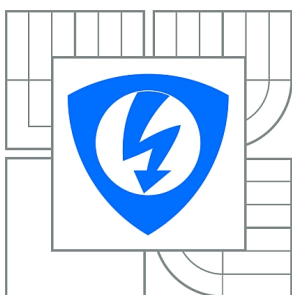


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

KONTROLNÍ A ŘÍDÍCÍ MODUL

CONTROLLING AND CHECKING SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

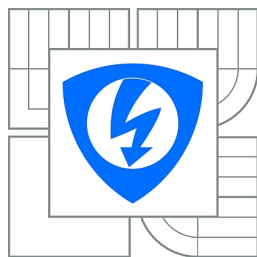
JAN BLÁHA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ZOLTÁN SZABÓ, Ph.D.

BRNO 2014



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Jan Bláha

ID: 134283

Ročník: 3

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Kontrolní a řídicí modul

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Zpracujte návrh zařízení pro řízení a měření provozních hodin připojených spotřebičů. Prostudujte principy a možnosti měření spotřeby, řízení spotřebičů a měření teploty. Zařízení bude podle snímaných venkovních, vnitřních a provozních teplot a nastaveného času řídit připojené spotřebiče, signalizovat výpadek proudu a poruchy. Komunikace s uživatelem bude řešena přes LCD displej a numerickou klávesnici. Navrhněte obvodové řešení systému využívající vhodnou mikroprocesorovou platformu, který bude napájen ze sítě a zálohován pro případ výpadku proudu. Zařízení realizujte a jeho správnou činnost prakticky ověřte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR - ATmega16. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2006.

[2] BURKHAD, M., C pro mikrokontroléry. Praha: BEN - technická literatura, 2003.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 30.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Zoltán Szabó, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Obsahem této práce je návrh, zhotovení a odzkoušení modulu se spínáním 4 nezávislých spotřebičů. Spínání může být řízeno automaticky podle měřené teploty a času nebo manuálně. Součástí zařízení je i měření spotřeby. V závěru je uvedeno zhodnocení a získané poznatky či problémy při realizaci modulu.

Klíčová slova

kontrolní modul, AVR mikroprocesor, LCD displej, RTC obvod, spínání spotřebiče, teplotní čidlo, měření výkonu,

Abstract

This bachelor thesis focuses on the design, fabrication and testing module 4 independent switching appliances. Switching can be controlled automatically according to the ambient temperature and time, or manually. The equipment includes the measurement of power. In the conclusion, the evaluation and lessons learned or problems in the implementation of module.

Keywords

Control system, AVR mikroprocessor, LCD display, RTC device, switch circuit, temperature sensor, power measurement

BLÁHA, J. *Kontrolní a řídicí modul*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 43 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Zoltán Szabó, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou semestrální práci na téma Kontrolní a řídicí modul jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Obsah

OBSAH.....	4
SEZNAM OBRÁZKŮ	6
ÚVOD	8
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1.1 Zobrazovací jednotka	9
1.1.1 LCD	9
1.1.2 LCD displej WH2004A	10
1.2 Mikrokontrolér AVR ATmega128A.....	11
1.3 Obvod reálného času	11
1.3.1 RTC obvod PCF8563	12
1.4 Maticová klávesnice.....	13
1.5 Bezkontaktní spínače	14
1.5.1 Triak	14
1.5.2 Optotriak.....	15
1.6 Teplota	17
1.6.1 Měřicí obvody senzorů.....	17
1.6.2 Digitální čidlo DS18B20.....	17
1.7 Výkon	19
1.7.1 Transformátor proudu	19
1.7.2 Integrovaný měřicí obvod CS5467	20
2 BLOKOVÉ SCHÉMA OBVODU.....	21
3 NÁVRH OVLÁDACÍ ČÁSTI.....	22
3.1 Řízení spotřebiče	22
3.2 Napájecí zdroj	23
3.3 Ovládací rozhraní	23
3.4 Krytí a připojení k síti	24
3.5 Technické parametry	25
4 MĚŘENÍ POŽADOVANÝCH VELIČIN.....	26
4.1 Měření teploty.....	26
4.2 Měření času.....	26
4.3 Měření spotřeby.....	27
5 UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ.....	28
ZÁVĚR	30
REFERENCE	32

PŘÍLOHA.....	33
---------------------	-----------

Seznam obrázků

Obr. 1.1	LCD displej WH2004A	10
Obr. 1.2	Blokové schéma RTC obvodu PCF8563[6]	13
Obr. 1.3	Zapojení maticové klávesnice[7]	13
Obr. 1.4	Pětivrstvá struktura triaku: a) princip, b) rozdělení na tyristorovou a diodovou strukturu, c) princip zkratování krajních přechodů PN, d) reálná struktura NPNPN s přidavnou vrstvou N_G [9]	15
Obr. 1.5	Schématická značka optotriaku[11]	16
Obr. 1.6	Přehled pouzder DS18B20[12]	18
Obr. 1.7	Blokové schéma DS18B20[12]	18
Obr. 1.8	Zapojení transformátoru proudu do obvodu[15]	19
Obr. 1.9	Blokové schéma CS5467[16]	20
Obr. 2.1	Blokové schéma modulu	21
Obr. 3.1	Blok spínací části	22
Obr. 3.2	Použitý zdroj stejnosměrného napětí 5V	23
Obr. 3.3	Část schématu pro připojení LCD	24
Obr. 3.4	Použitá krycí krabice	25
Obr. 4.1	Osazený RTC obvod PCF8563	26
Obr. 4.2	Osazené čipy CS5467 ze strany spojů	27
Obr. 5.1	Zjednodušená struktura uživatelského menu	29
Obr. 5.2	Výchozí zobrazení o stavu zařízení	29
Obr. 5.3	Ovládací deska – schéma v měřítku 1:2	33
Obr. 5.4	Řídící deska – schéma v měřítku 1:1,25	34
Obr. 5.5	Ovládací deska – DPS v měřítku 1:1,25	35
Obr. 5.6	Ovládací deska – osazení zespod v měřítku 1:1,25	36
Obr. 5.7	Ovládací část – osazení svrchu v měřítku 1:1,25	37
Obr. 5.8	Řídící deska – DPS v měřítku 1:1	38
Obr. 5.9	Řídící deska – osazení zespod	38
Obr. 5.10	Řídící část – osazení svrchu	39
Obr. 5.11	Ovládací deska modulu - strana osazení	40
Obr. 5.12	Řídící deska modulu - strana osazení	40
Obr. 5.13	Ovládací deska modulu - strana spojů	41

<i>Obr. 5.14</i>	<i>Řídící deska modulu - strana spojů.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 5.15</i>	<i>Deska s tlačítky - strana osazení.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 5.16</i>	<i>Deska s tlačítky - strana spojů.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 5.17</i>	<i>Uložené zařízení v krytu.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 5.18</i>	<i>Ukázka připojení teplotního čidla.....</i>	<i>43</i>

Úvod

Bakalářská práce plně navazuje na předešlou semestrální práci, která byla zaměřena na výběr a doporučení vhodných součástí k realizaci kontrolního a řídicího modulu.

Modul bude ovládat a spínat čtyři nezávislé síťové spotřebiče na základě změřených teplot, času nebo výkonu.

Součástí obvodu budou externí teplotní senzory, obvod reálného času, obvod měření výkonu jednotlivých spotřebičů, LCD displej a tlačítková klávesnice. Vše bude ovládat mikroprocesor, který se stará o funkčnost jednotlivých prvků a komunikaci s nimi. Jeho úkolem také bude zpracování naměřených veličin, sledování vstupně/výstupních periférií a zobrazování dat na displeji.

Výsledkem práce bude funkční a odzkoušený výrobek, který má splňovat všechny body zadání.

