

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTRONIKY A INFORMATIKY
Ústav elektroniky a fotoniky

Zapekacia pec pre DPS

Priemyselná elektronika

Autor: BC. Dominik Mäsiar

Dátum: 31.5.2013

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Zapekacia pec.....	3
3	Bloková schéma	3
3.1	Blok snímania	5
3.1.1	Senzor teploty PT100	5
3.1.2	Zdroj konštantného prúdu	6
3.1.3	Prispôsobovací obvod	7
3.2	Blok výstupov	11
3.2.1	Triakový regulátor	11
3.2.2	Snímanie prechodu nulou	14
3.2.3	Radič krokového motora	15
3.3	Blok riadenia.....	16
3.3.1	MCU	16
3.3.2	AD prevodník	17
3.3.3	Komunikačná zbernica	18
3.3.4	Používateľské rozhranie	19
3.4	Blok napätia	20
3.4.1	AC/DC menič 230AC/12DC.....	20
3.4.2	Napät'ový zdroj +5V	21
3.4.3	Napät'ový zdroj -5V	21
3.4.4	Napät'ový zdroj 3V3.....	22
3.4.5	Napät'ové referencie	22
3.5	Blok externých zariadení	23
4	Kalkulácia nákladov.....	26
5	Návrh DPS	28
6	Záver	30
	Prílohy	31

1 Úvod

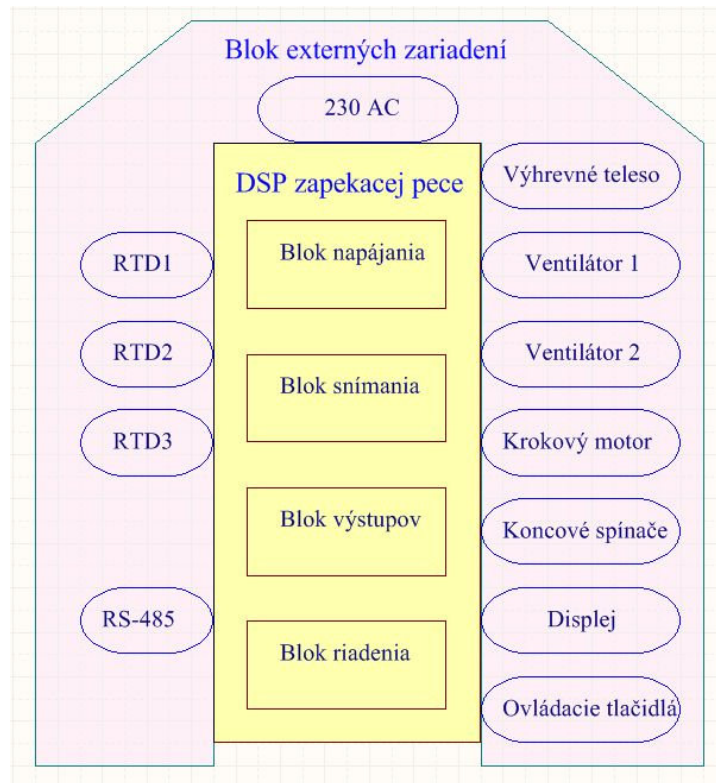
Úlohou projektu je navrhnuť riešenie k danej téme. V našom prípade to bol návrh elektroniky pre zapekáciu pec, ktorá je ukázkovým príkladom pre spojenie niekoľkých elektronických častí v jeden celok. Takýto návrh zahŕňa v sebe snímanie regulovanej veličiny, jej prispôbenie a softvérové spracovanie, vyjadrenie regulačnej odchýlky, ktorá vstupuje do regulačného procesu, následné riadenie akčného člena a v neposlednom rade aj užívateľské a komunikačné rozhranie. Cieľom projektu bolo navrhnuť takýto celok po hardvérovej stránke a to vo forme schémy a aj vo forme návrhu dosky plošného spoja.

2 Zapekacia pec

Zapekacia pec je zariadenie, ktoré sa využíva v technologickom procese výroby elektronických zariadení najmä ako jeden z posledných krokov vedúcich k hotovému výrobku. Tento proces označuje vlastne vodivé spojenie osadených súčiastok alebo komponentov s doskou plošného spoja (ďalej DPS), pričom sa využíva roztavenie vrstvy pájky, ktorá je nanosená na vybraných ploškách na DPS. Zapekacie pece sa využívajú aj dnes v menších firmách a sú optimálne pri výrobe zariadení v menších sériách. Pri väčších sériách, ich nahrádza spájkovanie cínovou vlnou a iné technologické spôsoby. Zapekacie pece, však stále patria k výrobnému priemyslu elektronických zariadení a neustále si uplatňujú svoju pozíciu na trhu. Oproti plošne veľkým nádržiam s cínom predstavujú komfortné riešenie spájkovania elektronických komponentov na DPS. Práve preto sme sa rozhodli navrhnuť takéto zariadenie, napr. ako zapekáciu pec pre domáce použitie, alebo malé firmy, na ktorú by neboli kladené extra nároky, ako je to priamo v priemysle.

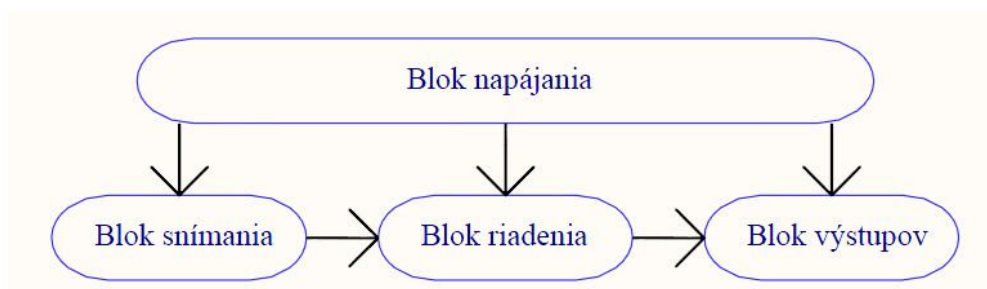
3 Bloková schéma

Na Obr. 1 je bloková schéma zapekacej pece. Dôležitým je si všimnúť, že návrh vlastne pozostáva z dvoch veľkých blokov a do blok externých zariadení a samotnej DSP zapekacej pece. My sa zameriame hlavne na dosku plošného spoja a jednotlivé bloky, ktoré obsahuje. Tento návrh v sebe zahŕňa pripojiteľnosť externých zariadení, ale nie ich fyzickú prítomnosť. Prednostne teda opíšeme jednotlivé bloky DSP zapekacej pece a potom sa stručne opíšeme aj externé zariadenia, prípadne nutné požiadavky, ktoré sú na ne kladené. Z blokovej schémy môžeme vidieť možnosti, ktoré by mala naša pec a teda aj náš návrh ponúkať. Na prvý pohľad vidíme, že je napájaná sieťovým napätím a to je použité ako jediný zdroj elektrickej energie. Tiež, že disponuje možnosťou pripojenia až 3och RTD senzorov, ktoré sú určené k snímaniu teploty v peci. Následne možnosť pripojenia riadených zariadení a tými sú vyhrievacie teleso, dvojica ventilátorov a krokový motor. K doske je tiež možné pripojiť koncové spínače pre dráhu motora a periférne zariadenia ako sú displej a ovládacie tlačidlá.



Obr. 1 – Bloková schéma zapekacej pece

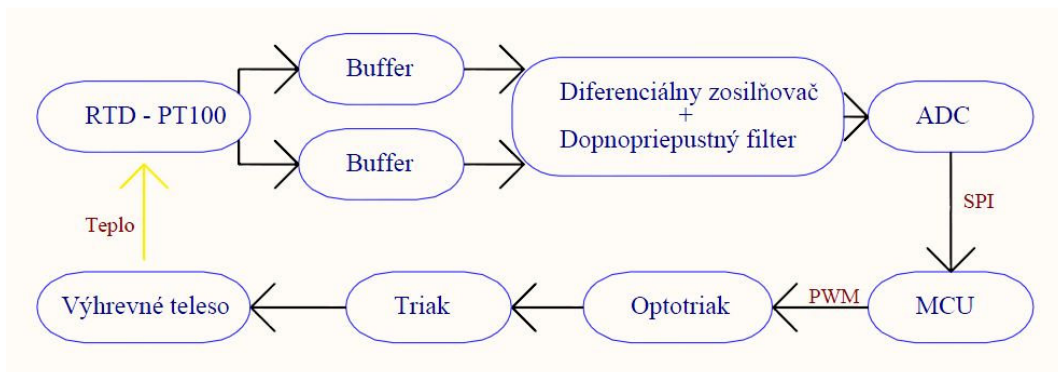
Prejdeme k samotnej DPS zapekacej pece. Tá obsahuje 4 hlavné bloky. Napájanie zabezpečuje blok napájania. Blok snímania zabezpečuje časť snímania teploty a jej prispôbenie pre riadiacu časť. Následne prostredníctvom bloku výstupov môže blok riadenia efektívne zasiahnuť do regulovanej sústavy.



Obr. 2 – Bloky DPS zapekacej pece

Teraz si zjednodušene ukážeme predstavu riadiacej slučky a popíšeme ju. Jej zobrazenie je na Obr. 3 . Začneme tým, že vplyvom tepla sa mení odpor senzora teploty, v našom prípade senzora PT100. Na tomto senzore snímame napätie, ktoré impedančne oddelíme a privedieme na diferenciálny zosilňovač, kde ho zosilníme pre vstupný rozsah AD prevodníka. V tomto kroku ošetríme aj možné neželané vplyvy a zákmy snímaného napätia prostredníctvom dolno-priepustného filtra. Následne AD prevodník prevedie privedené napätie do digitálnej formy a prostredníctvom SPI zbernice je mikropočítač (MCU) pripravený prevziať hodnotu prevodu. Z nej následne výpočtovými operáciami vypočíta regulačnú odchýlku sústavy a prostredníctvom nejakého, zatiaľ bližšie nešpecifikovaného regulačného algoritmu (napr. PID) určí novú hodnotu pre akčný člen. Táto hodnota je vyjadrená PWM signálom, ktorý

mikropočítač generuje svojimi vnútornými perifériami. V našom prípade je akčným členom výhrevné teleso (napr. žiarovka ale môže byť aj odporová špirála a pod.), ktoré je pripojené na sieťové napájacie napätie. Preto je potrebné tento signál oddeliť od sieťovej časti a nato poslúži optotriak. Až jeho výstupom je riadený triak, ktorý zopína akčný člen, teda výhrevné teleso. Toto teleso následne mení teplotu sústavy, čo sa prejaví na zmene odporu RTD senzora a celý proces sa opakuje.



Obr. 3 – Zjednodušená ukážka regulačnej slučky

Následne si podrobne predstavíme vnútorné bloky DPS zapiekacej pece.

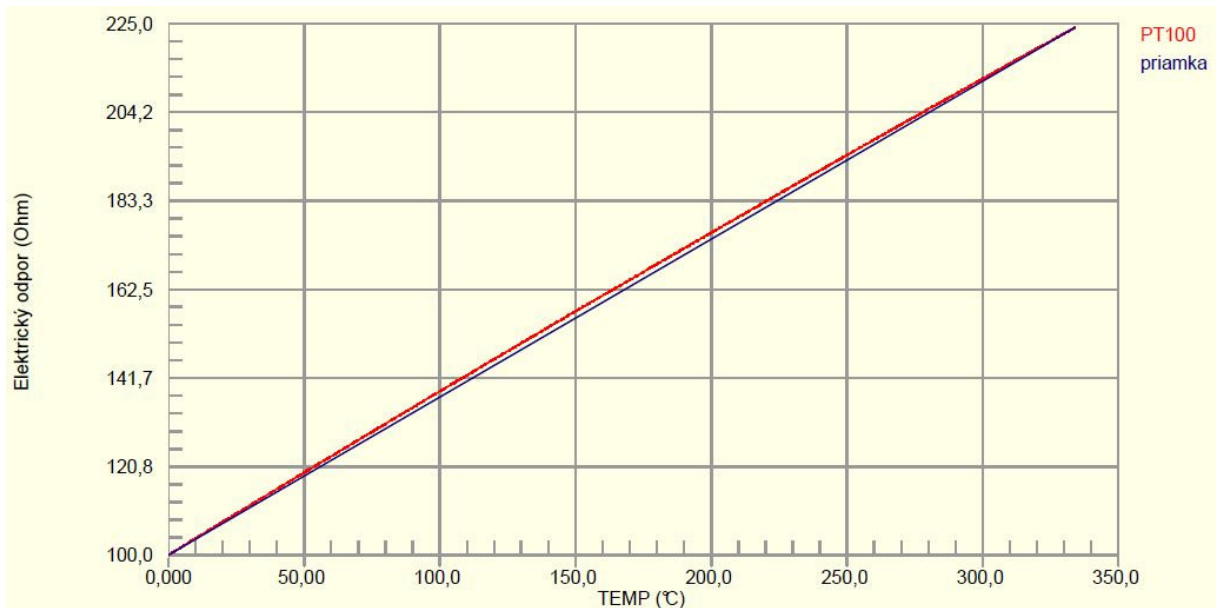
3.1 Blok snímania

3.1.1 Senzor teploty PT100

Náš návrh sme začali simuláciu samotného senzora, ktorým je v našom prípade senzor PT100. Tu sme odsimulovali závislosť odporu senzora od teploty, pričom sme uvažovali teplotný rozsah senzora 0 až 334 °C, ktorý je daný vzťahom 2, pričom vzťah 1 udáva konštanty pre výpočet odporu. Tento rozsah teploty sme zvolili ako žiadaný rozsah teploty v peci a horná hranica bola stanovená hlavne z dôvodu ľahšieho prispôsobenia, ktoré bude popísané v nasledujúcich častiach a tiež z dôvodu prípadnej využiteľnosti pece pre vyššie teploty ako je potrebné pre pretavenie spájkovacej pasty. Danú závislosť sme pre názornosť preložili priamkou, aby sme poukázali na nelinearitu senzora.

$$A = 0.0039083 \quad B = -0.0000005775 \quad (1)$$

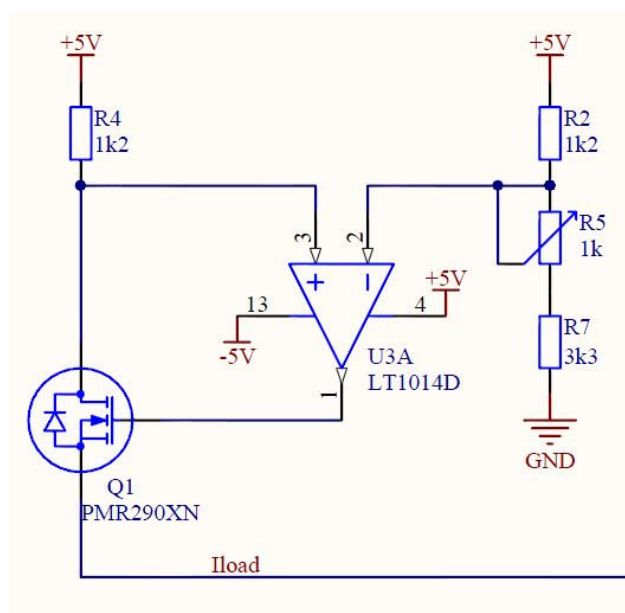
$$R_{PT100} = \{100 * (1 + A * TEMP + B * TEMP * TEMP)\} \quad (2)$$



