



Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Wydział WIET

Katedra Elektroniki

LABORATORIUM MONTAŻU ELEKTRONICZNEGO

Temat ćwiczenia:

Montaż próbnika stanów logicznych
techniką lutowania ręcznego
z wykorzystaniem materiałów bezołowiowych

Nr ćwiczenia:

1

Opracowanie: Wojciech Maziarz, Barbara Dziurdzia,

wrzesień 2017

Spis treści

1. Materiały lutownicze bezołowiowe do lutowania ręcznego	3
2. Stacje lutownicze Pace ST25 i ST50	4
3. Zasady lutowania ręcznego	6
4. Podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy	7
4.1 Podstawowa ochrona ESD	7
4.2 Podstawowe zasady BHP	7
5. Wskazówki dotyczące lutowania ręcznego w technologii bezołowiowej	8
5.1 Przebieg procesu lutowania	8
5.2 Zasady	8
5.3 Instrukcja prawidłowego lutowania:	9
5.4 Obsługa stacji do montażu i demontażu komponentów SMD RA-150	10
6. Montaż elementów w obudowach SMD na płytce testowej	12
7. Montaż próbnika stanów logicznych	13
7.1 Opis układu próbnika logicznego	13
7.2 Zasada działania próbnika	15
7.3 Test poprawności działania próbnika	18
7.3.1 Test funkcjonalny	18
7.3.2 Test wewnątrzobwodowy (ICT) - pomiary napięć w punktach charakterystycznych	19
7.3 Raport	20
7.4 Przykładowe błędy wynikłe podczas uruchamiania próbników	20

Celem ćwiczenia jest:

- zapoznanie się z zasadami pracy z materiałami lutowniczymi bezołowiowymi,
- zasadami obsługi stacji lutowniczych,
- nauka montażu SMD elementów w obudowach 1206, 0805, 0603, SOT-23, SO-8, SO16 na płytce testowej,
- wykonanie montażu elementów SMD na płytce próbnika stanów logicznych,
- kontrola wykonanych połączeń lutowanych za pomocą lupy, mikroskopu stereoskopowego oraz analiza błędów lutowania,
- uruchomienie próbnika logicznego,
- przeprowadzenie prostych testów funkcjonalnych i wewnętrzzobwodowych próbnika oraz

Zrealizowane zadania należy zawrzeć w obowiązkowym raporcie.

1. Materiały lutownicze bezołowiowe do lutowania ręcznego

Stosowanie materiałów bezołowiowych do lutowania ręcznego wymaga zwrócenia uwagi na następujące cechy lutowania bezołowiowego:

- stopy bezołowiowe mają temperatury topnienia wyższe od temperatury topnienia stopów ołowiowych (tabela 1),
- stopy bezołowiowe charakteryzują się gorszą zwilżalnością i rozplýwnością,
- powierzchnia połączenia bezołowiowego jest matowa i ma strukturę ziarnistą, co utrudnia ocenę jakości jego wykonania,
- w trakcie lutowania występują wady lutowania, np. mostki lutowia, częściej niż w lutowaniu ołwiowym.

Tabela 1. Stopy ołwiowe i bezołwiowe stosowane w lutowaniu ręcznym

Rodzaj stopu	Temperatura topnienia stopu
Sn96.5 Ag3.5	221°C
Sn96.5 Ag3.0 Cu0.5 (SAC)	217-220°C
Sn99.3 Cu0.7	227°C
Sn63 Pb37	183°C
Sn60 Pb40	183-190°C
Sn62 Pb36 Ag0.2	179-189°C

2. Stacje lutownicze Pace ST25 i ST50

Stacje lutownicze Pace dostępne w laboratorium montażu są przyrządami uniwersalnymi, pozwalającymi wykonywać montaż za pomocą materiałów ołowionych i bezołowiowych, z regulacją temperatury w zakresie do 400°C.

UWAGA: Na zajęciach używamy WYŁĄCZNIE materiałów (lutowie, topniki, elementy) i sprzętu (groty) do montażu bezołowiowego!

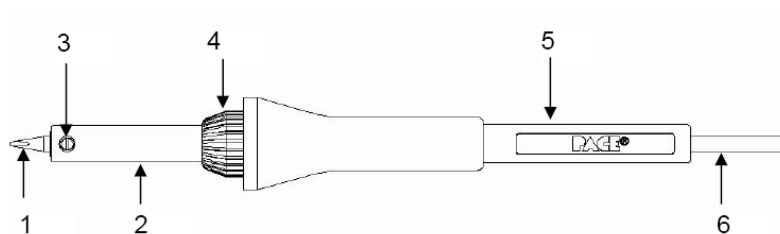
Temperatura obu stacji wyskalowana jest w °C i °F. W zależności od typu stacji, regulacja temperatury następuje za pomocą pokrętki (ST25) lub klawiszy (ST50). Migająca zielona dioda sygnalizuje ustabilizowanie się zadanej temperatury.

Stacje lutownicze Pace składają się z:

- modułu sterującego,
- rączki lutowniczej z zainstalowanym grotem,
- podstawki pod lutownicę.

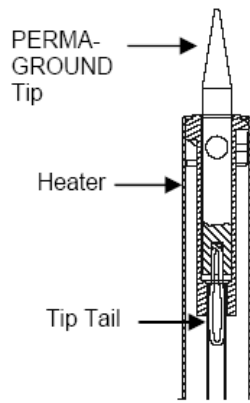
Obie stacje spotykane w laboratorium różnią się budową, rodzajem stosowanego grota i rączkami - są one dedykowane do konkretnego urządzenia.

Rys. 1 przedstawia widok rączki lutowniczej PS-90, która znajduje się na wyposażeniu stacji lutowniczej Pace ST-25.

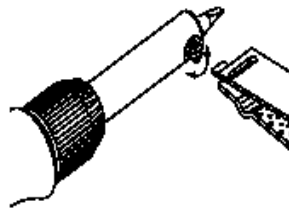


Rys. 1. Widok rączki lutowniczej PS-90: 1-końcówka lutownicza, 2-grzałka, 3-śruba mocująca grzałkę, 4-mocowanie grzejnika do rączki lutownicy, 5-rączka lutownicy, 6-kabel.