1 Teoretická část

1.1 Zobrazovací jednotka

Zobrazovací jednotky jsou nedílnou součástí většiny elektronických zařízení a systémů. Zprostředkovávají vizuální kontakt mezi sledovaným procesem a uživatelem elektronického zařízení. Se zvyšováním potřeby kvalitních displejů jsou nepřetržitě zdokonalovány a vyvíjeny nové technologie, které zkvalitňují a zlevňují zobrazovací jednotky.[1]

Rozdělení podle množství zobrazované informace:

- s malou hustotou zobrazované informace
- s velkou hustotou zobrazované informace

Rozdělení z hlediska principu zobrazování:

- pasivní – vyžadují cizí osvětlení, samy negenerují optické záření, ale řídí jeho odraz nebo průchod
- aktivní – generují optické záření z proto je lze vidět i bez osvětlení

Požadované vlastnosti zobrazovacích jednotek:

- jas a kontrast
- znázornění barev a jejich sytost
- spotřeba
 - je dána spotřebovávanou energií a velikostí potřebného napájecího napětí, aby bylo možné porovnávat spotřebu různých displejů, je spotřeba udávána pro určitý zobrazovaný znak, kterým může být např. číslice 8
- rychlost odezvy
 - je doba nutná k výměně nového údaje za starý – doba nutná k tomu, aby byl na displeji odstraněn starý a zobrazen v požadované kvalitě nový údaj
- zorný úhel
 - maximální úhel, pod kterým je možné s dobrou čitelností sledovat zobrazení na displeji
- životnost
 - provoz displeje je považován za ukončený, když jas v porovnání s počátečním klesne na polovinu

1.1.1 LCD

Zobrazovací jednotky s tekutými krystaly jsou pasivními prvky, které neemitují optické záření, ale používají optické záření vytvářené jinými zdroji.

Každý pixel LCD se skládá z molekul tekutých krystalů uložených mezi dvěma

průhlednými elektrodami a mezi dvěma polarizačními filtry, přičemž osy polarizace jsou na sebe kolmé. Bez krystalů mezi filtry by bylo světlo procházející jedním filtrem blokováno filtrem druhým. Molekuly tekutých krystalů jsou bez vnějšího elektrického pole ovlivněny mikroskopickými drážkami na elektrodách. Drážky na elektrodách jsou vzájemně kolmé, takže molekuly jsou srovnány do spirálové struktury a stáčí polarizaci procházejícího světla o 90 °, což mu umožňuje projít i druhým filtrem. Polovina světla je absorbována prvním polarizačním filtrem, kromě toho je ale celá sestava průhledná.

V okamžiku vzniku pole jsou molekuly tekutých krystalů taženy rovnoběžně s elektrickým polem, což snižuje rotaci vstupujícího světla. Pokud nejsou tekuté krystaly vůbec stočené, procházející světlo bude polarizováno kolmo k druhému filtru, a tudíž bude úplně blokováno a pixel se bude jevit jako nerozsvícený. Pomocí ovlivnění stočení krystalů v pixelu lze kontrolovat množství procházejícího světla, a tudíž i celkovou svítivost pixelu.[1]

Hlavní vlastnosti LCD displejů:

- zorný úhel je poměrně malý
- budicí napětí
 - u alfanumerických řádově jednotky voltů
 - u grafických přibližně do hodnoty 30 V
- kontrast a zorný úhel se mění se změnou napájecího napětí
- teplota prostředí má velký vliv na tekuté krystaly v displeji a provozní napětí
 - běžný doporučený rozsah teplot 0 °C až +70 °C, ve speciálních případech - 20 °C až +70 °C
- nízká cena
- malá závislost teploty na změnu barev zobrazení
- rychlá časová odezva (řádově jednotky až desítky ms)

1.1.2 LCD displej WH2004A

Do projektu jsem použil LCD displej WH2004A, který disponuje 4 řádky po 20 znacích, je podsvícený bílým osvětlením na modrém pozadí a využívá integrovaného řadiče ST7066.[2]



Obr. 1.1 LCD displej WH2004A

1.2 Mikrokontrolér AVR ATmega128A

Řada AVR označuje rodinu 8 bitových RISC (Reduced Instruction Set Computer) mikroprocesorů s maximální pracovní frekvencí 16 MHz (u některých i 20 MHz). Díky relativně vysoké taktovací frekvenci a sadě instrukcí, z nichž je většina vykonávána během jednoho taktu, jsou mikroprocesory řady AVR jedny z nejvýkonnějších pro obecné využití.[3]

Přehled vlastností:

- napájecí napětí 2,7 V – 5,5 V
- 32 registrů délky 8 bitů
- 53 programovatelných vstupů/výstupů
- hodinový kmitočet až do 16 MHz
- FLASH paměť velikosti 128 KB
- RAM paměť velikosti 4 KB
- EEPROM paměť velikosti 4 KB
- dva 8-bitové a dva 16-bitové čítače/časovače
- 8 PWM kanálů (dva 8-bitové a šest 16-bitových s nastavitelným rozlišením)
- analogový komparátor, 10-bitový A/D převodník
- jednotky komunikace USART, SPI, TWI, WDT, Power-on reset

Seznam všech možných funkcí a popis jednotlivých registrů a jejich nastavení je součástí katalogového listu, popisující daný mikrokontrolér, který je ke stažení z webových stránek výrobce Atmel.[4]

1.3 Obvod reálného času

RTC (Real Time Clock), hodiny reálného času, jsou počítačové hodiny (většinou ve formě integrovaného obvodu), které udržují údaj o aktuálním čase i data. Přestože tento termín je známý především z počítačů nebo serverů, používá se v jakékoliv elektronice, která používá přesný čas.

Používání RTC má výhody:

- Nízkou spotřebu (zvláště, když RTC běží na baterie)
- Někdy je přesnější než ostatní metody
- GPS navigacím umožňuje zkrátit start a hledání signálu porovnáním času RTC s časem družice.

Existují různé typy RTC obvodů v závislosti na napájecím napětí, integraci krystalu, velikosti paměti, počtu alarmů, typu komunikace, počtu vývodů externího přerušení atd.

Důležitým prvkem pro správnou funkci obvodu je krystal, nejčastěji používaný

s frekvencí 32,768 kHz. Může být buď zapojen k odpovídajícím vývodům obvodu nebo přímo v něm integrovaný s nastavitelnou předděličkou.

Ke komunikaci se nejčastěji využívá sériové sběrnice I²C.

Obvod může obsahovat nastavitelné alarmy času, data nebo vnitřního čítače. Vhodným nastavením se může indikace alarmu nebo přetečení čítače přenést na externí vývod k tomu určený.

Velkou výhodou mohou být součástí obvodu vývody jak pro napájecí napětí, tak pro přídatnou baterii. Při přerušení externího napájení dokáže obvod přepnout na napájení z baterie, a tudíž nedojde k vypnutí a vymazání časových údajů.

K prozkoumání všech funkcí a nastavení obvodu si musíme prostudovat příslušný datasheet.

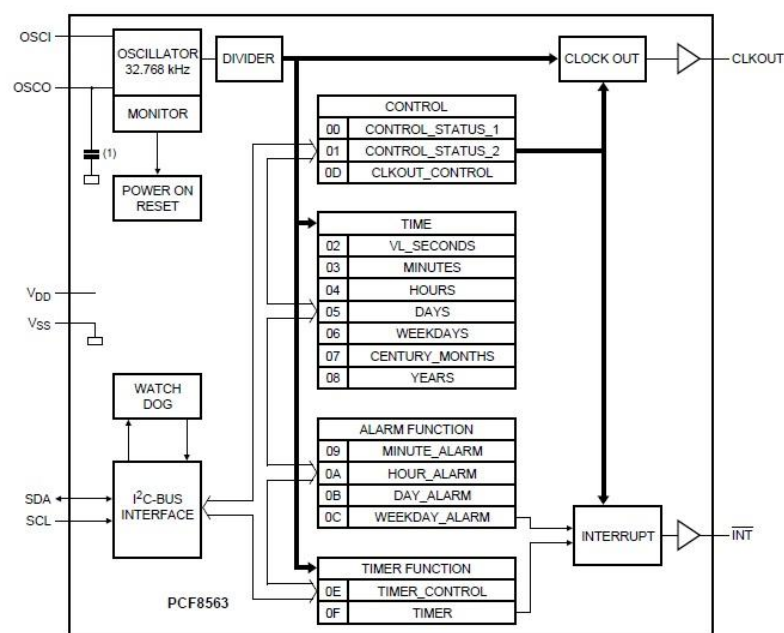
1.3.1 RTC obvod PCF8563

V projektu je použit obvod reálného času (RTC) PCF8563 od firmy NXP Semiconductors, protože jsem předpokládal plné využití všech funkcí i vývodů tohoto čipu, což se nakonec potvrdilo.

Malou nevýhodou je absence samostatného vývodu pro připojení záložní baterie pro uchování běhu reálného času. Tento problém jsem vyřešil kombinací Schottkyho diod mezi napájecím zdrojem a baterií popsané v kapitole návrhu, viz 4.2.

