



## REFERENČNÝ TEPLOMER

### Úloha

1. Podľa predloženej schémy zapojenia navrhnete motív plošného spoja.
2. Navrhnutý motív plošného spoja preneste na dosku plošného spoja.
3. Plošný spoj vyrobte.
4. Osadíte súčiastky.
5. Zariadenie oživte.



### Úvod

V praktickej časti ZENIT v elektronike budete stavať tzv. referenčný teplomer. Ide o precízny analógovo-číslícový obvod, ktorý je schopný spracovávať signál z dvoch platinových odporových senzorov teploty (RTD) a dvoch termočlánkov (TC). Obvod využíva presné a stabilné súčiastky, pokročilé metódy merania a výsledný výpočet hodnoty teploty je realizovaný podľa odporúčenia ITS-90 pre primárne senzory (SPRT – Standard Platinum Resistance Thermometer) aj pre sekundárne priemyselné senzory (IPRT – Industrial Platinum Resistance Thermometer). Pri správnom návrhu plošného spoja bude presnosť merania definovaná len kvalitou a presnosťou použitých senzorov a ich kalibráciou. Zariadenie je ovládané mikrokontrolérom a komunikuje SCPI príkazmi cez sériovú linku. Dá sa preto využiť aj v automatizovaných meracích aparátúrach.

Konštrukcie zo ZENIT-u sú u študentov veľmi populárne napríklad ako praktické maturity. Radi by sme Vás upozornili, že ide o chránené autorské dielo a na prebratie akejkoľvek jeho časti do Vašej maturitnej, alebo inej práce je nutné mať súhlas autorov (kontakt na konci dokumentu) a dielo sa musí správne citovať s uvedením plnej referencie zdroja.

**Použitie akejkoľvek nepovolenej pomoci je na súťaži zakázané. Porušenie nariadenia bude penalizované diskvalifikáciou.**

### Hodnotenie

Za praktickú časť možno získať maximálne 80 bodov. Hodnotenie praktickej časti je nasledovné:

- Návrh plošného spoja maximálne 20 bodov
- Kvalita spájkovania a osadenia maximálne 15 bodov
- Čistota vyhotovenia maximálne 5 bodov
- Funkcia zhotoveného zapojenia maximálne 40 bodov, z toho:
  - mikrokontrolér s doskou displeja 5 bodov
  - referencia napätia a AD prevodník 5
  - prúdový zdroj 10 bodov
  - meranie RTD senzorov 10 bodov
  - meranie termočlánkov 10 bodov
- Bonus: plne funkčný návrh na doske 100x120 mm, ktorý je integrovaný do 3D tlačenej krabičky (špeciálny hardware a príslušenstvo k teplomeru, kalibrácia. Ponuka platí do vyčerpania zásob.)

Celková kvalita návrhu dosky (rozmiestenie súčiastok, elektrická kvalita dosky, návrh motívu, počet a rozmiestnenie prepojok, celková veľkosť dosky, použitie polygónov aj keď nie je povolené...) sa hodnotí v rámci parametra „Návrh plošného spoja“.

### Návrh plošného spoja

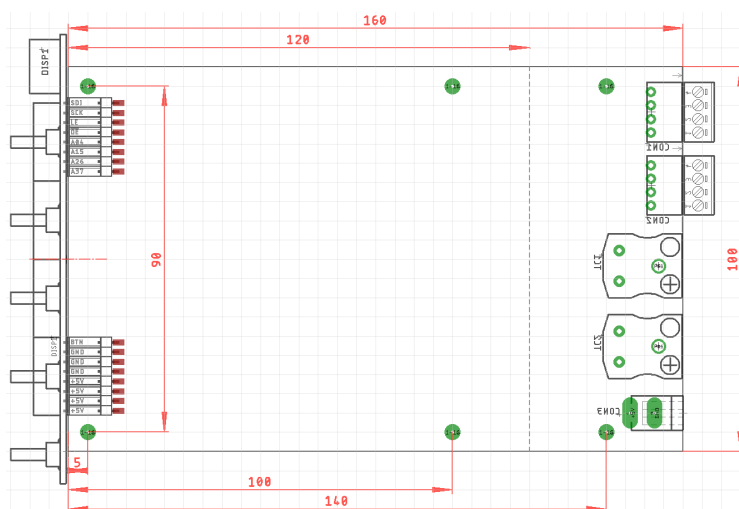
Nasledujúce inštrukcie si prečítajte starostlivo a s porozumením. Správny návrh má priamy vplyv na funkčnosť, Vašu úspešnosť a celkové hodnotenie.



