

NE045 ČÍSLICOVÝ TEPLOMER - 50°C ... +150°C LED/ICL7107

Ponúkame vám montáž elektronickej stavebnice číslicového teplomeru slúžiaceho na meranie rozsahu teplôt - 50°C ... +150°C s rozlíšením 0,1°C. Zariadenie je vybavené displejom, vytvoreným zo štyroch 7-segmentoviek LED zaisťujúcich veľmi dobré /napr. v porovnaní so zobrazovačom LCD/ podmienky na odčítanie, zvlášť pri slabom osvetlení, alebo pri pozorovaní pod veľkým uhlom. Okrem toho zaisťujú veľmi dobrú /napr. v porovnaní so zobrazovačmi fluorescenčnými/ trvanlivosť. Ako senzor pre meranie teploty je použitý vodivý polovodičový prvok p-n napájaný stabilizovaným prúdom. Takýto senzor zaisťuje uspokojujúce používateľské parametre/ medzi inými lineárnosť ukazovateľov, ľahká kalibrácia /pri relatívne jednoduchom obvodom riešení. Prevodníkom A-C využitým v navrhovanej konštrukcii je integrovaný obvod ICL 7107 výborne spĺňujúci všetky kladené požiadavky /pomer rozlišovacích napätí, 12-bitový delič, transkóder pre 7-segmentový displej, riadiaci člen pre priamu spoluprácu s displejom LED, veľmi jednoduchá aplikácia/.

Teplomer NE045 sa vyznačuje výnimočne malými rozmermi, dovoľujúcimi umiestniť ho v štandardnej skrinke typu KM35BN, vysoké rozlíšenie a lineárnosť, jednoduchá kalibrácia, čitateľný displej, zároveň možnosť napájania nestabilizovaným napätím /napr. cez populárny napájač „adaptérového“ typu/.

Opis funkcie obvodu

Známou vlastnosťou polovodičových prvkov typu p-n je tá, že keď sa v nich vynúti prúd v priepustnom smere, tak úbytok napätia je závislý od teploty prechodu. To znamená, že keď zaisťíme stabilizáciu prúdu /alebo spôsobíme, že stále bude mať danú hodnotu, napr.: 0,5mA/, tak vtedy bude závislosť teploty a napätia presne lineárna! Pokusné skúšania pre niekoľko diód 1N4148 /charakteristiky predstavuje obr.1/, z ktorého okrem iného vyplýva, že ich sklon je záporný. Znamená to, že nárast teploty odpovedá poklesu napätia.

V obvode teplomeru /pozri elektrickú schému/ prúdový zdroj polarizuje meraciu diódu D3 /zostavený s operačným zosilňovačom Us3/ Jeho funkcia je nasledujúca: obvod ICL7107 má vnútorný vysoko-stabilný zdroj porovnávacieho napätia. On riadi medzi svorkami Vcc /vývod 1/ a COMMON /vývod 32/ napätie okolo 2,7V, ktoré je privádzané do deliča R2-P2-r3. NA vývodoch R3 je 1/3 napätia 2,7V, čiže okolo 0,9V. Meracia dióda je zapojená v obvode zápornej spätnej väzby zosilňovača Us3, teda na jeho výstupe OUT /vývod 6/ je také napätie, pri ktorom rozdiel potenciálov na obidvoch vstupoch Us3 /IN+ a IN- je 0V /presnejšie je rovné tzv. napätiu nerovnováhy operačného zosilňovača, rádo vo μV /. To znamená, že na R4 je také napätie, ako na R3 /0,9V/, a voči R3=2,7k Ω cez R4 a D1 tečie stabilizovaný prúd približne 0,33mA. Napätie z anódy D3 je privádzané do invertujúceho vstupu prevodníka A-C /Us4/. Úroveň referenčného napätia privádzaného do neinvertujúceho vstupu je nastavená pomocou viacotáčkového potenciometra P2. Pomocou P1 je nastavené a privádzané merné referenčné napätie do bodov IN-HI, t.j. také úroveň vstupného napätia, pri ktorom odčítanie predstavuje 100,0.

