

NE 045 TERMOMETR CYFROWY -50⁰ C DO +150⁰ C LED/ICL 7107

Proponujemy Państwu samodzielny montaż układu elektronicznego termometru cyfrowego służącego do pomiaru temp. z zakresu [-50⁰ .. +150⁰C] z rozdzielczością 0,1⁰C. Urządzenie wyposażone jest w pole odczytowe złożone z czterech 7-segmentowych wyświetlaczy LED zapewniających bardzo dobre (np. w porównaniu z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym LCD) warunki odczytu, zwłaszcza przy słabym oświetleniu lub przy obserwacji pod dużym kątem. Zapewniają one ponad to bardzo dobrą (np. w zestawieniu z wyświetlaczem fluorescencyjnym VFD) trwałość. Jako czujnik temp. wykorzystano przewodzące łącze półprzewodnikowe p-n zasilane stabilizowanym prądem; czujnik taki zapewnia zadowalające parametry użytkowe (między innymi liniowość wskazań, łatwość kalibracji) przy względnie prostym rozwiązaniu układowym. Przetwornikiem A-C wykorzystanym w proponowanej konstrukcji jest scalony obwód ICL 7107 doskonale spełniający wszystkie stawiane wymagania (pomiar napięć różnicowych, 12-biotwa rozdzielczość, transkoder dla wskaźnika 7-segmentowego, driver dla bezpośredniej współpracy z wyświetlaczami LED czy wreszcie prosta aplikacja).

W efekcie termometr NE045 oznaczają wyjątkowo niewielkie wymiary, pozwalające pomieścić go w standardowej obudowie typu KM35BN, wysoka rozdzielczość i liniowość, łatwość kalibracji, czytelne pole odczytowe oraz możliwość zasilania napięciem niestabilizowanym (np, przez popularne zasilacze typu „wtyczkowego”).

Opis działania układu

Rys.1 Charakterystyki temp. - napięcie (uśrednione) dla przykładowych diod 1N4148. Każda prosta przedstawia zależność dla innego prądu przewodzenia I_F .

Znaną właściwością złącz półprzewodnikowych typu p-n jest ta, że jeśli wymusić w nich przepływ prądu w kierunku przewodzenia wówczas odkładające się napięcie zależne jest od temp. złącza. Co więcej: jeśli zapewnimy stabilizację prądu (czyli sprawimy, że będzie on stale miał zadaną wartość, np: 0.5mA) wówczas zależność temp.-napięcie jest dokładnie liniowa! Otrzymane doświadczalnie dla kilku diod 1N4148 charakterystyki przedstawia rys.1, z którego wynika między innymi, że ich nachylenie jest ujemne. Oznacza to, że wzrostowi temp. odpowiada spadek napięcia.

W układzie termometru (patrz schemat elektryczny) źródło prądowe polaryzujące diodę (D3) zbudowano z użyciem wzmacniacza operacyjnego (Us3). Działanie jego jest następujące: układ ICL 7107 posiada wewnętrzne wysokostabilne źródło napięcia wzorcowego. Wymusza ono pomiędzy zaciskami V_{cc} (wypr.1) a COMMON (wypr. 32) napięcie ok.2,7V, które zostaje podane do dzielnika szeregowego R2-P2-R3. Na wyprowadzeniach R3 panuje 1/3 napięcia 2,7V, czyli ok. 0,9V. Dioda pomiarowa włączona jest w obwód ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniacza Us3 (IN+ i IN-) wynosi 0V, (dokładnie równa jest ona tzw. napięciu niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego - rzędu uV). Oznacza to, że na R4 panuje napięcie takie, jak na R3 (0,9V) a wobec R3= 2,7k przez R4 i D1 płynie stabilizowany prąd równy ok.0,33 mA.

Napięcie z anody D3 podawane jest do odwracającego wejścia przetwornika A-C (Us4); napięcie podawane do wejścia nieodwracającego (poziom odniesienia) ustawiane jest przy pomocy potencjometru wieloobrotowego P2. Przy pomocy P1 ustawiane jest i podawane do punktów IN_HI i IN_LO napięcie wzorcowe (U_{ref}) to jest taki poziom napięcia wejściowego, przy którym odczyt wynosi 100,0.