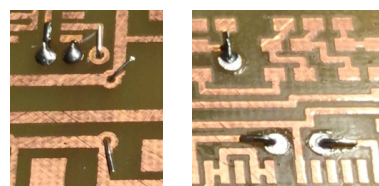
K dispozícii máte obojstranné dosky plošných spojov potiahnuté fotocitlivou vrstvou o veľkosti 160x100 mm. Presná veľkosť Vášho návrhu plošného spoja nie je daná, z materiálu použite toľko, koľko potrebujete. Dosku ostrihajte na potrebnú veľkosť ešte pred osvitom, kým je stále zalepená ochrannou fóliou.

Navrhujete plošný spoj pre merací prístroj s užívateľským rozhraním. Na predný panel preto ide modul displeja. Všetky merané signály a napájanie sa ku prístroju pripoja cez zadný panel. Mikrokontrolér umiestnite na dosku podľa potreby. Zohľadnite ale prístup ku USB konektoru (sériový port). Doporučené rozloženie konektorov je znázornené na obrázku 1.

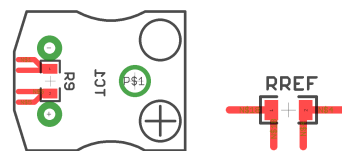
V prípade záujmu sú pre zariadenie pripravené dva modely 3D tlačenej krabičky. Prvý pre dosku veľkosti 100x160 mm a druhý, pre kompaktnejšiu dosku veľkosti 100x120 mm. Ak chcete využiť krabičku, veľkosť dosky je fixná a je potrebné dodržať rozloženie konektorov a uchytačiacich otvorov. USB port bude pripojený pomocou predĺžovačky namontovanej na zadnom paneli nad konektormi TC2 a CON3.



Obr. 1: Doporučené rozloženie dôležitých súčiastok. Displej na prednom paneli, všetky konektory na zadnom paneli.



Obr. 2: Realizácia prechodov medzi vrstvami



Obr. 3: Umiestnenie senzora R9 na konektor termočlánku a príklad štvorvodičového pripojenia k meracím rezistorom

**Všetky súčiastky a všetky drôtové prepajky musia byť osadené na vrchnej strane dosky (top). Konektory CON1, CON2, CON3, TC1, TC2 osadíte na spodnú stranu dosky. V súboroch pre Eagle/KiCAD, ktoré ste dostali sú súčiastky už rozdelené do vrstiev kam patria. Priradenie súčiastok do vrstiev nemeňte!**

V súboroch je taktiež prednastavený raster na 0,635 mm, tento tiež nemeňte.

Celá spodná strana dosky je súvislá zemná rovina, nedávajte do nej žiadne spoje. V súbore, ktorý ste dostali je už pripravený polygón. Pripojenie na zem sa realizuje drôtovými prepajkami, doporučený spôsob prechodu medzi vrstvami obojstrannej dosky je „prekovená“ diera (v Eagle Via), priemer vrtáku 0,6-0,8 mm, priemer plôšky min. 2,2 mm. Do diery sa z oboch strán vloží, zafixuje a zaspájkuje krátky drôt, viď. obrázok 2.

Pre jednoduchšie rozlíšenie spájkovacích plôšok doporučujeme použiť iný tvar (napr. štvorec) pre prepajky na zem, tieto sa vrtajú, a iný tvar pre drôtové prepajky (napr. kruh), ktoré sa nevrtajú.

### **Nepoužívajte polygóny.**

Aby ste vedeli správne priložiť film na dosku, vždy umiestnite do návrhu dostatočne dlhý čitateľný text. Doporučujeme „STRANA SÚČIASTOK“ do vrstvy Top. Tento text musí byť čitateľný aj na priloženej fólii.

Doporučená šírka spoja a medzery pre bežné signály je minimálne 0,6 mm. Veľmi krátke spoje sa dajú realizovať aj 0,4 mm. Čím širšie vodiče, tým jednoduchšia bude výroba dosky.

**Použitie autoroutra je zakázané. Porušenie nariadenia bude penalizované diskvalifikáciou.**

**Návrh plošného spoja v pravidelných intervaloch ukladajte.**

## Výroba plošného spoja

Hotový projekt pomenujte Vaším súťažným číslom a nahrajte ho do centrálného úložiska ktoré otvoríte cez linku <https://cernbox.cern.ch/s/ld2EuB9DaS1Dc3S>



Ak používate Eagle, nahrajte .brd a .sch súbory (napr. A01.brd, A01.sch). Ak používate KiCad zazipujte obsah celého projektového adresára bez podadresára -backups (napr. A01.zip) a nahrajte na úložisko.

Výroba dosiek začína v miestnosti Elektrodielne č. 4B, kde sa zo spoločného počítača vytlačia fólie pre osvit. Následne sa vyvolajú a vyleptajú. Pracujete s chemikáliami, preto používajte ochranné pracovné pomôcky (okuliare a rukavice).

