dobrać kondensatory z lepszą dokładnością).

Układ podstawy czasu oraz wzmacniacza X jest zmontowany na płytce drukowanej wg rys. 7. Ze względu na stosunkowo duży stopień skomplikowania układu występuje tam pewna liczba „mostków” co jest jednak rozwiązaniem mniej kłopotliwym niż wykonanie druku dwustronnego.

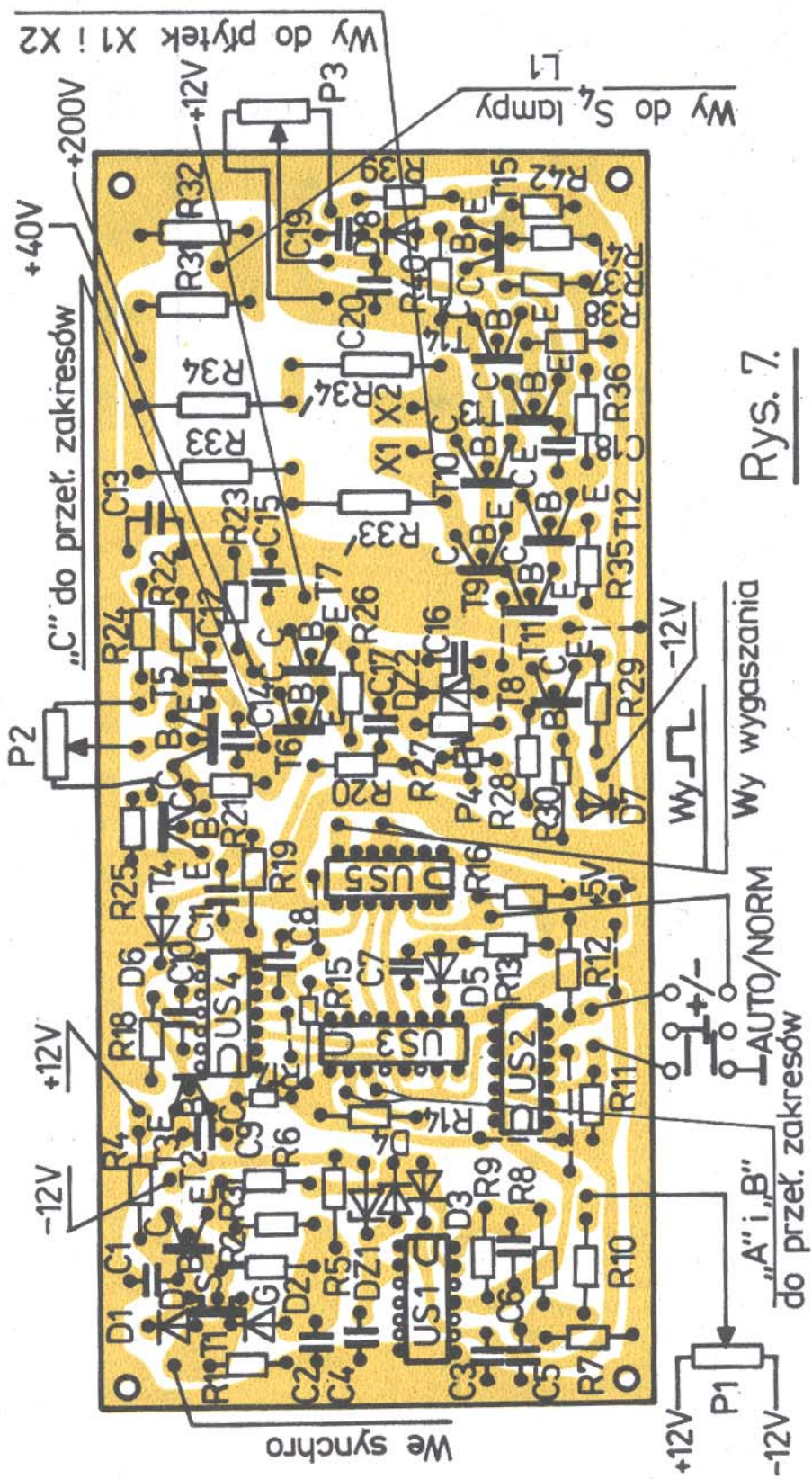
W celu ułatwienia procesu uruchomienia płytki zaleca się wstępne sprawdzenie ele-

mentów dyskretnych, tj. diod, tranzystorów, rezystorów i kondensatorów. Operacja ta w połączeniu ze starannym montażem znacznie skraca czas potrzebny na uruchomienie układu.