Ponieważ układ ICL7107 dla poprawnej pracy wew. źródła napięcia odniesienia wymaga podania do punktu V_{DD} (wypr.26) napięcia ujemnego [-5V .. -3V], które z założenia nie będzie dostarczane przez zasilacz, zastosowano prosty powielacz diodowy (C4, D1,D2,C5). Sterowany jest on przebiegiem prostokątnym pobieranym z wyjścia oscylatora zawartego w strukturze ICL7107, zmocnionym prądowo przez 6 równoległe inwerterów mocy (Us2, C4049). Napięcie ujemne zostało także wykorzystane do zasilania wzmacniacza operacyjnego (Us3), co poprawia jego warunki pracy.

Wyświetlacze 7- segmentowe LED połączone są bezpośrednio z odpowiednimi wyjściami układu Us4. Ich wyprowadzenia wspólne (anody) zostały połączone z napięciem +5V bezpośrednio albo za pośrednictwem jednej lub dwóch diod (D101, D102 ograniczających prąd) ich stosowanie może się okazać konieczne w przypadku niektórych wyświetlaczy LED, gdy mogłoby wystąpić przekroczenie poboru prądu powyżej wartości 8mA/segment, podanej przez producenta układu ICL7107 jako dopuszczalny. Dla zapewnienia stałego wyświetlania kropki dziesiętnej na pozycji trzeciej cyfry punkt P3 zostanie połączony przez użytkownika z punktem P: spowoduje to przepływ prądu przez segment 3 DP za pośrednictwem rezystora R101.

Układ ICL7107 wymaga zasilania napięciem stabilizowanym +5V, zastosowano więc scalony stabilizator uA7805 (Us1) wraz z właściwymi kondensatorami filtrującymi (C1, C2, C3).

Wskazówki wstępne dotyczące montażu

Układ będziemy montować na dwóch płytkach drukowanych: mniejszej, o symbole NE045/046D, przeznaczonej dla wyświetlaczy 7-segmentowych LED wraz z kilkoma elementami biernymi oraz nieco większej, bazowej, o symbolu NE045, przeznaczonej dla pozostałych elementów elektronicznych układów. Montaż jest prosty i wymaga przestrzegania

ogólnie znanych zasad: przede wszystkim należy bezwzględnie zachowywać właściwy kierunek montowania tych elementów , które tego wymagają (układów scalonych, diod, kondensatorów elektrolitycznych, wyświetlaczy LED), przy czym zaleca się dodatkowo zachować właściwy kierunek wlutowania podstawek pod układy scalone (posiadają one znaczniki podobnie, jak sam układ). Ci, którzy twierdzą, że kierunek lutowania podstawek nie ma znaczenia, mają rację tylko formalnie - doświadczenie pokazuje, że zasugerowani odwrotnie wlutowaną podstawką często wstawiamy sam układ scalony, co przynosi fatalne skutki. Druga ważna uwaga :w układzie znajdują się wrażliwe na ładunek elektrostatyczny układy CMOS (CD4049 oraz ICL 7107) . Przy jakimkolwiek obchodzeniu się z nimi (do momentu całkowitego zmontowania układu) należy przestrzegać niżej podanych zasady:

- układy CMOS przechowywać ze zwartymi elektrycznie wszystkimi wyprowadzeniami; stosować w tym celu folie lub gąbkę przewodzącą,
 - jeśli wyprowadzenia układu są rozwarne (np. przez montażem) nie wolno dotykać do nich jakimikolwiek przedmiotami ani palcami,
 - zaleca się o (ile to możliwe) montować układy CMOS w podstawkach, w przeciwnym wypadku lutowanie wyprowadzeń przeprowadzać lutownicą z uziemionym grotem,
 - układy CMOS zaleca się w miarę możliwości montować na płytkach drukowanych w ostatniej kolejności a demontować jako pierwsze, zarówno przy montażu jak i demontażu zasilanie układu musi być odłączone,
 - unikać ubrań gromadzący ładunek elektryczny.
- Powyższe uwagi nie będą już podnoszone w dalszej części opisu.

Rys.2.Schemat montażowy płytki wyświetlaczy (NE 045/ NE046D).