Po vyleptaní sa presuniete do svojej súťažnej miestnosti, kde dosku vyvrtáte a dokončíte. Súčiastky s hrubými vývodmi, alebo veľkými otvormi majú vytvorené 1 mm pady, aby sa vám prvotná diera ľahko vrtala. Po prevrtaní malým vrtákom (presne v strede padu) zväčšíte diery nasledovne:

- otvory pre ploché piny napájacieho konektora (CON3) 2-3 diery  $\varnothing$  1,3 mm vedľa seba, vytvorte oválnu drážku
- konektory pre termočlánky (TC1, TC2) a RTD senzory (CON1, CON2)  $\varnothing$  1,3 mm
- uchyťavacie otvory do krabičky  $\varnothing$  3,0 mm

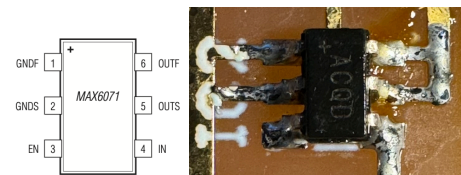
Všetky vyvrtané diery musia mať na strane zemnej roviny začištené okraje, aby nedošlo ku skratu. Použite vrták s väčším priemerom a ručne odstráňte prebytočnú meď.

## Osadzovanie

Všetky súčiastky a drôtové prepojkky sú osadené na vrchnej strane dosky. Konektory pre pripojenie senzorov (CON1, CON2, TC1, TC2) a napájací konektor (CON3) sú osadené na spodnej strane dosky.

Pre správne zarovnanie konektorov ovládacieho panela doporučujeme spájať konektory (samica pinovej lišty) s nasadeným displejom.

Zdroj referenčného napätia IC8 je vo veľmi malom púzdre SOT23-6. Najskôr skontrolujte či je plošný spoj správne vyleptaný (napr. mikroskopické skraty...) a následne pre osadzovanie použite mikroskop. Pin č. 1 je označený znakom +, viď Obr. 4. Ak nie ste schopní IC8 osadiť, neváhajte požiadať dozor o pomoc.



Obr. 4: Označenie pinu č.1 na referencii MAX6071

## Oživenie a odovzdanie konštrukcie

Súťažiaci majú k dispozícii oživovacie pracovisko, kde môžu svoj výrobok pred odovzdaním otestovať. Problémy, ktoré súťažiaci zistia a opravujú pred oficiálnym odovzdaním výrobku sa do hodnotenia nezapočítavajú. Problémy, ktoré sa zistia pri oficiálnom odovzdaní hodnotiacej komisii sa do finálneho hodnotenia započítavajú.

Zapojenie je navrhnuté modulárne a jednotlivé bloky sa dajú oživiť aj samostatne. V prípade časovej tiesne nemusíte navrhovať alebo osadzovať kompletný plošný spoj. Výrobok bude možné oživiť aj po častiach. Súťažiacemu sa podľa stupňa rozpracovanosti stále udelia body za dokončenú a funkčnú prácu.

## Popis zapojenia

Teplomer sa skladá zo štyroch funkčných blokov – obvodov pre meranie rezistívnych senzorov teploty, obvodov pre meranie termočlánkov, multiplexera a analógovo-číslcového prevodníka a mikrokontroléra so zobrazovacou jednotkou.

### Meranie rezistívnych senzorov

Rezistívne senzory teploty na báze platinových rezistorov nachádzajú široké využitie od merania v priemyselných procesoch až po najpresnejšie metrologické aplikácie. Najčastejšie používané modely sú PT100, s nominálnou hodnotou 100  $\Omega$  pri teplote 0 °C, a PT1000 s nominálnou hodnotou 1000  $\Omega$  pri teplote 0 °C. Teplotný koeficient odporu zliatiny platiny používanej v priemyselných senzoroch je 0.385%/°C a jeho priebeh je veľmi presne zmapovaný v celom rozsahu použiteľnosti. Platinové senzory sú použiteľné v rozsahu teplôt -200 až +850 °C, najčastejšie aplikácie bežných senzorov sú v rozsahu od -50 do +250 °C. V tomto rozsahu dosahuje hodnota odporu senzora PT100 približne 80 až 200  $\Omega$ . Meranie teploty RTD senzormi je úloha merania odporu stredných hodnôt a následným prepočtom na teplotu.

Poznáme mnoho metód merania odporu. Pre referenčný teplomer sme zvolili porovnávaciu metódu. Merané rezistory sú zapojené v sérii a napájané zdrojom konštantného prúdu. Pomocou viac kanálového analógovo-číslcového prevodníka meriame úbytok napätia na každom rezistore. Ak bude mať jeden z rezistorov presne



známu hodnotu, ktorá sa nemení s časom ani teplotou (tzv. referenčný rezistor, v zapojení  $R_{REF}$ ), a zdroj prúdu bude udržiavať konštantný prúd, ktorého hodnota sa počas merania nebude meniť, môžeme priamo porovnať úbytky napätia na každom rezistore a vypočítať ich hodnoty. Hlavná výhoda tejto metódy je, že potrebujeme len jeden prvok, ktorého hodnotu poznáme presne ( $R_{REF}$ ) a prúd, ktorého presnú hodnotu nemusíme poznať, len sa nesmie meniť. Pri podrobnej analýze rovníc zistíme, že dokonca nepotrebujeme poznať ani presnú hodnotu referenčného napätia AD prevodníka, znova bude stačiť len ak sa nebude meniť.