Rys. 2 przedstawia przekrój przez końcówkę lutowniczą (grot) stacji ST25, a rys. 3 sposób mocowania tej końcówki za pomocą specjalnego kluczyka znajdującego się na wyposażeniu stacji. Grzejnik znajduje się w rączce lutownicy. Przed pierwszym użyciem lutownicy, a także po każdej wymianie grzejnika lub grota należy lutownicę wygrzać w cyklu temperaturowym: 10 min. w temp. 315°C, a następnie 15 min. w temp. 350°C, następnie wystudzić.



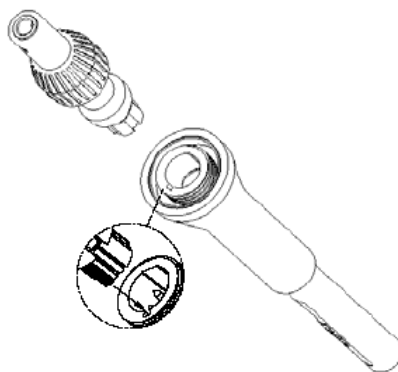
Rys. 2. Przekrój przez grot lutownicy: końcówka, grzejnik, trzpień mocujący



Rys. 3. Sposób mocowania grota w ręczce PS-90. Widoczny uchwyt pomocniczy

Wymianę grota należy przeprowadzać, gdy ręczka lutownicy jest nagrzana. Trzpień grota należy umieścić delikatnie w przewodnicy grzejnika. Do podtrzymywania grota w czasie wymiany służy uchwyt pomocniczy znajdujący się na wyposażeniu stacji. Uchwyt umożliwia też dokręcenie śruby mocującej grot w grzejniku w sposób pokazany na rys. 3. **Grot powinien być czyszczony systematycznie za pomocą gąbki z wiórków metalowych znajdującej się na wyposażeniu stacji. Czysty grot, który nie jest pokryty tlenkami lepiej przewodzi ciepło.**

Gdy zaistnieje konieczność wymiany grzejnika, należy odkręcić śrubę mocującą grzejnik w ręczce, jak na rys. 4, i wymienić grzejnik. Wymianę grzejnika przeprowadza się, gdy jest on zimny.



Rys. 4. Wymiana grzejnika w ręczce lutownicy PS-90

W przypadku stacji lutowniczej ST50, rys.5, grot jest zintegrowany z grzałką i podczas wymiany chwytyany za pomocą specjalnej grubej gumy - **niedopuszczalne** jest używanie do tego celu jakichkolwiek innych narzędzi (np. kombinerek). Uszkadza to nieodwracalnie ceramiczny grot.



Rys. 5. Stacja lutownicza Pace ST-50 z rączką TD-100 (a) oraz kompatybilny z nią grot (b)

Groty o odpowiednich parametrach (np. kształt i szerokość końcówki) są dobierane w zależności od tego, jakie elementy mają być lutowane. Przykładowo - groty przy stacjach ST50 są dedykowane do montażu drobnych elementów SMD i nie nadają się do lutowania elementów przewlekanych.

3. Zasady lutowania ręcznego

Lutowanie ręczne stosowane jest w montażu prototypów, jako uzupełnienie montażu maszynowego na ostatnim jego etapie do dołączania elementów nietypowych i prac wykończeniowych oraz w pracach naprawczych.

Warunkiem wykonania poprawnego połączenia lutowanego lutownicą jest:

- dobre zwilżenie przez lut powierzchni łączonych metali, co uwarunkowane jest czystością łączonych powierzchni, które powinny być wolne od tlenków, siarczków, tłuszczu, kurzu itp.
- dostarczenie odpowiedniej ilości ciepła do obszaru połączenia, aby w krótkim czasie (kilkunast sekund) podgrzać fragmenty łączonych metali oraz utrzymać temperaturę lutu powyżej jego temperatury topnienia, a poniżej temperatury topnienia łączonych metali,
- zabezpieczenie powierzchni łączonych metali i lutu przed utlenianiem w czasie nagrzewania i lutowania, przez pokrycie obszaru połączenia topnikiem.

Na proces lutowania ręcznego lutownicą składają się następujące operacje:

- oczyszczenie powierzchni łączonych metali,
- nałożenie topnika
- nagrzanie łączonych części do temperatury wyższej od temperatury topnienia spoiwa,
- doprowadzenie lutu do obszaru połączenia,

- roztopienie lutu tak, aby wnikał między łączone powierzchnie,
- podtrzymanie nagrzewania, aby nastąpiła dyfuzja lutu w metaliczne powierzchnie łączone,
- ochłodzenie prowadzące do skrzepnięcia lutu.

4. Podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy

Lutowanie jest procesem, w którym należy zachować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy. Dodatkowo należy zachować zasady ochrony przeciw wyładowaniom elektrostatycznym (*ESD – ElectroStatic Discharge*).

4.1 Podstawowa ochrona ESD

W laboratorium montażu można wyróżnić strefę chronioną przeciwko ESD oraz strefę nie chronioną - przy wejściu, gdzie należy przebierać się w odzież ochronną.

- W strefie chronionej mogą przebywać wyłącznie osoby wyposażone w odzież ochronną.
- W strefie chronionej znajduje się sprzęt certyfikowany znakiem ochrony przeciw ESD, spełniający odpowiednie normy.
- Wchodząc do laboratorium do strefy chronionej przeciw ESD koniecznie ubierz odzież ochronną:
 - fartuch (powinien być zapięty),
 - opaskę na rękę
 - opaskę na buta (tasiemkę włóż do skarpety, aby był kontakt ciałem)
- Stan swojej ochrony możesz sprawdzić za pomocą testera znajdującego się w laboratorium. Wątpliwości zgłaszaj prowadzącemu.

4.2 Podstawowe zasady BHP

1. Każde stanowisko jest wyposażone w lutownicę, zestaw odpowiednich narzędzi (pęsety, szczypce, obcinaczki itp.), materiały do lutowania oraz matę antyelektrostatyczną. Szanuj sprzęt, który ma służyć Tobie i innym.
2. Dbaj o czystość na stanowisku pracy. Po zakończonej pracy posprzątaj stanowisko.
3. Grot lutownicy nagrzewa się do wysokiej temperatury:
 - a. uważaj, żeby nie poparzyć siebie i innych uczestników zajęć
 - b. nie dotykaj nim przewodów zasilających rączkę ani maty elektrostatycznej
4. Zachowaj zdrowy rozsądek. W razie wątpliwości – pytaj prowadzącego.