Kolejność montażu

- 1) Wlutować w płytkę wyświetlacz zwory wykonane z kawałka drutu we wszystkie miejsca oznaczone ZW (patrz rys.2 lub opis na płytce)
- 2) Obsadzić płytkę wyświetlaczy pozostałymi elementami (patrz rys.2 lub opis na płytce). Jedno z wyprowadzeń wyświetlaczy DISP3 należy podgiąć lub usunąć, gdyż nie przewidziano dla niego otworu w płytce. Przestrzegamy przed odwrotnym wlutowanie wyświetlaczy (por. kropki oznaczające lokalizację punktów dziesiętnych): płytka wyświetlacza pracować będzie w nietypowym położeniu „złączem krawędziowym do góry”.
- 3) Punkty znajdujące się po stronie druku płytki wyświetlaczy i opisane na rys.3 należy na razie pozostawić wolne.

Rys.3.Dodatkowe punkty w warstwie druku płytki wyświetlaczy (NE045/NE046D).

- 4) Wlutować w płytkę bazową zwory wykonane z kawałka drutu we wszystkie miejsca oznaczone ZW (patrz.rys. 4 lub opis na płytce).

Rys.4. Schemat montażowy płytki bazowej (NE045).

- 5) Obsadzić płytkę bazową (NE045) wszystkimi elementami oprócz Us2 i Us4; w szczególności na płytce powinny się znaleźć podstawka pod układ Us4 (układ Us2 CD4049 będzie montowany bezpośrednio w płytkę drukowaną i w zestawie nie przewidziano dla niego podstawki). Dołączenie diody D3 (czujnika) do kołków A i K nie jest jeszcze konieczne.
- 6) Układ stabilizatora należy umieścić w pozycji „leżące” i skrócić z płytką śrubą M3. Jeśli przewidujemy zasilanie układu napięciem wyższym niż 10V stabilizator należy zaopatrzyć w radiator. Może to być kawałek blachy o grubości ok. 2mm, wygięty w kształcie litery „U” i mocowany pomiędzy stabilizatorem a płytką drukowaną. Układ z radiatorem można zasiląć napięciem z przedziału [7,5V ..15V], brak radiatora oznacza zasilanie do 10V - należy o tym pamiętać również podczas uruchomienia.
- 7) Wykonać lutowane połączenie obu płytek wg rys.5. Należy je przeprowadzić starannie; na poszczególne luty użyć cyny dostatecznie dużo, by zapewnić właściwą odporność mechaniczną (sztywność konstrukcji) a jednocześnie na tyle mało, by nie doprowadzić do zwarć, które będą później trudne do zlokalizowania i usunięcia. Należy zachować kąt prosty pomiędzy obiema płytkami (uruchomić je w odpowiedniej pozycji na cały czas lutowania, np przy pomocy dwóch imadeł), w przeciwnym razie mogą wystąpić trudności z pomieszczeniem układów w obudowie.

Rys.5 Sposób łączenia obu płytek drukowanych

- 8) Do układu (do którego w dalszym ciągu nie są wmontowane Us2:CD4049 oraz Us4: ICL7107) dołączamy zasilanie w punkty + U_{cc} oraz GND. Powinno to być napięcie wyprostowane i odfiltrowane (nie konieczne stabilizowane) z przedziału [7,5V .. 15V] (jednak z uwzględnieniem punktu 6). Wydajność prądowa źródła powinna wynosić 300mA. Po dołączeniu zasilania nie powinny świecić się żadne segmenty wyświetlaczy. Należy sprawdzić napięcie wyjściowe (OUT) stabilizatora Us1 (⊗A 7805). Najlepiej zmierzyć napięcia (względem kołka GND) na wypr.7 podstawki pod Us3 lub wypr.1 podstawki pod Us4 (oba powinny wynosić +5V ± 10%).

Rys.6 Opis wyprowadzeń sterujących segmentami wyświetlacza w podstawce pod ICL7107.

9) Odłączyć zasilanie. Wziąć kawałek pojedynczego przewodu o długości kilkunastu cm; jeden koniec przylutować do punktu oznaczonego P, znajdującego się po stronie druku płytki wyświetlaczy. Dla zidentyfikowania tego punktu posłużyć się rys.3.