Zdroj prúdu tvorí operačný zosilňovač IC1A. Ten sa pomocou tranzistora T2 snaží na rezistoroch R1-R4 vytvoriť rovnaké napätie ( $U_{REF}$ ) ako má na neinvertujúcom vstupe. Hodnota  $U_{REF}$  ani R1-R4 sa nemení, záťažou bude teda pretekať konštantný prúd bez ohľadu na jej veľkosť. Doporučený budiaci prúd senzorov PT100 je  $<1$  mA. Pre presné merania, kde samoohrev senzora môže spôsobiť neakceptovateľnú chybu, vieme pomocou prepínania kombinácie rezistorov R1-R4 znížiť merací prúd na  $250 \mu\text{A}$  (16x nižší stratový výkon, za cenu 4x nižšieho odstupe signál/šum).

Zdroj prúdu napája referenčný rezistor  $R_{REF}$ , dva externé senzory RTD1/RTD2, a ďalší senzor teploty R9, ktorý slúži na meranie teploty tzv. studeného konca termočlánku. V prípade nezapojeného senzora RTD1, alebo RTD2 prúd obteká svorky cez antiparalelne zapojené diódy.

Pre dosiahnutie maximálnej presnosti merania sú všetky rezistívne senzory pripojené štvorvodičovo. V prípade, že používame dvojvodičové PT100 senzory, pripoja sa na prúdové svorky (medzi -2 a -3). Pripojenie senzora takisto obsahuje filter pre súhlasný aj diferenciálny mód (kondenzátory  $10 \text{ nF}$ ).

Ďalej, pre dosiahnutie maximálnej presnosti používame metódu s inverziou polarít budiaceho prúdu. AD prevodník vždy odoberie dve vzorky. Prvú s kladnou polaritou budiaceho prúdu a druhú s opačnou polaritou. Výsledné namerané napätie je priemer týchto dvoch meraní, čím sa potlačí vplyv statických chýb v obvode, najmä chyby nuly AD prevodníka a termoelektrických napätí na prechodoch rôznych kovov v meracom reťazci.

### Meranie termočlánkov

Termočlánok využíva pre meranie teploty odlišný princíp, a síce vytvorenie termoelektrického napätia na styku dvoch rôznych kovov, ak konce majú rôznu teplotu (Seebeckov jav). Typické hodnoty termoelektrického napätia sú v ráde desiatok  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  podľa použitých kovov. Použitie materiály takisto určujú maximálny rozsah teplôt, ktoré dokážu merať. Od kryogénnych teplôt až po rádovo  $2700^\circ\text{C}$ .

Meranie teploty termočlánkom je úloha merania veľmi nízkych napätí so snahou o elimináciu akýchkoľvek parazitných termonapätí (napr. na konektoroch, alebo plošnom spoji) a elektromagnetického rušenia, s následným prepočtom na teplotu. Naš teplomer je navrhnutý pre termočlánky typu K v rozsahu cca.  $-200^\circ\text{C}$  do  $400^\circ\text{C}$ . Dá sa jednoducho upraviť pre meranie v širšom rozsahu, alebo s iným typom termočlánku.

Termočlánok sa pripája špeciálnym konektorom, ktorý je rozdielny pre každý typ termočlánku (napr. typ J, K). Pre správne a presné meranie je nutné zabezpečiť, aby sa konektor nachádzal mimo zdroja tepla a aby na doske nebol teplotný gradient. Celý obvod pre spracovanie signálu z termočlánku musí mať rovnakú teplotu.

Malé jednosmerné napätie je vyfiltrované dolnopriepustným filtrom R5-R6-C4 a zosilnené operačným zosilňovačom IC3. Zosilnenie (17x) je nastavené späťoväzobnými rezistormi rovnakého typu a rovnakej hodnoty, aby sme dosiahli stabilnú a teplotne nezávislú hodnotu. Použitý operačný zosilňovač je jeden z najlepších, typu „zero drift“ s maximálnym offsetovým napätím  $5 \mu\text{V}$ . Napriek tomu môže offset po zosilnení OZ spôsobiť chybu merania  $1-2^\circ\text{C}$ . V programe je preto implementovaná kalibrácia offsetu. Maximálna hodnota (plný rozsah) pre AD prevodník je  $\pm 250 \text{ mV}$ . Pre rozšírenie meracieho rozsahu sa jednoducho upraví zosilnenie IC3.

