

(Dokończenie)

Tor Y

Zadaniem toru Y jest odpowiednie wzmocnienie sygnałów wejściowych tak, aby umożliwić obserwację na ekranie lampy oscyloskopowej (o czułości płytek 30 V/cm). Maksymalna czułość zastosowanego układu wynosi 10 mV/dz przy sprzężeniu stałoprądowym, co czyni opisany oscyloskop bardzo przydatnym w pomiarach układów sprzężonych stałoprądowo, umożliwiając pomiary napięć stałych rzędu kilkudziesięciu mV. Schemat ideowy układu przedstawiony jest na rys. 9. Kondensator C_1 ma za zadanie oddzielenie składowej stałej w odpowiednim położeniu przełącznika. Elementy R_1 – R_7 oraz C_2 – C_7 tworzą dzielnik napięcia o czterech stopniach tłumienia: 1:1; 1:10; 1:100; 1:1000. Odpowiednią szerokopasmowość dzielnika uzyskuje się strojąc go trymerami powietrznymi C_2 , C_4 , C_6 . Rezystory dzielnika powinny zostać dobrane z dokładnością nie mniejszą, niż 1–2% aby zachować wymaganą tolerancję podziału. Dzielnik ten ma stałą rezystencję wejściową równą 1 M Ω . Bardziej zaawansowani radioamatorzy mogą wykonać dzielnik o stałej pojemności wejściowej dodając cztery trymery.

Elementy R_9 , R_{10} , C_8 , D1 i D2 tworzą układ zabezpieczający tranzystor T2 przed uszkodzeniem w przypadku pojawienia się przepięć większych od kilkunastu volt. Pierwszym stopniem wzmacniacza jest symetryczny wtórnik źródłowy. Kompensację napięcia niezrównoważenia zapewnia potencjometr P_1 wraz z dzielnikiem R_{18} i R_{19} . Od tego miejsca układ jest w pełni symetryczny, dzięki czemu charakteryzuje się on dużą odpornością na zakłócenia i małym dryftem temperaturowym. Drugi stopień wzmacniacza zrealizowany na tranzystorach T3 i T4 zapewnia skokową regulację wzmocnienia dzięki przełączanym obwodom RC w emiterach. Wzmocnienie tego stopnia może być równe 0,5; 1; 2,5; lub 5. Trzeci stopień na tranzystorach T8 i T9 ma wzmocnienie około 10 i realizuje przesuw w pionie. Wykorzystano w tym celu różnicowe źródło prądowe T6, T7, dzięki czemu można było uniknąć stosowania podwójnego potencjo-

metru przesuwu. Stopień końcowy w układzie kaskody ma wzmocnienie około 30 przy pasmie 5–7 MHz, zależnie od pojemności montażowych. Rezystory R_{57} i R_{58} zapewniają redukcję napięcia zasilającego stopień końcowy do około 160 V. Tranzystor T15 wraz z diodą Zenera DZ1 zbiera niesymetrycznie sygnał z bazy tranzystora T11 i po przesunięciu jego poziomu do masy dostarcza wewnętrzny sygnał synchronizującego podstawę czasu o wartości około 250 mV/działkę. Tranzystory T5 i T10 realizują funkcję źródeł prądowych stabilizując punkt pracy wzmacniacza.

Cały układ z wyjątkiem dzielnika wejściowego i obwodów RC ustalających skokowo wzmocnienie jest zmontowany na jednej płycie drukowanej. Gdyby rozwiązanie takie było kłopotliwe, płytkę można podzielić na dwie mniejsze, „rozcinając” układ w punktach A–A'. Połączenia w takim przypadku nie mogą przekraczać 10 cm i muszą być prowadzone przewodem symetrycznym. Proponowaną topografię płytki drukowanej przedstawia rys. 10. Przy montażu elementów należy zwrócić uwagę na fakt, że tranzystory T13 i T14 muszą być zaopatrzone w niewielkie radiatory, wykonane w postaci rurki z paska blachy aluminiowej grubości 1 mm i długości 1–1,5 cm (moc wydzielana w tranzystorach T13 i T14 jest rzędu 750 mW). Rezystory R_{31} i R_{32} o sumarycznym oporze 1,43 k Ω są łączone „w powietrzu” – można oczywiście zastosować jeden rezystor o odpowiedniej wartości. Fragment płytki zawierający tranzystory T1, T5 powinien być ekranowany elektrostatycznie – wystarczy nałożyć na tę część płytki odpowiedni „kubek” z blachy.

Uruchamianie płytki rozpoczynamy od końca. Pierwszą czynnością jest ustawienie napięcia na kolektorach tranzystorów T13 i T14. W tym celu, przy wylutowanych tranzystorach T8, T9 i T15 dobieramy taki rezystor R_{46} , aby napięcia na kolektorach T13 i T14 wynosiły 100 ± 5 V. Następnym krokiem jest wlutowanie wszystkich pozostałych elementów oraz zwarcie kolektorów tranzystorów T3 i T4 (np. kawałkiem przewodu). Teraz mierzymy napięcie połączonych kolektorów T3 i T4 – powinno ono wynosić $+5 \pm 0,5$ V. Jeżeli odbiega ono od podanej wartości, korygujemy wartość napięcia dobierając rezystor R_{30} (względnie

Tabela 5
Zestawienie elementów toru Y

R_{22} , gdy korekcja R_{30} nie wystarcza). Następną czynnością jest pomiar napięć na kolektorach tranzystorów T8 i T9 – ich różnica nie powinna być większa od 0,3 V – gdyby było inaczej, należy ją zmniejszyć przez odpowiednią korekcję położenia suwaka potencjometru P_2 (przesuw w pionie). Jeżeli teraz napięcia na kolektorach T8 i T9 przekraczają 10,5 V – zmniejszamy rezystory R_{33} i R_{36} do 470 Ω (lub jeszcze mniejszej wartości); gdy są mniejsze od 9,5 V, zwiększamy rezystory do 560 Ω (lub większej wartości). Sprawdzamy teraz napięcia na wyjściu sygnału synchronizacji, czyli na rezystorze R_{60} . Jeśli wykracza ono poza przedział $-0,2 \pm 0,2$ V o więcej niż 0,3 V, należy dobrać inną diodę Zenera, o odpowiednio zmienionym napięciu. Gdy wymagana korekcja napięcia tego jest mniejsza, dobieramy odpowiednio rezystor R_{41} (ewentualnie także R_{33} i R_{36}) starając się uzyskać napięcie na rezystorze R_{60} jak najbliższe zera – dopuszczalna odchyłka wynosi około 250 mV. Teraz możemy już wypróbować działanie układu przesuwu w pionie – zakres przesuwu powinien wynosić co najmniej 1 wysokość ekranu lampy (5 cm).