Obr. 4 – Závislosť odporu senzora PT100 od teploty

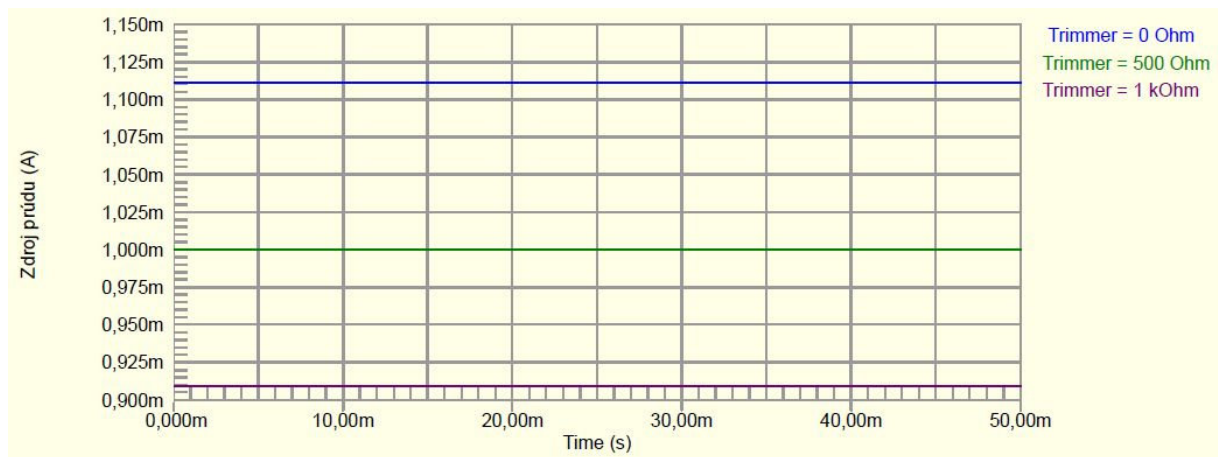
3.1.2 Zdroj konštantného prúdu

Následne sme pokračovali v návrhu snímačej časti a to napájacím obvodom senzora/rov. Tu sme sa rozhodli použiť zdroj konštantného prúdu. Jeho schému je možné pozorovať na Obr.5 , kde sme použili prídavný NMOS tranzistor PMR290XN a to z dôvodu aby sme senzory nenapájali priamo operačným zosilňovačom. Ten sme použili precízny operačný zosilňovač s nízkym offsetom LT1014D. Tento operačný zosilňovač sme kvôli jeho vlastnostiam použili v celom zapojení. Zosilňovač LT1014 v sebe zahrňuje dva páry operačných zosilňovačov TL1013. Navrhnutý prúdový zdroj bol navrhovaný pre prúd 1mA a celý sme ho odsimulovali, nakoľko simulačné modely sa môžu odlišovať od fyzickej realizácie a tiež rezistory majú istú toleranciu, pridali sme do zapojenia nastavovací prvok a to 1kΩ trimmer. Ten slúži je presné nastavenie prúdu.



Obr. 5 – Schematické znázornenie zdroju konštantného prúdu

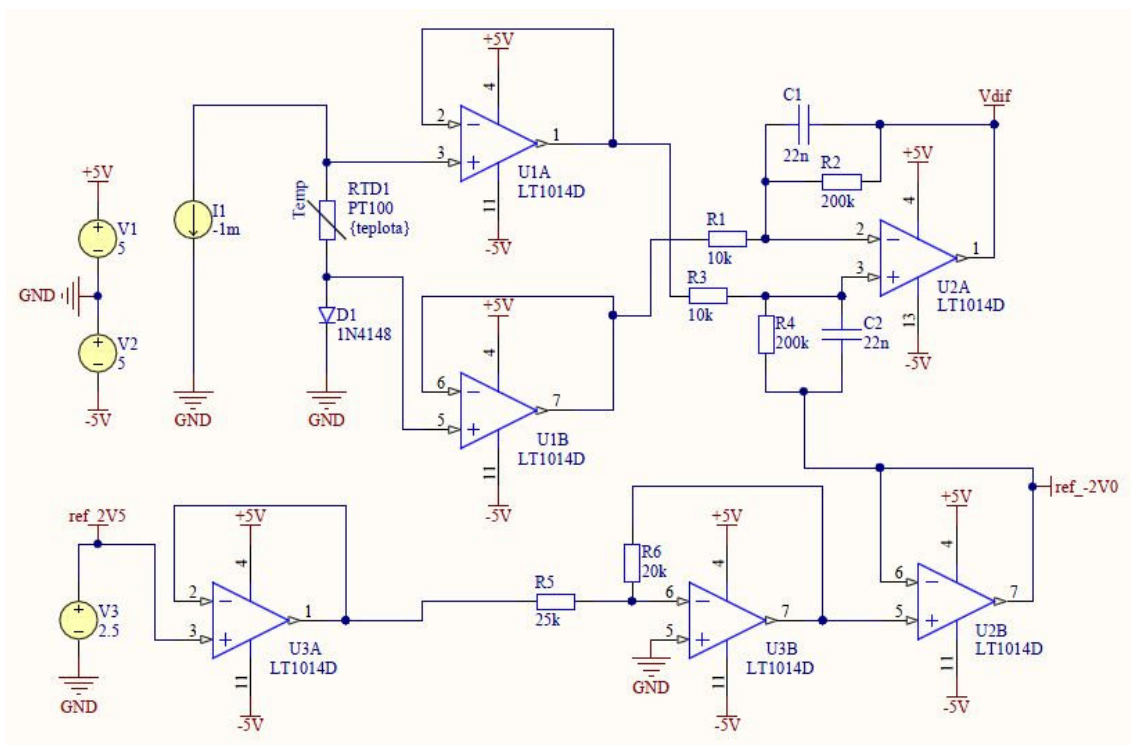
Dané zapojenie sme odsimulovali časovou analýzou a je zobrazené na Obr.6. Na priebehu je možné pozorovať, že zdroj prúdu je konštantný a v jeho priebehu sa nenachádzajú žiadne zákymy. Vyniesli sme 3 priebehy a to priebeh prúdu pri minimálnej (0 Ω) a maximálnej (1k Ω) hodnote nastavovacieho trimmra a pri nastavení trimmra pre prúd 1mA (500 Ω).



Obr. 6 – Priebeh prúdového zdroja pri rôznom nastavení trimmra

3.1.3 Prispôsobovací obvod

Následne sme prešli k návrhu prispôsobovacej časti snímania úbytku napätia na senzore/och a jeho prispôsobeniu k vstupnému rozsahu AD prevodníka. Jeho referenčné napätie bude 2,5V, preto bolo našou úlohou zosilniť napätie zo senzora/ov a odfiltrovať nežiaduce vplyvy. Schému prispôsobovacieho obvodu pre jeden senzor je možné pozorovať na Obr. 7 . Pre zjednodušenie schémy sme v simulácii použili ideálny zdroj prúdu.



Obr. 7 – Schéma prispôsobovacieho obvodu pre snímanie jedného senzora

V schéme môžeme pozorovať použitie niekoľkých operačných zosilňovačov, pričom sme pre ich napájanie použili symetrické napájacie napätie $\pm 5V$. Dvojica operačných zosilňovačov U5A a U1B tvorí impedančné oddelenie snímaného prvku a bola použitá z dôvodu čo najmenšieho odberu prúdu z prúdového zdroja. Za oddelením je použité zapojenie diferenciálneho operačného zosilňovača so zosilnením $A_u = 20$. Kondenzátory C2 a C3 sú použité z dôvodu filtrácie vstupného signálu. V dolnej časti schémy je napätovým zdrojom simulovaný zdroj referenčného napätia 2,5 V pre AD prevodník, toto napätie sme opäť impedančne oddelili pred nasledujúcim stupňom invertujúceho zosilňovača so zosilnením $A_u = -4/5$, ktorého výstupné napätie bude -2V. Toto napätie privedieme opäť na oddeľovací zosilňovač a privedieme ho k diferenciálnemu zosilňovaču. Takouto konšteláciou dosiahneme ofset diferenciálneho napätia o práve -2V. Nakoľko sa nepredpokladá že v peci sa vyskytne teplota pod 0°C je zbytočné mať merací rozsah aj pre záporné teploty, preto ich práve týmto ofsetom orežeme, čím získame v konečnom dôsledku vyššiu rozlišovaciu schopnosť AD prevodníka. Jej odvodenie je rozpísane v nasledujúcich vzťahoch 3,4,5 a 6.

Ak:

$$R_{PT100|0^\circ C} = 100 \Omega \quad R_{PT100|334^\circ C} = 224,09 \Omega \quad I_{konšt.} = 1 mA \quad (3)$$

Potom:

$$V_{DIF|0^\circ C} = (A_{Udif} * R_{PT100|0^\circ C} * I_{konšt.}) + U_{offset} = (20 * 100 * 0,001) - 2 = \mathbf{0 V} \quad (4)$$

$$V_{DIF|334^\circ C} = (A_{Udif} * R_{PT100|334^\circ C} * I_{konšt.}) + U_{offset} = (20 * 224,09 * 0,001) - 2 = \mathbf{2,4818 V} \quad (5)$$

$$V_{DIF} = V_{DIF|100^\circ C} - V_{DIF|334^\circ C} = \mathbf{2,4818 V} \quad (6)$$

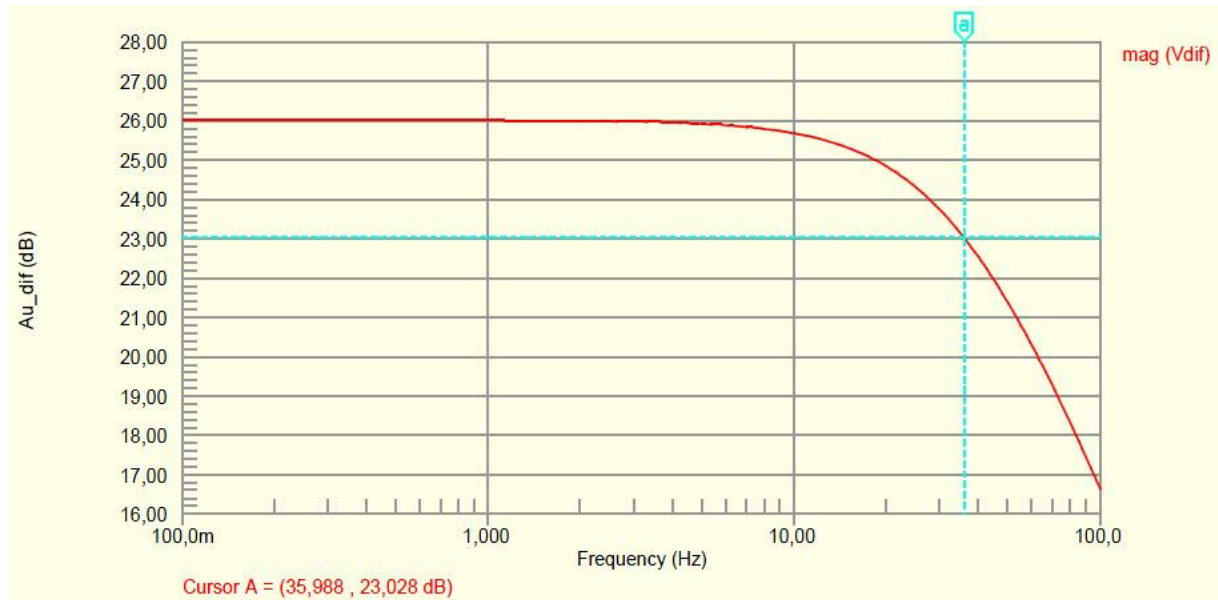
Práve z tohto dôvodu sme zvolili hodnú hranicu teploty na 334 °C a zosilnenie $A_{Udif} = 20$, pre zjednodušenie výpočtov v mikropočítači (ďalej MCU) a pre naplnenie rozsahu AD prevodníka. Potom pri použití 12 bitového AD prevodníka môžeme vyjadriť rozlišovaciu schopnosť (7) a teda minimálnu zmenu teploty, ktorú je možné zaznamenať.

$$\Delta T_{ADC} = \frac{(2^{12}-1) * V_{DIF} * rozsah \ teploty}{V_{REF}} = \frac{4095 * 2,4818 * 334}{2,5} \cong \mathbf{0,082165^\circ C} \quad (7)$$

Potom aby sme zachovali rozlišovaciu schopnosť a docielili tiež spoľahlivé filtrovanie nežiaducich signálov, museli sme navrhnuť filter, v našom prípade najst' vhodnú hodnotu kapacity. Pri tomto sme sa riadili niekoľkými požiadavkami. V prvom prípade sme vedeli, že sa jedná o tepelnú sústavu, tak sme zvolili dolno-priepustný filter. V druhom rade sme určili možný zdroj rušenia a to sieťové napájanie, teda frekvenciu blízku 50 Hz. Ako posledné sme potrebovali uvážiť medznú frekvenciu filtra, a to tak aby nám neovplyvňovala samotné meranie. Tu sme uvažovali nastavenie filtra tak, aby sme „stíhali“ vzorkovať pri najvyššom predpokladanom raste teploty, ktorý sme určili na 2,5 °C/s. Výpočet tejto frekvencie je uvedený v nasledujúcom vzťahu 8.

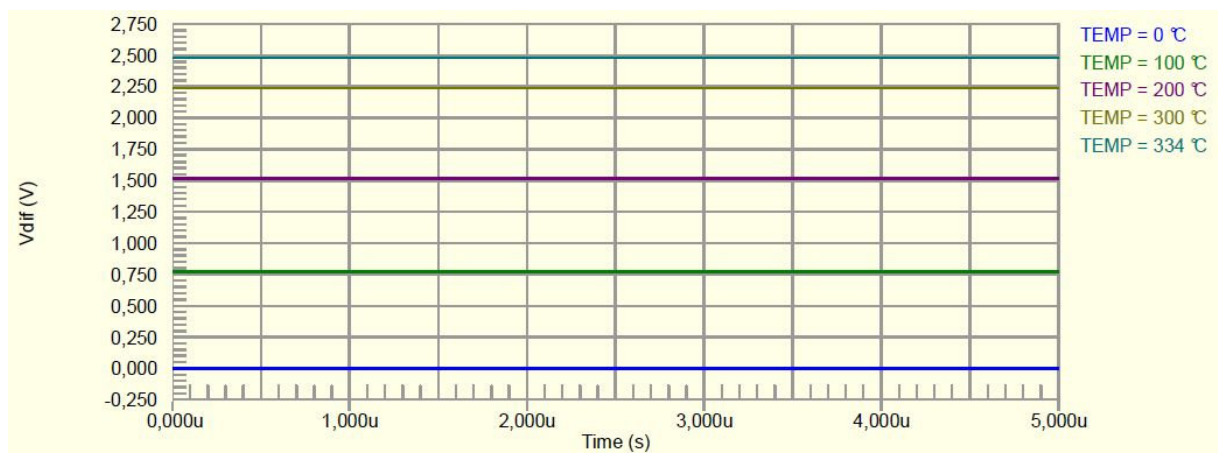
$$F_{prisp.min} = \frac{max.rast \ teploty}{\Delta T_{ADC}} = \frac{2,5^\circ C/s}{0,082165^\circ C} \cong \mathbf{30,4265 Hz} \quad (8)$$

Medzná frekvencia filtra teda musí byť vyššia ako nami vypočítaná $F_{prisp.min} = 30,4265 \text{ Hz}$. Práve preto sme zvolili hodnotu kapacity kondenzátorov na 22nF. Tým sme dosiahli medznú frekvenciu dolno-priepustného filtra 35,988 Hz. Priebeh amplitúdovej frekvenčnej charakteristiky prispôbovacieho obvodu je možné pozorovať na Obr. 8.