Termoelektrické napätie na výstupe termočlánku je úmerné rozdielu teploty teplého a studeného konca. Historicky (a v súčasnosti pre tie najpresnejšie merania) sa studený, referenčný koniec termočlánku udržiaval vo vodnej lázni pri teplote presne  $0^\circ\text{C}$ . Pre merania v teréne, alebo priemysle nie je veľmi praktické prevádzkovať referenčnú lázeň s teplotou presne  $0^\circ\text{C}$ . Preto sa zaviedol alternatívny postup, kde sa iným, veľmi presným teplomerom meria teplota studeného konca a táto sa použije pre kompenzáciu rozdielu skutočnej teploty studeného konca a  $0^\circ\text{C}$ . V našom teplomeri túto funkciu zabezpečuje platínový PT100 senzor R9. Senzor musí byť v tesnom tepelnom kontakte s pinmi konektora termočlánku (TC1, TC2). Pre maximálnu presnosť by mal byť prekrytý tepelno-ochrannou vrstvou. Presnosť merania môže negatívne ovplyvniť aj prúd vzduchu okolo dosky. Je veľmi dôležité, aby bola elektronika teplomera nainštalovaná v krabičke.

### Multiplexer a analógovo-číslcový prevodník

V zapojení je použitý len jeden analógovo-číslcový prevodník IC6. Ide o typ MCP3553-3, rozlíšenie 22 bitov a maximálna rýchlosť vzorkovania 60 vzoriek za sekundu. Meranie teploty nevyžaduje príliš vysokú



vzorkovaciu frekvenciu. Pri inteligentnom spracovaní dát prináša použitie toho istého prevodníka pre všetky merania výhodu v tom, že sa automaticky kompenzuje väčšina statických chýb prevodu a prevodníka.

Použitý prevodník má diferenciálny vstup a podporuje široký rozsah vstupného napätia. Preto je s použitím polovodičových prepínačov veľmi jednoduché merať napätia všetkých kanálov – referenčný rezistor, napätie na RTD1, napätie na RTD2, PT100 senzor studeného konca termočlánku, zosilnené napätie termočlánku 1 a termočlánku 2.

Referenčné napätie AD prevodníka sa získava z externej referencie IC8 s typickým teplotným koeficientom 1,5 ppm/°C. Presná hodnota referenčného napätia nie je potrebná pre merania rezistívnych senzorov, ale je kritická pre merania termočlánkom. Výstupné napätie referencie 2,5 V sa vydolí na hodnotu 250 mV pomocou rezistorov R37-R42. AD prevodník podporuje aj nižšie hodnoty referenčného napätia (za cenu mierneho zníženia pomeru signál/šum), čo nám ale výrazne zjednoduší zapojenie teplomera. Všetky rezistívne senzory sa dajú merať priamo, bez dodatočných operačných zosilňovačov a zosilňovače pre termočlánky potrebujú len nízke zosilnenie (17).

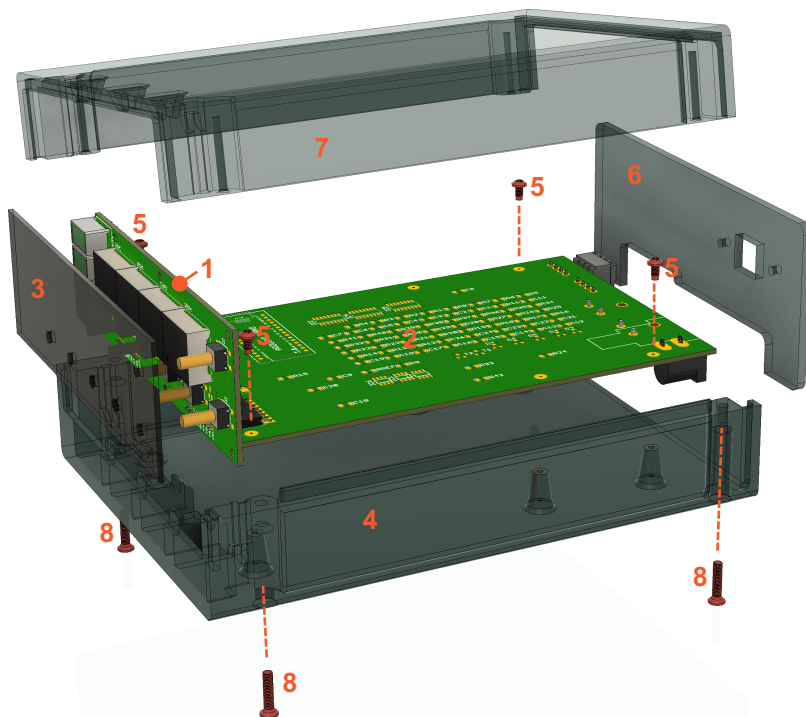
### Mikrokontrolér a zobrazovacia jednotka

Mikrokontrolér ATmega328P vo forme modulu Arduino Nano je prispájkovaný priamo na doske teplomera. Ak chcete využiť komunikáciu teplomera s počítačom, je nutné umiestniť modul mikrokontroléra tak, aby sa k nemu dal pripojiť sériový kábel (USB port/predlžovačka).