Należy teraz przejść do sprawdzenia niezrównoważenia pary tranzystorów T1 i T2. W tym celu zwieryamy rezystory R_8 oraz R_{19} na masę. Jeżeli różnica napięć na źródłach tranzystorów T1 i T2 (na rezystorach R_{12} i R_{13}) przekracza 0,4 V, konieczne jest lepsze sparowanie tranzystorów. W tym celu trzeba niestety wykonać szereg prób na kilku przy najmniej egzemplarzach. Różnicę napięć mniejszą od 0,2 V kompensujemy potencjometrem P_1 bez zmieniania rezystorów R_{12} i R_{13} . Większa różnica (maks. 0,4 V) wymaga korekcji wartości R_{12} (R_{13}) – należy zmniejszyć ten rezystor, na którym napięcie jest większe i przewyższa +1,5 V lub zwiększyć ten, na którym napięcie jest niższe (i mniejsze od +0,5 V). Dokładnej regulacji niezrównoważenia dokonujemy dobierając rezystor R_{19} (po usunięciu zwory) jak najmniejszy, ale taki, który pozwala osiągnąć zerowe napięcie pomiędzy punktami A i A' (na rezystorach R_{31} i R_{32}). Odpowiada to dokładnie centralnemu położeniu plamki na ekranie

Tranzystory:

T1, T2 – BF245B lub inne połowe o kanale typu n, parowane.
T3, T4, T5 – BF194 lub podobne.
T6, T7, T8, T9 – BF519 – 521 lub podobne,
(BF194 też, lecz inna topografia wyprowadzeń),
T10, T11, T12, T15 – BF519 – 521 lub odpowiedniki,
T13, T14 – BF257.

Diody: D1, D2 – BA182 (lub inne o bardzo małym prądzie wstecznym).

D3, D5 – LED czerwona, np. CQYP40.
D4 – dowolna krzemowa, np. BAP795.
DZ1 – dioda Zenera o napięciu około 9,1 V np. BZP630C9V1

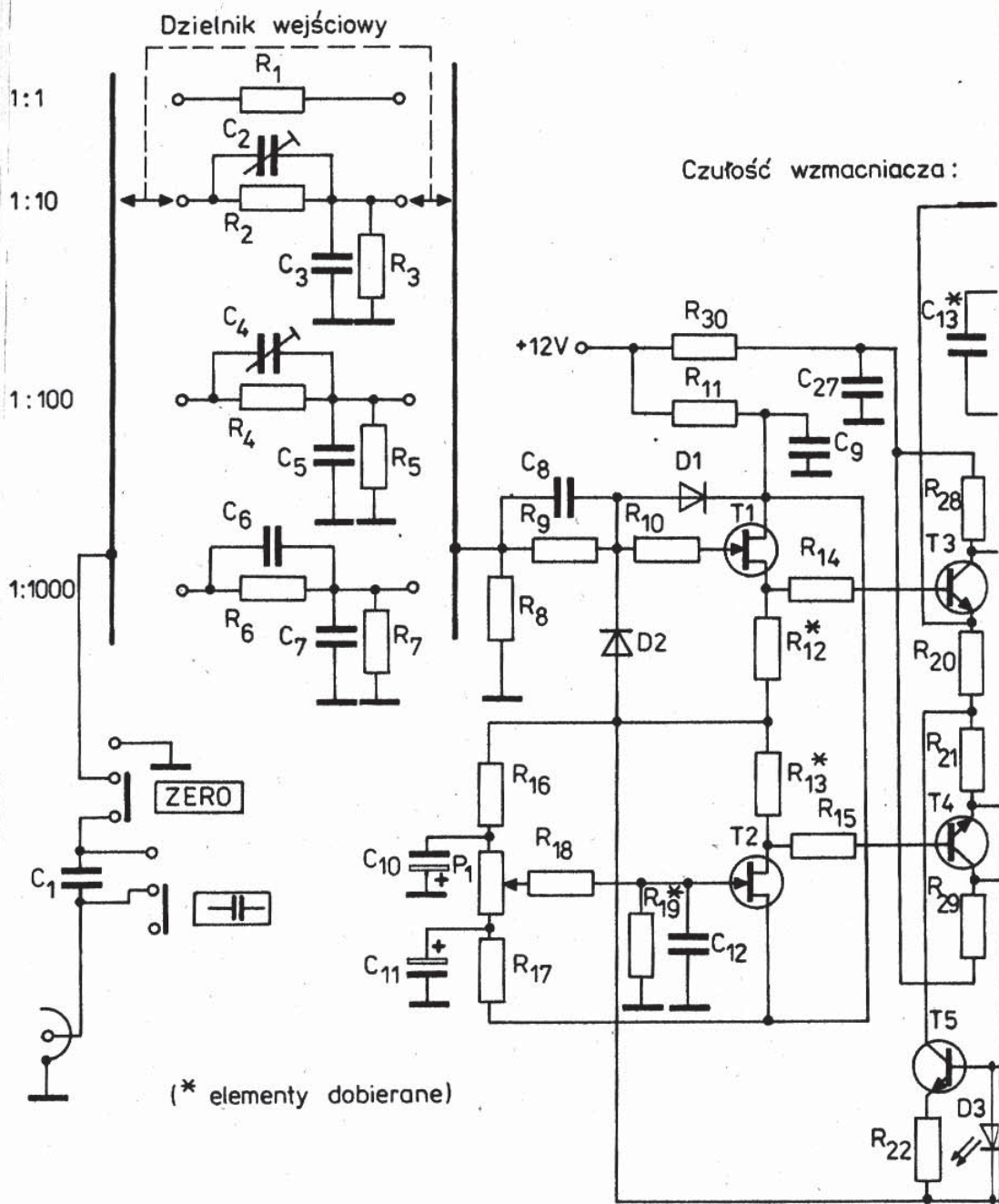
Kondensatory:

C_1 – 0,1 μ F/1000 V, KSE lub MKSE
 C_2 , C_4 , C_6 – trymer powrotny 3,5 – 27pF lub podobny
 C_3 – 100pF ceramiczny
 C_5 – 1nF
 C_7 – 10nF
 C_8 – 1nF/250 V, ceramiczny.
 C_9 , C_{20} , C_{17} , C_{18} , C_{21} , C_{23} , C_{24} , C_{25} , C_{26} , C_{27} , C_{28} – ceramiczny 10–47 nF/100 V, C_{28} na 250 V.
 C_{10} , C_{11} – 10 nF/16 V, elektrolytyczny.
 C_{12} – 100 nF/100 V.
 C_{13} , C_{16} – dobierane przy strojeniu, ceramiczne.
 C_{19} – ceramiczny, około 30–100 pF, dobierany przy strojeniu.
 C_{22} – jak wyżej, lecz około 180 pF.

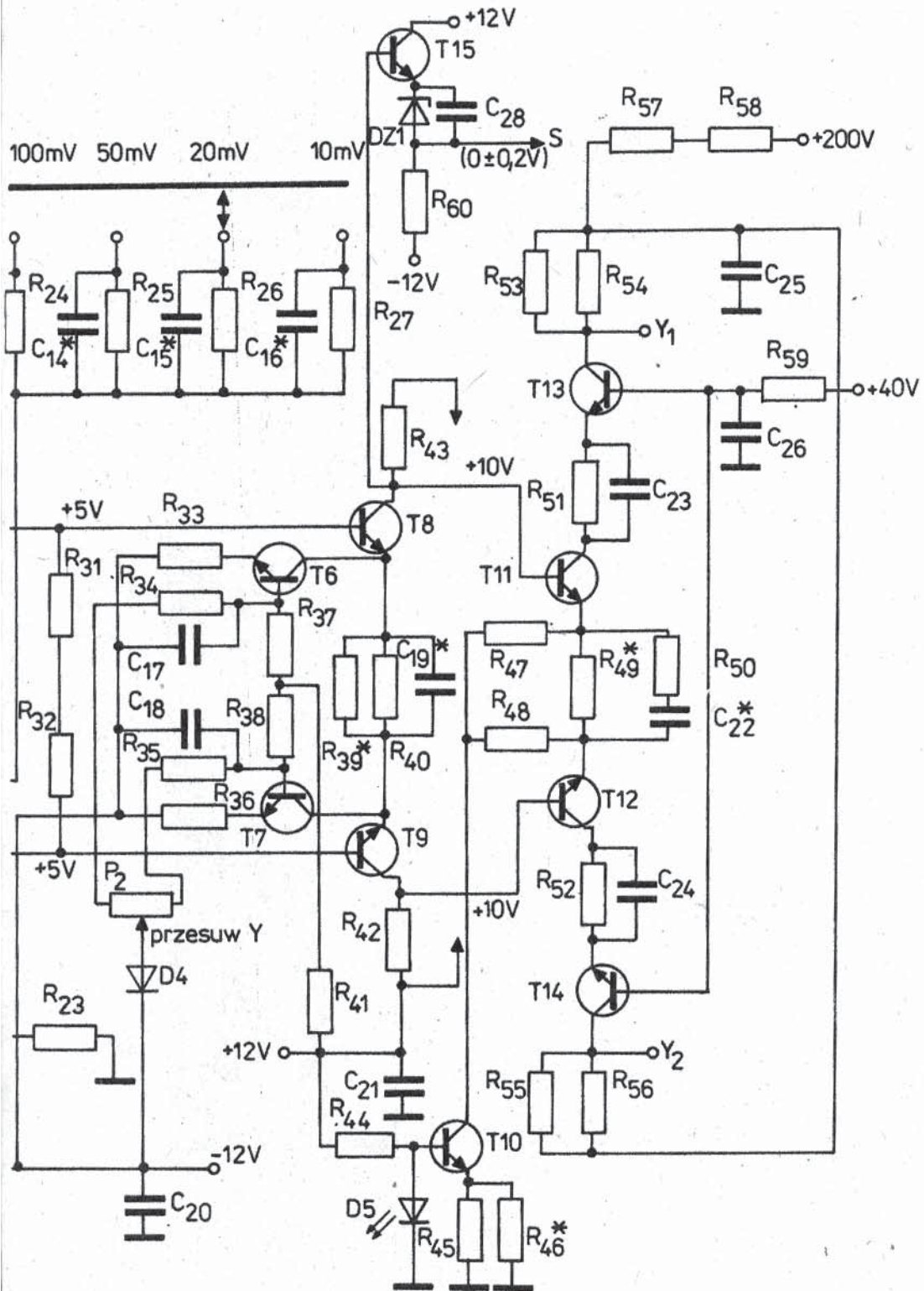
Rezystory:

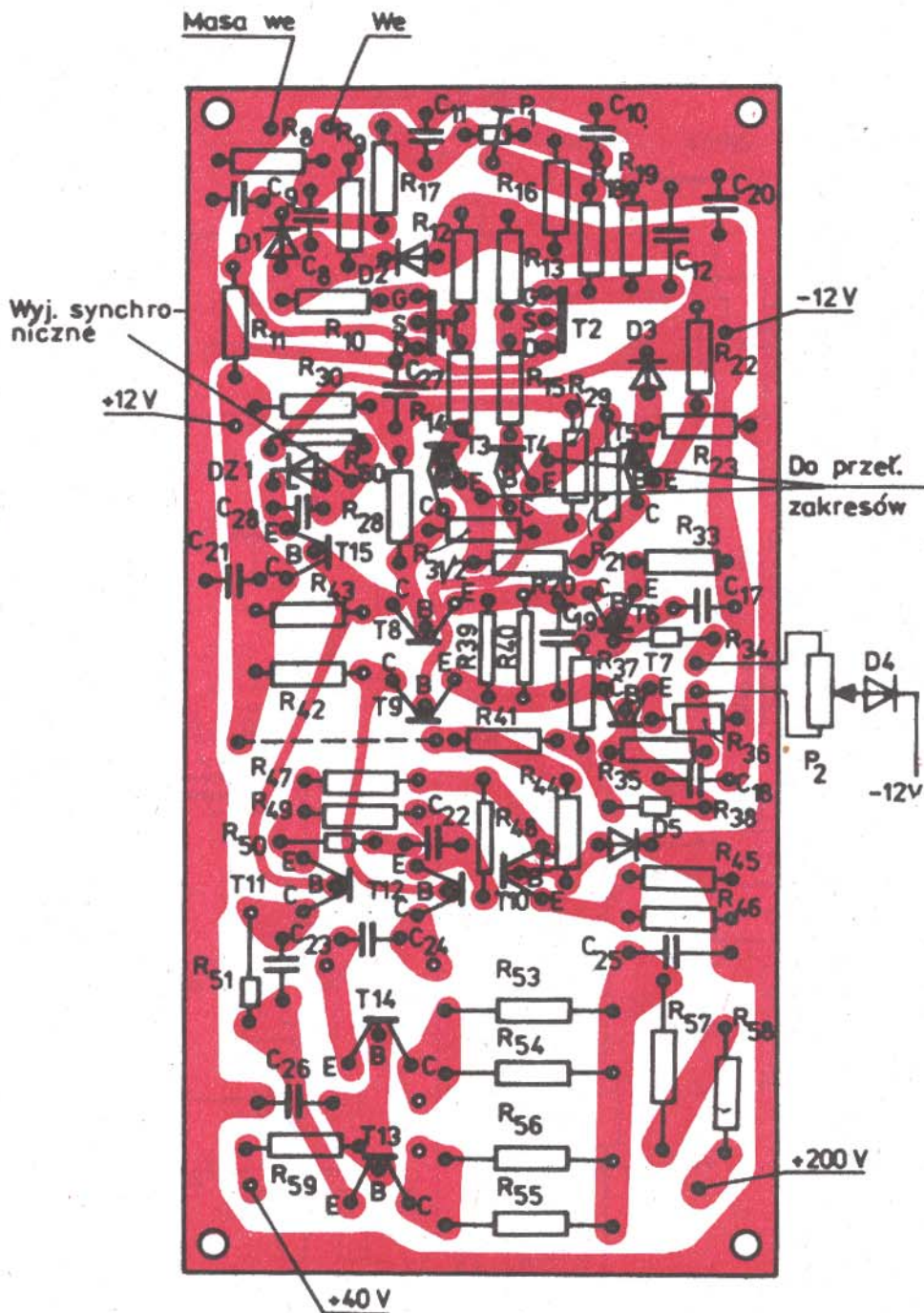
R_1 – 56 Ω
 R_2 – 900 k Ω 1%
 R_3 – 111 k Ω 1%
 R_4 – 990 k Ω 1%
 R_5 – 10,1 k Ω 1%
 R_6 – 999 k Ω 1%
 R_7 – 1 k Ω 1%
 R_8 – 1 M Ω 5%
 R_9 – 330 k Ω (okoto).
 R_{10} – 100 Ω
 R_{11} – 510 Ω
 R_{12} , R_{13} – ok. 3,3 k Ω dobierane (patrz uwagi w tekście).
 R_{14} , R_{15} – 100 Ω
 R_{16} , R_{17} – 2,7 k Ω (okoto).
 R_{18} – 10 k Ω
 R_{19} – dobierany, 82 – 330 Ω
 R_{20} , R_{21} – 1 k Ω
 R_{22} – 160 Ω
 R_{23} – 10 k Ω
 R_{24} – dobierany ok. 5–15 k Ω
 R_{25} – dobierany ok. 2 k Ω
 R_{26} – dobierany ok. 270 Ω
 R_{27} – dobierany ok. 240 Ω
 R_{28} , R_{29} – 2 k Ω
 R_{30} – dobierany ok. 270 Ω
 R_{31} – 1 k Ω
 R_{32} – 430 Ω
 R_{33} , R_{36} – 510 Ω
 R_{34} , R_{35} – 360 Ω
 R_{37} , R_{38} – 20 k Ω
 R_{39} – 100 Ω
 R_{40} – dobierany ok. 160 Ω
 R_{41} – dobierany ok. 820 Ω
 R_{42} , R_{43} – 430 Ω
 R_{44} – 10 k Ω
 R_{45} – 47 Ω
 R_{46} – dobieramy.
 R_{47} , R_{48} – 330 Ω
 R_{49} – dobierany, ok. 430 Ω
 R_{50} – 47 Ω
 R_{51} , R_{52} – 1 k Ω /0,5 W.
 R_{53} , R_{55} – 9,1 k Ω /2 W.
 R_{54} , R_{56} – 8,2 k Ω /2 W.
 R_{57} – 1 k Ω /1 W.
 R_{58} – 430 Ω /0,5 W.
 R_{59} – 100 Ω
 R_{60} – 1,8 k Ω

Potencjometry: P_1 10 k Ω montażowy. P_2 4,7 k Ω liniowy.



Rys. 9. Tor Y





Rys. 10.

przy środkowym położeniu potencjometru przesuwu P₂. Od tej chwili możemy oglądać na ekranie (z czułością około 100 mV/dz) przebiegi napięciowe np. z generatora. W celu uzyskania synchronizacji należy podłączyć punkt „S” (rys. 9) do odpowiedniego styku przełącznika rodzaju wyzwalania zewnętrznego (rys. 8). Moment ten jest niejako przełomowy w pracy nad oscyloskopem, ponieważ już „coś widać” na ekranie. Pozostaje tylko zmontować dzielnik wejściowy wraz z przełącznikami ZERO i zwierania C₁ oraz przełącznik skokowej zmiany wzmacnienia (w sekwencji 1:2:5:10). Przełącznik ten należy umieścić jak najbliżej płytki toru Y – połączenia dłuższe niż 3–5 cm mogą spowodować bardzo trudne do usunięcia wzbudzenia się układu, dające różne nieprzewidziane efekty na ekranie. Ponadto istnieją dwie możliwości rozwiązania przełącznika zmiany wzmacnienia oraz przełącznika dzielników wejściowych. Jedną możliwość, to zastosowanie jednego trzysekcyjnego przełącznika 12-pozycyjnego (lub nawet 13-pozycyjnego), a druga to dwa niezależne od siebie przełączniki: jeden dwusekcyjny, czteropozycyjny dla dzielników wejściowych, a drugi również czteropozycyjny, ale jednosekcyjny dla skokowej zmiany wzmacnienia. To drugie rozwiązanie jest bardziej praktyczne ze względu na dużo łatwiejszy montaż oraz mniejszą liczbę przełączników (najlepsze są Isostaty). Rozwiązanie pierwsze jest „przyjemniejsze” w obsłudze, lecz wymaga trudno osiągalnego przełącznika 12-pozycyjnego.