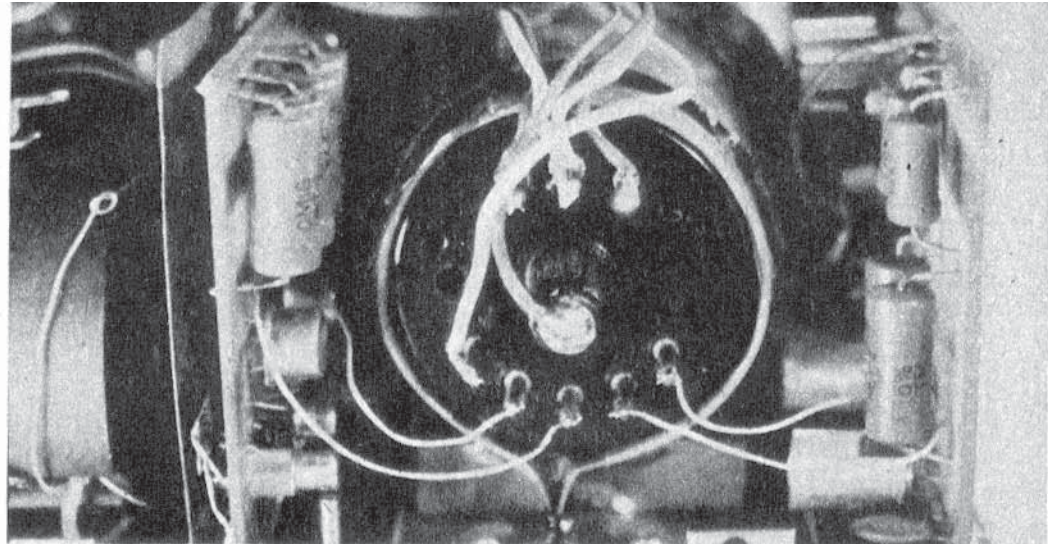
Uruchomienie płytki p.cz. i wzm. X

Proces uruchomienia układu najlepiej zacząć już w trakcie obsadzania płytki elementami, rozpoczynając od wtórnika T1-T2. Należy tak dobrać wartości rezystancji R_2 aby napięcie na emiterze tranzystora T2 wynosiło $+0,1-2\text{ V}$ przy bramce T1 zwartej na masę. Następnie podłączamy na wejście synchronizacji generator przebiegu sinusoidalnego i sprawdzamy działanie komparatora z histerezą, zrealizowanego na 1/2 US1. Napięcie generatora powinno wynosić około 1,5 V, częstotliwość kilka kHz. Przy poprawnym montażu na wyjściu US1 oraz US2 otrzymujemy impulsy prostokątne, których współczynnik wypełnienia zmienia się przy regulowaniu poziomu wyzwalania potencjometrem P_1 .

$\rightarrow (0,1 \div 0,2) \text{ V}$



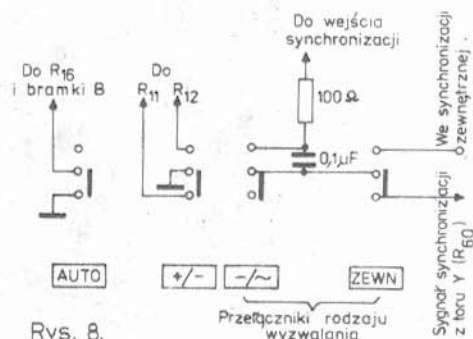
Rys. 7.



Podstawka lampy oscyloskopowej z doprowadzeniami ze wzmacniacza X (po lewej stronie) i wzmacniacza Y (po prawej stronie). Minimalna długość połączeń wpływa na szerokość pasma oscyloskopu

Następną czynnością jest uruchomienie generatora podstawy czasu. Po wlutowaniu elementów podłączamy przełącznik zakresów w pozycji odpowiadającej 100 μ s/dz. Przy braku sygnału wyzwającego, układ powinien zacząć generować z maksymalną szybkością (może się okazać konieczne przełączenie przełącznika rodzaju pracy AUTO/NORM). Jeżeli generacja drgań nie nastąpi, sprawdzamy za pomocą sondy logicznej oscyloskopu względnie woltomierza stany wyjść przerzutników: Q przerzutnika M1 powinno być na stanie wysokim, podobnie Q przerzutnika M2. Sprawdzamy także napięcia na wejściu r przerzutnika F (stan „1”) oraz s (napięcie w tym punkcie powinno wynosić około 1,5 V). Jeżeli pomiary nie ujawniły uszkodzenia lub braku połączenia, należy skontrolować źródło prądowe T5 – najłatwiej zrobić to wylutowując tranzystor T4. Napięcie na kondensatorze C₁₄ powinno wzrosnąć wtedy do około + 12,5 V, a na kolektorze T8 powinno być około + 5,5 V (przy próbie tej mostek łączący kolektor T8 z bazą T11 musi być wylutowany!). Jednocześnie tranzystor T3 powinien być nasycony, a przerzutnik F wyzerowany. Po ewentualnym ustaleniu uszkodzenia wlutowujemy tranzystor T4 – jeśli jest on nie uszkodzony, a rezystor R₁₉ nie ma przerwy, układ powinien się wzbudzić, pod warunkiem sprawności bramki B, elementów R₁₈, C₈ oraz w położeniu przełącznika AUTO/NORM w pozycji zadającej „1” na wejściu bramki B. Potencjometr P₄ reguluje amplitudę generowanej piły – czynność ta wyko-