Zobrazovacia jednotka je samostatný modul vybavený dvoma pinovými lištami. Ku hlavnej doske teplomera je doska displeja pripojená dvoma pinovými zásuvkami. Pre správnu integráciu je nutné dodržať presnú polohu týchto konektorov ako je naznačené v dokumentácii. Takisto, pinové zásuvky spájajte na dosku teplomera s pripojeným displejom, aby ste získali presnú mechanickú polohu do krabíčky.

Podrobnosti ku programu mikrokontroléra a osadzovací plán jednotky displeja sú v druhej časti dokumentácie.

## Škatuľka a mechanická integrácia teplomera



Obr. 5: Kompletizácia škatuľky

Postup montáže elektroniky do škatuľky:

Pripojiť dosku displeja (1) ku doske teplomera (2). Na prednú stranu nasunúť filter pre displej (3).

Zostava sa zasunie do drážok v spodnej časti škatuľky (4), uistite sa, že displej aj plošný spoj je riadne umiestnený v svojej drážke.

Zostava sa priskrutkuje štyrmi krátkymi skrutkami (5) ku spodnej časti škatuľky.

Nainštaluje sa zadná stena (6) a predlžovačka pre USB port.

Nainštaluje sa vrchná polovica škatuľky (7). Vrchná a spodná polovica škatuľky sa spojí štyrmi dlhými skrutkami (8).