Tabela 6 przedstawia wymagane położenia odpowiednich przełączników dla uzyskania jednej z 12 (13) czułości toru Y.

Należy zauważyć, że skokowa regulacja wzmacnienia w położeniu 10 mV jest wykorzystywana tylko raz na najczulszym zakresie. Wynika to z nieco węższego pasma, niż na wyższych zakresach oraz większego dryftu temperaturowego.

Jeszcze kilka uwag odnośnie przełączników. Przełącznik skokowej zmiany wzmacnienia oprócz tego, że musi się znajdować jak najbliżej płytki wzmacniacza Y, to jeszcze powinien być ekranowany elektrostatycznie od pozostałych układów. Elementy R₂₄, R₂₇, C₁₃ i C₁₆ służą do strojenia układu i powinny być zamontowane na wspornikach lub na płytce z laminatu od strony miedzi tak, aby był możliwy do nich dobry dostęp. Należy

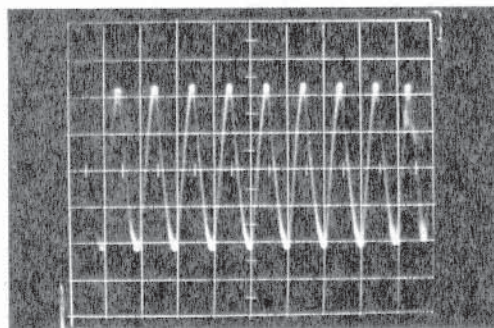
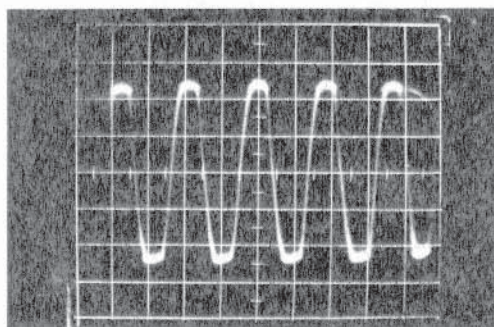
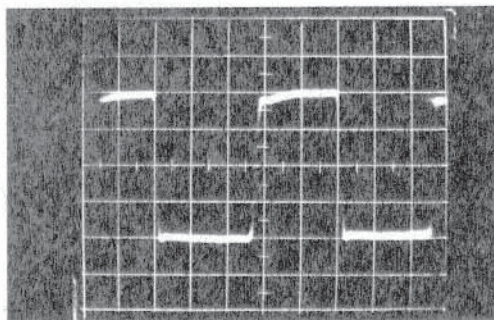
Tabela 6

Lp.	Czułość mV/dz.	Dzielnik wejściowy	Skokowa reg. wzm.
1.	10	1 : 1	10 mV
2.	20	1 : 1	20 mV
3.	50	1 : 1	50 mV
4.	100	1 : 1	100 mV
5.	200	1 : 10	20 mV
6.	500	1 : 10	50 mV
7.	1 V	1 : 10	100 mV
8.	2 V	1 : 100	20 mV
9.	5 V	1 : 100	50 mV
10.	10 V	1 : 100	100 mV
11.	20 V	1 : 1000	20 mV
12.	50 V	1 : 1000	50 mV
13.	100 V	1 : 1000	100 mV

(zakres 13. tylko dla wersji z dwoma przełącznikami)

przewidzieć możliwość lutowania kilku elementów równolegle (szczególnie kondensatorów), co sprowadza się do wydzielenia większej ilości miejsca na te elementy. Można oczywiście zastosować miniaturowe potencjometry montażowe oraz trymery, lecz nie jest to konieczne, a ponadto wymaga więcej miejsca. Orientacyjna wartość pojemności C₁₃–C₁₆ wynosi: C₁₃ – około 10 pF, C₁₄ – około 20 pF, C₁₅ – około 50 pF, a C₁₆ – około 100 pF (rzeczywista wartość może się różnić nawet 2-krotnie). Dzielniki wejściowe najlepiej zmontować na odrębnym przełączniku, lutując elementy „w powietrzu” ze względu na małe pojemności montażowe. Całość należy ekranować elektrostatycznie zostawiając otwory pozwalające stroić trymery C₂, C₄ i C₆.

Pozostaje teraz do wykonania bardzo ważna i precyzyjna operacja zestrojenia toru Y. W tym celu konieczny jest generator impulsów prostokątnych o częstotliwości około 1 kHz, 1 MHz oraz 2 MHz. W warunkach amatorskich do strojenia w zupełności wystarczy prosty generator TTL wykonany z kilku inwerterów. Przykładowe rozwiązanie przedstawia rysunek 11. Rezystory R₁ i R₃ stosowane są w razie konieczności do zwiększenia lub zmniejszenia amplitudy sygnału prostokątnego. Bez tych rezystorów wynosi ona około 3,5 V, po dołączeniu R₁ około 5 V, a z dzielnikiem R₂, R₃ (bez R₁) około 1,5 V. Generator należy zasilac z odrębnego źródła napięcia, ewentualnie nawet z baterijki 4,5 V. Do strojenia konieczny jest poza tym dobry woltomierz o najniższym zakresie około 50–100 mV oraz regulowane źródło napięcia stałego – najlepiej zasilacz



Fotografie ekranu oscyloskopu w wersji z podświetlaną skalą. Obrazy przebiegów z generatora TTL; od góry: $f = 1$ MHz, $f = 5$ MHz, $f = 10$ MHz

stabilizowany lub ewentualnie baterijka z potencjometrem $1\text{ k}\Omega$. Bardzo przydatny byłby także oscyloskop, lecz można się bez niego obejść.