Technické údaje:[6]

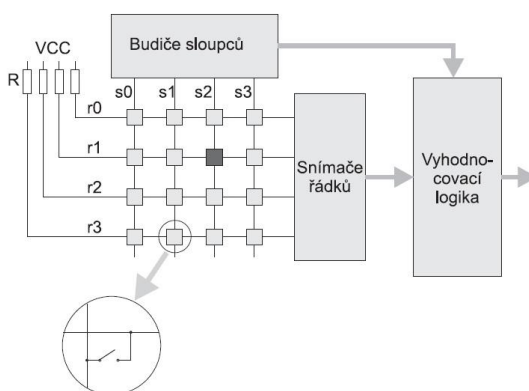
- Napájecí napětí 1 – 5,5 V
- Maximální provozní proud 800 µA
- Nastavitelný výstup časovače (32,768 kHz, 1024 kHz, 32 Hz a 1 Hz)
- Sériová sběrnice I²C s maximální rychlostí komunikace 400 kbit/s
- 24 nebo 12 hodinový formát
- Příznak přechodu století
- Nastavitelná funkce alarmu, čítače a jejich příznaků na externí výstup



Obr. 1.2 Blokové schéma RTC obvodu PCF8563[6]

1.4 Maticová klávesnice

Klávesnice slouží k zadávání alfanumerických hodnot pro další zpracování např. mikroprocesorem. Maticová klávesnice se používá tam, kde je třeba sledovat více tlačítek. Proto se využívá maticového zapojení jednotlivých tlačítek. Schéma zapojení pro klávesnici se 16 tlačítky v matici 4x4 je na Obr. 1.3.[7]



Obr. 1.3 Zapojení maticové klávesnice[7]

Všechny řádkové vodiče jsou udržovány v úrovni H pomocí odporů R. Budící obvod postupně připojuje na jednotlivé sloupce vodiče úrovně L. Na této úrovni je vždy jeden sloupkový vodič, ostatní jsou na úrovni H. Je-li stisknuta některá z kláves připojených na právě buzený (na úrovni L) vodič, je tato úroveň klávesnicovým spínačem připojena i na příslušný řádkový vodič. Vyhodnocovací elektronika může z takto zjištěných souřadnic snadno odvodit kód klávesy.[7]

1.5 Bezkontaktní spínače

Bezkontaktní spínače, nahrazují v zařízeních elektromechanické stykače, jističe, relé a další spínací přístroje.

Jednou z hlavních jejich předností je velká spínací rychlost, která umožňuje, aby pracovaly v širokém rozsahu kmitočtů. Vzhledem k tomu, že neobsahují pohyblivé kontakty, nemohou u nich vzniknout takové poruchy jako koroze, znečišťování a opalování kontaktů a únavové poruchy materiálů. Výsledkem je velká spolehlivost a životnost bezkontaktních spínačů i v nejtěžších klimatických podmínkách a korozních provozních podmínkách. Výhodou je i velká odolnost proti mechanickému chvění a rázům a v neposlední řadě také to, že vstupním výkonem 10^{-2} až 10^{-1} W lze ovládat výkony 1 až 10^6 W.[8]

K nevýhodám patří velká citlivost na proudové a napětové přetížení a dále to, že neumožňují galvanické oddělení elektrického obvodu.

Aby funkce bezkontaktních spínačů byla ve všech provozních stavech spolehlivá, musí se jejich obvody vybavovat jisticími zařízeními proti přepětí, nadproudům a nadměrným strmostem nárůstu blokovacího napětí.

Další nevýhodou je větší úbytek napětí oproti kontaktním spínačům. Ten vytváří ztrátový výkon na součástkách, který se mění v teplo. Musí se tedy zajistit odvod tepla od součástky a to dostatečným chlazením. [8]

Z výhod a nevýhod vyplývá oblast použití oproti kontaktním spínačům tam, kde:

- je požadována krátká doba zapnutí a vypnutí
- se vyskytuje velká odolnost spínání
- spínače musí pracovat v korozivním, prašném nebo výbušném prostředí
- je žádána velká odolnost proti mechanickému chvění a rázům
- je vyžadována velká spolehlivost a životnost
- je vyžadována velká vstupní citlivost

1.5.1 Triak

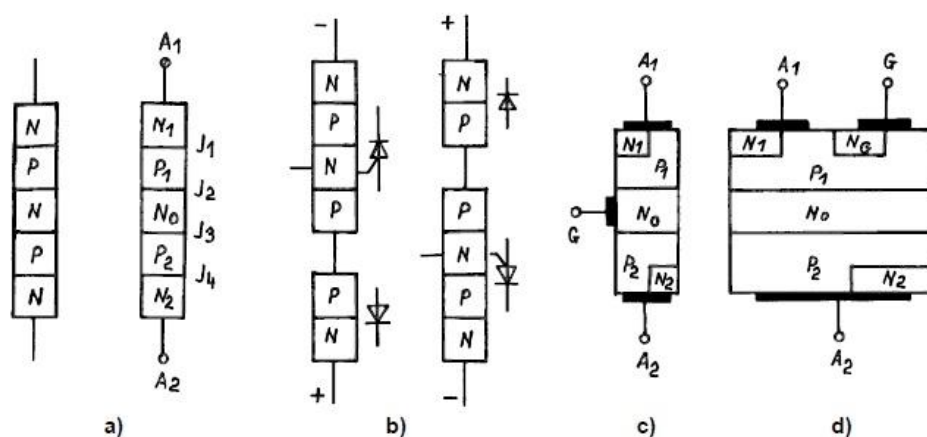
Triak je jednoslovný název pro obousměrný triodový tyristor (pětivrstvý triodový tyristor).[9]

Oproti dvěma diskrétním antiparalelním tyristorům se však i v triaku uplatňují některé nové jevy:

- spínání záporným řídícím signálem (je zajištěno spojení části plochy řídící elektrody s pomocným emitorem N^+)
- řízení vzdálené báze, kdy je spínán tyristor, jehož emitor N^+ a přilehlá báze P jsou umístěny na opačné straně destičky než řídící elektroda
- vzájemné ovlivnění obou dílčích tyristorových struktur při komutaci v hlavním obvodu

Triaky jsou pětivrstvé součástky NPNPN (dále mají ještě šestou vrstvu, přes kterou je vyvedena řídicí elektroda). Teoreticky by struktura triaku mohla být stejně dobře PNPNP, ale z technologických důvodů se tato struktura nepoužívá.

Činnost pětivrstvé struktury NPNPN pro obojí polaritu lze znázornit vždy sériovým zapojením příslušné čtyřvrstvé struktury PNPN a přechodu PN polarizovaného v závěrném směru. Odtud je zřejmé, že vždy jeden krajní přechod PN je polarizován v závěrném směru (dioda D), kdežto druhý krajní přechod je zapojen v propustném směru. Je vidět, že pětivrstvá struktura může působit jako čtyřvrstvá pro obojí polaritu přiloženého napětí. Usměrnující jeden krajní přechod by byl přitom nevýhodný, protože by na něm vznikal velký úbytek napětí, takže by byl značně tepelně namáhán. Proto se oba krajní přechody (P_1N_1 a P_2N_2) vytvářejí tak, aby jejich odpor byl minimální. Toho se dosahuje tím, že se krajní přechody vytvoří jako zkratované přívodní elektrodou.[9]



Obr. 1.4 Pětivrstvá struktura triaku: a) princip, b) rozdělení na tyristorovou a diodovou strukturu, c) princip zkratování krajních přechodů PN, d) reálná struktura NPNPN s přídatnou vrstvou N_G [9]

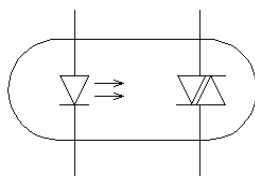
Triak spíná střídavý proud procházející mezi hlavními elektrodami A1 a A2 a řídí se proudem libovolné polarity mezi elektrodou a řídicí elektrodou (hradlem G).