10) Ponownie włączyć zasilanie. Drugi koniec przewodu zwierać kolejno z tymi wyprowadzeniami w podstawie pod ICL7107 które zaznaczono na rys.6. Powinny się przy tym zapalać segmenty tam wymienione (i tylko te), w przeciwnym razie należy zlokalizować i usunąć ewentualne przerwy i / lub zwarcia. zwracamy uwagę, że jeśli układ leży płytką bazową „w dół” i płytką wyświetlaczy „do nas”, wówczas wyświetlacze znajdują się w pozycji „do góry nogami”. Po tej próbie należy odlutować przewód od punktu P.

11) Odłączyć zasilanie za pomocą kawałka przewodu połączyć punkt P z P3 płytki wyświetlaczy (znajdują się one po stronie druku), por. rys.3).

12) Wlutować w płytkę bazową układ Us2 (CD4049), po czym wstawić w podstawkę układ Us4 (ICL7107). Po wykonaniu powyższych czynności urządzenie jest gotowe do strojenia. Przedtem można jeszcze przeprowadzić:

Ustawienie jasności wyświetlacza

Na tym etapie anody wyświetlaczy połączone są z zasilaczem przez dwie diody (D101,D102; por. schemat ideowy) - a w takiej konfiguracji jasność świecenia wyświetlacza jest mniejsza. Aby ją zwiększyć można zewrzeć punkty oznaczone „1, 0” na płycie wyświetlaczy (znajdują się one w warstwie druku, por. też rys. 3), jednak należy upewnić się, że pobierany prąd nie przekracza 8mA/segment.

Dla pracujących 25 segmentów oznacza to pobór nie większy niż 190mA. Kolejność czynności jest następująca:

1) Zewrzeć wyprowadzenie 37 ICL70107 z jego wypr.1.

2) Włączyć napięcie zasilające; powinny zaświecić się wszystkie dostępne segmenty, tj. pojawić się odczyt „-188,8”.

3) Jeśli jasność świecenia jest niewystarczająca należy przy pomocy amperomierza z zakresem 200mA lub wyższym zewrzeć punkty oznaczone „1” znajdujące się w warstwie druku płytki wyświetlaczy. Teraz prąd wyświetlacza ogranicza tylko jedna dioda i pracuje ona jaśniej. Jeśli prąd wykazywany przez miernik przekracza 190mA, wówczas zwarcie zarówno punktów „1” jak i „0” jest niedopuszczalne.

W przeciwnym razie (tj. gdy prąd nie przekracza 190mA) zwarcie punktów „1” na pewno jest dopuszczalne a o możliwości zwarcia „0” jeszcze nic nie wiemy.

4) Jeśli powyższy odczyt nie był większy niż 190mA przy pomocy amperomierza zwieramy punkty „0”. Teraz prąd wyświetlacza nie jest ograniczony przez żadną diodę i świeci on najjaśniej. Jeśli odczyt przekracza 190mA wówczas zwarcie punktów „0” jest niedopuszczalne i na odwrót.

5) Odłączamy zasilanie. Możemy teraz zewrzeć (przez zalutowanie) punkty „1” lub „0” tak, by jasność wyświetlacza była satysfakcjonująca, z uwzględnieniem wyników przeprowadzonego testu.

6) Rozewrzeć wyprowadzenie 37 i 1 układu ICL7107.

Zwracamy uwagę, że „śrubowanie” jasności świecenia nawet, jeśli nie prowadzi do przekraczania dopuszczalnego poboru prądu, powoduje nagrzewanie wewnętrznej struktury układu ICL7107. Zmienia się przez to napięcie wzorcowe układu, a w wyniku tego powstaje zwiększający błąd odczytu (fałszujący wskazania najmłodszej cyfry, czyli na poziomie 0,1°C). Radzimy wziąć to pod uwagę i ew. pozostawić układ z najsłabiej świecącym wyświetlaczem.