Czynność strojenia rozpoczynamy „od końca”. Na wejście wzmacniacza podłączamy masę, przełącznik zakresów ustawiamy w pozycji 100 mV/dz . Pierwszą operacją jest dobranie rezystora R_{49} (około $430\ \Omega$ w zależności od czułości lampy). W tym celu podłączamy woltmierz między kolektory tranzystorów T8 i T9 i mierzymy różnicę

napięcie (różnicowo!) konieczną do przesunięcia plamki o np. 4 działki (za pomocą potencjometru P_2). Jeżeli zamierzona różnica napięcia wynosi $400\text{--}500\text{ mV/działkę}$, rezystor R_{49} pozostawiamy bez zmian, gdy różnica jest mniejsza od 400 mV – rezystor zwiększamy. Odwrotnie przy różnicy ponad 500 mV – rezystor zmniejszamy. Po wykonaniu tej operacji woltmierz na zakresie 500 mV podłączamy do kolektorów T3 i T4, ustawiając jednocześnie przełącznik na zakresie 20 lub 10 mV/działkę . W opisany powyżej sposób mierzymy wymaganą różnicę napięcia na 1 działkę, przesuając plamkę tym razem za pomocą potencjometru montażowego P_1 . Jeżeli pomiary wykażą $50\text{--}55\text{ mV/działkę}$, rezystor R_{40} pozostawiamy bez zmian. Kończąc tę operację ustawiamy zerowe napięcie między kolektorami tranzystorów T3 i T4 za pomocą potencjometru P_1 .

Następnie zaczniemy strojenie układu na optymalną odpowiedź impulsową. Rozpoczynamy od dobrania pojemności C_{22} . W tym celu nasz generator (z rys. 11) bez rezystorów R_1, R_3 , dołączamy przez kondensator $0,1\ \mu\text{F}$ między kolektory tranzystorów T8 i T9 (generujemy przebieg symetryczny względem masy, stąd wymagane odrębne zasilanie). Podstawa czasu powinna być na zakresie 100 ns/dz , częstotliwość generatora 1 MHz . Po zsynchronizowaniu przebiegu dobieramy C_{22} tak, aby przebieg na ekranie jak najbardziej przypominał prostokąt bez przerostów oraz zwisów. Należy zauważyć, że zbyt mała wartość C_{22} powoduje powolne narastanie przebiegu na ekranie, natomiast zbyt duża wywołuje przerosty oraz zwisy impulsów. Wykonując tę czynność należy zapewnić takie połączenia płytek Y ze wzmacniaczem, jakie będą stosowane po zamknięciu przyrządu w obudowie, gdyż pojemności montażowe bardzo silnie wpływają na wartość C_{22} – przy wzroście pojemności montażowych o 1 pF (!) pojemność C_{22} wzrasta o około $20\text{--}30\text{ pF}$! Przy starannym montażu pojemność C_{22} nie powinna przekroczyć 220 pF , a czasy narastania i opadania około 70 ns . Możemy teraz odłączyć generator od układu.

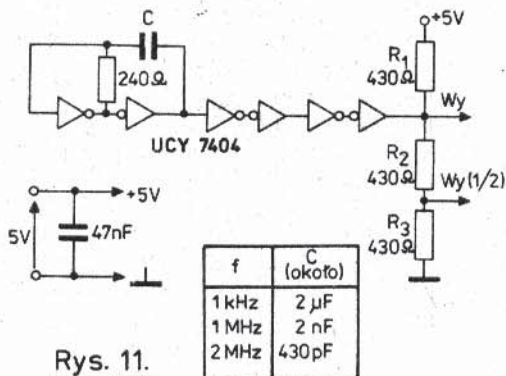
Kolejną czynnością jest zestrojenie dzielników wejściowych $1:10$ i $1:100$. Strojenie przeprowadzamy na zakresach 1 V i 2 V/dz . Podłączając generator 1 kHz wraz z R_1 do wejścia oscyloskopu. Stroimy trymerami odpowiednio C_2 i C_4 aż do uzyskania przebiegu

prostokątnego. Należy teraz dobrze dobrać rezystory $R_{24} - R_{27}$. W tym celu najlepiej posłużyć się regulowanym źródłem napięcia stałego (potencjometr + baterijka lub zasilacz) podłączonym do wejścia. Poziomą masę na ekranie odpowiada linii kresłonej po wciśnięciu przełącznika ZERO. Przebieg operacji jest następujący:

1. Ustawiamy wybrany zakres, np. 1 V/dz (skokowa regulacja wzmocnienia 100 mV).
2. Wylutowujemy odpowiedni rezystor spośród $R_{24} - R_{27}$ (dla 1 V/dz) i zastępujemy go potencjometrem (podłączonym krótkimi przewodami o wartości około $2 \times (R_{24} - R_{27})$ - dla 1 V/dz około 25 k Ω).
3. Do wejścia oscyloskopu podłączamy napięcie odpowiadające np. 5-ciu działkom (dla 1 V/dz - 5 V).
4. Tak dobieramy ustawienie potencjometru, aż linie kresłone przy wciśniętym oraz wyciśniętym przełączniku ZERO będą oddalone od siebie o ustaloną liczbę działek (np. 5).
5. Odłączamy potencjometr, mierzymy ustaloną wartość rezystancji i wlutowujemy odpowiedni rezystor (względnie kombinację rezystorów).

Opisany proces powtarzamy czterokrotnie, aż do ustalenia wartości rezystorów $R_{24} - R_{27}$. Wartość rezystora R_{27} najlepiej dobierać przy włączonym dzielniku 1:100 - odpowiada to zakresowi 1 V/dz. Jeżeli w układzie zamiast rezystorów $R_{24} - R_{27}$ zastosowano potencjometry montażowe, opisany powyżej proces nieco upraszcza się.

Można przejść teraz do dobrania wartości kondensatorów $C_{13} - C_{16}$ i C_{19} . W tym celu podłączamy do wejścia oscyloskopu generator 2 MHz. Strojenie rozpoczynamy od zakresu 1 V/dz, generator bez $R_1 - R_3$. Po zsynchronizowaniu podstawy czasu na maksymalnej jej szybkości, drogą prób i błędów dobieramy kondensator C_{13} (około 10 pF) oraz C_{19} (około 30-150 pF). Staramy się przy tym uzyskać jak najszybsze narastanie przebiegu bez wyraźnych przerostów i zafalowań. Kondensator C_{19} ma przy tym mniejsze znaczenie niż C_{13} i decyduje raczej o kształcie przejścia z boczka sygnału w poziomy odcinek linii. Staranne przeprowadzenie tej operacji decyduje o uzyskaniu odpowiedniej charakterystyki częstotliwości toru Y. Podczas tych czynności może się okazać konieczna korekcja wartości C_{22} , ale nie więcej niż około 10-15%.