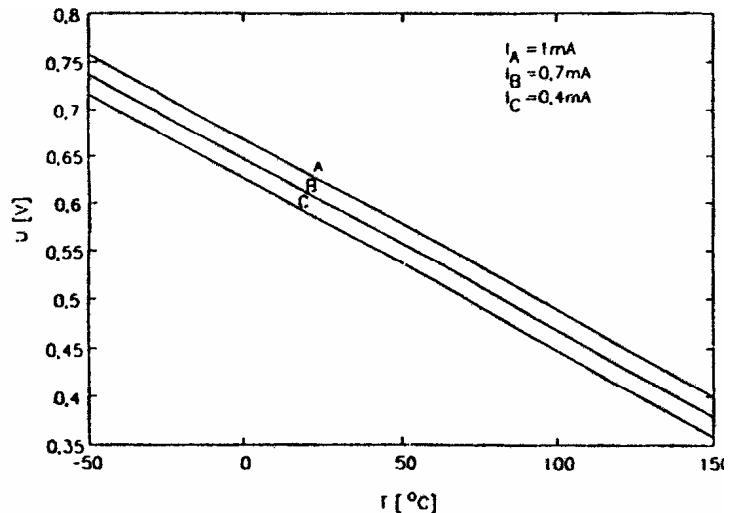
ICL7107 potrebuje pre správnu činnosť vnútorného zdroja referenčného napätia privedenie záporného napätia do bodu Vdd /vývod 26/, okolo -5V až -3V, ktoré je vytvorené jednoduchým diódovým násobičom /C4,D1,D2,C5/ Je riadený pravouhlým priebehom z výstupu oscilátora obsiahnutého v štruktúre ICL7107 prúdovo zosilneným šiestimi paralelne zapojenými invertormi /Us2 – CD4049/. Záporné napätie je taktiež využité pre napájanie operačného zosilňovača /Us3/.

Poznámky týkajúce sa montáže

Súpravu zmontujeme na dvoch doskách s plošnými spojmi: menšia s označením NE045/046D, určené pre 7-segmentový displej LED zároveň s niekoľkými pasívnymi elementmi a druhá trochu väčšia s označením NE045, určenú pre ostatné elementy sústavy. Montáž je jednoduchá a vyžaduje si všeobecne známe princípy: predovšetkým je potrebné absolútne zachovať správnu orientáciu osadenia tých elementov, ktoré to vyžadujú /integrované obvody, diódy, elektrolytické kondenzátory, displej LED, pri čom doporučujeme zachovať príslušný smer vletovania päťice pod integrované obvody /majú podobné označenie, ako integrované obvody/. Tí, ktorí tvrdia, že smer vletovania je bezvýznamný, majú pravdu len formálne – skúsenosti dokazujú, že pri opačnom naložení päťice sa aj opačne nasunie samotný integrovaný obvod, čo prináša osudné chyby. Druhá dôležitá poznámka: v súprave sa nachádzajú súčiastky citlivé na elektrostatický náboj – obvody CMOS /CD4049, ICL7107/. Pri akomkoľvek zaobchádzaní s nimi až do finálnej fáze zmontovania sústavy je potrebné dbať na nižšie uvedené zásady:

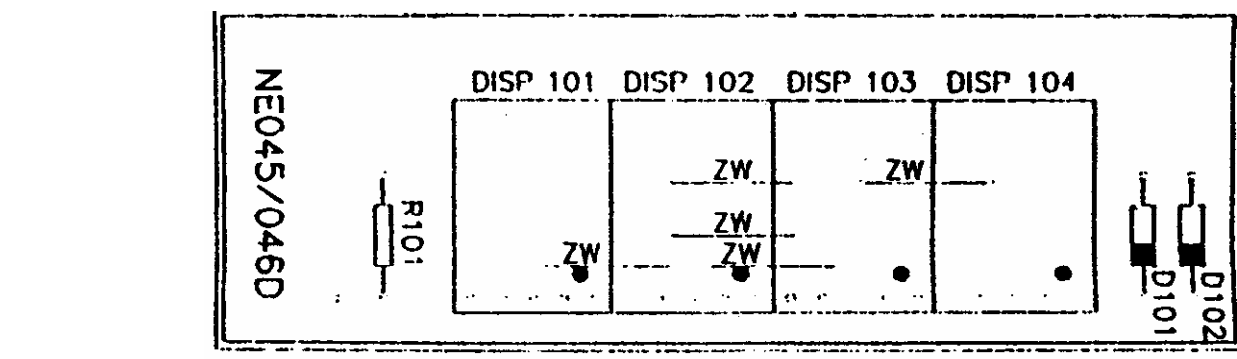
1. Integrované obvody CMOS treba uskladňovať so spojenými vývodmi a nechávať ich spojené až do momentu pred ich vsunutím do päťice. V opačnom prípade spojenie zabezpečíme pomocou vodivej fólie alebo špeciálnej hubky. Túto činnosť je potrebné vykonať podľa bodu 2.
2. Pri zaobchádzaní s obvodom CMOS, ktorý nemá spojené vývody /napr. počas montáže/ sa nemožno dotýkať jeho vývodov akýmkoľvek predmetmi ani prstami.
3. Obvody CMOS musia byť montované do objímok. Počas ich vkladania a vyberania z objímok musí byť napájacie napätie odpojené. Ak je potrebné ich pájkovanie, treba hrot pájkovačky uzemniť. Obvody CMOS umiestňujeme do sústavy ako posledné a vyberáme ich ako prvé.
4. Počas zaobchádzania s obvody CMOS je potrebné zabrániť zhromažďovaniu elektrického náboja / vzniknutého z umelých látok/.
5. Najlepšie by bolo /hoci nie najnutnejšie/, keby mal pracovný stôl pri práci s CMOS uzemnenú kovovú podložku /napr. elektrické spojenie s vodovodnou inštaláciou/.

Vyššie uvedené zásady už nebudú popisované v ďalšej časti opisu.



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

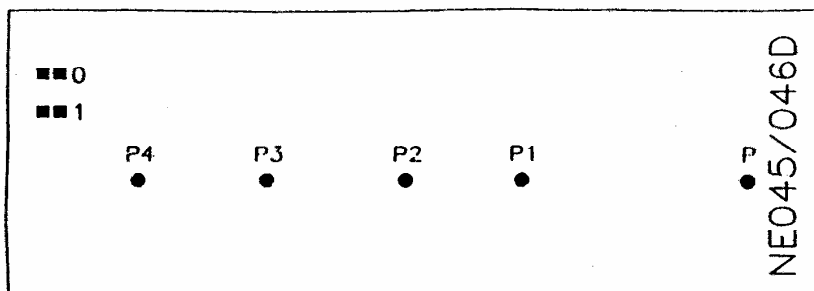
úroveň vstupného napätia, pri ktorom odčítanie predstavuje 100,0.