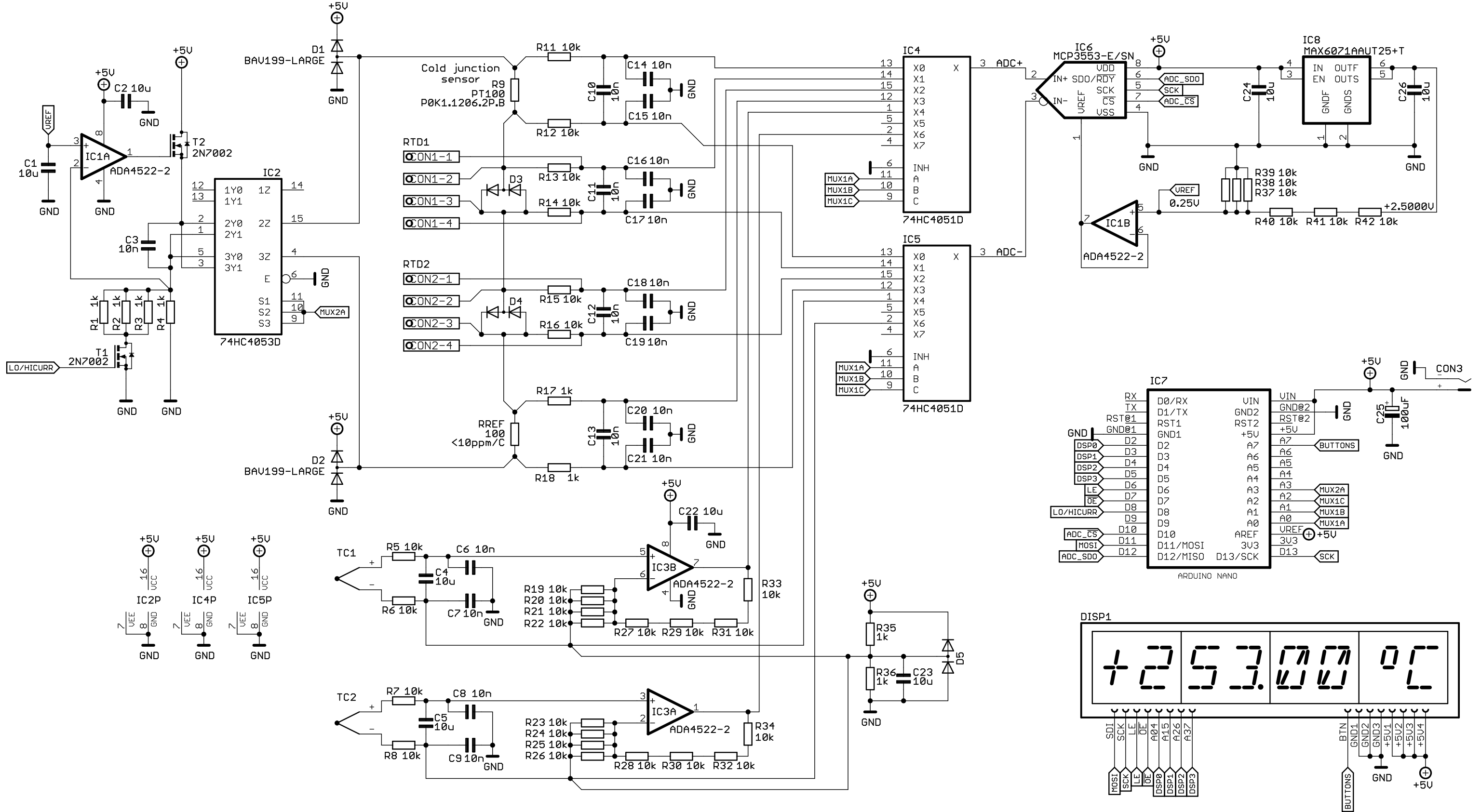


## Zoznam súčiastok

| Počet | Súčiastka  | Hodnota                            | Poznámka   |
|-------|--|------------------------------------|--|
| 8     | C1, C2, C4, C5, C22, C23, C24, C26   | 10 uF, keramický 1206              | Páska označená <b>červenou</b>   |
| 1     | C25  | 100 uF, tantal                     |  |
| 17    | C3, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21   | 10 nF, keramický 1206              |  |
| 2     | CON1, CON2   | OQ0412510000G+15EDG K-3.5/4P       | <b>Osadiť zo spodnej strany</b>  |
| 1     | CON3   | C9743-CCRN001R                     | Napájací konektor 2,1 mm. <b>Osadiť zo spodnej strany</b>  |
| 5     | D1, D2, D3, D4, D5   | BAV199                             |  |
| 1     | DISP1  | DISPLEJ<br>2x 8-pinová zásuvka SMD | Modul displeja pre teplomer. Pinové zásuvky spájajte s pripojeným displejom. Presná poloha je dôležitá.  |
| 2     | IC1, IC3   | ADA4522-2                          |  |
| 1     | IC2  | 74HC4053D                          |  |
| 2     | IC4, IC5   | 74HC4051D                          |  |
| 1     | IC6  | MCP3553-E/SN                       |  |
| 1     | IC7  | Arduino Nano                       | Osadzuje sa bez vŕtania na stranu súčiastok  |
| 1     | IC8  | MAX6071AAUT25+T                    | Veľmi malé púzdro, vid'. kapitola osadzovanie  |
| 8     | R1, R2, R3, R4, R17, R18, R35, R36   | 1k, 0,1%                           | Páska označená <b>modrou</b> . Nezameniť s obyčajnými 1k 1% rezistormi z dosky displeja!   |
| 32    | R5, R6, R7, R8, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R37, R38, R39, R40, R41, R42 | 10k, 0,1%                          |  |
| 1     | R9   | P0K1.1206.2P.B                     | Senzor teploty PT100, púzdro 1206. <b>Spájkovať veľmi opatrne, neprehrievať.</b>   |
| 1     | RREF   | 100 Ω, 10 ppm/°C                   | Referenčný rezistor. Pre najlepšiu presnosť doporučujeme pred osadením zmerať hodnotu presným multimetrom. <b>Spájkovať veľmi opatrne, neprehrievať.</b> |
| 2     | T1, T2   | 2N7002                             |  |
| 2     | TC1, TC2   | IM-K-PCB                           | Zásuvka pre termočlánok. <b>Osadiť zo spodnej strany.</b>  |
|       | Plošný spoj 100x160 mm   |                                    |  |
|       | Spojka pre USB kábel   |                                    |  |

Autori: Ing. Peter Adamec, Adam Lassak, Bc. Martin Petrek, Ing. Jaromír Sukuba, Bc. Juraj Tvarožek, doc. Ing. Daniel Valúch, PhD.

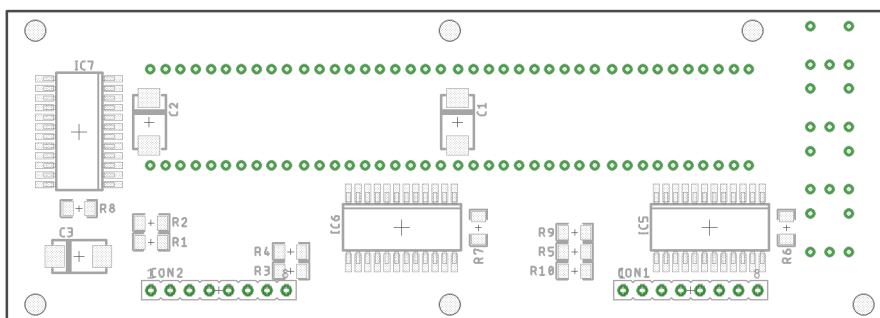
Kontakt: [daniel.valuch@cern.ch](mailto:daniel.valuch@cern.ch)