Obr. 8 – AFCH navrhnutého prispôbovacieho obvodu

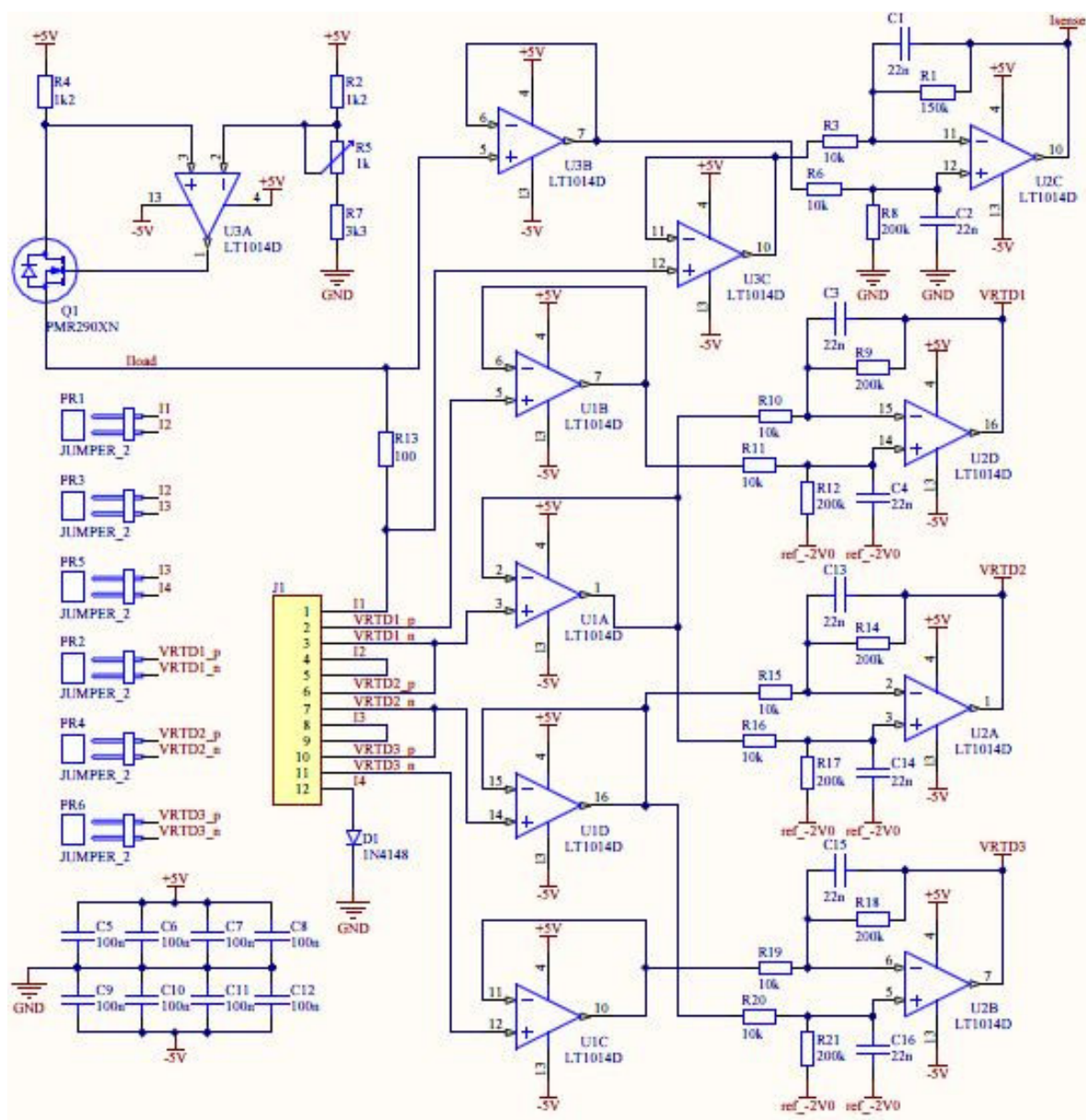
Následne sme odsimulovali časovú charakteristiku celého prispôbovacieho obvodu, pričom sme parametricky menili teplotu senzora. Na nasledujúcom Obr. 9, je možné pozorovať zmenu diferenciálneho napätia snímaného senzora, ktoré je v rozmedzí vstupného rozsahu AD prevodníka 0 – 2,5 V.



Obr. 9 – Časová simulácia prispôbovacieho obvodu s parametrickou zmenou teploty senzora

Pri snímaní teploty v peci sme uvažovali nad nerovnomerným rozložením teploty. Preto sme sa rozhodli použiť snímanie teploty viacerými senzormi, ktoré budú rôzne uložené v peci.

Toto riešenie nám prináša možnosť snímania teploty v priestore a zároveň možnosť ochrany práve pretavovanej DSP voči prílišnému prehriatiu napr. z vrchnej strany dosky. Preto sme sa pri výbere AD prevodníka sústredili na viac kanálové prevodníky. Uvážili sme že dostatočný počet sensorov by mal byť 3 avšak 3 kanálový prevodník sme nenašli. Našli sme však 4 kanálový AD prevodník ADS7950 ktorý bude konkrétnejšie popísaný v bloku riadenia. 4-tý kanál AD prevodníka sme sa rozhodli použiť pre presnejšie snímание pretekajúceho prúdu. Toto rozhodnutie si odôvodňujeme toleranciou použitých rezistorov v zdroji konštantného prúdu, ktorých hodnoty sú rádovo v $k\Omega$. Pri použití predradného rezistora k snímačom s o rád nižšiu hodnotou získame aj o rád vyššiu presnosť nastaveného prúdu. Preto sme zaradili pred snímače predradný 100Ω rezistor a jeho úbytok sme opäť spracovali totožným zapojením prispôbovacieho obvodu. V nasledujúcej schéme na Obr. 10 je zobrazená „zhustená“ schéma bloku snímania, jej originál sa nachádza v prílohe.



Obr. 10 – Zhustená schéma bloku snímania

V ľavej hornej časti schémy sa nachádza zdroj konštantného prúdu, ktorý napája senzory, ktoré sú pripojené do konektora J1. Tu sme použili Kelvinovo 4vodičové zapojenie, aby sme čo najviac eliminovali úbytky napätia na napájacích vodičoch sensorov. Pred senzormi sa nachádza už spomínaný predradný odpor s hodnotou 100Ω . Úbytky napätí na odpore a jednotlivých senzoroch sú impedančne oddelené už z vyššie spomínaných dôvodov. Tieto sú následne osobitne zosilnené diferenciálnymi zosilňovačmi a sú odfiltrované nežiaduce vplyvy. Takto dosiahneme snímanie napätí na senzoroch VRTD1, VRTD2, VRTD3 a prúdu cez senzory Isense. Diferenciálne zosilňovače snímajúce úbytok napätia na senzoroch majú napät'ové zosilnenie $A_{Udif_RTD} = 20$ a sú posunuté o ofset $-2V$, ktorý ako bolo spomínané zabezpečuje odrezanie záporných teplôt a následnú vyššiu rozlišovaciu schopnosť snímanej teploty. Snímanie konštantného prúdu cez predradný rezistor je riešené obdobným spôsobom, ale nie je potrebný ofset napätia a zosilnenie sme stanovili na $A_{Udif_Isense} = 15$ z dôvodu nastavenia tohto napätia do stredu vstupného rozsahu AD prevodníka. Posledný článok v slučke napájania sensorov tvorí dióda D1, ktorá je použitá z dôvodu posunutia nižšieho napätia posledného senzora od vetvy GND a to kvôli možnému rušeniu. Na ľavej strane sa nachádzajú prepojky (jumpre) PR1 až PR6, ktoré sú zaradené kvôli možnosti vynechania niektorého senzora, v prípade nadbytočnosti, alebo jeho poškodenia. Prepojením prepojky je možné „odstaviť“ daný senzor. Príklad odstavenia senzora RTD3 - > prepojiť prepojku PR5 a PR6. V spodnej časti sa ešte nachádzajú blokovacie kondenzátory k napájaniam jednotlivých integrovaných obvodov operačných zosilňovačov.

3.2 Blok výstupov

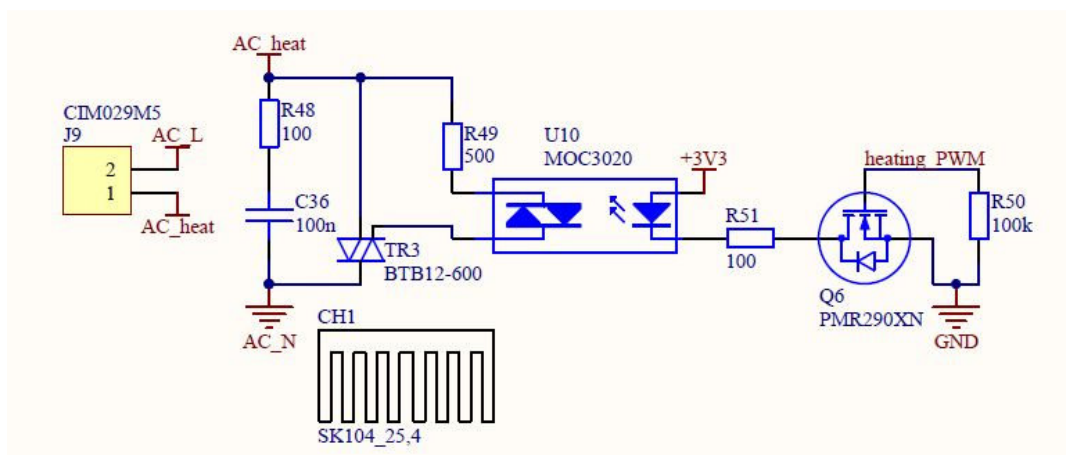
Do bloku výstupov sme zahrnuli pripojenie zariadení, ktoré sú našou doskou riadené a majú spoločné črty ako je vyššie napájacie napätie alebo vyššie prevádzkové prúdy. Celková schéma bloku výstupov sa nachádza v prílohe. V nasledujúcich riadkoch bližšie opíšeme jednotlivé časti z ktorých je blok tvorený .

3.2.1 Triakový regulátor

V prvom rade sme uvažovali o vyhrievacom telese. Rozhodli sme sa použiť výkonnú halogénovú žiarovku, prostredníctvom ktorej bude vykonávaný ohrev v peci. Tu sme mali na výber žiarovky s menovitým napätím $24 V DC$ a sieťovým napätím $230 V AC$. V konečnom dôsledku sme sa rozhodli pre napájanie sieťovým napätím a to hlavne z dôvodu jeho dostupnosti a rádovo nižších prúdoch, ktoré by pretekali DPS. Následne sme potrebovali navrhnuť časť, ktorá by obsluhovala výhrevné teleso, resp. dokázala riadiť prvok, napájaný sieťovým, teda striedavým napätím. Rozhodli sme sa pre triakový regulátor, pričom sme dbali na oddelenie jednotlivých častí elektroniky s nízkym a vysokým napájacím napätím. Pre oddelenie triaku od nízkeho napájacieho napätia sme použili optotriak. Nasledujúca schéma na Obr. 11 je zobrazeným obvodového riešenia spomínanej triakovej regulácie. Hlavnou

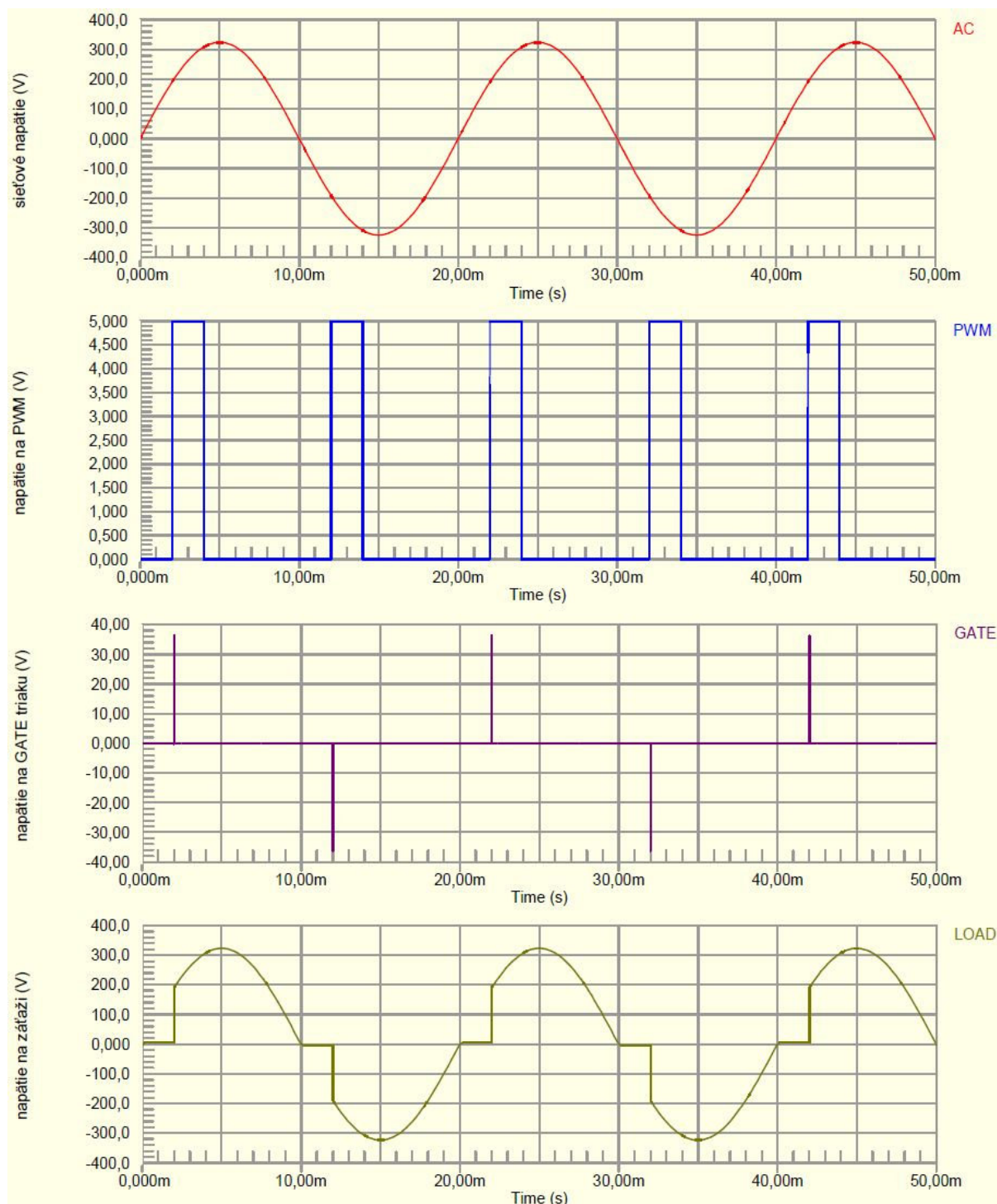
časťou je triak BTB12-600, ktorý znesie trvalý prúd 12A a je dimenzovaný na napájacie napätie 600V. Triak je tak možné použiť až pre záťaž 2700W. Tento triak sme sa rozhodli použiť hlavne z dôvodu možného vysokého príkonu záťaže, ktorú zatiaľ nemáme skalkulovanú, nakoľko nedokážeme celkom presne popísať, aký potrebný výkon v peci budeme potrebovať. Preto sme tento triak nad dimenzovali a v prípade nižšieho výkonu pripadá do úvahy použiť iný triak, pričom riešenie regulátora ako takého ostane nezmenené.

Okrem ochrany oddelením optotriakom, sme paralelne k triaku zapojili aj ochranný obvod „snubber“, ktorý sa používa v spínaných zariadeniach ako ochrana voči prepätiu, ktoré môže vzniknúť pri spínaní. I keď uvažujeme o záťaži rezistívneho charakteru, je dobrým zvykom snubber použiť. Tiež sme k triaku pridali chladič, aby sme odvedli prebytočné teplo, tu sme však dbali na použitie triaku s izolovanou chladiacou ploškou. V prípade použitia triaku neizolovaného, je potrebné použiť izolovacia podložku.