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

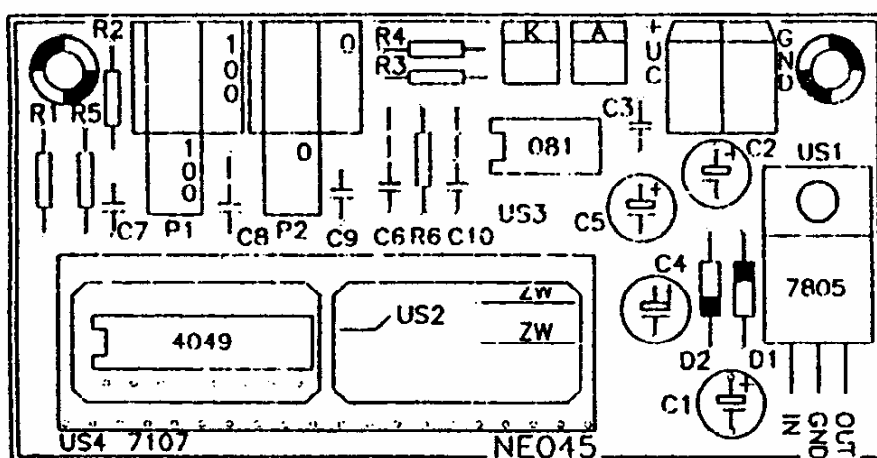
Postup montáže

1. Priletovať na doštičku určenú pre displej prepjky pomocou kúskov drôťkiv na všetky miesta označené ako ZW- /elektricky spojiť body/ vid' obr.2, alebo popis na doštičke.
2. Osadiť doštičku pre displej ostatnými súčiastkami /vid' obr.2/, alebo popis na doštičke. Jeden z vývodov displeja DISP3 je potrebné ohnúť, keď nie je pre neho otvor v doštičke. Varujeme pred opačným vletovaním displeja (porovnaj podľa bodky označujúcou desiatinné bodky): doštička displeja bude pracovať v netypickej polohe „krajným spojom hore“.
3. Body nachádzajúce sa na strane spojov doštičky displeja a opísané na obr.3 je potrebné zatiaľ ponechať voľné.



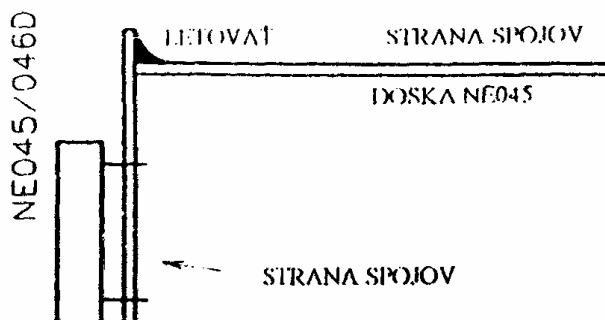
Obr. 3 – Dodatočné body na strane spojov doštičky displeja (NE045/046D)

4. Vletovať do riadiacej dosky drôtené prepjky na miesta označené ako ZW (elektricky spojenie) – vid' obr.4 alebo podľa označenia na doske.



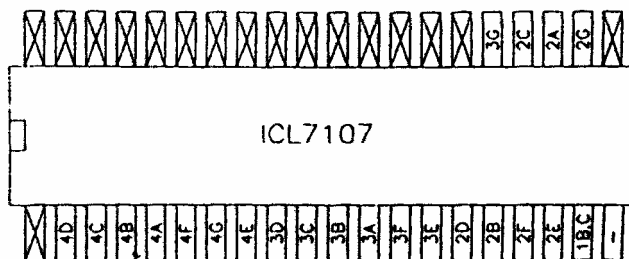
Obr. 4 – Rozmiestnenie súčiastok na doske s plošnými spojmi (NE045) s nakreslením súčiastok na doske

5. Osadiť riadiacu dosku (NE 045) všetkými súčiastkami okrem Us2 (CD 4049) a Us4 (ICL 7107), zvlášť je potrebné na dosku priletovať päťicu pod integrovaný obvod Us4 (obvod Us2 bude montovaný priamo na dosku pod integrovaný obvod Us4 a preto v stavebnici nie je pre neho päťica).
6. Integrovaný obvod (Us1 7805) stabilizátor je potrebné umiestniť v „ležatej“ polohe a priskrutkovať ho k doske skrutkou M3. Keď predpokladáte, že súpravu budete napájať vyšším ako je 10V, tak je potrebné stabilizátor opatřit chladičom. Môže to byť kúsok hliníkového plechu o hrúbke okolo 2mm, ohnutým do tvaru písmena „U“ a umiestneným medzi stabilizátorom a doskou s plošnými spojmi. Sústavu s chladičom je možné napájať napätím v rozsahu 7,5...15V, nedostatok chladenia obmedzuje napájanie do 10V – je potrebné na to tiež pamätať pri oživení.
7. Vykonať priletovanie obidvoch dosiek s plošnými spojmi podľa obr.5. Je to potrebné previesť precízne, na jednotlivé spoje použiť dostatočné množstvo cínu, aby sme zabezpečili dostatočnú mechanickú odolnosť, pevnosť konštrukcie a súčasne nie tak veľa, aby nedošlo medzi sebou ku skratovaniu, ktoré sa potom dosť problematicky odstraňuje. Je potrebné zachovať pravý uhol medzi obidvoma doskami (je vhodné pomôcť si pritom napr. dvoma zverákmi a držať ich v tejto polohe po celý dobu letovania), v opačnom prípade môžu nastať problémy pri ďalšom umiestnení do krabíčky.