Strojenie układu Przed strojeniem układu czujnik temp. (diodę D3) należy umieścić w docelowej obudowie: powinna ona dobrze przewodzić ciepło, mieć możliwie małą masę (a zarazem małą pojemność cieplną, co znacznie przyspiesza pomiary) oraz chronić czujniki przed wpływami mechanicznymi. Należy wziąć pod uwagę właściwości materiału, z którego wykonana zostanie obudowa, jeśli czujnik miałby pracować w środowisku aktywny chemicznie. Do typowych zastosowań wystarczy czujnik umieścić np. w zużytej obudowie metalowego wkładu od długopisu a wolną przestrzeń wypełnić pastą silikonową. Czujnik łączymy z płytką bazową (punkty A i K) ze zwróceniem uwagi na właściwą biegunowość. Potencjometr P1 ustawimy „w połowie”. Przygotowujemy teraz naczynie z mieszaniną topniejącego lodu z wodą (wzorzec 0°C) oraz naczynie z wrzącą wodą (wzorzec 100°C). Umieszczamy czujnik temp. w 0°C i po pewnym czasie (niezbędnym do wyrównywania temp. czujnika i jego otoczenia) przy pomocy P2 doprowadzamy wskazanie od wartości 00,0. Następnie umieszczamy czujnik w temp. 100°C i po chwili doprowadzamy - przy pomocy P1 - wskazanie do wartości 100,0. Powtarzamy jeszcze obydwie powyższe czynności kilkakrotnie i miernik możemy uznać za uruchomiony.

Uwagi końcowe

1) Jest możliwość zasilania układu napięciem stabilizowanym +5V. Należy wówczas wymontować stabilizator Us1 (7805) i wykonać zworę łączącą od zewnętrzne punkty lutowania dla tego układu (IN i OUT). Punkt środkowy pozostawiamy wolny (nie połączony).

2) Nie należy umieścić czujnika 1N4148 w temp. większej niż 155 °C, gdyż grozi to uszkodzeniu albo trwałą zmianą parametrów.

3) Układ powinien być użytkowany w temp. nie różniące się o więcej niż ±10 °C od tej, przy której go strojono (chodzi tu o temp., w której znajduje się układ elektroniczny termometru a nie czujnik) - w przeciwnym razie powstaną pewne błędy pomiaru (rzędu 1°C). Przewidując zatem docelową temp. pracy układu (dowolną z przedziału 0 °C .. +70°C) należy pamiętać o strojeniu go w takiej samej lub podobnej (±10°C) temp.. W razie potrzeby pracy układu w całym zakresie dopuszczalnych temp. przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej dokładności radykalnym rozwiązaniem (przeznaczonym dla doświadczalnych i bardzo wymagających elektroników) byłoby jego skompensowanie termiczne, np. w sposób następujący: zapewnić, by współczynniki termiczne elementów R1 i P1 były sobie równe; zapewnić, by współczynniki termiczne elementów R2 i P2 były sobie równe; zastosować elementy R3 i R4 o współczynniku termicznym równym 0. Innym rozwiązaniem może być np. umieszczenie całe „elektroniki” w termostacie. Oczywiście w popularnych zastosowaniach (np. praca w warunkach domowych czy w samochodzie) problem stabilizacji termicznej nie ma żadnego znaczenia.

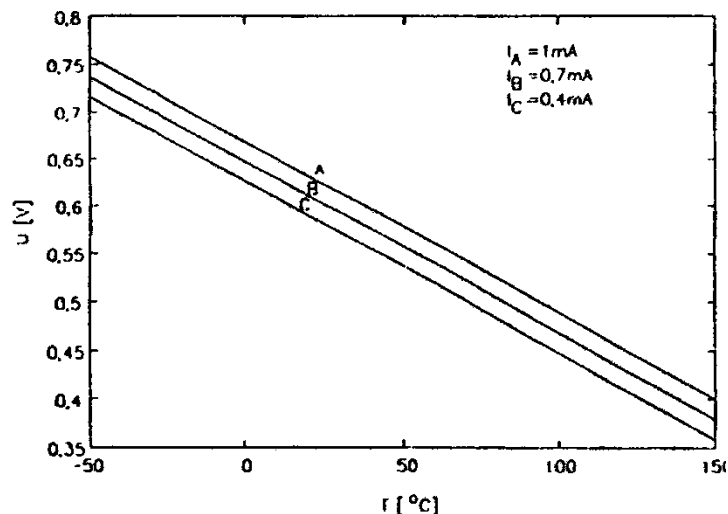
4) Obie żyły przewodu łączonego czujnika z termometrem powinny być wykonane z jednakowego materiału (zaleca się miedziane); w przeciwnym razie na napięcie z diody nałożyło się dodatkowe napięcie (efekt termopary) fałszujące odczyty temp. Długość przewodu może sięgać kilkunastu metrów, należy jednak eksploatować miernik z tym przewodem, przy którym go zestrojono. Ze względu na efekt starzenia nie zaleca się stosowania jakichkolwiek podzespołów stykowych (gniazd, wtyków, przełączników) pomiędzy czujnikiem a układem elektronicznym (wykonać „stałe” połączenia lutowane).