Rys. 11.

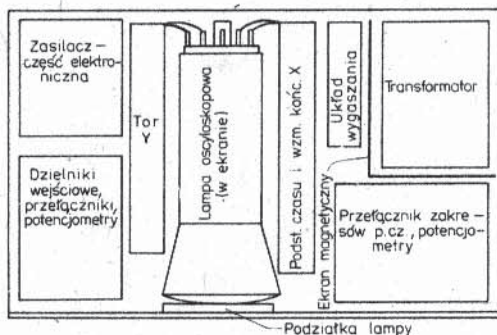
czna korekcja wartości C_{22} , ale nie więcej niż około 10-15%.

Po zestrojeniu zakresów 1 V/dz stroimy pozostałe zakresy w następujący sposób:

- zakres 2 V/dz, podłączamy w generatorze R_1 - dobieramy C_{13}
- zakres 500 mV/dz, generator z dzielnikiem R_2, R_3 - dobieramy C_{14} ,
- zakres 10 mV przy załączonym dzielniku 1:100, generator bez R_1, R_2 i R_3 - dobieramy C_{16} .

Przy podłączeniu generatora należy stosować bardzo krótkie przewody ze względu na pojemności montażowe.

Dzielnik wejściowy 1:1000 stroimy na zakresie 20 lub 50 V/dz wykorzystując generator przebiegu prostokątnego 1 kHz o napięciu co najmniej 40 Vpp. Generator taki można wypożyczyć w niektórych pracowniach szkolnych lub zbudować samodzielnie (multiwibrator zasilany napięciem 40 V).



Rys. 12.

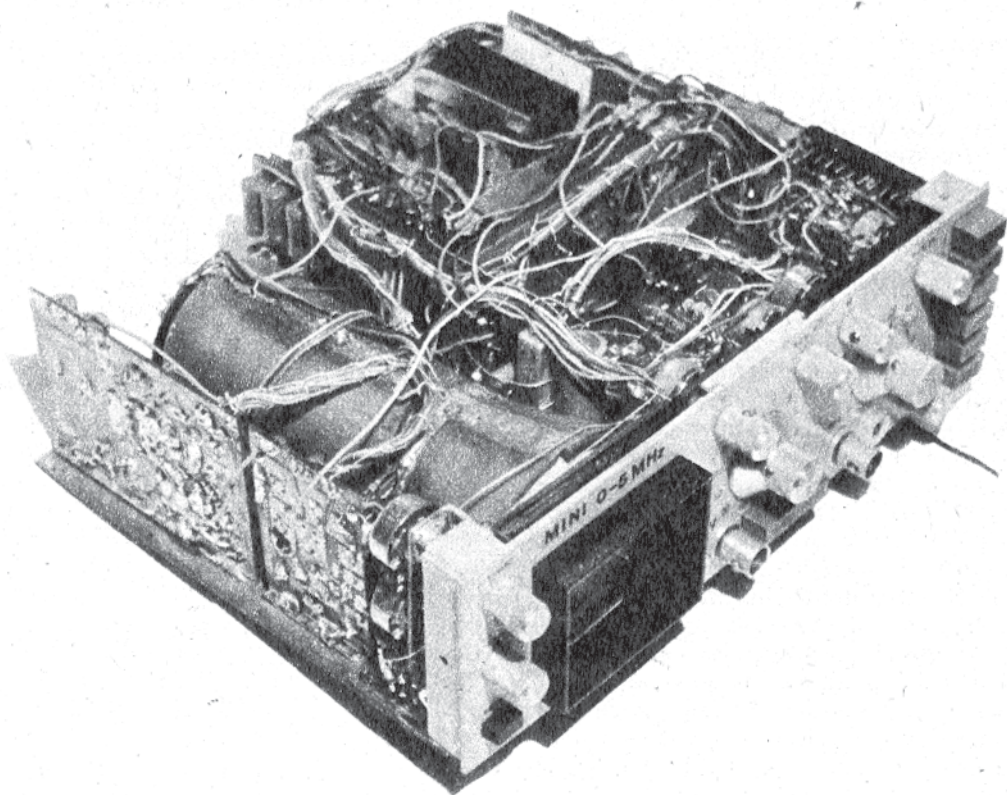
Ostatnią czynnością jest zestrojenie zakresów podstawy czasu. Do tej czynności jest jednak potrzebny kalibrowany generator lub fabryczny oscyloskop i dowolny już teraz generator, pokrywający zakres częstotliwości od około 1 kHz do 2 MHz. Zamiast oscyloskopu można zastosować odpowiedni częstotściomierz. Kalibrację podstawy czasu rozpoczynamy od zakresu 100 μ s. Współczynnik czasu powinien dać się płynnie przestrajać w zakresie od 100 μ s/działkę do 1 ms/działkę – kontrolujemy to za pomocą sygnału odpowiednio 10 kHz i 1 kHz. Jeżeli zakres regulacji jest niewystarczający, korygujemy odpowiednio wartości rezystorów R_{24} i R_{25} w układzie podstawy czasu (rys. 5). Po wykonaniu tej operacji wygodnie jest wyskalować potencjometr P_2 (rys. 5) w mnożniku czasu/dz – jest on płynnie regulowany od 1 do 10. Następną czynnością jest dobranie kondensatorów C_{12} i C_{13} przełącznika zakresów podstawy czasu. Dokonujemy tego przy częstotliwościach sygnału generatora odpowiednio 1 MHz i 100 kHz. Kondensatory dobieramy tak, aby uzyskać zgodność wskazań oscyloskopu (przy usta-