Obr. 5 – Spôsob spojenia obidvoch plošných spojov

8. Do obvodu (v ktorom nie sú osadené Us2 a Us4) pripojíme napájanie do bodov +Ucc a GND. Je nutné, aby to bolo napätie aj odfiltrované (nemusí byť stabilizované) v rozmedzí 7,5...15V, avšak s prihliadnutím na bod 6. Prúdový výkon zdroja musí byť min. 300mA. Po pripojení napájania nesmie svietiť žiaden displej. Skontrolujeme výstupné napätie (OUT) stabilizátora Us1 (uA 7805). Najlepšie je zmerať napätia (vzhľadom ku GND) na vývode 7 päťica pod Us3 alebo vývod 1 päťica pod Us4 (obidva musia mať +5V ±10%).



Obr. 6 – Popis vývodov riadiacich 7-segmentový displej na päťici pod Us4 ICL7107

9. Odpojiť napájanie. Vziať kúsok drôtu o dĺžke niekoľkých centimetrov, jeden koniec priletovať k označenému bodu P nachádzajúcim sa na strane spojov doštičky displeja. Pre orientáciu toho bodu vám posluží obr.3.
10. Opäť zapnúť napájanie. Druhý koniec vodiča spájať postupne s tými vývodmi v päťici pod ICL 7107, ktoré sú označené na obr.6. Týmto sú povinné sa rozsvetovať určené segmenty (ale len tieto), v opačnom prípade je potrebné zistiť a odstrániť eventuálne prerušenia alebo spojenia. Uvedomte si, že keď sústave leží riadiacou doskou „dole“ a doštičkou displeja „k nám“, vtedy sa displej nachádza v polohe „hore nohami“. Po tejto skúške odletujeme vodič od bodu P.
11. Odpojiť napájanie. Pomocou kúska drôtičku spojíme bod P s P3 doštičky displeja (nachádzajú sa na strane spojov, porovnaj obr.3).
12. Priletovať na riadiacu dosku integrovaný obvod Us2 (CD 4049) a potom vsunúť do päťice integrovaný obvod Us4 (ICL 7107).

Po prevedení vyššie uvedených činností je zariadenie pripravené k činnosti. Predtým je možné ešte previesť:

Nastavenie jasú svietenia displeja

V tejto etape sú anódy displeja pripojené na napájanie cez dve diódy (D101, D102; pozri schému zapojenia) – a v tejto konfigurácii je svietivosť displeja najnižšia. Keď chceme svietivosť zvýšiť, je možné spojiť body označené „1“ alebo „0“ na doštičke displeja (nachádzajúci sa na strane spojov, pozri obr.3), avšak musíte sa presvedčiť, že maximálny prúd neprekročí 8mA/segment. Pri svietení 25 segmentov to znamená odber nie väčší ako 190mA. Postup činností je nasledujúci:

1. Spojiť vývod 37 obvodu ICL 7107 s jeho vývodom 1.
2. Zapnúť napájacie napätie+ musia sa rozsvietiť všetky zapojené segmenty, t.j. zobrazí sa hodnota „188,8“.
3. Keď je jasnosť svietenia nedostačujúca je potrebné pomocou ampérmetra s rozsahom 200mA alebo vyšším spojiť bod označený ako „1“ nachádzajúci sa na strane spojov doštičky displeja. Teraz prúd segmentov obmedzuje len jedna dióda a segmenty svietia jasnejšie. Keď prúd ukazovaný ampérmetrom presahuje 190mA, tak spojenie bodov „1“ a „0“ je neprípustné. V opačnom prípade (t.j. keď prúd nepresahuje 190mA spojenie bodov „1“ je ešte prípustné a o možnosti spojenia bodov „0“ ešte nič nevieme.
4. Keď hore uvedené odčítanie nebude väčšie než 190mA, spojíme body „0“. Teraz prúd displeja nie je obmedzovaný cez žiadne diódy a svieti najjasnejšie. Keď teraz hodnota prekračuje 190mA, tak spojenie oboch bodov je neprípustné a naopak.
5. Odpojíme napájanie. Teraz môžeme spojiť (zaletovaním) body „1“ alebo body „0“ tak, aby jas displeja bol dostačujúci, s prihliadnutím na výsledok prevedeného testu.
6. Rozpojiť vývody 37 a 1 obvodu ICL 7107.

UPOZORNENIE:

Pripomíname, že nastavovanie jasnosti zariadenia, dokonca ja keď nedôjde k prekročeniu prípustného prúdu v obvode, je príčinou nahrievania sa vnútornej štruktúry obvodu ICL 7107. Mení sa tým merné napätie sústavy a dôsledkom toho vzniká určitý chyba odčítania (zlé ukazovanie najmenej číslce, čiže na úrovni 0,1°C). Doporučujeme to vziať do úvahy a eventuálne nechať zostavu s najslabším svitom displeja.

Nastavenie sústavy

Pred nastavením obvodu snímač teploty (dióda D3 1N4148) je dobré umiestniť do konečnej krabíčky. Musí dobre viesť teplo, môže mať malú hmotu (a zároveň malú tepelnú kapacitu, čo výrazne urýchli meranie) a chrániť snímač pre mechanickými vplyvmi. Je potrebné vziať do úvahy vlastnosti materiálu, z ktorého je prevedená krabíčka pre snímač, keby mal snímač pracovať v chemicky aktívnom prostredí. K typickému použitiu postačí snímač umiestniť napr. v opotrebovanej kovovej skrinke od pera a voľný priestor vyplniť silikónovou pastou. Snímač spojíme s riadiacou doskou (body A a K) s obrátením pozornosti na príslušnú polaritu. Potenciometer P1 nastaviť „do polovice“. Pripravíme si nádobu so zmesou rozpusteného ľadu s vodou (hodnota 0°C) a zároveň nádobu s vriacou vodou (hodnota 100°C). Umiestnime snímač teploty do nádoby s 0°C a po určitej dobe (potrebnej k vyrovnaní teploty snímača a jeho prostredia) pomocou P2 prevedieme označenie na hodnotu 00,0. Potom umiestnime snímač v teplote 100°C a po chvíli prevedieme pomocou P1 označenie na hodnotu 100,0. Opakujeme ešte obidve uvedené činnosti niekoľkokrát a nastavovanie môžeme uznať za ukončené.