Závažným problémem je komutace triaku. Vzhledem ke konstrukci, kdy obě dílčí tyristorové struktury nejsou od sebe prakticky vůbec odděleny, zůstává při vypnutí jedné části v bázích ještě určitý zbytkový náboj nerovnovážných nosičů. Při komutaci hlavního napětí tento náboj spolu s kapacitním proudem, vznikajícím při nárůstu napětí na blokovacím přechodu působí jako řídicí proud pro blokující tyristor a může způsobit jeho nežádoucí sepnutí. K popsané situaci dochází při použití triaku v obvodech s induktivní zátěží.[9]

1.5.2 Optotriak

Optotriak je obvodová součástka skládající se z vysílací světlo-emitující diody LED a z přijímacího fototriaku. Pokud LED diodou neteče proud, dioda neemituje světlo, tudíž řídicí elektrodou fototriaku neteče proud potřebný k jeho sepnutí. Jakmile bude LED diodou protékat proud, dioda začne emitovat světlo a řídicí elektrodou začne protékat proud, který sepne fototriak. Obě součástky jsou zapouzdřeny společně v

jednom integrovaném obvodu tak, aby mezi nimi byla co nejlepší světelná vazba, a aby nedošlo k jejich ovlivnění vnějším světlem. Důležitým prvkem zapojení je proud protékající LED diodou, která sepne fototriak při hodnotě proudu větší než zapínací proud, který lze vyčíst z technické dokumentace.



Obr. 1.5 Schématická značka optotriaku[11]

1.6 Teplota

Teplota je stavová veličina určující stav termodynamické rovnováhy. Bývá charakterizován termodynamickou teplotou, která musí být pro všechny izolované soustavy stejná. Teplota je jedna z mála veličin, která se nedá měřit přímo, ale pouze prostřednictvím jiných fyzikálních veličin.[13]

Senzor (snímač nebo čidlo) teploty je funkční prvek tvořící vstupní blok měřícího řetězce, který je v přímém styku s měřeným prostředím.

Dle fyzikálního principu se senzory dělí na odporové, termoelektrické, polovodičové s PN přechodem, dilatační, optické, radiační, chemické šumové, akustické, magnetické atd.

Dle styku s měřeným prostředím se dělí na dotykové a bezdotykové.[13]

1.6.1 Měřící obvody senzorů

Na měřící obvody jsou kladeny tyto požadavky:

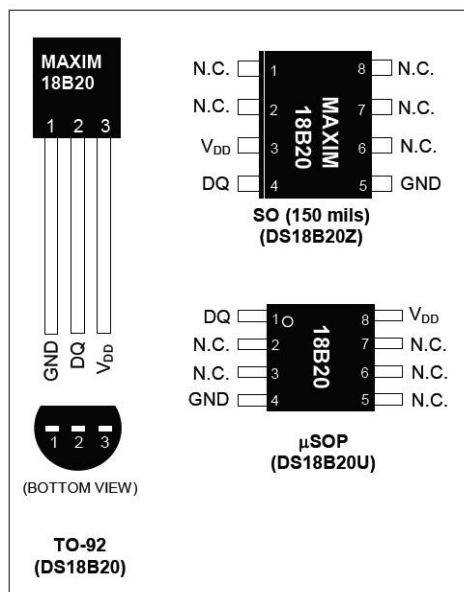
- minimalizace vlivu měřícího proudu procházejícího čidlem
- minimální časová konstanta
- minimální vliv odporu vedení k měřicímu odporu
- linearizace (analogová nebo číslicová) závislosti odporu snímače na teplotě

Elektrické snímače teploty se používají u systémů pro měření a sběr dat a systémů měření a regulace, které snímají teplotu na více (mnoha) měřicích místech. U těchto systémů je u čidla převodník, který dává standardizovaný signál (4 až 20 mA, 0 až 10 V nebo digitální komunikace RS232, RS 485, atd.), který je schopný systém zpracovat.

V posledních letech také došlo k velkému rozmachu ručních elektronických (digitálních) teploměrů s velkým výběrem vyměnitelných teplotních čidel (ponorné, vzduchové, pro povrchovou teplotu atd.). Signál z čidla je přístrojem elektronicky vyhodnocen (včetně kompenzace teploty srovnávacího spoje u termočláňkových čidel) a výsledek zobrazen na displeji, případně zaznamenán do paměti, přenesen do počítače, či vytisknut. Přístroje jsou provedeny buď jako jednoúčelové teploměry, nebo jako multimetry (pro měření více veličin). Přístroje s možností připojení dvou termočláňkových čidel jsou výhodné pro měření teplotních diferencí. Novinkou jsou přístroje s bezdrátovým přenosem signálu z čidla do přístroje, což v některých případech může ulehčit měření.[14]

1.6.2 Digitální čidlo DS18B20

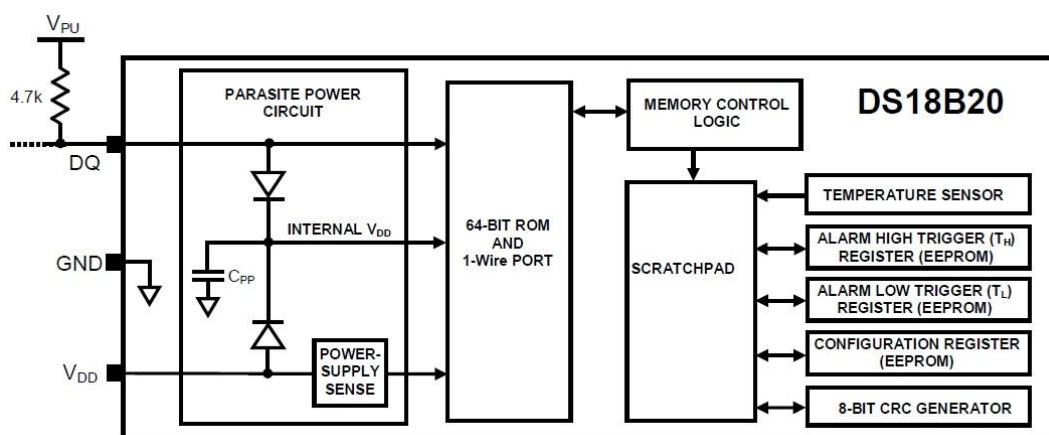
K měření teploty využijí digitální teplotní čidlo DS18B20 od firmy Maxim Integrated, které má nesporné výhody v jednoduchosti zapojení, dostačující přesnosti měření a snadné komunikace s mikrokontrolérem.



Obr. 1.6 Přehled pouzder DS18B20[12]

Technické údaje:[12]

- Teplotní rozsah – 55 °C až 125 °C
- Přesnost měření 9 – 12 bitů (přesnost na 0,5 °C; 0,25 °C; 0,125 °C; 0,0625 °C)
- Maximální doba převodu teploty 750 ms (při 12-bitové přesnosti)
- Napájecí napětí 3 – 5,5 V
- Díky unikátnímu 64-bitovému sériovému kódu možnost komunikace více čidel na jediném datovém vodiči
- Nastavitelný rozsah 2 teplot a alarm-signal při překročení rozsahu
- Unikátní 1-Wire (jednovodičová) komunikace
- Možnost zapojení jen dvěma vodiči (v pouzdru TO-92)



Obr. 1.7 Blokové schéma DS18B20[12]

1.7 Výkon

Ke zjištění výkonu ve střídavém jednofázovém obvodu je nutno znát napětí a proud zátěží. Pro zjištění napětí se může využít jednoduchého odporového děliče a proud lze měřit zapojením velmi malého rezistoru (řádově $\text{m}\Omega$) do série s obvodem a úbytkem napětí na tomto rezistoru, se vhodným převodem zjistí proud obvodem. Pro měření je též možno použít galvanického oddělení od obvodu pomocí vhodných dělicích transformátorů. Transformováním a vhodným zpracováním naměřených veličin (např. pomocí A/D převodníku) je pak možné vypočítat výkon na zátěži. Existují i integrované měřicí obvody, které zpracování a výpočet výkonu obstarají za nás a díky sériové komunikaci je zajištěno jejich ovládání.