5. Wskazówki dotyczące lutowania ręcznego w technologii bezołowiowej

5.1 Przebieg procesu lutowania

- Bezołowiowy drut lutowniczy i gorąca końcówka grotu lutownicy powinny być przykładane w miejsce styku końcówki podzespołu i pola lutowniczego. Drut lutowniczy należy skierować tak, aby umożliwić spływanie topnika na pole lutownicze.
- Połączenie lutowane powinno być formowane w temperaturze o ok. 40°C wyższej niż temperatura stopu bezołowiowego w czasie 2 – 5 s. Topnik przechodzi wówczas w stan aktywny i lut zaczyna płynąć, pokrywa pole lutownicze, zwilża jego powierzchnię, wpływa na końcówki, wypełnia metalizowane otwory przelotowe i pokrywa obszar pola lutowniczego.
- Po usunięciu gorącej końcówki grotu następuje zestalenie lutu. Z chwilą utworzenia połączenia należy **szybko** (ale nie nerwowo) usunąć grot lutownicy. **Zbyt długie przetrzymywanie lutownicy na polu kontaktowym powoduje powstawanie tzw. sopli lutu. Może też spowodować delaminację laminatu (warstwa miedzi zostaje odparzona od podłoża, w skrajnym przypadku tracimy pole lutownicze).**

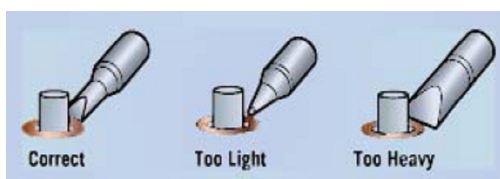
5.2 Zasady

- Stosuj bezołowiowy drut lutowniczy z topnikiem do lutowania bezołowiowego. Najczęściej stosowane są druty lutownicze SnAgCu (SAC) oraz SnCu, które różnią się temperaturą topnienia – odpowiednio 217°C i 227°C. Rdzeń drutów wypełniony jest topnikiem. Może to być topnik *no-clean*, topnik zmywalny wodą lub topnik kalafoniowy. 85% drutów lutowniczych wypełnione jest topnikiem *no-clean*. Bezołowiowe druty lutownicze powinny zawierać przynajmniej 2% wagowych topnika (dla porównania ołowiowe druty lutownicze zawierają go tylko 1%). W drutach lutowniczych bezołowiowych stosowane są topniki bardziej aktywne niż w drutach ołowiowych.
- Stosuj lutownicę przystosowaną do lutowania bezołowiowego. Przy lutowaniu bezołowiowym temperatura grotu lutownicy powinna wynosić 320°C-350°C (dla porównania temperatura grotu lutownicy do lutowania ołowiowego osiąga 290°C)¹. Grot lutownicy do lutowania bezołowiowego zbudowany jest z rdzenia miedzianego z nałożoną warstwą żelaza, chromu i niklu, a sama jego końcówka jest dodatkowo pokrywana lutem bezołowiowym. Miedziany rdzeń zapewnia odpowiednią przewodność i pojemność cieplną, natomiast jego żelazne pokrycie wzmacnia grot i

¹Proponowane temperatury są orientacyjne - zależą od rodzaju grotu i wielkości pól lutowniczych

zapobiega rozpuszczaniu miedzi przez aktywne składniki lutowia. Ważna jest lokalizacja elementu grzejnego w lutownicy. Najkorzystniej jest, gdy element grzejny wraz z czujnikiem temperatury znajdują się jak najbliżej miejsca lutowania - w grocie (tak jest w ręczce TD-100 i stacji ST50). Lokalizacja elementu grzejnego wpływa na dwa podstawowe parametry lutownicy: czas stabilizacji temperatury (szybkość osiągnięcia przez grot temperatury pracy) i bezwładność temperaturową (szybkość powrotu temperatury grotu do wartości zadanej po ochłodzeniu grotu na skutek zetknięcia z polem lutowniczym). Czasy stabilizacji i bezwładność temperaturowa lutownic z grzałkami zintegrowanymi z grotem są dwa razy krótsze niż z grzałkami w rączkach lutownic.

- Lutowanie bezołowiowe znacznie skraca żywotność grotu – średnio wynosi ona 3 tygodnie przy pracy 8 h dziennie. Przy lutowaniu ołowiowym żywotność grotu wynosiła 3 miesiące. Ważne jest, aby dobierać odpowiednie rozmiary grotu do rozmiarów elementu przeznaczonego do lutowania, rys. 6. Końcówki płaskie mają większą powierzchnię styku z wyprowadzeniem lutowanego elementu niż końcówki okrągłe i przekazują ciepło w sposób bardziej efektywny.



Rys. 6. Dobór grotu do rozmiarów elementu

5.3 Instrukcja prawidłowego lutowania:

- Przed lutowaniem wytrzyj grot delikatnie o lekko zwilżoną gąbkę lub stosuj specjalne suche czyściwo do grotów lutownic, tak aby grot metalicznie błyszczał. Zapewni to wykonanie czystych lutów bez utlenionego spoiwa i spalonych topników. Od czasu do czasu w czasie lutowania wielu elementów również oczyszczaj grot. Zabrudzony grot dłużej się rozgrzewa.
- Zawsze stosuj najniższą możliwą temperaturę pracy lutownicy. Nie przegrzewaj jej. **Zbyt wysoka temperatura skraca żywotność grotu i sprawia, że lutuje się gorzej, bo topnik odparowuje zbyt szybko.**
- Rozgrzej punkt lutowniczy poprzez lekkie dociśnięcie grotu równocześnie do pola lutowniczego i do końcówki elementu i dopiero potem dodaj spoiwa. **Nie dociskaj mocno grotem na pole lutownicze w czasie lutowania – skraca to żywotność grotu.**
- Czas lutowania powinien być maksymalnie krótki, ale wystarczający do równomiernego rozgrzania spoiwa, tak aby zapewnić dobre połączenie. Najczęściej jest to ok. 2-5 s.