Obr. 11 – Zapojenie výkonového triaku, pre spínanie výhrevného telesa

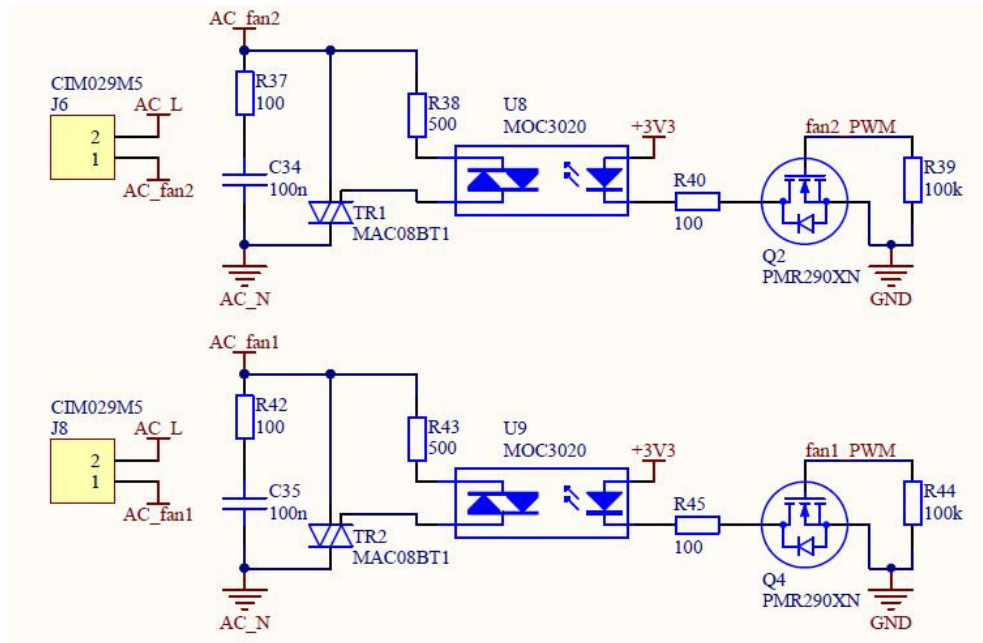
Ako je možné pozorovať na predchádzajúcej schéme, triak je spínaný prostredníctvom PWM, ktorá je generovaná priamo MCU. Túto časť sme dôkladne odsimulovali a na nasledujúcom obrázku môžeme pozorovať výsledky simulácie triakového regulátora. Pribeh sieťového napätia, napätia PWM ktoré je generované procesorom, napätie na gate triaku, po oddelení optotriakom a nakoniec priebeh napätia na záťaži.



Obr. 12 – Odsimulované výsledky tirakového regulátora

Okrem spínania výhrevného telesa, sme uvažovali aj so spínaním ventilátorov pre potreby opačného javu a to chladenia. Tu sme navrhli možnosť spínať 2 ventilátory nezávisle a to z dôvodu, že jeden ventilátor by mohol byť použitý len pre chladenia, zatiaľ čo druhý by sa mohol pri nižších otáčkach využiť na jemné premiešavanie vzduchu v peci a tým doceliť rovnomernejšie rozloženie teploty vzduchu v peci. Tu sme sa rozhodli pre kovové ventilátory, ktoré by lepšie znášali vplyv teploty v peci, ako iné. Tu sme si vyhľadli možné AC kovové ventilátory a zistili, že ich príkony sa pohybujú najčastejšie v rozmedzí 19 až 30W. Preto sme

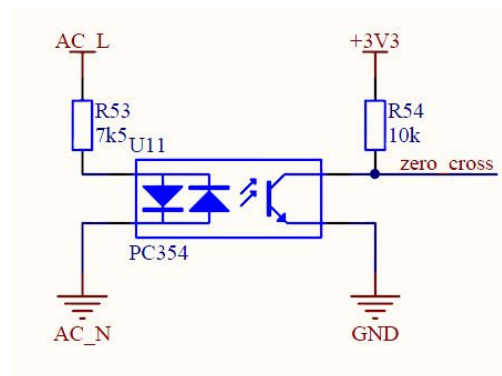
sa rozhodli pre spínanie ventilátorov, použiť tiaky s nižšou zaťažiteľnosťou a to MAC08BT1. Tieto sú dimenzované na prúd 800mA, maximálne napätie je 600V a sú vyrábané v SMD puzdre, pričom im stačí chladenie len plochou medi na DPS. Na nasledujúcom obrázku Obr. 13 je zobrazené zapojenie 2jice nízko výkonových triakových regulátorov. Regulátory sú opäť chránené snubber obvodom a oddelené optotriakom. Pre snímanie je opäť použitá PWM generovaná MCU.



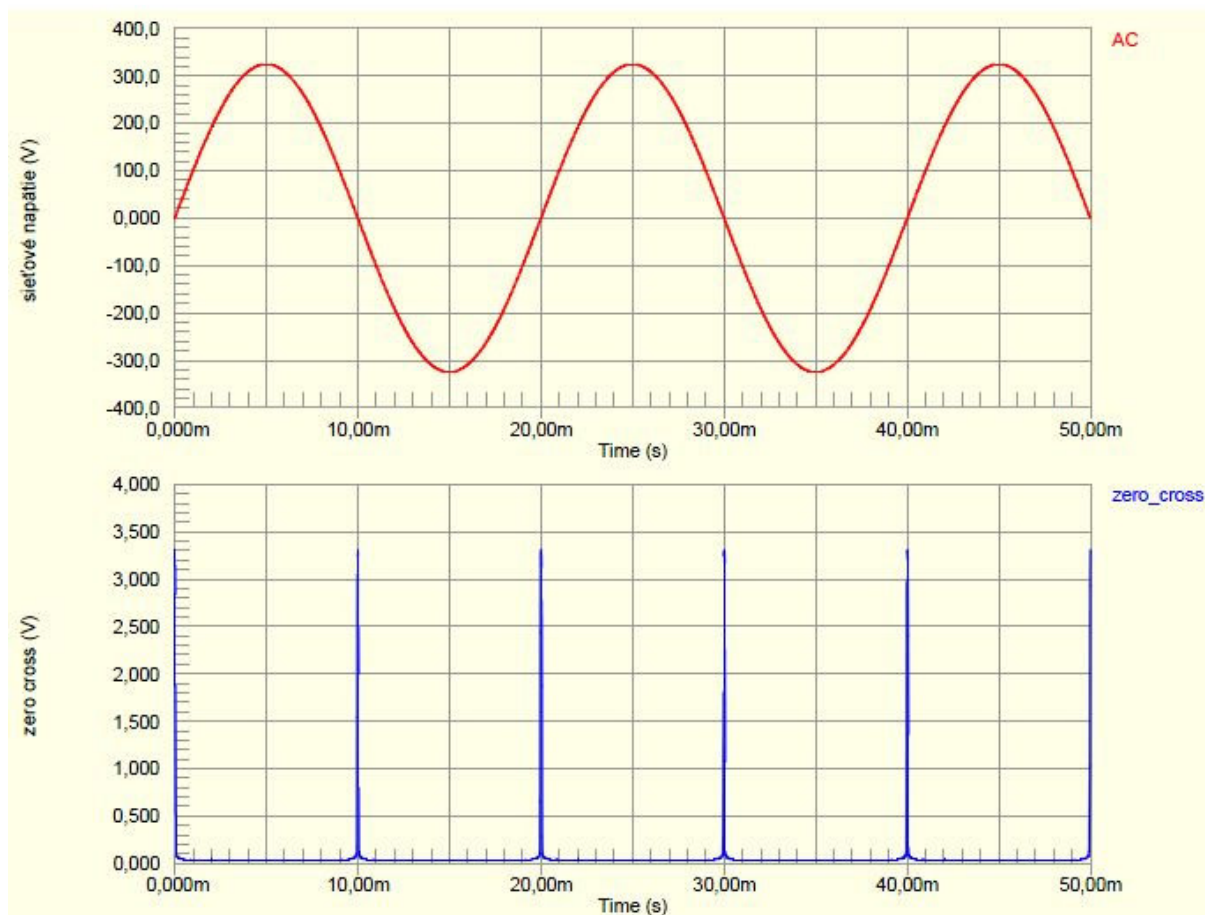
Obr. 13 – Obvodové zapojenie triakových regulátorov ventilátorov

3.2.2 Snímanie prechodu nulou

Následne sme v tomto bloku navrhli aj obvod realizujúci snímanie prechodu nulou, ktorý sa tiež nazýva „zerocross“. Prostredníctvom obvodu vieme odsnímať moment, kedy sieťové napätie prechádza nulou a vieme tak reguláciu postaviť reálnom nulovom bode, alebo začiatku PWM. Tiež dokážeme vypočítať presnú periódu sieťového napätia. Reguláciou, pri ktorej využívame snímanie prechodu nulovou, vieme adaptívne reagovať na možné zmeny frekvencie a prispôbiť jej samotnú reguláciu, periódu a striedu PWM signálov. Obr. 14 zobrazuje obvodové riešenie snímania prechodu nulou použitím optočlena s optotranzistorom a AC vstupom PC354. Odsimulované priebehy je možné pozorovať na Obr. 15 .



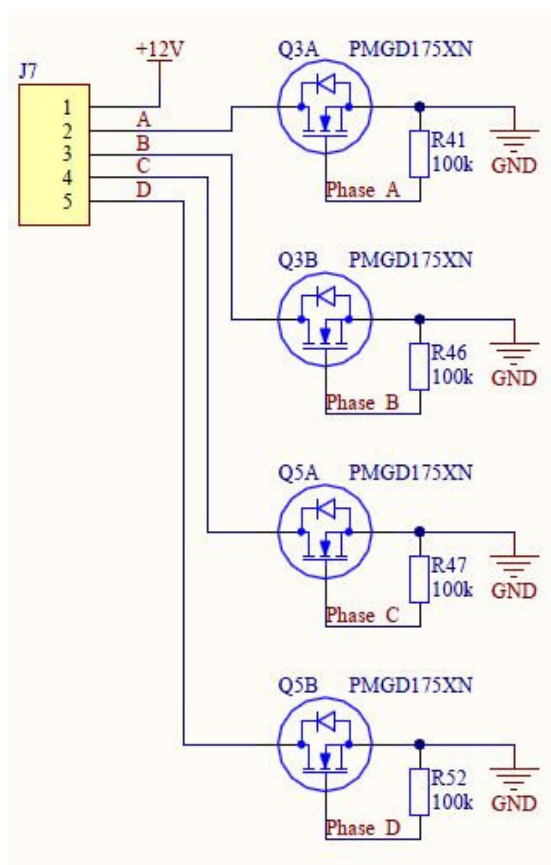
Obr. 14 – Obvodové riešenie snímania prechodu nulou



Obr. 15 – Výsledky simulácie obvodu snímania prechodu nulou

3.2.3 Radič krokového motora

Poslednou obvodovou časťou výstupného bloku je radič krokového motora. Ten sme uvažovali pre možnosť použitia výsuvných dvierok pece, ako je tomu pri profesionálnych zariadeniach. Nakoľko nie je potrebné presné krokovanie ale postačujúce je len poznať koncové polohy, rozhodli sme sa navrhnuť jednoduchý radič (driver) unipolárneho krokového motora. v takomto zapojení sú fázy krokového motora zapojené napr. do hviezdy, pričom na jej stred sa privedie kladné napájacie napätie a jednotlivé konce vinutí sa spínajú ku GND. Takéto spínanie je realizované na práve našu obvodovú schému radiča na Obr.16 . Pre spínanie sme použili IO PMGD175XN, ktorý obsahuje 2 NMOS tranzistory. Tranzistory sú dimenzované na maximálny prúd 1A, čo by malo byť postačujúce pre funkciu spínania menšieho krokového motora. K jednotlivým tranzistorom sme pridali pull-down rezistory, pre rýchlejšie vypínanie tranzistorov, teda rýchlejšie vybitie hradlovej kapacity. Pre správne riadenie krokového motora je potrebné mať pripojené snímače koncovkej polohy. Konektor a riešenie ich pripojenia bude opísaný v nasledujúcom bloku.



Obr. 16 – Obvodová schéma radiča unipolárneho krokového motora

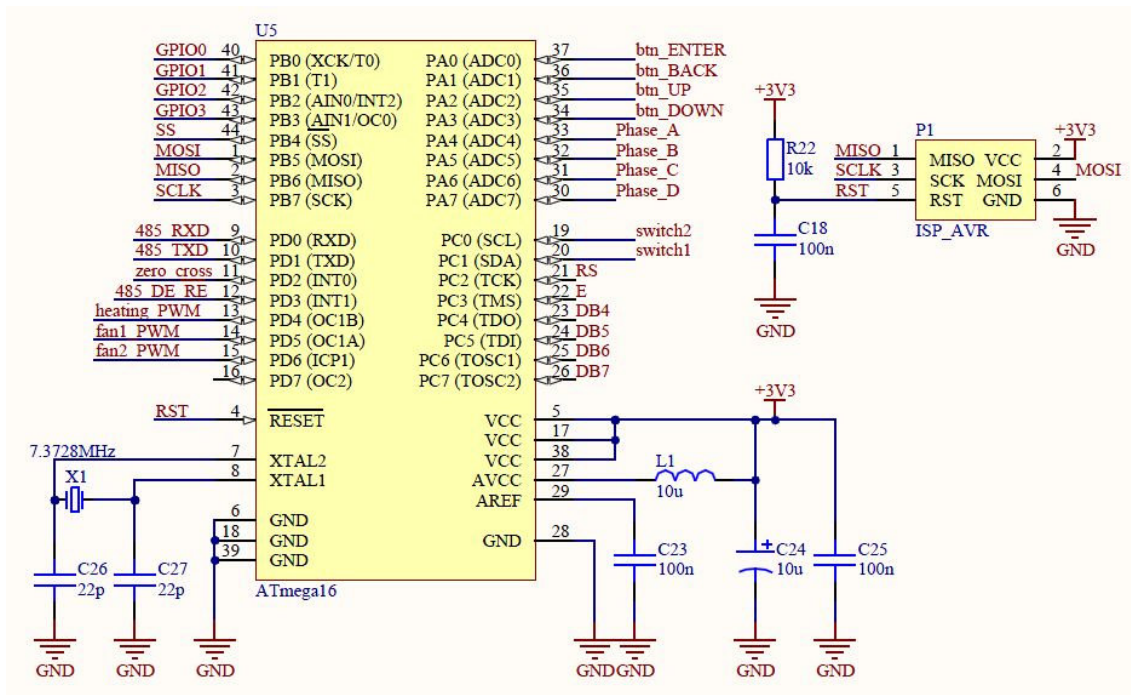
3.3 Blok riadenia

Úlohou bloku riadenia je obstarávať periférie, komunikáciu, snímanie teploty, vyvodenie regulačných odchýlok a riadenie vykurovania v peci. Blok by mal tiež zabezpečovať používateľské rozhranie a ovládacie prostriedky. Blok môžeme rozložiť niekoľko častí ako sú mikropočítač, AD prevodník, komunikačná zbernica a používateľské rozhranie. Celková schéma bloku riadenia sa nachádza v prílohe. V nasledujúcich riadkoch si priblížime jednotlivé časti bloku riadenia.

3.3.1 MCU

Ako riadiacu jednotku celého zapojenia sme si zvolili mikropočítač ATmega16. Tento obsahuje 16kB flash pamäte, čo je nadmieru postačujúce pre náš účel. Hlavným dôvodom bola znalosť daného procesora a praktické skúsenosti s rodinou mikropočítačov AVR a tiež dostupnosť návrhových a programovacích prostriedkov. Schéma zapojenia daného MCU je na Obr. 17, ako je možné vidieť využili sme skoro plný počet jeho IO vstupov, čím obhajujeme svoj výber MCU za správny. MCU je taktovaný frekvenciou 7,3728 MHz, čo je presná frekvencia používaná v komunikačných zariadeniach, za dosiahnutia minimálnej chybovosti prenášaných dát (uvažujeme UART – univerzálny asynchrónny vysielateľ - prijímač).