1.7.1 Transformátor proudu

Činnost transformátoru je založena na principu elektromagnetické indukce. Průchodem proudem primárním vinutím se v jádře transformátoru vybudí magnetický tok Φ , který indukuje proud sekundárním vinutím. Napětí se transformují v přímém poměru k počtu závitů. Proud se transformuje v převráceném poměru.[15]

$$K_n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

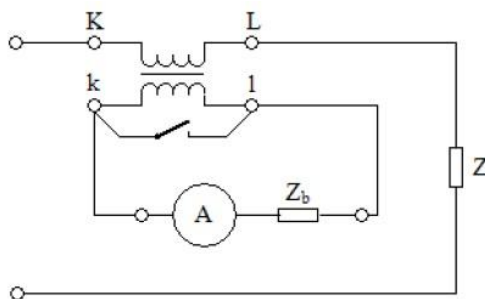
K_n – poměr transformace

N_1, N_2 – počet závitů primárního a sekundárního vinutí

U_1, U_2 – napětí na primárním a sekundárním vinutí

I_1, I_2 – proud primárním a sekundárním vinutím

Základní zapojení měřícího transformátoru proudu je na Obr. 1.8. Primární vinutí je zapojeno v sérii s měřeným obvodem. Je obvykle tvořeno jedním závitem. K sekundárnímu vinutí jsou připojeny měřicí a jistící přístroje. Součet impedancí připojených přístrojů nesmí překročit štítkovou hodnotu impedance transformátoru. Zkratovač, kterým je nutné zkratovat sekundární vinutí v případě nutnosti rozpojení sekundárního obvodu je nezbytné, protože sekundární vinutí nesmí být rozpojeno, protéká-li primárním vinutím proud. Primární svorky se standardně označují velkými písmeny, sekundární malými.[15]



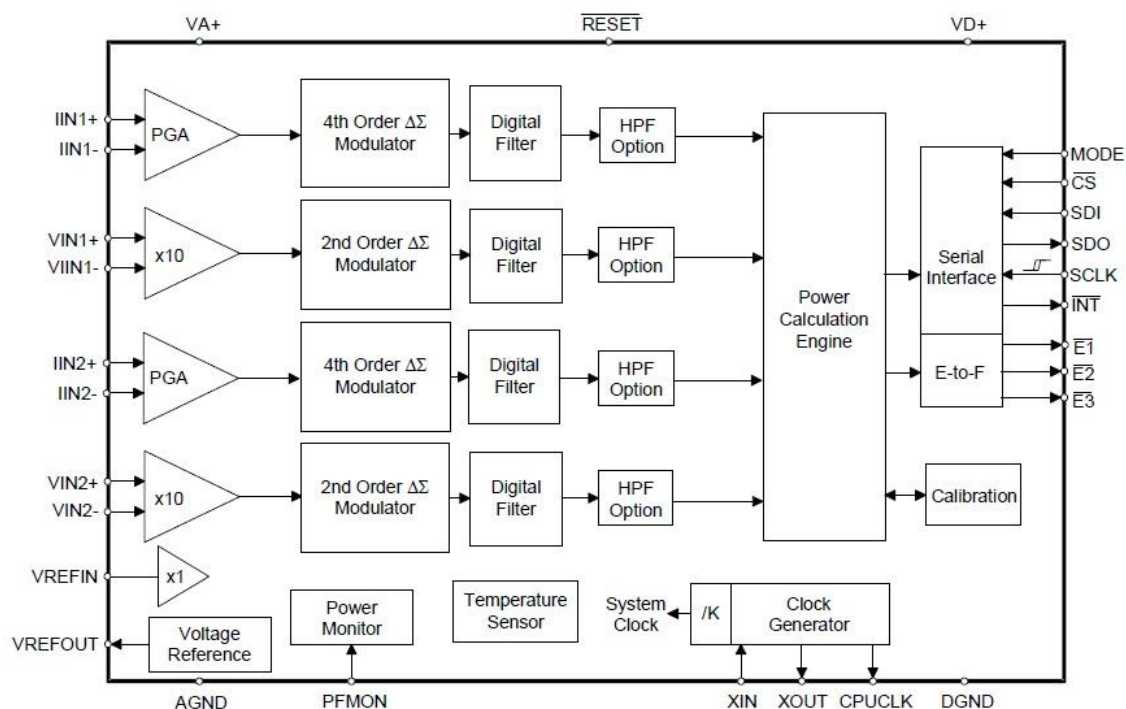
Obr. 1.8 Zapojení transformátoru proudu do obvodu[15]

1.7.2 Integrovaný měřicí obvod CS5467

Tento obvod je určen pro návrh digitálního elektroměru, který v sobě zahrnuje měření střídavého jednofázového napětí a proudu. Z nich pak dokáže vypočítat veličiny charakteristické pro síťové rozvody včetně činného, zdánlivého a jalového výkonu, účinníku, frekvence atd. K dispozici jsou celkem 4 kanály s diferenciálními vstupy využívající Sigma-Delta A/D převodníky.

Ke spojení s mikroprocesorem čip využívá sériovou komunikaci SPI.

Je vybaven komunikačním rozhraním SPI.



Obr. 1.9 Blokové schéma CS5467[16]

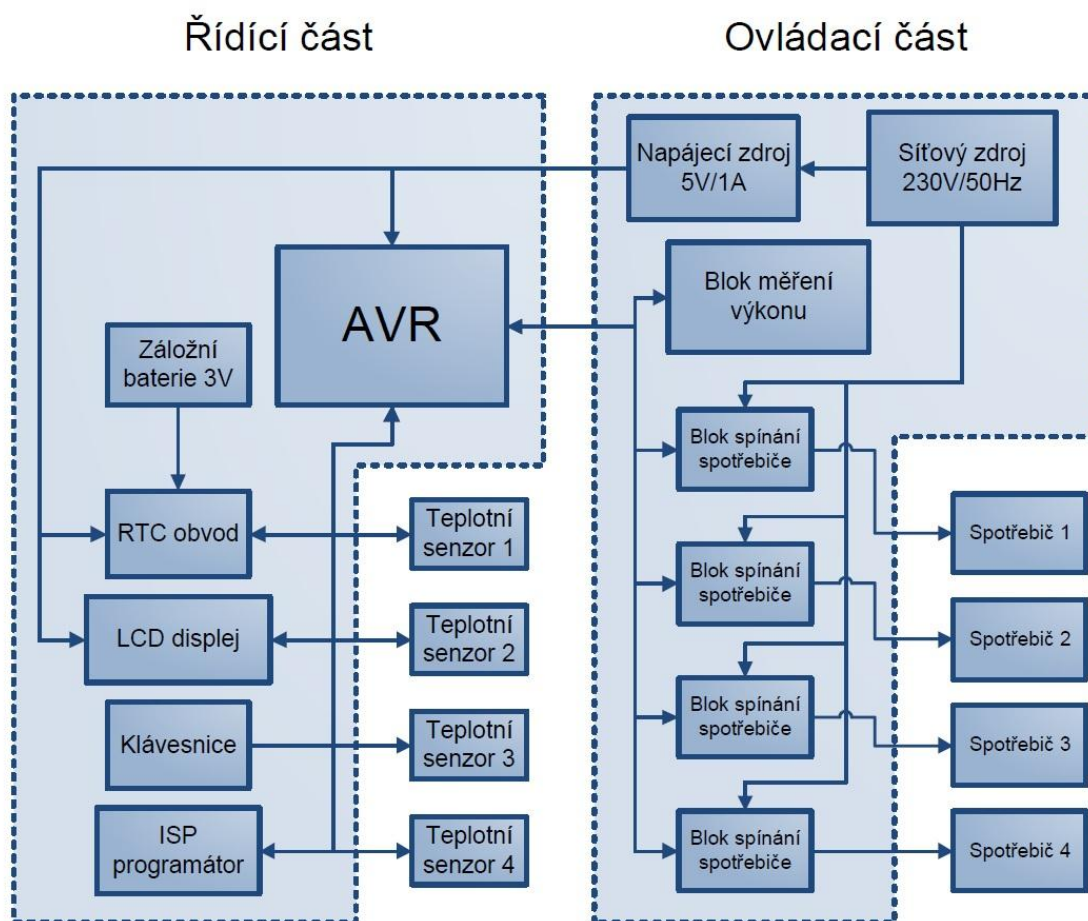
2 Blokové schéma obvodu

Výrobek je složen z řídicí a ovládací části realizované dvěma oddělenými deskami plošných spojů.

Ovládací část obsahuje blok bezkontaktního spínání pro 4 spotřebiče, napájecí zdroj pro řídicí a měřicí prvky přístroje, blok měření výkonu a svorkovnici k připojení síťového zdroje a spotřebičů.

Na řídicí desce je umístěn mikroprocesor AVR, RTC obvod, záložní baterie pro RTC obvod a konektory k připojení 4 teplotních čidel, LCD displeje, ovládacích tlačítek, obvodu měření výkonu a ISP programátoru.

Celé zařízení bude ukryto v plastové krabici odpovídající velikosti, které umožní jednoduché přenášení, snadné připojení spotřebičů a hlavně bezpečnost proti dotyku částí pod síťovým napětím.