5) Nie ma prostego sposobu (tj. bez radykalnej ingerencji w konstrukcję) na przystosowanie układu do pomiaru temp. przez kilka oddzielnych czujników, np. często sugerowaną drogą zastosowania przełącznika - selektora czujników. Problem tkwi w tym, że poszczególne egzemplarze diod 1N4148 posiadają różne parametry elektryczne, a termometr zostaje dostrojony do parametrów konkretnej diody. Chyba, że ktoś zechce odnaleźć identyczne egzemplarze diod.

Wybrane parametry użytkowe:

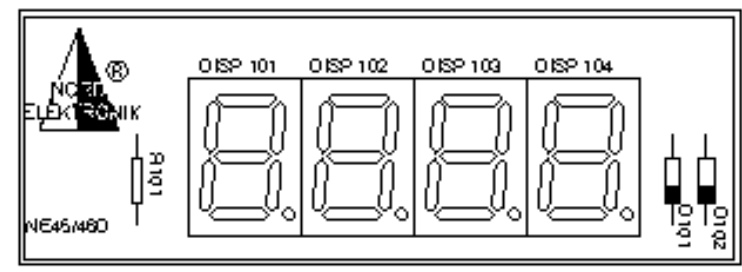
Napięcie zasilania (U _{cc}), Us1 z radiatorem	=7,5 .. 15V / niestabilizowane
Napięcie zasilania (U _{cc}), Us1 bez radiatora	=7,5 .. 10V / niestabilizowane
Napięcie zasilania (U _{cc}), bez Us1=5V /	stabilizowane ¹⁾
Pobór prądu (I _{cc})	max. 250mA
Dopuszczalna temp. czujnika 1N4148	155 °C
Zakres mierzonych temp.	- 50,0°C ..+150,0°C
Rozdzielczość odczytu	0,1°C
Zakres temp. pracy	0°C
Zakres temp. pracy	0°C..+70°C ²⁾

- 1) por. *Uwagi końcowe* pkt.1
- 2) por. *Uwagi końcowe* pkt.3



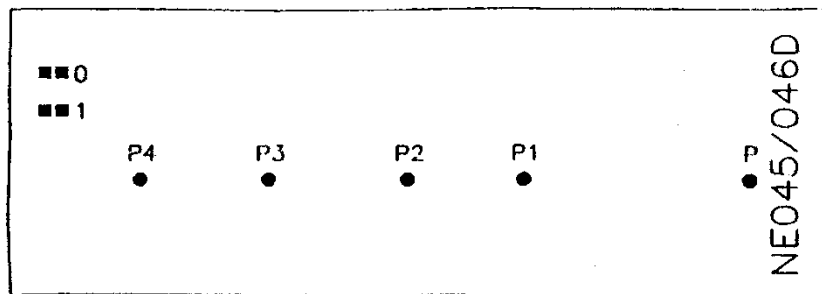
PL: Rys.1 Charakterystyki temp. - napięcie (uśrednione) dla przykładowych diód 1N4148. Każda prosta przedstawia zależność dla innego prądu przewodzenia I_F .