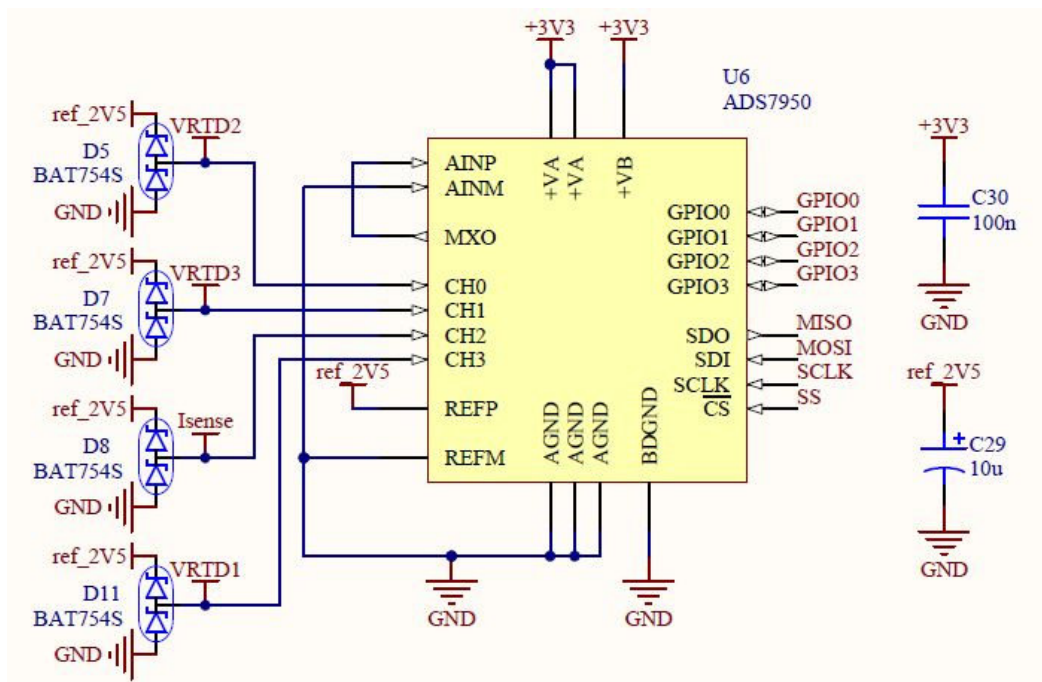
Napájanie MCU je blokové kondenzátormi C23 a C25 a je filtrované kapacitou C24 a indukčnosťou L1. Nakoľko sa jedná o výrobok vo fáze návrhu, pridalí sme na dosku programovací ISP konektor aj s ošetrením vstupného pinu RESET.



Obr. 17 – Zapojenie MCU

3.3.2 AD prevodník

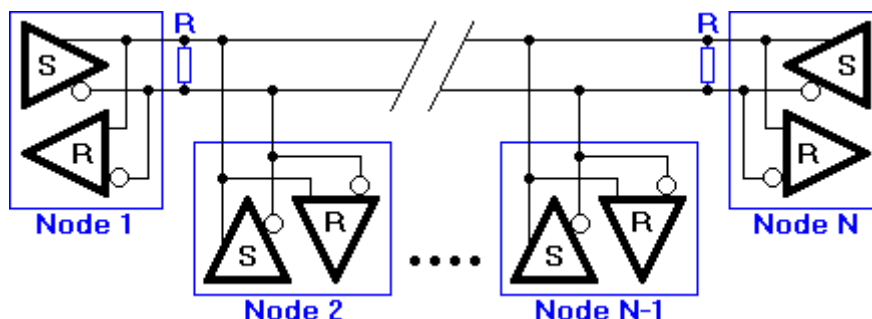
Nakoľko sa jedná o snímanie tepelnej sústavy, pri výbere prevodníka nezohrávala hlavnú rolu vzorkovacia frekvencia, pretože tepelné sústavy sú brané ako tzv. pomalé. Naším cieľom bolo nájsť viac kanálový prevodník želanej kvality a vyhotovenia. Vybrali sme 4 kanálový AD prevodník ADS7950, ktorý sa pýši 12-bitovou rozlišovacou schopnosťou a chybou v rozmedzí 1LSB. Prevodník je typu SAR, teda sa jedná o prevodník s postupnou aproximáciou. Prevodník poskytuje možnosť pripojenia externého referenčného napätia a disponuje 4-ricou nastaviteľných signálov GPIO0 až GPIO3. Komunikácia medzi AD prevodníkom a MCU je realizovaná prostredníctvom SPI zbernice, čo považujeme za dobré riešenie. Na Obr. 18 sa nachádza zobrazenie zapojenia AD prevodníka a jeho vstupov. Na tieto sú pripojené jednotlivé napätia z bloku snímania VRD1 až VRD3 a Isense. Každý vstup je ošetrený dvojicou schottkyho diód z dôvodu dodržania maximálnej a minimálnej hodnoty vstupného napätia. To je stanovené na $-0,3V$ až $V_{ref}+0,3V$. Pre použité zenerové diódy BAT754S je deklarované napätie v priepustnom smere 260mV, čím by mali spoľahlivo plniť funkciu ochranného obvodu.



Obr. 18 – Zapojenie AD prevodníka

3.3.3 Komunikačná zbernica

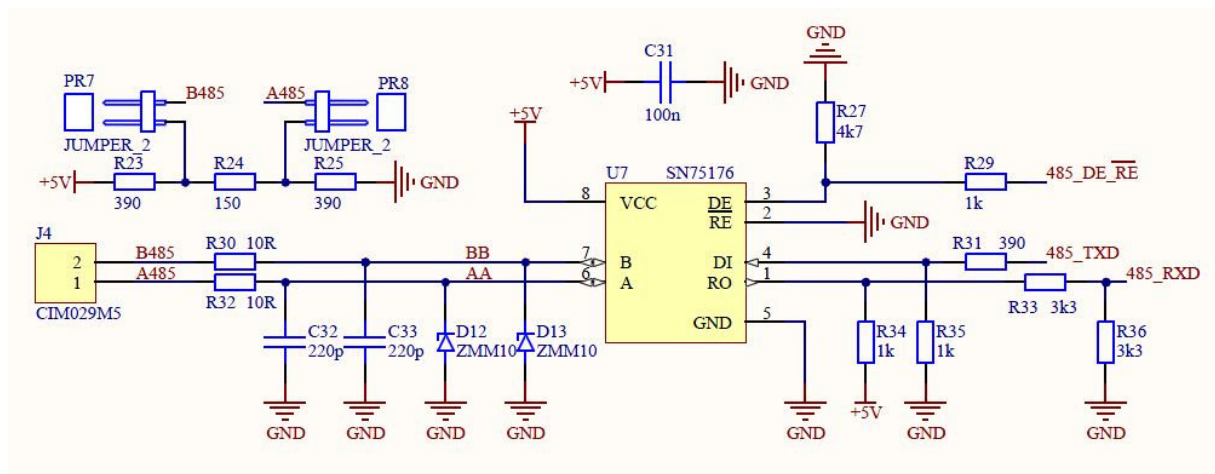
Komunikačná zbernica slúži k možnosti pripojenia zariadenia k inému zariadeniu, ktorým môže byť ako osobný počítač, tak aj napr. externý zobrazovač alebo externé ovládacie prvky. Pre diferenciálnu zbernicu typu RS-485 sme sa rozhodli kvôli skúsenostiam ktoré s ňou máme a kvôli jej jednoduchšej obvodovej schéme a ešte jednoduchšiemu použitiu. Daná zbernica svojou obvodovou realizáciou dovoľuje pripojenie vzdialených zariadení. Tiež môže po danej zbernici komunikovať maximálne až 32 vysielačov a 32 prijímačov. Jednotlivé vysielače/prijímače sa môžu uviesť do stavu vysokej impedancie a tak nenarušovať komunikáciu prebiehajúcu po zbernici. Veľkou výhodou tejto zbernice je že nie je nijako špecifikované riadenie ani arbitráž zbernice preto má programátor voľnú ruku a možnosť navrhnuť vlastný komunikačný protokol.



Obr. 19 – Ukážka pripojenia vysielačov a prijímačov k zbernici

zdroj: <http://www.root.cz/clanky/sbernice-rs-422-rs-423-a-rs-485/>

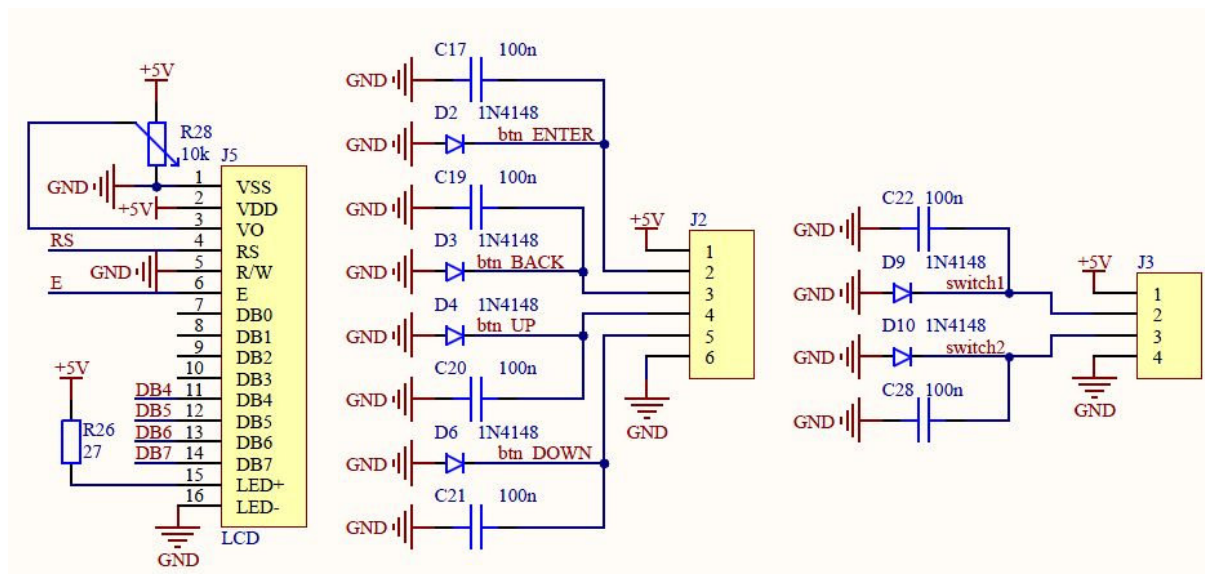
Naše obvodové riešenie zbernice je možné pozorovať na Obr. 20. Najhlavnejším prvkom zapojenia ja prevodník SN75176, ktorý konvertuje komunikačné rozhranie MCU UART na zbernicu RS-485. Prevodník má 2 vstupy pre nastavenie vysielania (*DE*) a prijímania (*RE*). My sme zvolili mód stáleho prijímania a vysielanie je riadenie prostredníctvom MCU. Vstupné (*DO*) a výstupné (*DI*) dáta sú spojené s perifériou UART MCU. Tu sme museli zabezpečiť nekolízny stav napät'ových úrovní, nakoľko prevodník má napájanie 5V a MCU 3,3V. Vo vetve odosielaných dát TXD táto kolízia nehrozí, ale vo vetve RXT sme museli použiť napät'ový delič. Na strane RS-485 zbernice sme pridali pár prvkov z dôvodu ochrany zbernice. Sú to kondenzátory C32 a C33, zenerove diódy s prierazným napätím 10V D12 a D13 a sériové odpory R30 a R32 s hodnotou 10 Ω . Ku zbernici sme priamo na dosku plošného spoja pridali aj možnosť ukončenia diferenciálneho vedenia zbernice, ktoré je možné sprevádzkovať spojením prepajok PR7 a PR8.



Obr. 20 – Zapojenie komunikačnej zbernice

3.3.4 Používateľské rozhranie

Čo sa týka používateľského rozhrania, tu sme sa rozhodli použiť znakový LCD zobrazovač, ktorého zapojenie je kompatibilné pre displeje používajúce radič HD44780. Kvôli šetreniu IO pinov sme sa rozhodli pre 4 vodičové zapojenie. K zapojeniu sme pridali trimmer R28, ktorý slúži pre nastavenie jasnosti pripojeného LCD. Napájanie podsvietenia displeja je vyvedené na posledné piny konektora J1 a je tu priamo zaradený predradný rezistor, ktorého hodnota by však mala byť zvolená pre konkrétny displej. Pre možnosť pripojenia ovládacích prvkov ako sú tlačidlá sme vyvedli konektor J2. Pričom je možnosť pripojiť 4 tlačidlá s funkciami ENTER, BACK, UP a DOWN, funkcia tlačidiel je preprogramovateľná prostredníctvom FW v MCU. Pri tlačidlách sa uvažuje so zapojením „pull-up“ priamo v MCU, ktoré takúto možnosť ponúka. Každé tlačidlo je ošetrené diódou voči vplyvom pri rozpájaní a kapacitou, ktorá vyhladzuje záškuby tlačidiel. Do tejto časti sme pridali aj zapojenie koncových snímačov SWITCH1 a SWITCH2, ktoré sú vyvedené na konektor J3. ich obvodové zapojenie a ochrany sú totožné s ovládacími tlačidlami, ktoré už boli popísané.



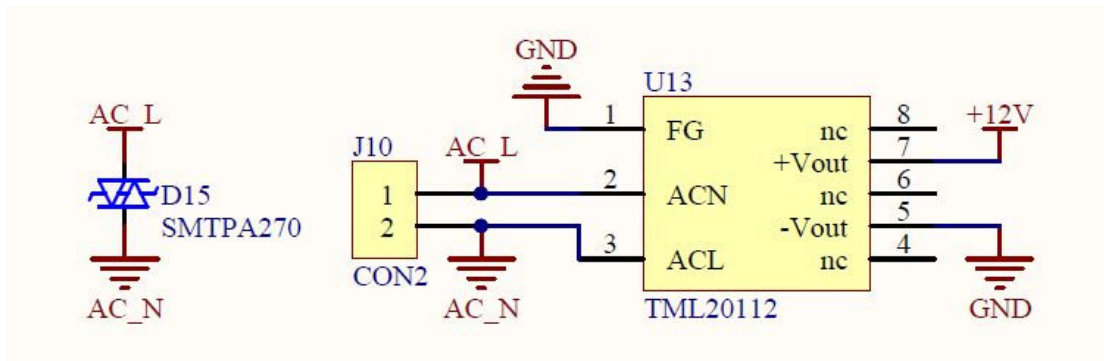
Obr. 21 – Zapojenie používateľského rozhrania

3.4 Blok napätia

Do bloku napätia sme zahrnuli všetky napät'ové napájacie zdroje, meniče a aj napät'ové referencie. Tak to na jednom mieste máme prehľad o všetkých napájacích vetvách. Kompletná schéma tohto bloku sa opäť nachádza v prílohe. V nasledujúcich riadkoch si opíšeme zloženie bloku a popíšeme si jednotlivé napájacie zdroje.