Obr. 2.1 Blokové schéma modulu

3 Návrh ovládací části

3.1 Řízení spotřebiče

Jako první jsem začal řešit otázku spínání spotřebiče. Vycházel jsem z předpokladu, že nemohu dopředu vědět, jaký bude mít zapojený spotřebič typ zátěže (odporová, induktivní, kapacitní). To jsem zohlednil při porovnávání výhod a nevýhod mezi kontaktními a bezkontaktními možnostmi spínání. Pro bezkontaktní spínače mluvila hlavně velmi krátká doba sepnutí, dlouhá životnost a spolehlivost díky polovodičové architektuře. Nejvhodnějším prvkem pro spínání v jednofázových síťových aplikacích je triak.

Triak sepne v okamžiku, kdy řídící elektrodou začne protékat proud dostatečný k otevření PN přechodu. Aby sepnutí probíhalo při obou půlvlnách polarity, musí být na řídící elektrodu přiveden střídavý proud.

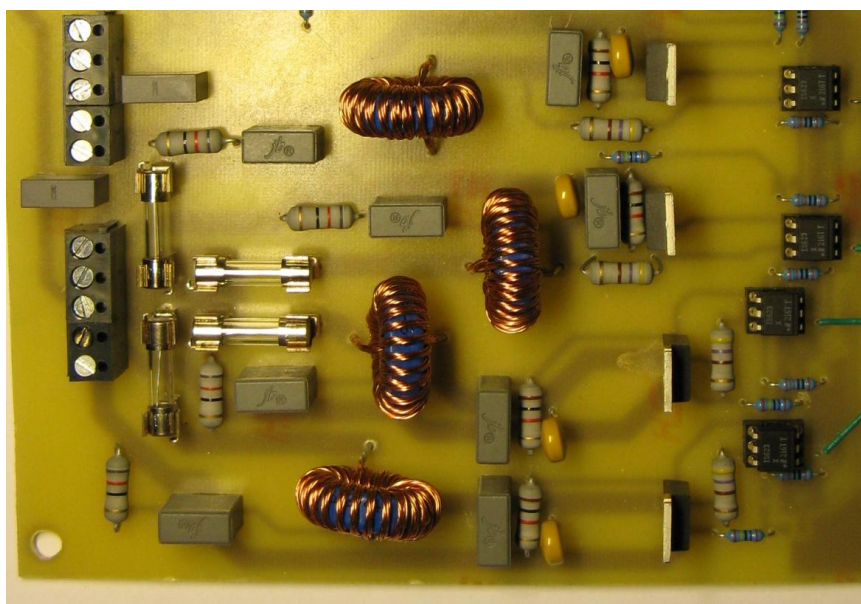
Proti vysokofrekvenčnímu rušení, které může vznikat při samotném spínání triaku, jsou zapojeny RC filtry.

K odrušení připojeného spotřebiče a připojené sítě slouží LC filtr s cívkou na toroidním jádře a foliovým kondenzátorem.

Pro zamezení vzniku napěťových špiček při spínání například velkých indukčních nebo kapacitních zátěží je paralelně k triaku zařazen varistor.

Před celým blokem spínání je vložena tavná pojistka, která spotřebič chrání při proudovém přetížení.

Aby bylo zajištěno galvanické oddělení síťové části od logického signálu, je řídící elektroda řízena přes optotriak se spínáním v nule.



Obr. 3.1 Blok spínací části

3.2 Napájecí zdroj

Jelikož jsem při výběru součástek kladl důraz na shodné napájecí napětí, je ve výrobku použito stejné napětí 5V a zvolen odpovídající napájecí zdroj.

Tím je již hotový stejnosměrný spínaný zdroj PM-05-5 od firmy Mean Well s maximální proudovou zatížitelností 1A.

Slouží k napájení:

- Mikroprocesoru
- RTC obvodu
- LCD displeje
- Teplotních senzorů
- Obvodu na měření výkonu
- a je jím dána logická úroveň v analogové části obvodu



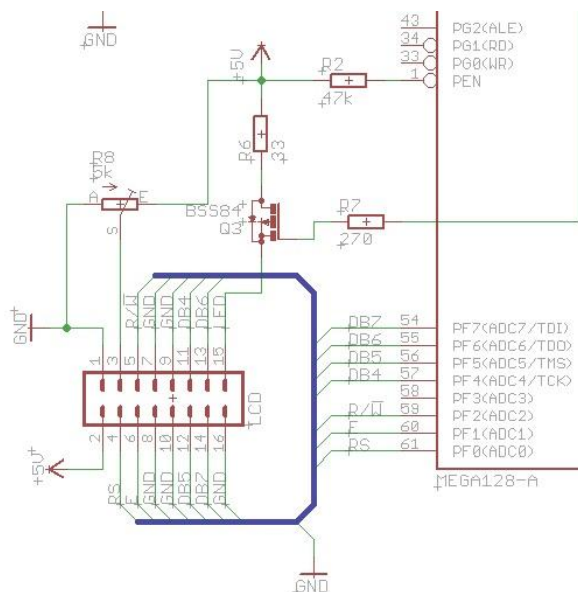
Obr. 3.2 Použitý zdroj stejnosměrného napětí 5V

3.3 Ovládací rozhraní

Aby uživatel mohl jednoduchým způsobem ovládat a nastavovat podmínky spínání, je výrobek vybaven LCD displejem a tlačítkovou klávesnicí. Protože jsem předpokládal, že jejich umístění bude na čelní straně plastové krabice, osadil jsem řídicí desku odpovídajícími konektory pro flexibilní připojení.

Regulace podsvícení je řešena přes MOSFET BSS84, jehož hradlo (Gate) je digitálně řízeno PWM signálem z mikroprocesoru. Kontrast je řízen analogově přes trimr R8 umístěném na plošné desce.

Pozor! Ve schématu na Obr. 3.3 jsou přehozené výstupy tranzistoru kolektor (Source) a emitor (Drain). Na tuto chybu jsem přišel až při praktickém odzkoušení. Správné zapojení je emitor na LCD a kolektor přes odpor na napájení.



Obr. 3.3 Část schématu pro připojení LCD

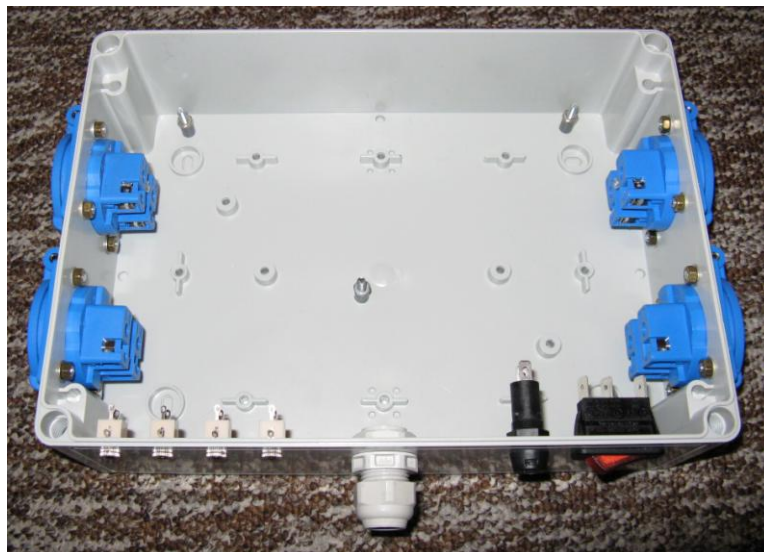
Počet tlačítek je 5 a jsou ve hvězdkové uspořádání. To znamená, že prostřední tlačítko má funkci potvrzování a ostatní slouží k vertikálnímu a horizontálnímu pohybu v uživatelském prostředí. Případně tlačítko vlevo může být využit ve funkci návrat do předchozího menu. Obr. 5.15.

LCD i deska s tlačítky jsou k čelnímu krytu upevněny šrouby se zapuštěnou hlavou. Displej by se měl ještě polepit ochranou folií, kvůli možnému poškrábání nebo zašpinění.

3.4 Krytí a připojení k síti

Zařízení je určeno k připojení do běžných síťových rozvodů, proto je nezbytné, aby všechny živé části byly skryty před možným dotykem a předešli tak případnému zranění. Proto jsem celé zařízení uložil do plastové krabice, která je obvykle používána pro elektrické rozvaděče.