- Nie stukaj lutownicą o twarde przedmioty, ponieważ grzałka ceramiczna jest delikatna i łatwo ulega uszkodzeniu.
- Nie pozostawiaj włączonej, niepracującej lutownicy – wyłącz ją lub przełącz w stan Standby. Grot lutownicy niepracującej, pozostawionej w stanie gorącym utlenia się i czernieje. Im wyższa temperatura pracy lutownicy, tym proces oksydacji zachodzi szybciej.
- **Po zakończeniu pracy koniecznie oczyść grot lutownicy i nanieś niewielką ilość lutowia na końcówkę grotu.**

5.4 Obsługa stacji do montażu i demontażu komponentów SMD RA-150

Stacja REECO RA-150, rys.7, jest sterowanym mikroprocesorowo urządzeniem do montażu i demontażu elementów SMD przy pomocy gorącego powietrza. W szczególności łatwo demontuje się za jej pomocą układy scalone. Zakres temperatur pracy wynosi 150 – 475°C, przepływ powietrza jest regulowany w zakresie 2 - 20 l/min.



Rys.7. Stacja lutownicza do montażu i demontażu gorącym powietrzem

- Pokręta na czołowie stacji służą do nastawy temperatury powietrza i intensywności nadmuchu powietrza.
- Nastawianie parametrów zrealizowano w ten sposób, że każdorazowa zmiana położenia pokręta regulacyjnego automatycznie przełącza wyświetlacz na wskazywanie wartości ustawianej. Gdy ustawiamy temperaturę na wyświetlaczu pojawia się zadana wartość temperatury, a na ostatniej pozycji wyświetlacza pojawia się litera H (*heating*). Gdy ustawiamy przepływ powietrza, na wyświetlaczu pojawia się zadana wartość przepływu w litrach/min, a na ostatniej pozycji wyświetlacza pojawia się litera A (*air*).
- Po pięciu sekundach wyświetlacz przełącza się automatycznie na wskazanie bieżącej temperatury grzejnika urządzenia.

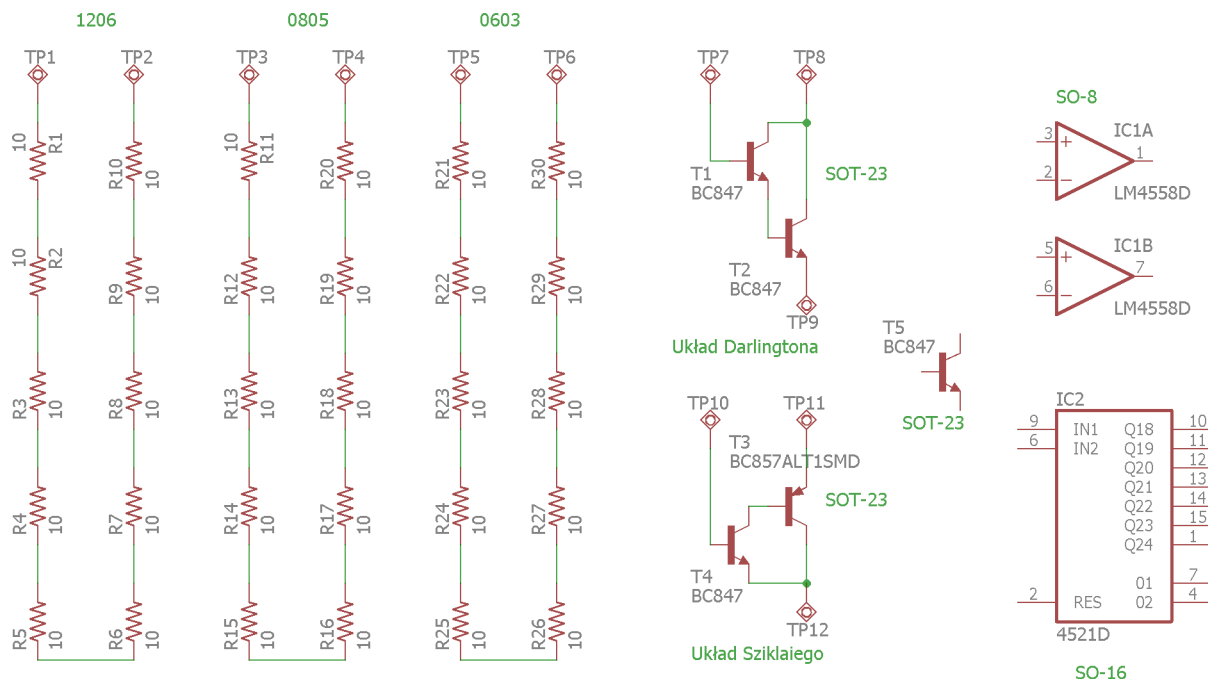
- Zaleca się nastawę temperatury pracy między 300°C a 350°C.
- Zaleca się dla małych elementów SMD nadmuchi powietrza 2 – 8 l/min., dla dużych elementów SMD maksymalny nadmuchi powietrza 20 l/min.
- Montaż elementów przeprowadza się w ten sposób, że po nałożeniu pasty lutowniczej na pola kontaktowe i ułożeniu na nich elementów, dyszę ustawia się nad elementem i doprowadza do rozplywu lutowia; następnie dyszę się unosi i pozwala lutowiu zastygnąć.
- Przy demontażu należy zaobserwować moment rozplywu lutowia i unieść wtedy element (układ scalony) do góry przy pomocy np. pincety podciśnieniowej.
- Po zakończeniu pracy należy wyłączyć zasilanie wyłącznikiem na panelu czołowym. Kompresor będzie pracował dalej aż głowica ostygnie do 150°C. Proces wychładzania jest sygnalizowany pulsowaniem litery C (*cooling*) na ostatniej pozycji wyświetlacza. Następnie urządzenie wyłącza się samoczynnie.