SK: Obr.1 – Charakteristika teploty – napätia (vyhovujúce) pre príklady diód 1N4148. Každá priamka predstavuje závislosť pre iné prúdové



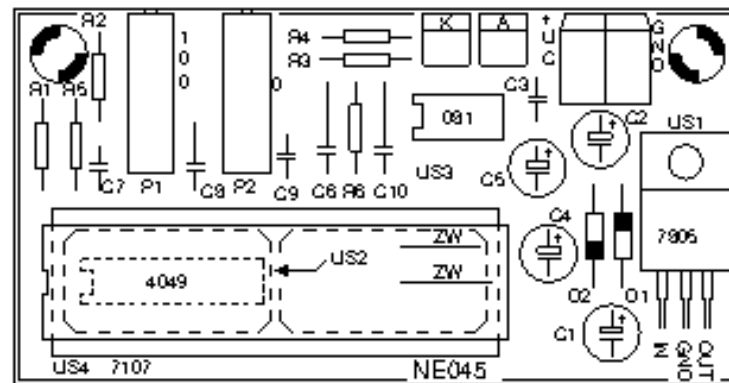
PL: Rys.2.Schemat montażowy płytki wyświetlaczy (NE 045/ NE046D).

SK: Obr. 2 – Rozmieszczenie súčiastok na doske určenej pre displej (NE045/046D)



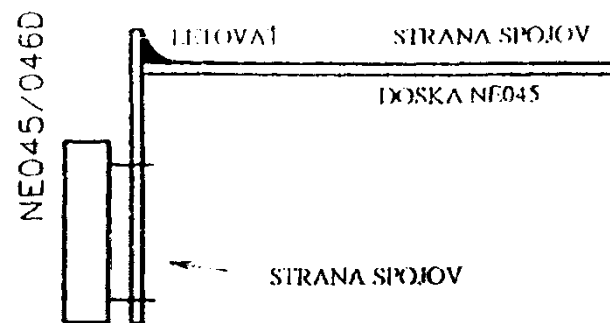
PL: Rys.3 Dodatkowe punkty w warstwie druku płytki wyświetlaczy (NE045/NE046D).

SK: Obr. 3 – Dodatkové body na strane spojov dosťičky displeja (NE045/046D)



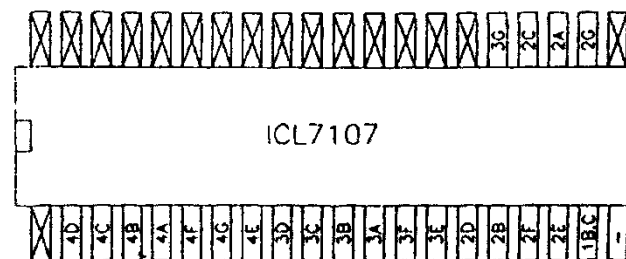
PL: Rys. 4. Schemat montażowy płytki bazowej (NE045).

SK: Obr. 4 – Rozmieszczenie súčiastok na doske s plošnými spojmi (NE045) s nakreslením súčiastok na doske



PL: Rys.5 Sposób łączenia obu płytek drukowanych

SK: Obr. 5 – Spôsob spojenia oboidvoch plošných spojov



PL: Rys.6 Opis wyprowadzeń sterujących segmentami wyświetlacza w podstawie pod ICL7107.

SK: Obr. 6 – Popis vývodov riadiacich 7-segmentový displej na päťci pod Us4 ICL7107

Spis elementów :