Do bočního krytu jsem umístil 4 panelové zásuvky, pro snadné připojení spotřebičů. Zleva do dolního krytu jsou přidány 4 stereo konektory typu JACK, normálně využívané v audio technice, průchodka pro pevný kabelový přívod ze sítě, který je dále veden na hlavní ochranou pojistku a spínač celého zařízení viz Obr. 3.4.



Obr. 3.4 Použitá krycí krabice

Pokračoval jsem vložením desek plošných spojů.

Řídící část je připevněna kovovými sloupky k ovládací části a ta pak šrouby ke krabici. U obojího jsou použity izolační plastové průchodky skrze upevňovací šrouby.

Síťové zásuvky a přívodní kabel jsem propojil dráty příslušných barev dle norem se svorkovnicí na ovládací desce. Teplotní čidla jsem chtěl původně spojit pomocí 3 žilového vodiče a k tomu jsem také navrhl konektory v řídící části. Použitím JACK koncovek, u kterých jsem propojil společné vývody pro napájení a zem, se zjednodušilo připojení datových vodičů s řídící deskou.

Jak vypadá plastová krabice s vloženými deskami plošných spojů, můžeme vidět na Obr. 5.17.

3.5 Technické parametry

Celé zařízení jsem původně navrhoval pro zatížení 8A na jeden spotřebič. Proto i deska je připravena na tento průchod proudu. Tuto hodnotu jsem musel snížit z důvodu použití cívek s proudovou zatížitelností 6A. K tomu jsem přizpůsobil zbylé součástky ve spínacím bloku, zejména triaky, které jsou naddimenzovány s hodnotou zatížení 16A/800V.

Pro přívod jsem použil síťový kabel s parametry 16A/250V. Znamená to tedy, že zařízení dokáže spínat celkový výkon 4 kW, ale s podmínkou 6A zatížení na jeden spotřebič. Přívod je jištěn 16A pojistkou, každý spotřebič pak 6,3A pojistkou, jelikož 6A neprodávají.

4 Měření požadovaných veličin

4.1 Měření teploty

Teploty jsou měřeny 4 nezávislými digitálními senzory DS18B20 v pouzdru T0-92 viz Obr. 1.6.

Čidla jsou z výroby zkalibrovaná, takže stačí pouze prostudovat jeho unikátní 1-Wire komunikaci, která používá ke spojení s mikroprocesorem pouze jeden datový vodič, a pomocí obslužného programu odečítat teplotu. Existuje možnost připojit všechny senzory na jeden datový vodič, ale z důvodu zjednodušení programu jsem tuto vlastnost nevyužil.

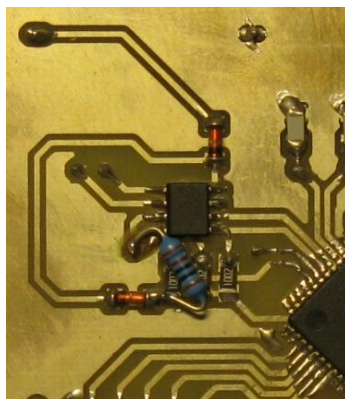
Zapojení jsem realizoval umístěním čidla na běžný stereo audio kabel v délce 5 m (viz Obr. 5.18), se kterým jsem prováděl zkoušení a kontrolu měřeného údaje. Ten se shodoval s teplotou měřenou pomocí domácí meteorologické stanice.

4.2 Měření času

Při řešení otázky, jak spínat spotřebiče podle nastaveného času, jsem došel k logickému závěru, že do výrobku musím zakomponovat obvod, který bude mít integrovaný běh reálného času. Ten je nezbytný k porovnávání nastaveného času a datu. Z porovnaných obvodů od různých firem jsem nakonec vybral RTC obvod PCF8563, který vyhovoval nejlépe a je popsán v teoretické části, viz 1.3.1.

Z čipu využívám čas a datum k informačnímu zobrazení i ke kontrole podmínek časového spínání spotřebiče. Dále funkce alarmu i časovače, které mi přes externí výstupy indikují běh času po minutách nebo sekundách.

Napájecí část obvodu je doplněna o záložní 3V baterii kvůli zachování času po výpadku napájení. Pro oddělení a přepínání vstupního napětí jsou použity rychlé Schottkyho diody, které jsou vidět na Obr. 4.1 v SMD pouzdru.

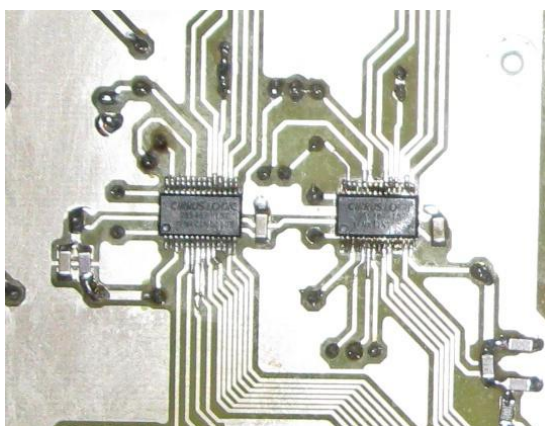


Obr. 4.1 Osazený RTC obvod PCF8563

Při kontrole komunikace s čipem jsem narazil na problém, kdy mi nefungovalo čtení impulsů z externího vývodu CLKOUT. Řešením bylo přidání pull-up rezistoru hodnoty 10 k Ω mezi zmiňovaný vývod a napájení, který je vidět na Obr. 4.1 v klasickém drátovém provedení.

4.3 Měření spotřeby

Abych mohl změřit spotřebu, je k tomu nutno znát okamžitý výkon spotřebiče. Ten je možné vypočítat ze změřeného napětí a proudu. K tomuto účelu je vhodný integrovaný měřicí obvod CS5467 od Cirrus Logic. Jeho funkce jsou vysvětleny v teoretické části viz kapitola 1.7.2.



Obr. 4.2 Osazené čipy CS5467 ze strany spojů

Při návrhu jsem se inspiroval doporučeným zapojením v datasheetu, kde napětí je měřeno přes odporový dělič a proud je převáděn na napětí přes proudový transformátor. Já místo transformátoru využil zapojení s úbytkem napětí na bočniku, rezistoru o velmi malé hodnotě odporu zapojeného v sérii se spotřebičem.

Před vstupem Sigma-Delta A/D převodníků je změřené napětí filtrováno integračním článkem RC.

Maximální rozsah měření je pro napětí 0 – 275 a pro proud 0,15 – 8,848 A .

Abych zjistil, jestli čip měří správně veličiny, porovnával jsem vyčtené údaje se změřeným napětím na vstupech kanálů pomocí multimetru. Jako zátěž mi posloužila obyčejná 60 W žárovka.

Hodnoty napětí a proudu neodpovídali, ale k tomuto účelu slouží speciální offset registry ke kalibraci čipu s reálnou hodnotou.

Vyčtený zdánlivý výkon se s malou odchylkou shodoval s prakticky změřeným a vypočteným výkonem.

Bohužel jsem neměl k dispozici wattmetr, se kterým by měření bylo přesnější a jednodušší.

5 Uživatelské rozhraní

Pomocí tlačítek má uživatel možnost zobrazení informací o stavu aktuálního sepnutí každého ze spotřebičů. Může si zvolit manuální nebo automatické spínání.