6. Montaż elementów w obudowach SMD na płytce testowej

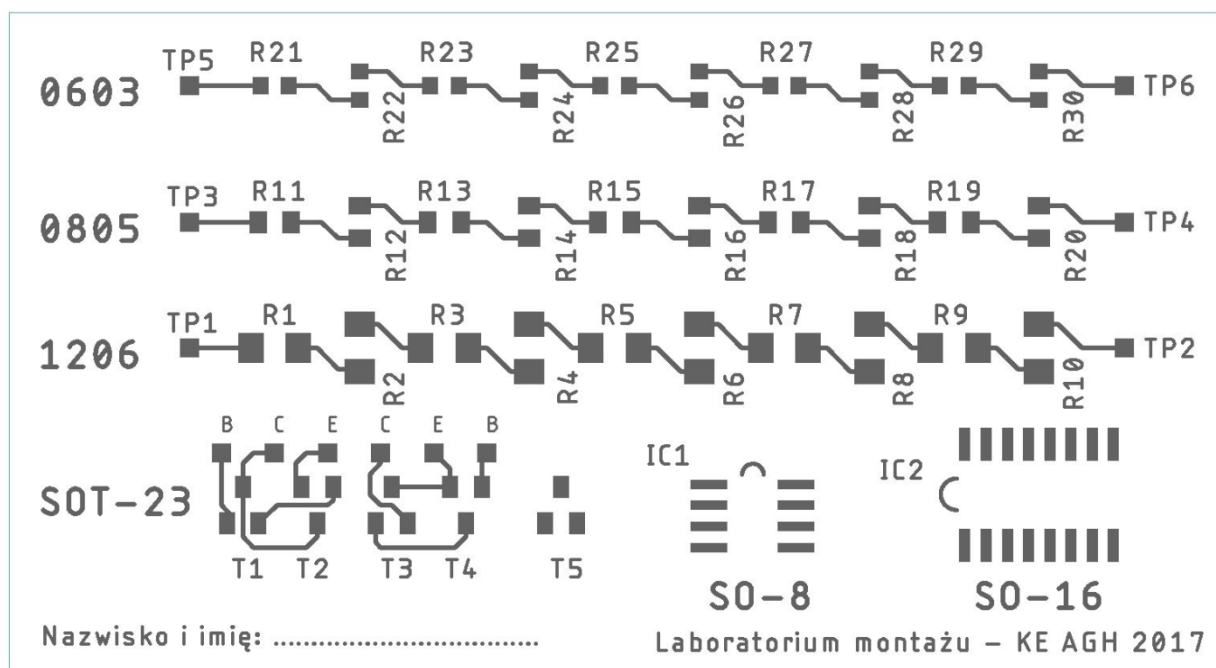
W tej części ćwiczenia należy zmontować na płytce testowej, rys. 8 i 9, serię elementów w obudowach 1206, 0805, 0603, SOT-23, SO-8, SO-16, zwracając uwagę na poprawność montażu i jakość wykonanych połączeń. Należy zwrócić uwagę na poprawność ustawienia elementów (ich pozycjonowanie) oraz wygląd lutu (menisk, kształt, pokrycie pola lutowniczego itd).

Połączenia można oglądać w razie potrzeby wykorzystując lupę i mikroskop stereoskopowy.

Wnioski (oraz zdjęcia) z tych prac należy zawrzeć w raporcie.



Rys. 8. Schemat płytki testowej



Rys. 9. Wygląd połączeń płytki testowej

7. Montaż próbnika stanów logicznych

7.1 Opis układu próbnika logicznego

Próbnik służy do wykrywania stanów logicznych (wysoki, niski, zbocze narastające, opadające, fala prostokątna) układów zbudowanych na układach CMOS i/lub TTL. Schemat ideowy układu przedstawia rys.10. Widok zmontowanego próbnika przedstawia rys. 11. Schematy montażowe próbnika zawiera rys. 12, wykaz elementów umieszczono w Tabeli 2.

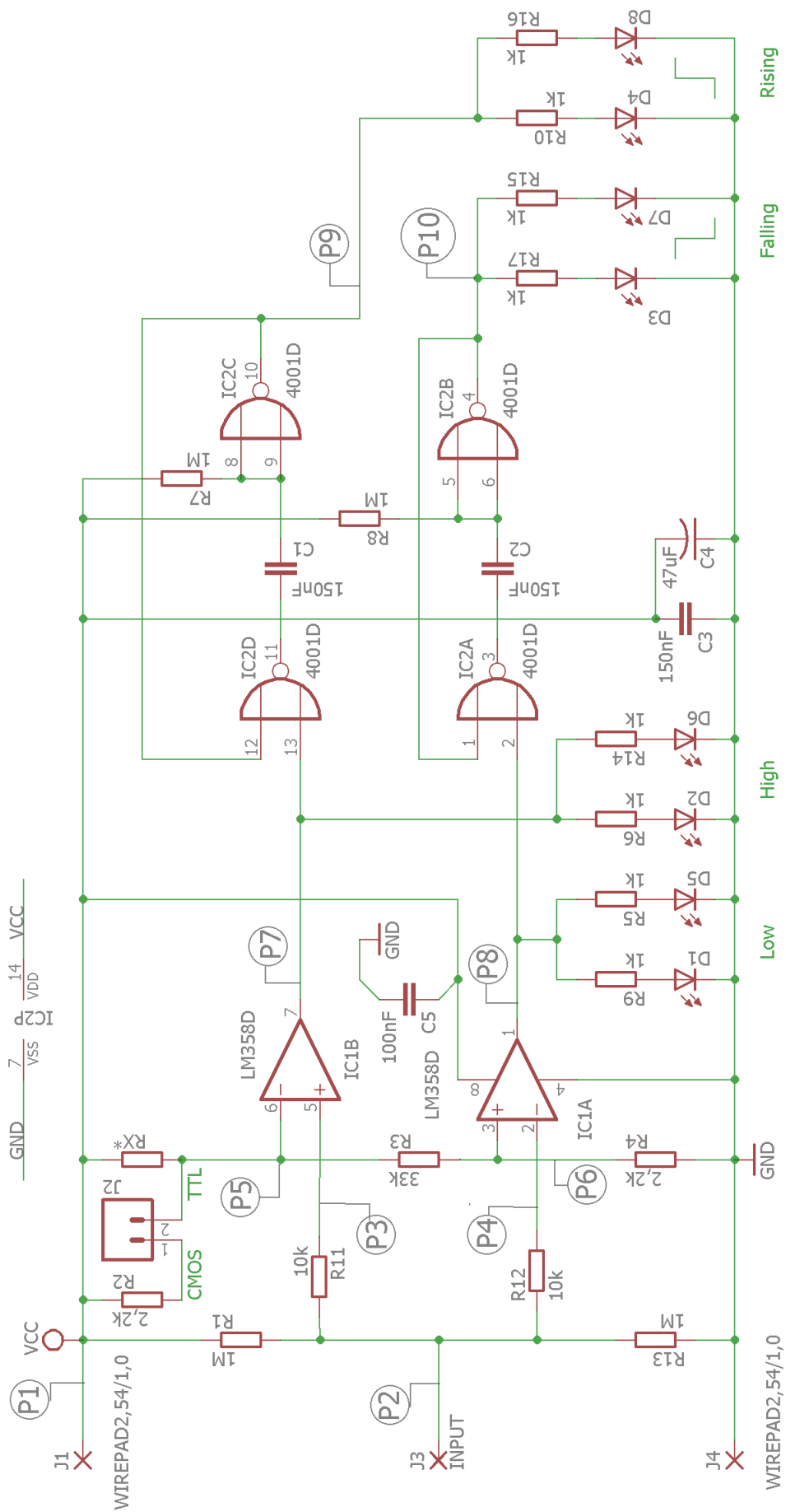
W czasie ćwiczenia należy:

1. Zmontować płytkę próbnika stanów logicznych. Na jednym końcu próbnika dolutować igłę (ostrze pomiarowe), po przeciwnej stronie doprowadzenia napięcia zasilającego (drut w izolacji) oraz piny złącza służącego do konfiguracji trybu pracy (TTL/CMOS).
2. Uruchomić i sprawdzić działanie układu (test funkcjonalny i ICT).
3. Opcjonalnie umieścić układ w plastikowej osłonce ochronnej.

Ocenie podlega staranność montażu, poprawność działania próbnika, jakość przeprowadzonych testów oraz raport.

UWAGA 1: diody LED sygnalizujące odpowiednie stany logiczne są zdublowane: D1 i D5, D2 i D6, D3 i D7, D4 i D8. Nie jest konieczne lutowanie wszystkich diod. Zalecany jest montaż diod LED i odpowiadających im rezystorów tylko z jednej strony (tylko od góry LUB tylko od spodu).

UWAGA 2: jeśli diody montujemy na górnej stronie płytki próbnika, to należy poprowadzić połączenie (drut kynar) między R17 a 1 lub 4 nogą IC2 (4001) (kolor czerwony), jak na rys.12. Alternatywą jest połączenie R17 z przelotką po lewej stronie R17 (kolor żółty). Jeśli połączenia nie będzie, dioda D3 odpowiedzialna za sygnalizację zbocza opadającego nie będzie świecić. Jeśli lutowane są diody od spodniej strony płytki prowadzenie przewodu nie jest konieczne.



Rys. 10. Schemat ideowy próbnika stanów logicznych

7.2 Zasada działania próbnika

Próbnik pozwala na badanie układów cyfrowych pracujących w standardzie TTL (napięcie zasilania 5 V) oraz CMOS (dopuszczalne są wyższe napięcia pracy, jako że układy te tolerują napięcia rzędu 3-18 V).

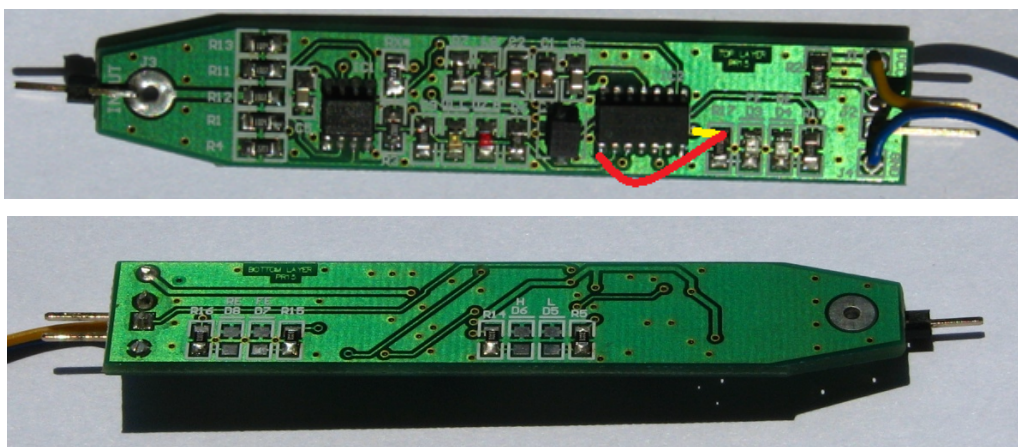
W układzie wykorzystano podwójny wzmacniacz operacyjny LM358 (IC1) oraz układ scalony 4001 (IC2) zawierający w swojej strukturze cztery bramki logiczne NOR. Podwójny wzmacniacz operacyjny LM358 jest detektorem poziomu napięcia na wejściu IN, natomiast bramki logiczne NOR "przedłużają" krótkie impulsy wyjściowe z detektora, umożliwiając ich wizualizację za pomocą diod LED.

Wzmacniacze operacyjne LM358 pracują jako komparatory napięcia z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego. Napięcia odniesienia ustala dzielnik napięcia utworzony z rezystorów Rx, R3, R4. Dzielnik ten ustala przy zasilaniu 10 V (układy CMOS), stan 0 na poziomie < 0.6 V, stan 1 na poziomie > 9.4 V.

Jeżeli na wejściu próbnika IN pojawi się stan niski, to na wyjściu komparatora IC1A pojawi się stan wysoki. Jeżeli na wejściu próbnika IN pojawi się stan wysoki, to na wyjściu komparatora IC1B pojawi się stan wysoki. W każdym innym wypadku na wyjściach komparatorów jest stan niski i dołączone do nich diody LED nie świecą się. Także w przypadku, gdy na wejście próbnika nie jest nic dołączone, diody LED nie świecą się, bowiem do wejścia dołączony jest układ rezystorów R1 i R13 ustalający na wejściu próbnika napięcie równe połowie napięcia zasilania (stan zabroniony).

Pojawienie się choćby na krótko stanu wysokiego na wejściu układów IC2A do IC2D spowoduje wygenerowanie na ich wyjściach dodatniego impulsu o czasie trwania określonym rezystorami R7 i R8 i pojemnościami C1 i C2.