nywana jest podczas strojenia. Jeżeli kontrola przebiegu na kolektorze T8 (za pomocą oscyloskopu) wykaże przebieg piłokształtny zawarty pomiędzy poziomami -7 i -2 V względem masy, przystępujemy do uruchomienia końcowego wzmacniacza X. Pierwszą operację (przy odłączonym mostku T8-T11) jest połączenie przewodem baz T11 i T14 oraz ustawienie na nich napięcia -4,5 V (za pomocą potencjometru P₃). Przy takim połączeniu mierzymy napięcia na kolektorach T9 i T10. Napięcia te (około 100 V przy zasilaniu 200 V) powinny być zbliżone do siebie (z dokładnością do około 10 V). Jeżeli wymagana jest korekcja wartości tych napięć, dobieramy odpowiednio rezystor R₄₂ (równoległe połączenie z R₄₁) starając się uzyskać średnie napięcie płytek X równe 100 \pm 5V. Po wykonaniu tej operacji podłączamy bazę T11 według schematu i kontrolujemy pracę wzmacniacza przy wysterowaniu sygnałem piłokształtnym. Czynność tę można wykonać podłączając wyjścia



Rys. 8.

wzmacniacza do płytek X lampy oscyloskopowej.

Następnym etapem jest ustawienie (potencjometrem P_4) długości linii podstawy czasu równej 10 działek (5 cm), przy przełączniku zakresów znajdującym się w pozycji 1 ms. Jeżeli zakres regulacji potencjometrem P_4 jest niewystarczający, korygujemy odpowiednio wartości rezystorów R_{27} i R_{28} . Po wykonaniu tej operacji dobieramy wartość kondensatora C_{18} . Należy zwrócić jednak uwagę, że wartość pojemności C_{18} bardzo zależy od pojemności montażowych połączeń płytek X ze wzmacniaczem X. Stąd też połączenia te należy wykonać jak najkrótsze, najlepiej lutowane bezpośrednio do nóżek lampy. Autor umieścił płytkę wzmacniacza X (a także Y) bezpośrednio przy nóżkach lampy, co umożliwiło skrócenie połączeń do około 4 cm. Pojemność C_{18} (równą około 330 pF) dobieramy tak, aby przy przełączeniu na zakres 100 ns i największej szybkości podstawy czasu ustawianej potencjometrem P_2 następowało wydłużenie linii podstawy czasu o około 1 działkę. Wydłużenie to spowodowane jest opóźnieniem w układzie generatora i sprawdzane jest **przy odłączonym wygaszaniu strumienia**. Podczas przełączania zakresów nie powinna następować zmiana położenia początku linii podstawy czasu o więcej, niż 0,5 działki. Zakres przesuwu X wynosi co najmniej 5 działek w każdym kierunku. Przy podłączeniu płytek X lampy należy zwrócić uwagę na ich odpowiednie połączenie tak, aby plamka biegła od lewej strony do prawej (widać to na zakresie 10 ms). Z układem podstawy czasu współpracują cztery przełączniki (niezależne, typu Isostat) umożliwiające: wybór zbrocza sygnału wyzwalającego, zablokowanie pracy automatycznej, wyzwalanie napięciem stałym lub zmiennym oraz wyzwalanie zewnętrzne. Układ połączeń przełączników przedstawia rys. 8. Kondensator 100 nF/100 V oraz rezystor 100 Ω są zamontowane na przełączniku. Proces strojenia (kalibrowania) układu może zostać przeprowadzony dopiero po wstępnym uruchomieniu toru Y i będzie omówiony w osobnym punkcie.

Mając uruchomiony układ podstawy czasu można przejść do wykonania wzmacniacza Y.

(Dokończenie w następnym numerze)

Grzegorz Zalot