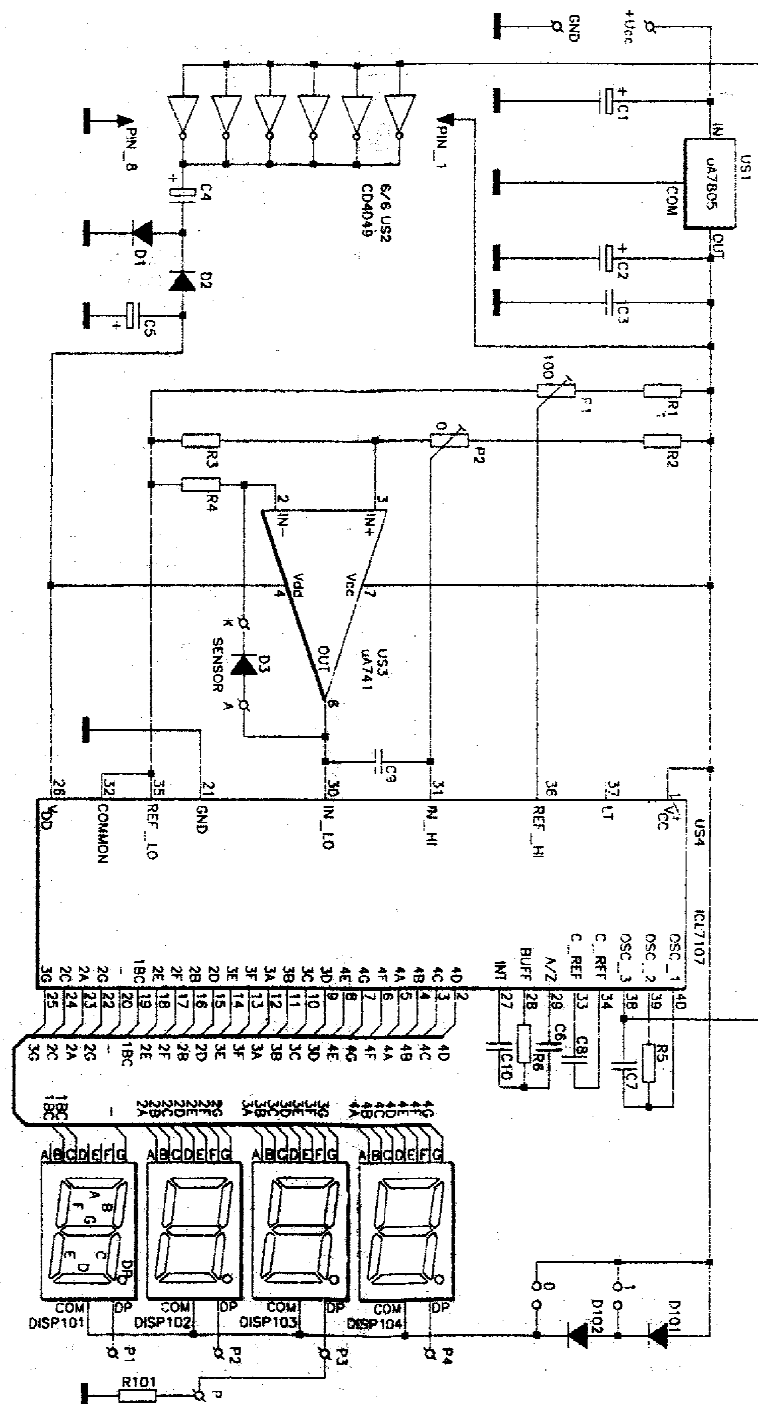
(D: das Verzeichnis der Elemente; SK: zoznam súčiastok; CZ: seznam součástek)

R1	wg tabeli (75k)
R2, R3	wg tabeli (10k)
R4	2,7k
R5	68k
R6	100k
R101	330Ω
P1, 2	Helitrym wg tabeli (10k)
C1	100μ/25V
C2	47μ/6,3V - 63V
C3	100n KCP
C4	10μ/6,3V
C5	100μ/6,3V
C6, 10	220n MKT
C7	100p KCP
C8	100n MKT
C9	10n monolit
D1, 2	BAT 85
D3	1N4148 (sensor)
D101, 102	1N4001-4008
DISP 101-104	wyświetlacz (display)
Us1	μA 7805
Us2	CD 4049
Us3	μA741
Us4	ICL 7107
Obudowa	KM35BN
Płytki (board)	NE045
Płytki (board)	NE045/046 D

UWAGA!

JEŻELI BRAK WSKAZAŃ
TERMOMETRU W ZAKRESIE 0°C-
Ok.20°C PROSZĘ DOŁOŻYĆ
RÓWNOLEGLE DO REZYSTORA R3
REZYSTOR O WARTOŚCI 10kΩ
(WCHODZI W SKŁAD KOMPLETU).

Hel. 1,2	1k	1,5k	2k(2,2k)	4,7k(5k)	10k	15k	20k(22k)
R1	8,2k	10k	20k	39k	75k	100k	100k
R2,3	1k	1,5k	2k	4,7k	10k	15k	20k



PL. BRONIEWSKIEGO 14

76-200 SŁUPSK

tel. 531 841 411

tel. 59 814 61 54

www.neplus.pl

biuro@neplus.pl