3.4.1 AC/DC menič 230AC/12DC

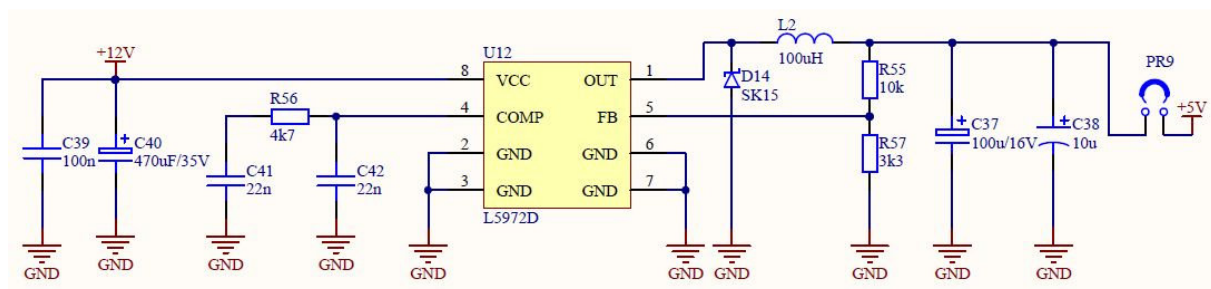
Pre AC/DC menič sme sa rozhodli kvôli jednoduchosti tohto riešenia. Použitie hotového meniča ako modulu do DPS je oveľa efektívnejšie ako použitie transformátora, usmerňovača a filtračnej časti. Tu však zohráva rolu maximálna zaťažiteľnosť zdroja. My sme nepotrebovali výkonný zdroj, nakoľko potrebujeme len napájacie napätie pre riadiacu elektroniku a krokový motor. Najvhodnejšie sa nám zdalo použiť menič s výkonom 20W, ktorý by mal byť celkom isto postačujúci a mal by pokryť príkon celej riadiacej dosky aj s dostatočnou rezervou. Výhodou spínaného meniča sú hlavne jeho malé rozmery a účinnosť prevodu napätia. Nevýhodou je možnosť vzniku rušivých vplyvov kvôli jeho spínanej činnosti. Pri výbere konkrétneho meniča sme sa rozhodli pre TML20112 od firmy TRACO, ktorý predstavuje 20W AD/DC menič sieťového napätia na jednu 12V vetvu so zaťažiteľnosťou do 1,67A. Menič pracuje so spínacou frekvenciou 100kHz a účinnosť výrobcu udáva až do 84%. Menič je vo vyhotovení pre montáž na DPS. Obvodové riešenie je možné pozorovať na Obr. 22. Na vstup meniča sme pripojili ochranný trisil SMTPA270, pre zvedenie napät'ových špičiek. Výstupné napätie meniča 12V slúži ako zdroj napájania pre ďalšie obvody a tiež ako napájacie napätie krokového motora a jeho riadenia.



Obr. 22 – Obvodové zapojenie AC/DC meniča na 12V

3.4.2 Napät'ový zdroj +5V

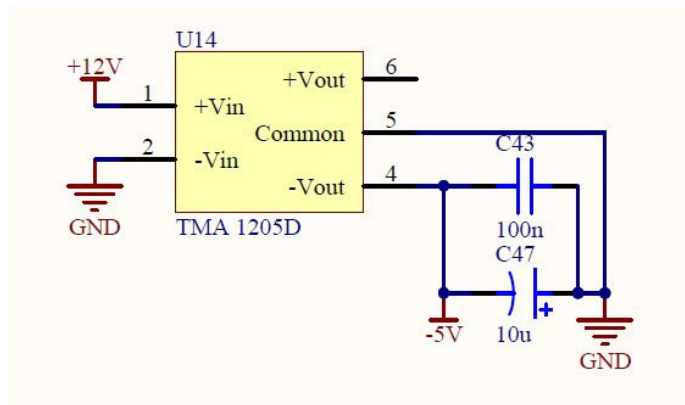
Tento zdroj sme realizovali obvodovým zapojením spínaného „step-down“ meniča použitím obvodu L5972D. Schematické znázornenie riešenia je na Obr. 23 . Obvod je zapojený podľa odporúčaného zapojenia výrobcu, udávaného v „datasheete“ obvodu. Konkrétne hodnoty prvkov sme použili podľa už používaného zapojenia, s ktorým máme praktické skúsenosti. Prvkami R56, C41 a C42 sa nastavuje kompenzácia frekvencie, rezistormi R55 a R57 spätná väzba a teda hodnota výstupného napätia. Dôležitými súčasťami návrhu sú aj cievka L2 a rekuperačná dióda D14. Ako sme spomínali s daným riešením máme dobré praktické skúsenosti avšak niekoľko krát sa nám stalo, že daný obvod bol od výroby chybný, alebo sa poškodil nejakou chybou na osadenej DPS. V tom prípade obvod prepustil na svoj výstup vstupné napätia a tak zničil zvyšok obvodov, ktoré neznesli toto napájacie napätie. Preto ako ochranu pridávame pájkovateľnú prepojku PR9, ktorá slúži na overenie funkčnosti zdroja pri oživovaní dosky a po verifikácii činnosti sa prepája.



Obr. 23 – Obvodové zapojenie spínaného step-down meniča na 5V

3.4.3 Napät'ový zdroj -5V

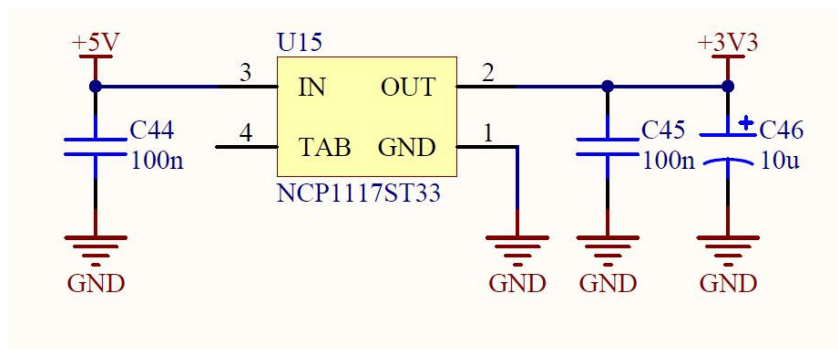
Napätie -5V sme sa rozhodli použiť len ako zápornú vetvu napájacieho napätia pre operačné zosilňovače, ktoré sú použité v návrhu. Keďže nepredpokladáme nejaký závažnejší odber z tejto vetvy rozhodli sme sa ju vyrobiť pomocou spínaného DC/DC meniča TMA1205D opäť od firmy TRACO. Menič vytvára z 12V vetvy vetvu -5V a vetvu 5V, z týchto sme sa rozhodli použiť len zápornú vetvu. Obvodové riešenie DC/DC meniča je zobrazené na Obr. 24.



Obr. 24 – Obvodové zapojenie DC/DC meniča

3.4.4 Napät'ový zdroj 3V3

Pre napájanie ostatných obvodov ako je MCU, AD prevodník a iné sme sa rozhodli použiť nižšie napájacie napätie prostredníctvom LDO stabilizátora s fixným napätím 3,3V. Jeho zapojenie je na Obr. 25. Stabilizátor je v SMD vyhotovení v puzdre SOT-223 a jeho výstupný prúd je max. jeden 1A (pri 3,3V). Výrobca udáva max. úbytok napätia 1,2V pri odbere 800mA.

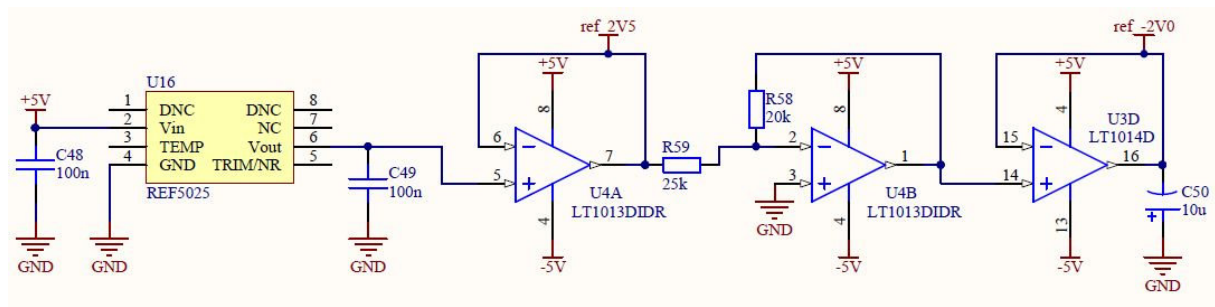


Obr. 25 – Obvodové zapojenie 3V3 LDO stabilizátora

3.4.5 Napät'ové referencie

Napät'ové referencie sme použili kvôli potrebe presného napätia a to hlavne pri referenčnom napätí AD prevodníka. Tu sme použili presnú napät'ovú referenciu 2,5V reprezentovanú obvodom REF5025. Jeho výstupné napätie sme oddelili napät'ovým sledovačom. Ako bolo spomínané v bloku snímania, potrebovali sme aj zápornú referenciu -2V pre nastavenie offsetu prispôbovacieho obvodu. Tu sme sa rozhodli nepoužiť ďalšiu referenciu, ale odvodiť si toto napätie už zo spomínanej kladnej referencie. Toto riešenie už bolo spomínané pri prispôbovacom obvode, tak ho len v krátkosti zopakujeme. Oddelené referenčné napätie 2,5V privedieme na invertujúci zosilňovač so zosilnením $4/5$, jeho výstupom bude napätie -2V, pre dosiahnutie stabilnejšieho napätia, ho opäť oddelíme buffrom, resp. napät'ovým

sledovačom a jeho výstup „vyhlásime“ za referenčné napätie $-2V$. Realizáciu môžeme pozorovať na Obr. 26 .



Obr. 26 – Obvodové zapojenie napät'ových referencií

3.5 Blok externých zariadení

Externými zariadeniami rozumieme teda zariadenia, periférie alebo moduly, ktoré sú pripojiteľné k našej doske.

V prvom rade sa zameriame na napájacie napätie. Doska disponuje len konektorom, pre pripojenie vodičov a jedinou ochranou je trisil. Toto však nie je postačujúce. Uvažujeme, že zariadenie ako také, by malo disponovať konektorom pre pripojenie sieťového napätia. Tu by bolo vhodné použiť napr. tzv. euro konektor so zabudovaným odrušovacím filtrom. Konektor by mal byť dimenzovaný na min 12A pretekajúci prúd. Ukážku konektorov môžeme pozorovať na Obr. 27. Hore sa nachádza konektor so zabudovaným filtrom a v dolnej časti alternatíva a to použitie obyčajného konektora a samostatného odrušovacieho filtra



Obr. 27 – Ukážka konektorov a filtrácie sieťového napätia

Tiež je vhodné použitie prepínača umiestneného na panely zariadenia a pridanie ochrany napr. vo forme poistky. Poistka môže byť napr. vo forme poistkového puzdra pripevneného tiež na panely. Ukážku oboch môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku.



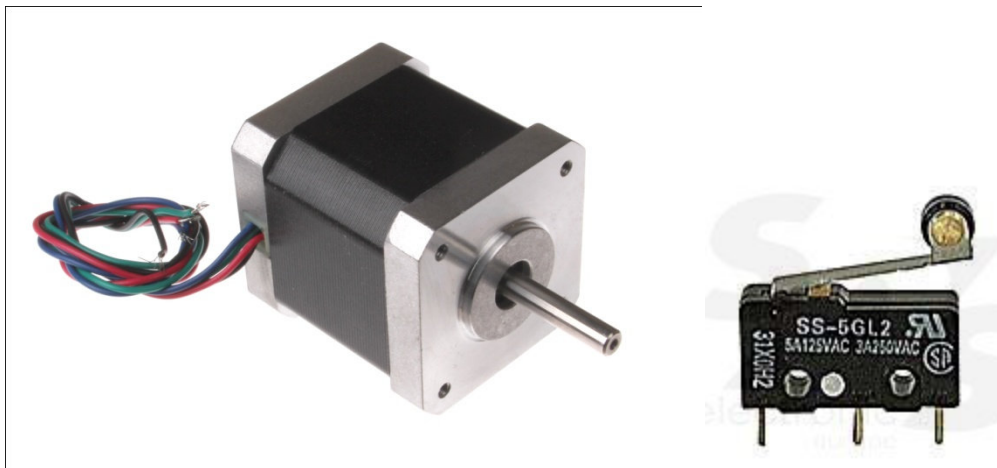
Obr. 28 – Ukážka konektorov a filtrácie sieťového napätia

Ako výhrevné teleso odporúčame použiť halogénovú žiarovku. Tie sa predávajú v rôznych výkonových radách. Je možné skombinovať ich niekoľko prostredníctvom paralelného zapojenia. Ich príkon však nesmie presiahnuť 2700W ! Tiež je potrebné aby žiarovky mali keramické objímky. Čo sa týka ventilátorov, potrebné je použiť ventilátory na sieťové napájacie napätie a v kovovom vyhotovení. Ich príkon nie je kritický, ale nemal by presiahnuť 200W, čo je úplne postačujúce nakoľko ventilátory majú rádovo príkon desiatky wattov. Problém by však mohol nastať s izoláciou ich kabeláže, nakoľko by bola vystavená priamemu teplu vnútri pece. Tu odporúčame použiť vodiče na vysoké teploty, alebo ich viesť oddelene v silikónových bužírkach.



Obr. 29 – Ukážka výhrevného telesa a ventilátora

Čo sa týka časti pre možnosť automatického vysunutia a zasunutia dvierok pece, tu môžeme použiť unipolárny dvoj fázový krokový motor a pre spätnú väzbu je potrebné použiť koncové spínače.



Obr. 30 – Ukážka krokového motora a koncového snímača

Používateľské rozhranie si predstavujeme ako displej a pár tlačidiel. Prostredníctvom nich by mohol používateľ meniť niektoré nastavenia a parametre pece, alebo dokonca zvoliť niektorý z prednastavených zapekacích programov. Prípadne pec môže byť použitá aj pre iné účely, napr. vyschnutie fotorezistu, ochranných lakov, alebo vytvrdenie nepájivej masky. Všetko by mohlo byť nastaviteľné prostredníctvom užívateľských programov.



Obr. 31 – Používateľské rozhranie – LCD a tlačidlá

A nakoniec samotný senzor. Ten by mal byť čo najlepšie priemyselného vyhotovenia a prípadne už priamo vo vyhotovení s kelvinovým štvorvodičovým zapojením. Opäť platí zvýšená pozornosť na izoláciu vodičov. Tú však vieme vykompenzovať použitým tzv. predĺžených senzorov a vodiče viesť odzadu, mimo vyhrievané priestory. Ukážka takýchto senzorov je na nasledujúcom obrázku.



Obr. 32 – Používateľské rozhranie – LCD a tlačidlá

4 Kalkulácia nákladov

Pre dané riešenie sme zostavili aj cenovú kalkuláciu. Sú v nej však zahrnuté len komponenty pre navrhnutú DPS zapekacej pece, nie ceny externých zariadení. V nasledujúcej tabuľke Tab.1 sú uvedené komponenty, ich početnosť a cena. Cenu jednotlivých komponentov sme prebrali z obchodov FARNELL a SOS. Ceny sú uvedené bez DPH.