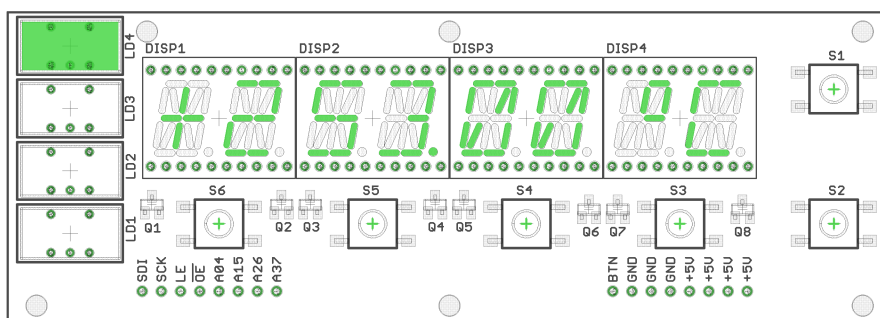


## Užívateľské rozhranie a zobrazovač

### Osadzovací plán a zoznam súčiastok



Obr. 5: Osadzovací plán strana spojov



Obr. 6: Osadzovací plán strana súčiastok

| Počet | Súčiastka                          | Hodnota         | Poznámka   |
|-------|------------------------------------|-----------------|--|
| 3     | C1, C2, C3                         | 100uF           | Elektrolytický kondenzátor tantal                          |
| 2     | CON1, CON2                         | Pinová lišta 8p | Lišta, samec   |
| 4     | DISP1, DISP2, DISP3, DISP4         | LTP-4823JD      |  |
| 3     | IC5, IC6, IC7                      | STP16CPC26MTR   |  |
| 4     | LD1, LD2, LD3, LD4                 | DE/2GD          |  |
| 8     | Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8     | BSS84           |  |
| 9     | R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9 | 1k              | Nezameniť s presnými rezistormi 1k 0,1% pre meráciu dosku! |
| 1     | R10                                | 56k             |  |
| 6     | S1, S2, S3, S4, S5, S6             | DTSM-66S-V-B    |  |

### Ovládacie a indikačné prvky

S1 výber fyzikálnej jednotky. Pre RTD senzory °C – °F – K – Ω, pre termočlánky °C – °F – K – mV

S2 výber hodnoty priemerovania 2 – 4 – 8 – 16 – 32 meraní

S3 výber merania pomocou termočlánku TC2. Indikuje LD1.

S4 výber merania pomocou termočlánku TC1. Indikuje LD2.

S5 výber merania pomocou odporového senzora RTD2. Indikuje LD3.

S6 výber merania pomocou odporového senzora RTD1. Indikuje LD4.





### Komunikácia po sériovej linke

Prístroj sa dá ovládať cez sériovú linku pomocou textových príkazov vo formáte SCPI. Rýchlosť komunikácie 115200 baud.

Implementované príkazy sú:

`IDN?`

Identifikácia prístroja. Vrátí text „Reference thermometer ZENIT 2023-24“

`TEMP?`

Vrátí hodnotu nameranej teploty z aktívneho senzora vo zvolenej jednotke

`UNIT?`

Vrátí aktívne používanú jednotku merania °C|K|°F|Ω|μV

`UNIT C|K|F|O`

Nastavenie jednotky merania. Na výber je °C, K, °F a Ω

`SENS?`

Vrátí názov aktívneho senzora (RTD1, RTD2, TC1, TC2)

`SENS RTD1|RTD2|TC1|TC2`

Nastaví aktívny senzor

`SENS 1|2|3|4`

Nastaví aktívny senzor, alternatívny názov

`CURR?`

Vrátí aktívny merací prúd pre meranie RTD senzormi (high/low)

`CURR HIGH|LOW`

Nastaví merací prúd pre RTD senzory. Hodnoty sú HIGH (1 mA), alebo LOW (250 μA)

`C+|-`

Aktivuje prepínanie polariry budiaceho prúdu RTD senzorov. Prepínanie aktívne C+, bez prepínania C-

`AVRG?`

Vrátí počet meraní použitých pre výpočet hodnoty (priemerovanie)

`AVRG 2|4|8|16|32`

Nastaví počet vzoriek použitých pre výpočet hodnoty (priemerovanie)

`TCJ?`

Vrátí odmeranú teplotu studeného konca termočlánku (senzor je pod konektorom TC1)

`VTC?`

Vrátí hodnotu nekompensovaného napätia termočlánku (priamo odmerané napätie ADC, bez kompenzácie studeného konca)

`AUTO ON|OFF`

Automatická publikácia meraných hodnôt po sériovej linke. Jednotky aj senzor rovnaké ako na displeji