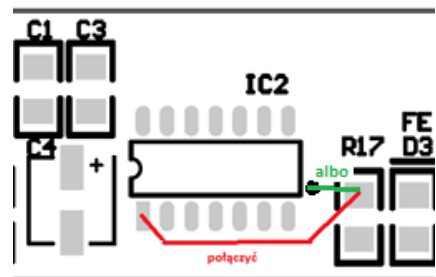
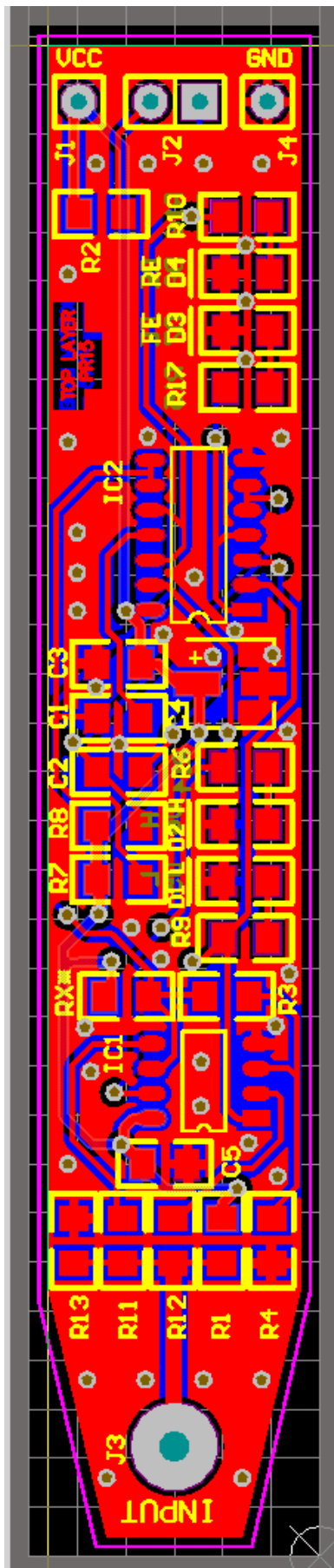
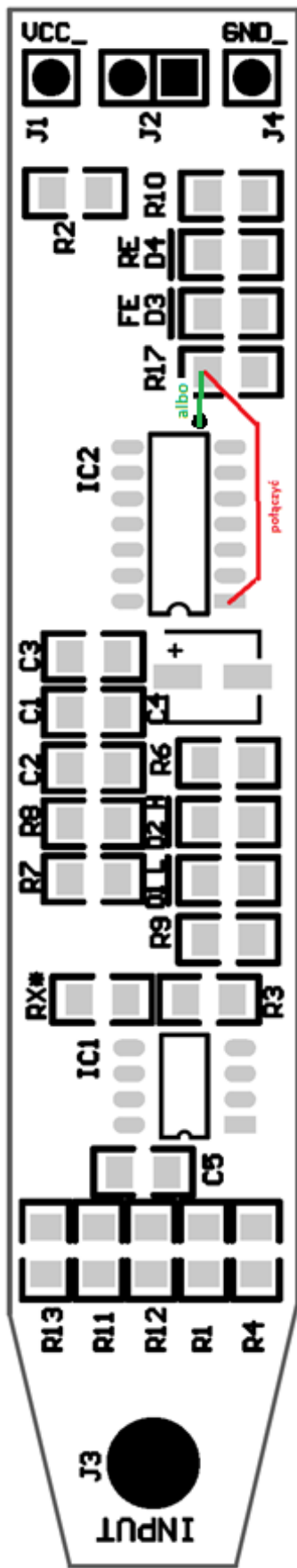
Rezystor Rx jest elementem opcjonalnym i służy do ewentualnego rozszerzenia zastosowania próbnika do wykrywania stanów logicznych układów zbudowanych z układów CMOS i TTL. W wersji wyłącznie dla CMOS, jumper J2 jest na stałe zwarty i nie stosuje się żadnego rezystora Rx. Jeżeli chcemy mieć urządzenie uniwersalne, to należy dobrać odpowiednio rezystor Rx i zmienić wartość R2 a następnie jumperem J2 zmieniać standardy pracy z CMOS na TTL.



Rys. 11. Widok zmontowanego próbnika stanów logicznych

Tabela 2. Wykaz elementów do próbnika stanów logicznych

Designator	Comment	LibRef
C1	150n	CAP
C2	150n	CAP
C3	100n	CAP
C4	cap	cap_smd_elektrolit
C5	100n	CAP
D1	LED	DIODE LED
D2	LED	DIODE LED
D3	LED	DIODE LED
D4	LED	DIODE LED
D5	LED	DIODE LED
D6	LED	DIODE LED
D7	LED	DIODE LED
D8	LED	DIODE LED
IC1	LM358D	LMH6626
IC2	4001D	4001D
J1	VCC-	CON1
J2	CON2	CON2
J3	INPUT	CON1
J4	GND-	CON1
R1	1M	RESISTOR
R2	2k2	RESISTOR
R3	33k	RESISTOR
R4	2k2	RESISTOR
R5	1k	RESISTOR
R6	1k	RESISTOR
R7	1M	RESISTOR
R8	1M	RESISTOR
R9	1k	RESISTOR
R10	1k	RESISTOR
R11	10k	RESISTOR
R12	10k	RESISTOR
R13	1M	RESISTOR
R14	1k	RESISTOR
R15	1k	RESISTOR
R16	1k	RESISTOR
R17	1k	RESISTOR
RX*		RESISTOR



Rys. 12. Rysunki montażowe próbnika stanów logicznych

7.3 Test poprawności działania próbnika

Po kompletnym zmontowaniu próbnika (elementy, przewody, igła itd.) – przed jego podpięciem do zasilania i dalszymi testami - **należy dokładnie przejrzeć płytkę próbnika z elementami**, zwracając uwagę na :

- sposób wlutowania układów scalonych i diod
- możliwe zwarcia między nóżkami układów scalonych
- uszkodzone pady itd.
- wygląd spoin lutowniczych

W razie stwierdzenia błędów, naprawiamy je w miarę możliwości. Wątpliwości wyjaśniamy z prowadzącym.

UWAGA: Jeśli diody montujemy na górnej stronie płytki próbnika, należy poprowadzić połączenie (drut kynar) między R17 a 1 lub 4 nogą IC2 (4001), jak na rys. 12. Jeśli połączenia nie będzie, dioda D3 odpowiedzialna za sygnalizację zbocza opadającego (F) nie będzie świecić.

Jeśli montujący lutuje diody z odpowiadającymi im rezystorami od spodniej strony płytki prowadzenie przewodu nie jest konieczne.

UWAGA: Diody sygnalizujące wykrycie zboczy opadających (F) lub narastających (R) **MUSZĄ** mieć kolor inny niż diody sygnalizujące stany H i L. Do dyspozycji montujących są diody niebieskie i żółte.