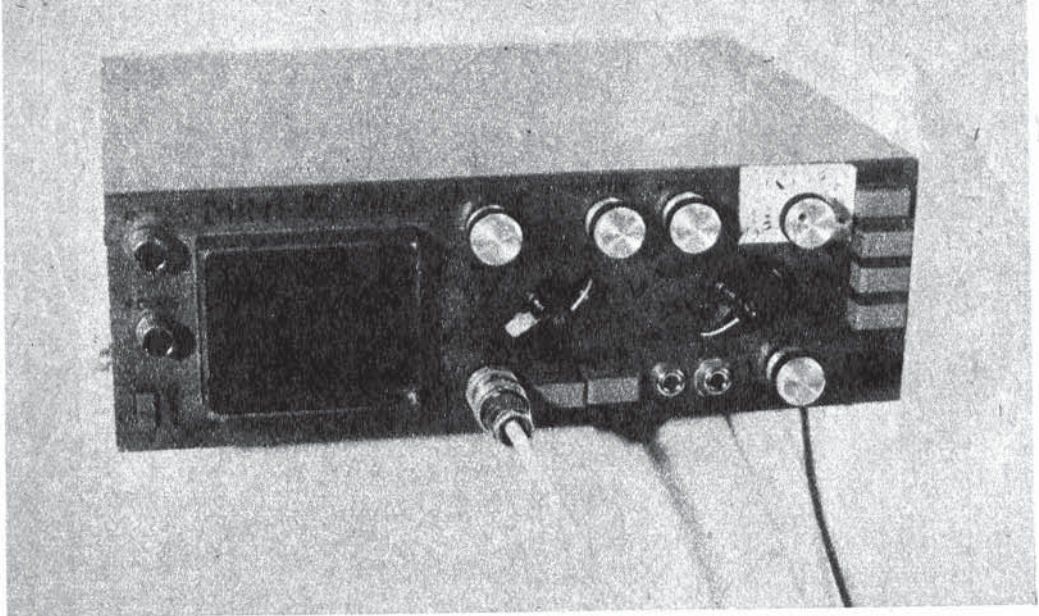
wieniu mnożnika czasu na 1 – czyli P_2 z rys. 5) z rzeczywistą częstotliwością przebiegu.

Zakres najwyższy, 100 ns stroimy przy częstotliwości generatora najlepiej 2 MHz i mnożniku czasu 1 (P_2). Regulując trymerem C_{11} dążymy do tego, aby 1 okres sygnału miał na ekranie długość 5 działek.

I to już jest koniec wszelkiego rodzaju strojenia, doborania rezystorów itp. Jeżeli wszystkie układy oscyloskopu działają sprawnie, możemy sobie pogratulować. Nie pozostaje teraz nic innego, tylko zająć się „czarną robotą”, czyli konstrukcją mechaniczną. Przy jej wykonaniu należy pamiętać o następujących sprawach:

1. Lampę oscyloskopową należy bardzo dokładnie ekranować magnetycznie za pomocą ekranu z wyżarzanej stalowej blachy grubości około 1 mm.
2. Transformator zasilacza powinien być umieszczony jak najdalej od lampy oscyloskopowej, najlepiej umieścić go w ekranie ze stalowej blachy (blacha stalowa o dużej zawartości C nie nadaje się).
3. Należy zapewnić takie rozmieszczenie elementów, przy którym połączenia płytek





z lampą oscyloskopową oraz przełącznikiem będą jak najkrótsze. Proponowane rozwiązanie przedstawia rys. 12. Jest to jednak tylko propozycja, gdyż szczegółowa koncepcja montażu jest uzależniona od posiadanych narzędzi i materiałów.

4. Nie wolno zapomnieć o chłodzeniu rezystorów dużej mocy, końcowych wzmacniaczy X i Y oraz elementów zasilacza. I jeszcze kilka uwag na zakończenie.

Po pierwsze: konstrukcję można zminiaturyzować, wykonując mniejsze płytki drukowane drogą pionowego montażu elementów i ich większego zagęszczenia oraz stosując elementy miniaturowe. Jest to jednak zadanie bardzo trudne, którego podjąć się może jedynie bardziej zaawansowany radioamator o dużym doświadczeniu.

Po drugie: przy montażu należy przestrzegać zasad podobnych jak w przypadku wzmacniaczy akustycznych (prowadzenie masy, ekranów itp.). W przypadku „dziwnego zachowania się” układu, zakłóceń itp. należy stosować metodę prób i błędów, w odniesieniu do podłączenia masy, ekranowania, przełącznika zakresów itp. Często przesunięcie przewodu o kilkanaście mm daje radykalną poprawę.

Po trzecie: opisy poszczególnych układów oraz ich uruchamianie, jak również opis konstrukcji mechanicznej (bardzo krótki zresztą), zostały przedstawione w sposób niezbyt szczegółowy i czasami pobieżny, zrozumiałe w zasadzie tylko dla człowieka, który ma pewną wiedzę i trochę praktyki. Zostało to zrobione świadomie dla dobra

tych wszystkich, którzy chcą samodzielnie zbudować oscyloskop – jest to pewnego rodzaju próba posiadanej wiedzy i umiejętności. Jeżeli po przeczytaniu zaprezentowanego tekstu ktoś ma „mętlik w głowie” lub po prostu wielu spraw nie rozumie, to nie ma sensu marnować pieniędzy i czasu na budowę oscyloskopu. Lepiej zrobić to za rok czy dwa, gdy przybędzie trochę doświadczenia i wiedzy.

Po czwarte: to już uwaga z własnego doświadczenia konstrukcyjnego. Jeżeli coś nam uparcie „nie wychodzi”, to lepiej odłożyć całą robotę na parę dni, po których ze świeżymi siłami i „z głową” a nie z lutownicą i kleszczami, znacznie szybciej i z mniejszymi stratami osiągniemy upragniony sukces.

Po piąte: literatura. Jerzy Rydzewski „Oscyloskop elektroniczny”, Jan Pieńkoś „Układy scalone TTL w systemach cyfrowych” oraz instrukcje serwisowe i schematy oscyloskopów ST315A oraz DT516A.

Możliwości udoskonalenia oraz rozbudowy układu oscyloskopu to:

- 1) układ stałoprądowego wygaszania plamki,
- 2) układ wzmacniacza X o maks. czułości 20 mV/dz i pasmie około 0,5 MHz,
- 3) płynna regulacja wzmocnienia w zakresie 1:2,5
- 4) podświetlana skala z regulacją jasności,
- 5) dzielniki napięcia na zewnętrznym wejściu synchronizacji,
- 6) zewnętrzna modulacja jasności plamki.

Grzegorz Zalot