Popis	Hodnota/názov	Použitie	Puzdro	Množstvo	Cena/kus	Cena spolu
Kondenzátor	22p	C26, C27	0805	2	0,015	0,030
Kondenzátor	220p	C32, C33	0805	2	0,015	0,030
Kondenzátor	22n	C1, C2, C3, C4, C13, C14, C16, C41, C42	0805	10	0,015	0,149
Kondenzátor	100n	C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C25, C28, C30, C31, C39, C43, C44, C45, C48, C49	0805	25	0,015	0,373
Kondenzátor MKT	100n	C34, C35, C36	MKT 11x5x17.5	3	0,092	0,276
Kondenzátor tantal	10u	C24, C29, C38, C46, C47, C50	3216	6	0,050	0,300
Kondenzátor elektrolyt	100u/16V	C37	SMD_D	1	0,121	0,121
Kondenzátor elektrolyt	470uF/35V	C40	E_SMD_D	1	0,398	0,398
Rezistor	10R	R30, R32	1206	2	0,016	0,032
Rezistor	27R	R26	0805	1	0,016	0,016
Rezistor	100R	R13, R40, R45, R51	0805	4	0,011	0,044
Rezistor	100R	R37, R42, R48	R0.5	3	0,096	0,287
Rezistor	150R	R24	0805	1	0,011	0,011
Rezistor	390R	R23, R25, R31	0805	3	0,011	0,033
Rezistor	500R	R38, R43, R49	R0.4	3	0,096	0,287
Rezistor	1k	R29, R34, R35	0805	3	0,011	0,033
Rezistor	1k2	R2, R4	0805	2	0,011	0,022
Rezistor	3k3	R7, R33, R36, R57	0805	4	0,011	0,044
Rezistor	4k7	R27, R56	0805	2	0,011	0,022
Rezistor	7k5	R53	R0.4	1	0,096	0,096
Rezistor	10k	R3, R6, R10, R11, R15, R16, R19, R20, R22, R54, R55	0805	11	0,011	0,120
Rezistor	20k	R58	0805	1	0,011	0,011
Rezistor	25k	R59	0805	1	2,600	2,600

Rezistor	100k	R39, R41, R44, R46, R47, R50, R52	0805	7	0,011	0,076
Rezistor	200k	R1, R8, R9, R12, R14, R17, R18, R21	0805	8	0,011	0,087
Trimmer	1k	R5	TS53YL	1	0,680	0,680
Trimmer	10k	R28	TS53YL	1	0,680	0,680
Dióda	1N4148	D1, D2, D3, D4, D6, D9, D10	minimelf	7	0,042	0,294
Dióda shottky	BAT754S	D5, D7, D8, D11	SOT-23	4	0,126	0,504
Dióda schottky	SK15	D14	sma	1	0,024	0,024
Dióda zenerova	ZMM10	D12, D13	MINIMELF	2	0,015	0,030
Trisil	SMTPA270	D15	SMB	1	0,830	0,830
Triak	MAC08BT1	TR1, TR2	SOT-223	2	0,330	0,660
Triak	BTB12-600	TR3	TO220V	1	1,610	1,610
Tranzistor NMOS	PMR290XN	Q1, Q2, Q4, Q6	SOT-416	4	0,117	0,468
Tranzistor NMOS	PMGD175XN	Q3, Q5	SOT-363	2	0,270	0,540
Signálová cievka SMD	10u	L1	L1210	1	0,102	0,102
Výkonová cievka SMD	100uH	L2	PIS4716	1	0,610	0,610
Kryštál	7.3728MHz	X1	Xtal_smd	1	0,470	0,470
Mikroočítač	ATmega16	U5	TQFP-44A	1	5,660	5,660
AD prevodník	ADS7950	U6	TSSOP-30	1	6,340	6,340
Operačný zosilňovač	LT1014D	U1, U2, U3	SOIC 16	3	6,970	20,910
Operačný zosilňovač	LT1013DIDR	U4	SOIC 8	1	2,590	2,590
Budič RS485	SN75176	U7	SO-8	1	0,460	0,460
Optotriak	MOC3020	U8, U9, U10	DIP 6 SMD	3	0,620	1,860
Optočlen AC vstup	PC354	U11	mini-flat	1	0,640	0,640
Napäťová referencia	REF5025	U16	SOIC 8	1	4,590	4,590
LDO Stabilizátor	NCP1117ST33	U15	SOT-223	1	0,530	0,530
Znižujúci menič	L5972D	U12	SO-8	1	2,930	2,930
AC/DC menič	TML20112	U13	TML 20	1	49,400	49,400
DC/DC menič	TMA 1205D	U14	SIP7	1	5,800	5,800
Konektor	Wago 233-212	J1	WAGO233/12	1	2,100	2,100
Konektor	Wago 233-206	J2	WAGO233/6	1	1,400	1,400
Konektor	Wago 233-204	J3	WAGO233/4	1	1,170	1,170
Konektor	CIM029M5	J4, J6, J8, J9	CIM029M5	4	0,199	0,796
Konektor	Wago 233-205	J7	WAGO233/5	1	1,450	1,450
Konektor LCD	BL2X8	J5	BL2X8	1	0,090	0,090
Konektor	MSM02005	J10	MSM02005	1	0,399	0,399
Konektor pre ISP AVR	BL2X3	P1	MLW06G	1	0,740	0,740
Dvojpinová prepajka	JUMPER_2	PR1, PR2, PR3, PR4, PR5, PR6, PR7, PR8	HDR1X2	8	0,020	0,160
Prepojka na DPS	PREPOJKA	PR9		1	0,000	0,000
Chladič pre TO220	SK104_25,4	CH1	SK104_25,4_STS	1	1,030	1,030

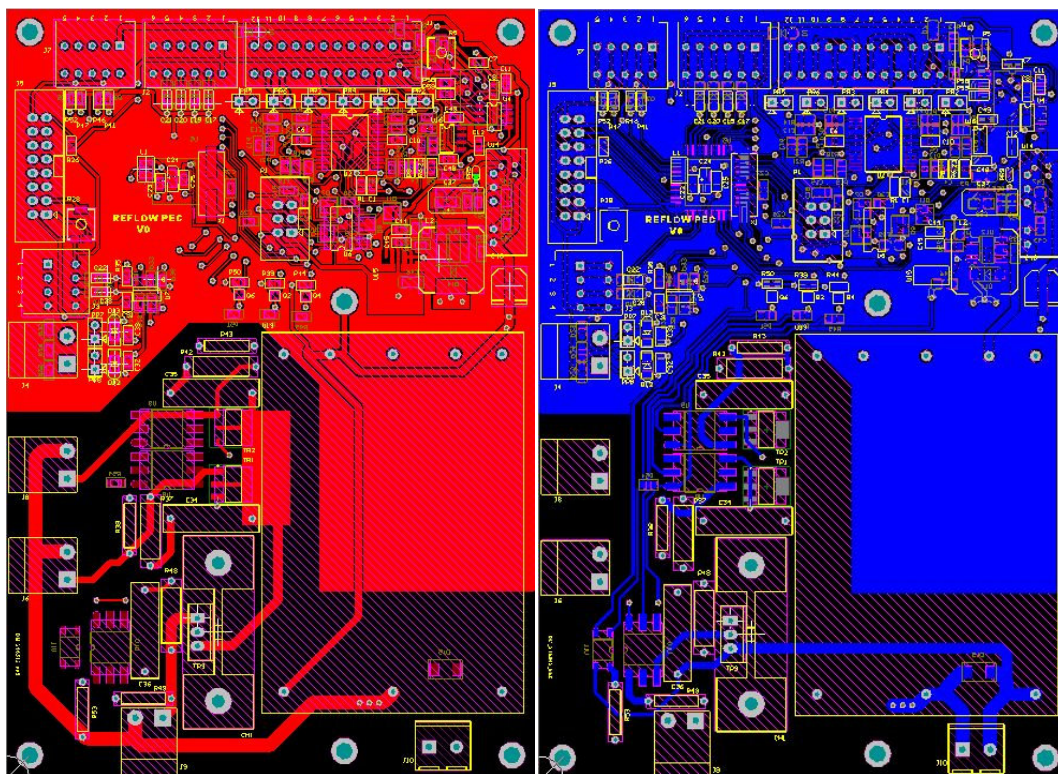
SPOLU	173 ks	124,042€ bez DPH
--------------	---------------	-----------------------------

Tab. 1 – Kalkulácia nákladov na DPS zapiekacej pece

5 Návrh DPS

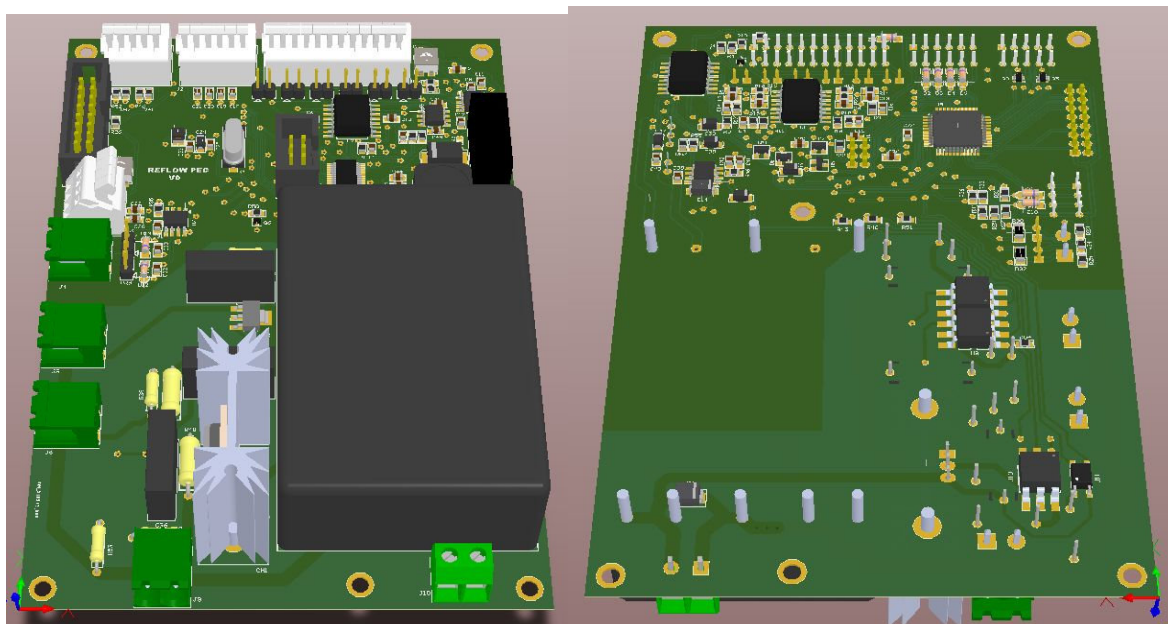
K danému schematickému návrhu sme navrhli aj dosku plošného spoja. Tento návrh je zatiaľ prvotný a mal by slúžiť ako prototypová verzia k odskúšaniam navrhnutých častí.

Dosku sme navrhovali ako obojstrannú a návrh je zložený len z 2och vrstiev, hornej TOP (červená) a spodnej BOTTOM (modrá) vrstvy. Na nasledujúcom obrázku Obr. x je ukážka návrhu a zobrazenie v jednotlivých vrstvách.

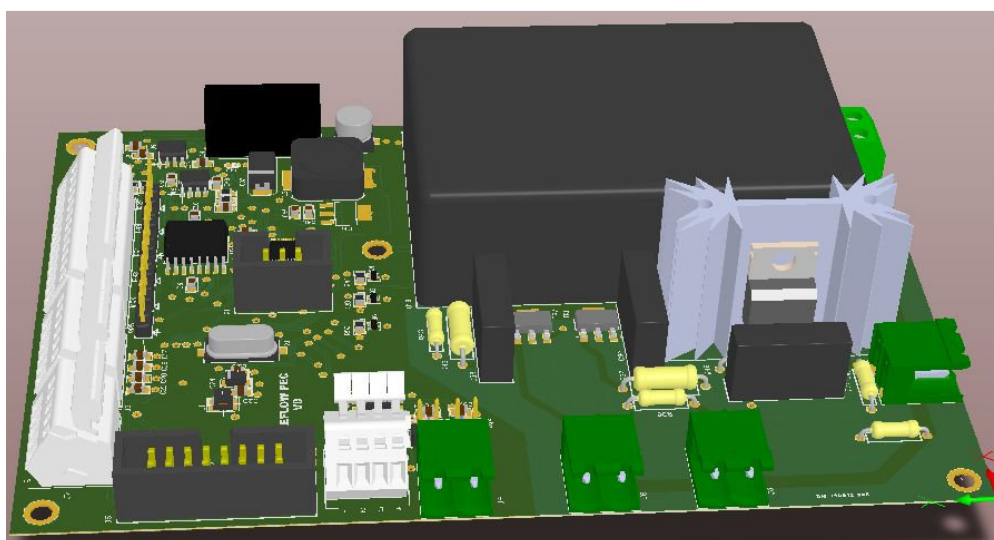


Obr. 33 – Ukážka návrhu – TOP a BOTTOM vrstva

Nakoľko je samotný návrh dosť komplikovaný, nie je vhodné aby sme tu zobrazovali kompletne zobrazenia. Tie sme pridali aj s celým projektom vytvoreným v štúdiu Altium Designer do elektronickej dokumentácie k projektu. Okrem schém a návrhu sa v projekte nachádzajú aj vygenerované výstupné dáta pre výrobu vo forme ODB++ súborov. Nasledujúce obrázky sú už len takou ukážkou ako by mala navrhnutá doska vyzerať, daný vzhl'ad sme dosiahli prekonvertovaním návrhu do 3D zobrazenia.



Obr. 34 – 3D zobrazenie dosky z hornej a spodnej strany



Obr. 35 – 3D zobrazenie navrhutej dosky

Navrhnutá doska má rozmery 141x96,5mm. Pre možnosť jej upevnenia sme pridali diery, kde je možné dosku pomocou napr. dištančných stĺpikov upevniť. Celkovo sme na doske pripravili 6 dier. Ich rozloženie je možné vidieť vo výstupných súboroch projektu v elektronickej podobe.

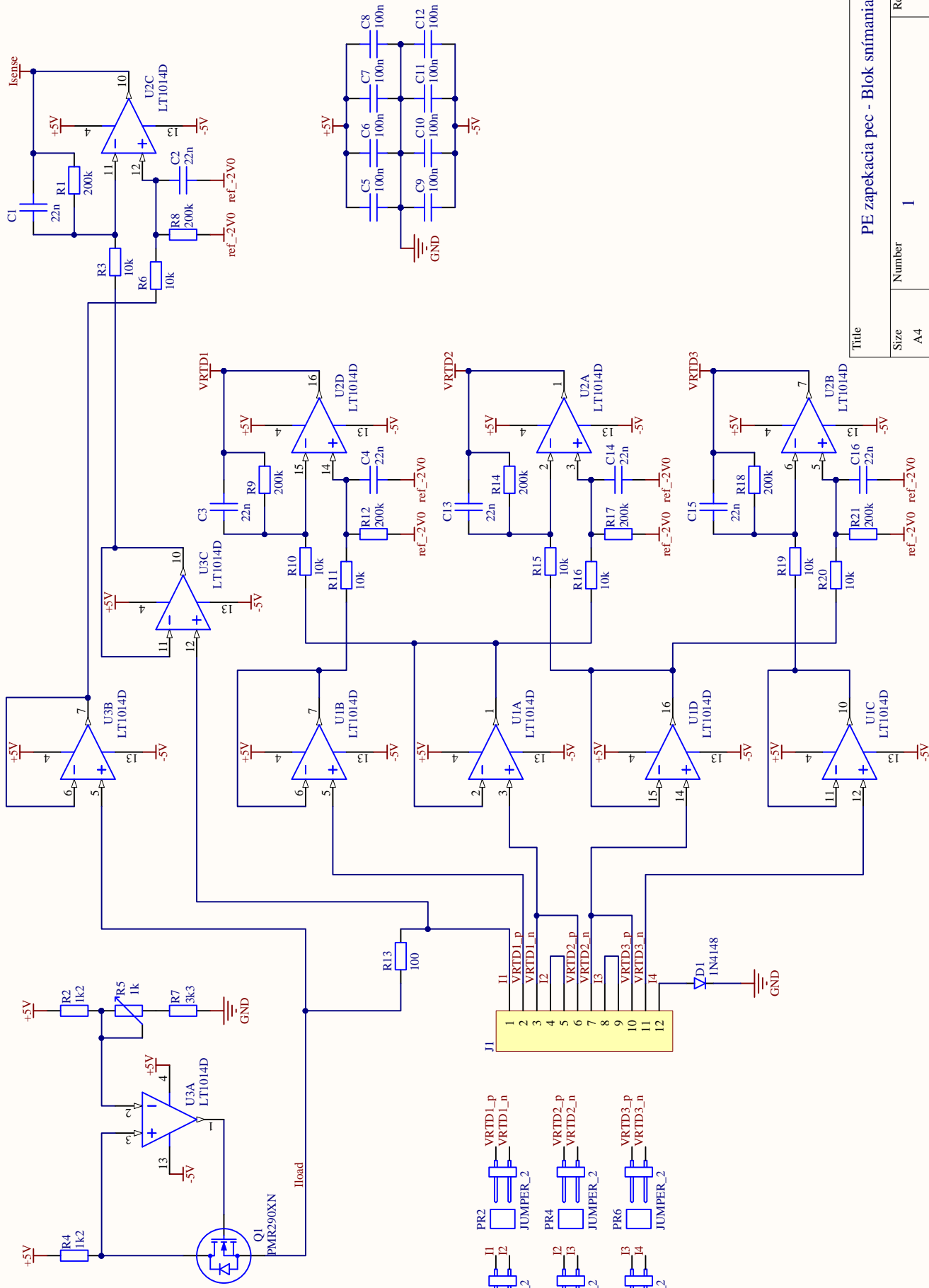
6 Záver

V tomto projekte bolo naším cieľom navrhnuť elektroniku pre zapekáciu peci. Na začiatku sme si zistili informácie o zapekacích peciach používaných v priemysle. Následne sme navrhli blokovú schému nášho zariadenia a potom začali navrhovať jednotlivé bloky. Výsledkom nášho návrhu je zapekacia pec s možnosťou pripojenia až troch RTD snímačov teploty PT100. Dôsledným návrhom prispôsobovacej časti sme dokázali získať rozsah snímanej teploty 0 až 334 °C s rozlišovaciu schopnosťou 0,082165 °C. Navrhli sme napájaciu časť a časť riadiacu, kde sme postavili riadenie na 8bitovom mikropočítači. Následne sme navrhli aj časť pre pripojenie akčných členov, ktorými môžu byť vyhrievacie teleso a dvojica ventilátorov. K doske sme pridali možnosť pripojenia krokového motora a koncových spínačov, pre možnosť vysúvania a zasúvania dvierok pece. Následne sme pridali aj užívateľské rozhranie, ktoré predstavuje LCD displej a používateľské tlačidlá. Pre komunikáciu s okolitými zariadeniami sme do návrhu zakomponovali zbernicu RS-485.