7.3.1 Test funkcjonalny

Jeśli układ wydaje się być zmontowany poprawnie, sprawdzamy działanie próbnika:

1. Zasilamy układ napięciem 5-15 V z zasilacza dostępnego na stanowisku testowym, pilnując odpowiedniej biegunowości napięcia.
2. Dotykamy igłą próbnika do napięcia VCC (np. +5 V) – powinna zapalić się dioda **czzerwona** (stan HIGH, H), a w chwili dotknięcia na moment powinna mignąć i po chwili zgasnąć dioda odpowiedzialna za sygnalizację zbocza narastającego (RISE, R).
3. Dotykamy igłą próbnika do napięcia GND (0 V) – powinna zapalić się dioda **zielona** (stan LOW, L), a w chwili dotknięcia na moment powinna mignąć i po chwili zgasnąć dioda odpowiedzialna za sygnalizację zbocza opadającego (FALL, F).
4. Jeśli do igły nie jest doprowadzone żadne napięcie (igła „wisi”) w powietrzu, żadna z diod nie może się świecić.
5. Jeśli układ zachowuje się w sposób opisany powyżej można uznać, że działa poprawnie. Rezultat testu zamieszczamy w tabeli 3 oraz w raporcie.

Tabela 3. Wynik testu funkcjonalnego próbnika

Stan wejścia	Dioda H	Dioda L	Dioda RISE	Dioda FALL	OK?
wiszące					
L					
H					
Zbocze R					
Zbocze F					

7.3.2 Test wewnętrzzobwodowy (ICT) - pomiary napięć w punktach charakterystycznych

Test próbnika będzie kompletny po wykonaniu pomiarów napięć w charakterystycznych punktach, wg tabeli 4. Pomiary napięć wykonujemy względem masy dostępnym w laboratorium woltomierzem. Wyniki z tabeli 4 należy zamieścić w raporcie i opisać. Jeśli próbnik nie będzie działał natychmiast po zlutowaniu, dzięki ww. pomiarom szybko można znaleźć błędy. Po rozwiązaniu problemów tabelę 4 wypełniamy ponownie (ew. korygujemy) i opisujemy.

UWAGA: Jeśli próbnik działa W PEŁNI POPRAWNIE, można nie wypełniać całej tabeli, a jedynie uzupełnić napięcia dla igły pomiarowej nie podłączonej i jednego ze stanów L/H.

Tabela 4. Test wewnętrzzobwodowy ICT - pomiar napięć w punktach pomiarowych próbnika

Punkt	Igła pomiarowa nie podłączona		Igła pomiarowa - stan L		Igła pomiarowa - stan H		OK? T/N
	U _o [V]	U _z [V]	U _o [V]	U _z [V]	U _o [V]	U _z [V]	
P1							
P2							
P3							
P4							
P5							
P6							
P7							
P8							
P9							
P10							

U_o - wartość oczekiwana napięcia, U_z - wartość zmierzona

Miejsca pomiaru napięć (P1...P10) zaznaczono na schemacie z rys. 10.

7.3 Raport

Na podstawie przeprowadzonych ćwiczeń każdy student przygotowuje raport, który będzie oceniany. Powinny być w nim zawarte następujące dane:

- autor, temat, data wykonania
- wykorzystane narzędzia i materiały
- parametry pracy (temperatura ustawiona na stacji, rodzaj lutowia i topnika)
- krótki opis czynności i wykonanych prac (lutowanie płytek testowych, montaż i testy próbnika, wyniki testów w postaci tabel)
- wnioski, zdjęcia, uwagi, obserwacje itd.

Raport powinien być schludny i napisany staranną polszczyzną.

7.4 Przykładowe błędy wynikłe podczas uruchamiania próbników

Objaw: próbnik nie reaguje na żaden sygnał, grzeje się układ LM358.

Przyczyna: odwrotnie wlutowany układ LM 358. W takim wypadku diody H i L nie sąysterowywane, nie przechodzi też dalej sygnał dla układu 4001. Problem rozwiązało wylutowanie i poprawne wlutowanie układu LM 358.

Objaw: sygnalizacja diodami L, H, R działa, ale próbnik nie reaguje na sygnał opadający (F).

Przyczyna: diody wlutowano na wierzchniej stronie płytki, na której brak połączenia między R17 a 4 nogą IC2 (4001). Problem rozwiązało poprowadzenie odpowiedniego połączenia (rys.7).

Objaw: sygnalizacja diodami stanów L, H, F działa, ale próbnik nie reaguje na sygnał narastający (R). **Przyczyna:** pole lutownicze dla pojemności C1 sterującej bramką układu IC2 zostało przegrzane i sygnał nie docierał do bramki. Problem rozwiązało poprowadzenie odpowiedniego połączenia.

Objaw: sygnalizacja diodami stanów L, H działa, ale próbnik nie reaguje na sygnał narastający (R) ani opadający.

Przyczyna: Odwrotnie wlutowany układ 4001. Problem rozwiązało wylutowanie i poprawne wlutowanie układu.

Objaw: sygnalizacja diodami stanów L, H, R, F działa, wszystkie diody świecą na czerwono.

Przyczyna: wlutowane błędne diody :). Problem rozwiązała wymiana diod LED odpowiedzialnych za sygnalizację stanów L, R, F.

Objaw: nie działa sygnalizacja któregoś ze stanów L, H, R, F.

Przyczyna: błędnie wlutowana dioda (zamienione elektrody). Problem rozwiązała wylutowanie i poprawne zamontowanie diody.

Objaw: sygnalizacja stanów działa, ale któraś z diod świeci w stronę płytki.

Przyczyna: błędnie wlutowana dioda (okienkiem do spodu). Problem rozwiązało poprawne wylutowanie odpowiedniej diody.

Objaw: układ czasami działa poprawnie, czasami nie. Wzbudza się po dotknięciu brzegów PCB.

Przyczyna: przewody doprowadzające napięcie zasilania zostały odizolowane zbyt wysoko, następowało zwarcie do elementów układu. Poprawiono montaż przewodów.

Objaw: nie działa poprawnie sygnalizacja stanu H. Dioda świeci ciągle.

Przyczyna: niepoprawne poziomy napięcie na wejściu komparatorów - nie wlutowany rezystor Rx dzielnika lub przy jego braku brak zwory J2 (TTL/CMOS). Problem rozwiązało wylutowanie Rx (założenie zwory J2).