Záverčné poznámky

1. Je možnosť napájania zostavy stabilizovaným napätím +5V. V tomto prípade je potrebné vynechať stabilizátor Us1 (uA 7805) a vykonať spojenie medzi obidvoma vonkajšími letováciami bodmi pre tento obvod (IN a OUT). Stredný bod ponecháme voľný (nezapojený).
2. Nie je dovolené umiestňovať senzor 1N4148 v teplote vyššej ako 155°C, lebo hrozí jeho poškodenie alebo trvalé zmenenie parametrov.
3. Sústava by mala byť používaná v teplote nie rôznej než $\pm 10^{\circ}\text{C}$ od tej, pri ktorej bola ladená (ide tu o teplotu, v ktorej sa nachádza elektronická sústava teplomeru a nie snímač) – v opačnom prípade vzniknú isté chyby merania (rádovo 1°C). Podľa predpokladanej teploty, v ktorej bude zostava pracovať (ľubovoľná v rozsahu $0^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$), je potrebné nastaviť zostavu v rozmedzí $\pm 10^{\circ}\text{C}$. V prípade potreby práce sústavy v celom rozsahu dovolených teplôt so súčasným zachovaním vysokej presnosti v plnom rozsahu (určenom pre skúsených a veľmi náročných elektrotechnikov) by bolo nutné jeho teplotné skompenzovanie, napr. nasledujúcim spôsobom:
 - zabezpečiť, aby tepelné hodnoty súčiastok R1 a P1 boli rovnaké,
 - zabezpečiť, aby tepelné hodnoty súčiastok R2 a P2 boli rovnaké,
 - použiť súčiastky R3 a R4 s termickou hodnotou rovnajúcou sa 0.
4. Iným riešením môže byť napr. umiestnenie celej elektroniky v prostredí kde je stabilizovaná teplota. Samozrejme v populárnych použitíach (napr. práca v domácich podmienkach alebo v automobile) je problém stabilizácie teploty bezvýznamný.
5. Obidva vodiče spájajúce snímač s teplomerom by mali byť prevedené z rovnakého materiálu (doporučujeme medené); v opačnom prípade na napätie z diódy navýši sa dodatočné napätie skresľujúce údaj odčítania teploty. Dĺžka vodiča môže byť niekoľko metrov, je potrebné však využívať teplomer s tým vodičom, s ktorým bol nastavovaný. Vzhľadom k efektu starnutia sa nedoporučuje používanie akýchkoľvek dodatočných spojov (zástrčiek, prepínačov) medzi snímačom a elektronickou sústavou (previesť „pevne“ letované spojenie).
6. Nie je jednoduchý spôsob (t.j. bez väčšieho zásahu do konštrukcie) na prispôbenie úpravy k meraniu teploty niekoľkými samostatnými snímačmi, napr. často navrhovaným spôsobom použitia prepínača pre výber snímača. Problém tkvie v tom, že jednotlivé exempláre diód 1N4148 majú rozdielne elektrické parametre, a teplomer zostáva naladený na parametre konkrétnej diódy. Jedine, ak niekto nájde identické exempláre diód.

Vybrané technické parametre:

Napájacie napätie (Ucc), Us1 s chladičom:	7,5...15V/nestabilizované
Napájacie napätie (Ucc), bez chladiča:	7,5...10V/nestabilizované
Napájacie napätie (Ucc), bez Us1:	5V/stabilizované (pozn. uvedená v bode 1.)
Odber prúdu (Icc):	max. 250mA
Dovolená teplota snímača 1N4148:	155°C
Rozsah meraných teplôt:	-50°C...+150°C
Rozlíšenie odčítania:	0,1°C
Pracovná teplota prístroja:	0°C...+70°C (pozn. uvedené v bode 2.)

Zoznam súčiastok:

R1.....	podľa tabuľky	C9.....	100nF MKT
R2,3.....	podľa tabuľky	D1,2.....	BAT 85
R4.....	2,7 kOhm	D3.....	1N4148 (senzor)
R5.....	68 kOhm	D101,102.....	1N4001
R6.....	100 kOhm	DISP101-104.....	displej CA HD1131
R101.....	330 Ohm	Us1.....	uA 7805
P1,2.....	podľa tabuľky	Us2.....	CD 4049
C1.....	100uF/25V	Us3.....	TL 081
C2.....	47uF/6,3-40V	Us4.....	ICL 7107
C3.....	100nF TK	DIL8	
C4.....	10uF/6,3V	DIL40	
C5.....	10uF/6,3V	Plošný spoj.....	NE045
C6,10.....	220nF MKT		NE045/046
C7.....	100pF TK	Krabička	
C8.....	100nF MKT		

Tabuľka:

P1,2	1k	1,5k	2k (2,2k)	4,7k	10k	15k	20k (22k)
R1	8,2k	10k	20k	39k	75k	100k	100k
R2,3	1k	1,5k	2k	4,7k	10k	15k	20k

DOVOZCA: S.O.S. electronic, Zádielska 12, 040 01 Košice