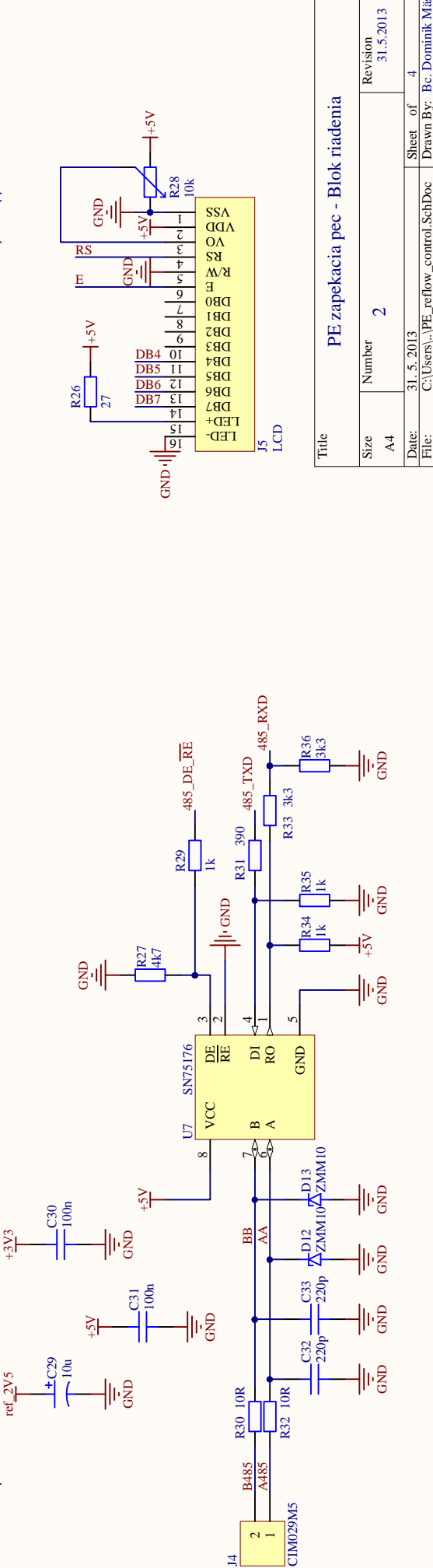
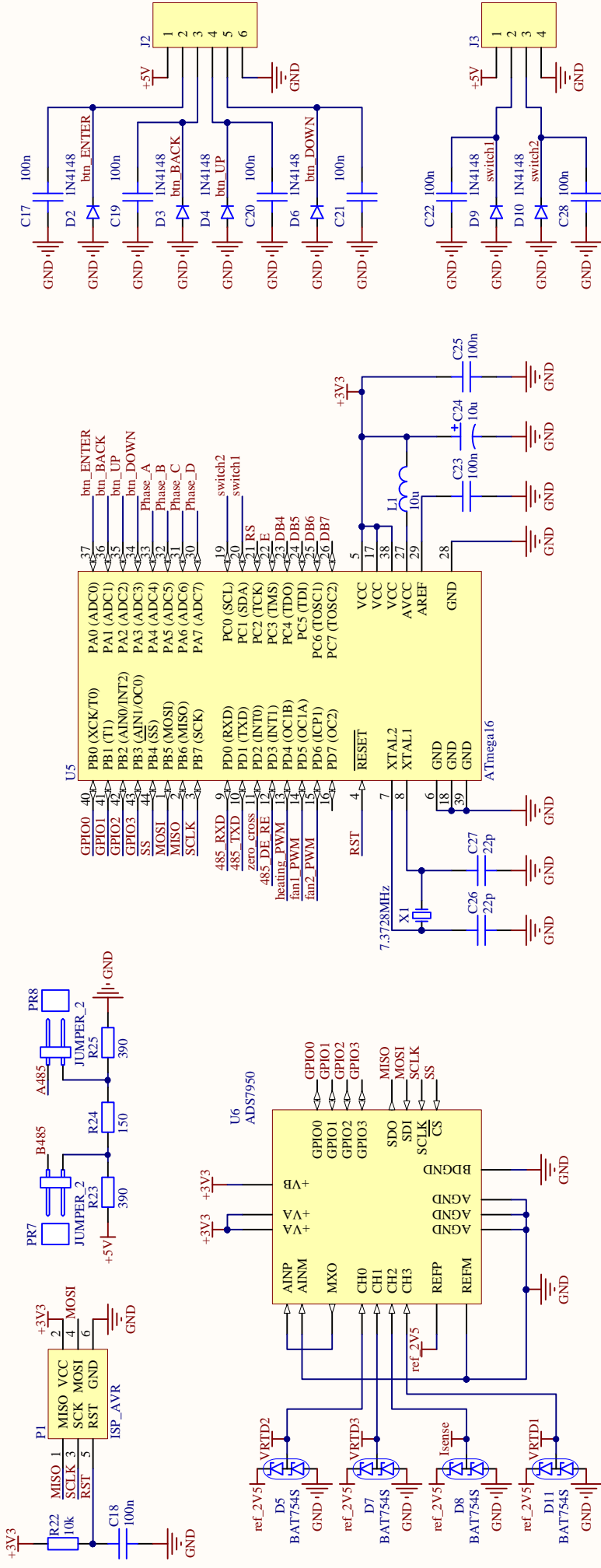
Daný schematický návrh sme preniesli aj do návrhu dosky plošného spoja, kde sme túto kompletne navrhli až po vygenerovanie výstupných súborov pre výrobu.

Výsledkom nášho návrhu je teda kompaktná DPS zapekacej pece, ktorá si môže nájsť uplatnenie pri fyzickej výrobe zapekacej pece a je vhodná pre menšie výrobné série DPS.

Prílohy

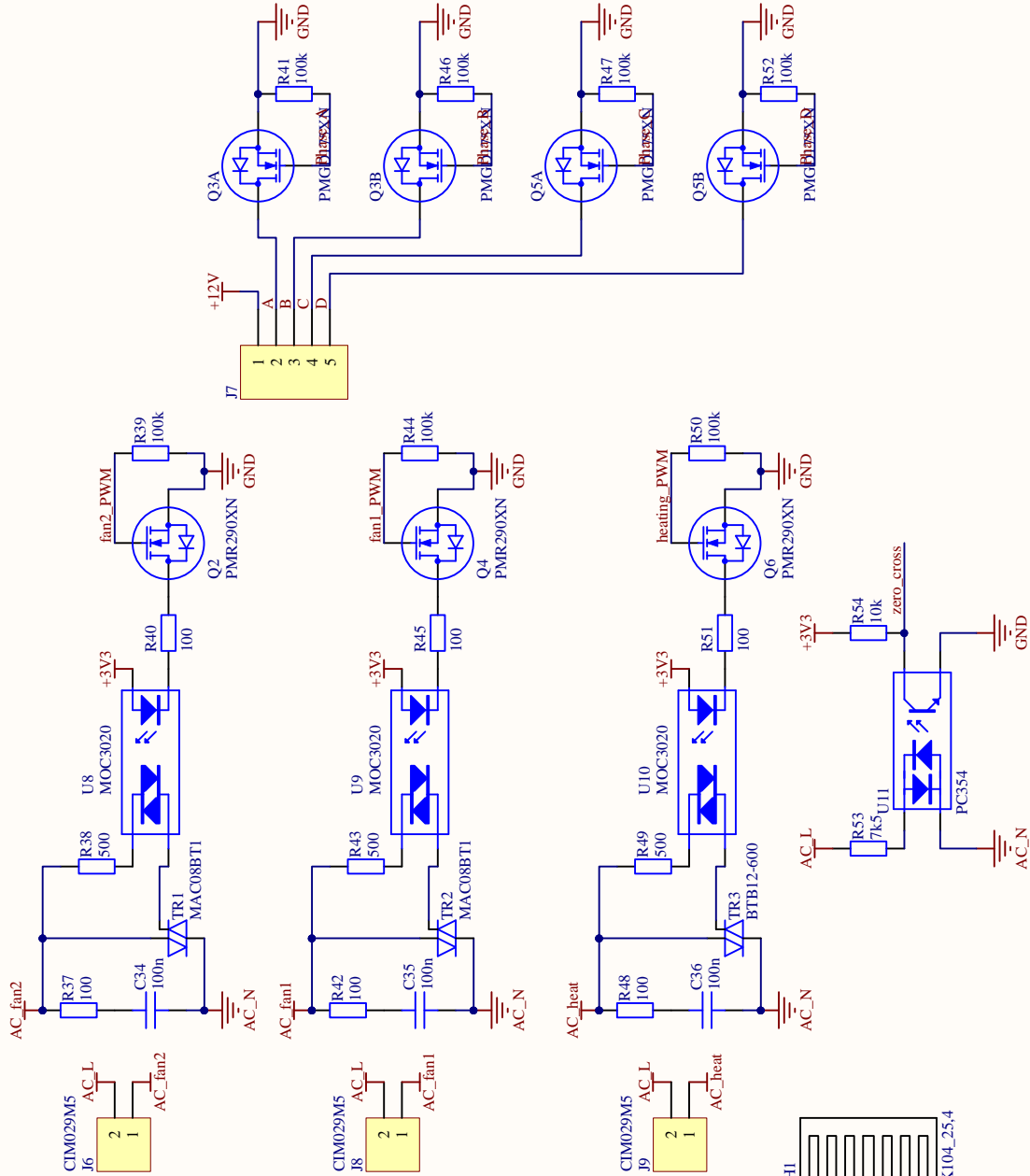


Title		PE zapekacia pec - Blok snimania	
Size	Number	Revision	
A4	1	31.5.2013	
Date:	31.5.2013	Sheet of	4
File:	C:\Users\...PE_reflow_sense.SchDoc	Drawn By:	Bc. Dominik Mäsitar

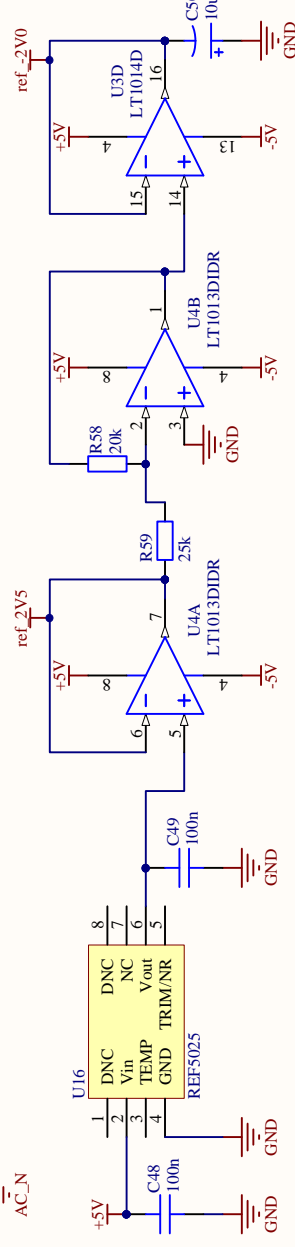
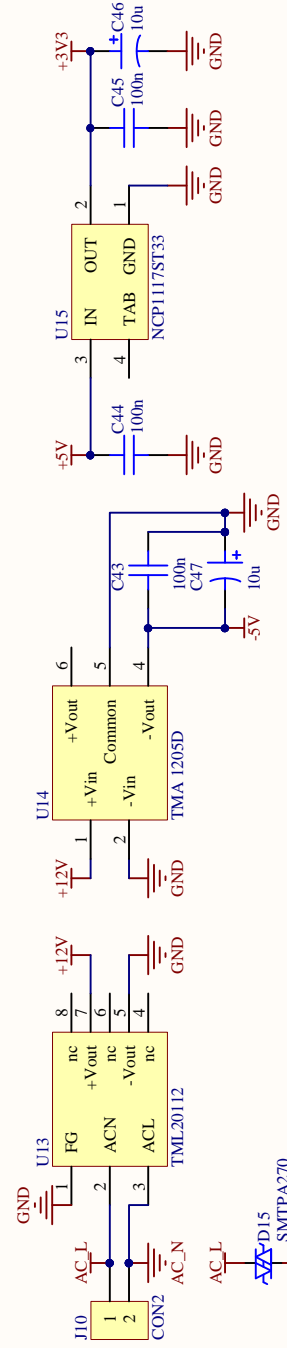
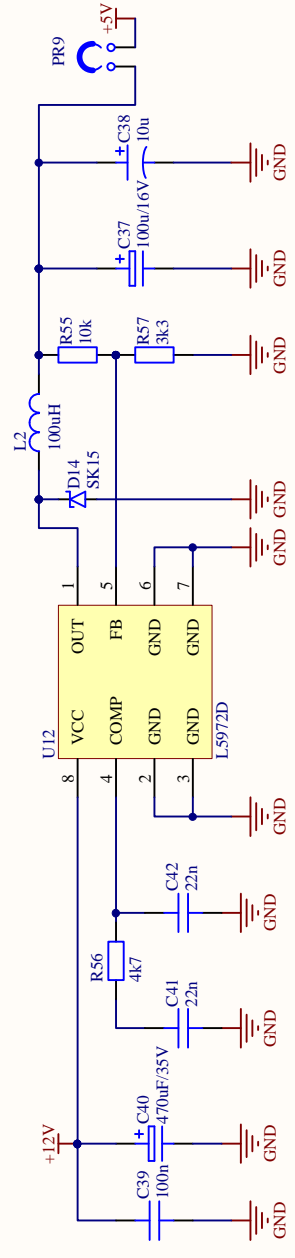


PE zapekacia pec - Blok riadenia

Title	Size	Revision
	A4	31.5.2013
Date:	Number	Sheet of
31.5.2013	2	4
File:	C:\Users\...PE_reflow_control_SchDoc	
Drawn By:		Bc. Dominik Mästar



Title			
PE zapekacia pec - Blok výstupov			
Size	Number	Revision	
A4	3	31.5.2013	
Date:	Sheet of	Sheet of	
File:	C:\Users\...PE_reflow_output\SchDoc	4	Drawn By: Bc. Dominik Mášiar



PE zapekacia pec - Blok napätia

Title	PE zapekacia pec - Blok napätia		
Size	Number	Revision	
A4	4	31.5.2013	
Date:	31.5.2013	Sheet of	4
File:	C:\Users\...PE_reflow_power.SchDoc	Drawn By:	Bc. Dominik Mäsär