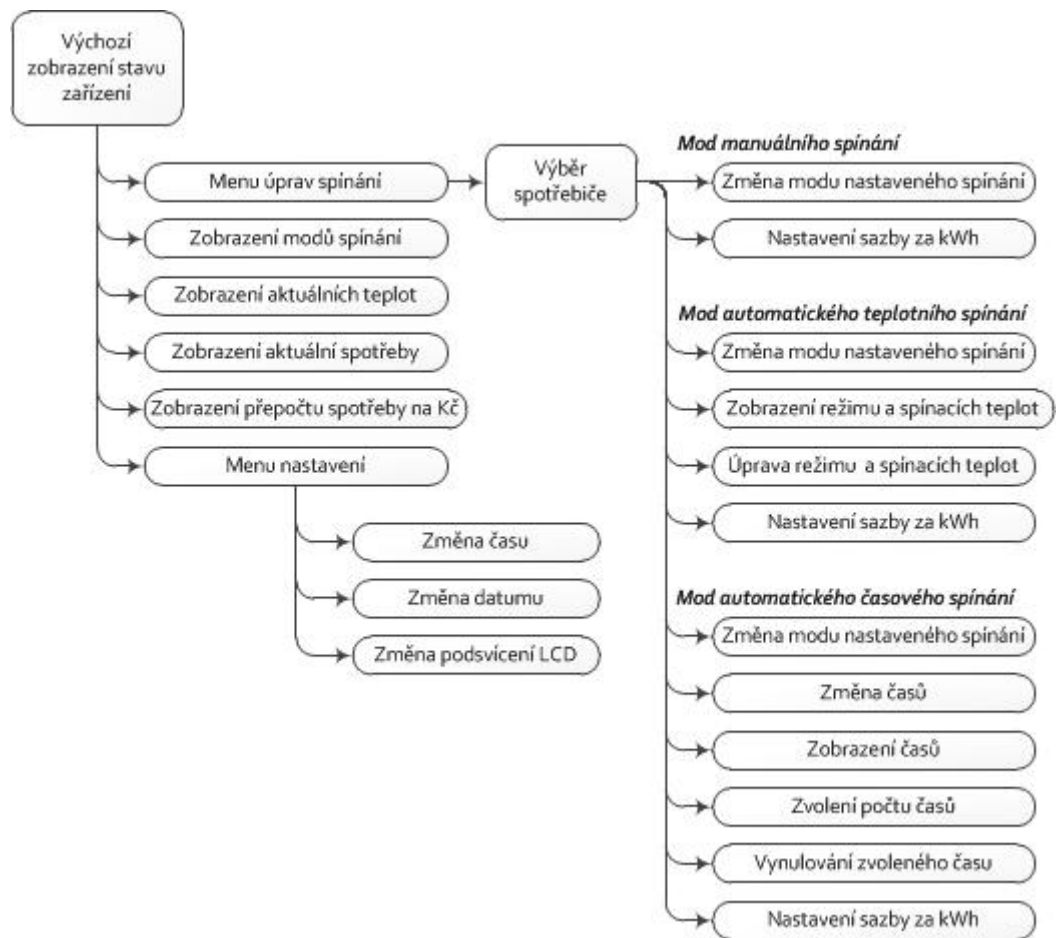
K dispozici má 4 režimy teplotního ovládání:

- „Vytápění“
 - program porovnává aktuální teplotu s nastaveným rozsahem 2 teplot
 - spotřebič je zapnutý, dokud teplota čidla nedosáhne horní hranice rozsahu, poté se spotřebič vypne a čeká, až teplota klesne pod dolní hranici
- „Chlazení“
 - obdoba předešlého režimu, jen s opačnou podmínkou
 - spotřebič je zapnutý, dokud teplota čidla neklesne pod dolní hranici, poté se spotřebič zapne a čeká, až teplota přesáhne horní hranici
- „Zap/Vyp“
 - program porovnává aktuální teplotu s nastavenou jednou hraniční teplotou
 - pokud je teplota pod hranicí, spotřebič je sepne, při horní hranici vypne
- „Vyp/Zap“
 - obdoba předešlého režimu, jen s opačným sepnutím

Pro časové ovládání je možnost výběru až 4 různých časů na jeden výstup. Uživatel nastaví počáteční čas sepnutí a konečný čas vypnutí spotřebiče.

Jsou implementovány i funkce zobrazení teploty s kontrolou připojení čidel, aktuálních hodnot spotřebiče ve formě napětí, proudu, zdánlivé a činné spotřeby a přepočtu spotřeby na Kč.

Výčet funkcí ovládacího menu znázorněn na Obr. 5.1 a příklad výchozího zobrazení LCD displeje na Obr. 5.2.



Obr. 5.1 Zjednodušená struktura uživatelského menu



Obr. 5.2 Výchozí zobrazení o stavu zařízení

Závěr

Zadáním bakalářské práce byl návrh zařízení pro řízení a měření provozních hodin připojených síťových spotřebičů. Na základě měřeného napětí a nastavitelného času by mělo spínat spotřebiče a signalizovat výpadky proudu a poruchy. Mělo by být využito LCD displeje a numerické klávesnice ke komunikaci s uživatelem. Systém, založený na mikroprocesorovém řízení, by měl být zálohován pro případ výpadku proudu.

Po prostudování materiálů potřebných pro výrobu tohoto zařízení, jsem pomocí výběru součástek vhodných k realizaci výrobku, navrhl schéma obvodu. To se skládá ze dvou samostatných desek plošných spojů rozdělených na řídicí a ovládací část.

Ovládací deska obsahuje blok spínání, napájecí zdroj a obvod pro měření výkonu.

Spínání spotřebičů je zprostředkováno pomocí bezkontaktního spínače, triaku, doplněného prvky pro ochranu proti rušení a napětíovému a proudovému přetížení. K oddělení od síťového napětí je použit optotriak se spínáním v nule.

Obvod měření výkonu je nezbytný pro zjišťování aktuální spotřeby zapojeného spotřebiče. Jedná se o integrovaný obvod s vstupními Sigma-Delta A/D převodníky, na které přivádím napětí a proud ze zapojené zátěže. Jejich zpracování je popsáno v příslušné kapitole.

Dalším bodem zadání bylo měření teploty. K tomu využívám digitální čidlo, které má velké výhody v jednoduchém zapojení, dostatečné přesnosti měření i rozsahem a unikátní 1-Wire komunikaci.

Abych mohl spotřebiče řídit podle nastaveného času, implementoval jsem do výrobku obvod reálného času, který využívám pro informační zobrazení času a data a zároveň pro porovnávání podmínek nastaveného časového spínání. Obvod je vybaven záložní baterií pro uchování běhu času při výpadku energie.

Ke snadnému ovládání slouží uživatelské rozhraní složené ze 4 řádkového LCD displeje a 5-ti tlačítkové klávesnice.

O spojení, řízení a zpracování měřených dat se stará mikroprocesor AVR ATmega128A. K jeho naprogramování jsem používal USBasp programátor, pro který je na řídicí desce vyveden konektor.

Aby zařízení mělo snadno přenosné, uložil jsem desky plošného spoje do plastové krabice od elektrického rozvaděče. K ní jsem připevnil panelové zásuvky pro připojení spotřebičů, spínače a pojistky pro pevný přívod síťového zdroje. Součástí jsou i konektory k připojení teplotních čidel, LCD displej a ovládací tlačítka.

Jako technické parametry vyrobeného zařízení uvedu celkovou maximální proudovou zatížitelnost přístroje, jenž činí 16A s podmínkou zatížení jednoho spotřebiče maximálně 6A. Přepočtem na výkon nám vyjde 3680W celkově, 1380W pro jednotlivé spotřebiče. Rozsah maximálního měřeného výkonu je naddimenzován na 275V a 8,868A. Rozsah měřených teplot je určen rozsahem teplotního čidla DS18B20, jenž činí -55 až +125°C.

K otestování měření spotřeby jsem použil 60W žárovku a pomocí multimetru jsem porovnával měřené napětí a proud s daty měřené obvodu. Hodnoty se s menší odchylkou shodovali, bohužel jsem neměl k dispozici wattmetr, se kterým by měření bylo přesnější. I při nesepnutém triaku se stejně objevuje malý proud, který je způsoben špatnou kalibrací obvodu pro měření výkonu.

Pracoval jsem jen s odporovou zátěží, u kapacitní a induktivní zátěže nemám zatím nic otestované. Bohužel při testování se mi podařil nejspíš zničit kanál pro měření proudu prvního spotřebiče, tudíž jeho měření spotřeby není možné.

Měření teploty proběhlo připojením čidla na 5 m audio kabel a hodnoty jsem porovnával s údaji domácí meteorologické stanice, se kterou se shodovali. Problém ovšem nastává v samotném připojování čidla přes JACK koncovku. Při zasouvání konektoru se občas mohou spojit vodiče napájecího napětí a země, tudíž dojde ke zkratu a vyresetování programu. Nejspíše ze špatných kontaktů nefunguje vstup pro druhé čidlo.

Jako spínané spotřebiče mi posloužily běžné domácí přístroje, jako notebook, stolní světlo, nabíječka mobilu a vrtačka. Nezkoušel jsem plné proudové zatížení, kvůli absenci wattmetru pro ověření aktuálního výkonu. Z toho také plyne neznalost zahřívání triaku, případně jeho chlazení.

Nejvíce práce bylo se psaním a zkoušením programu pro ovládání celého zařízení. V něm je ještě velký potenciál, např. nyní přístroj dokáže spínat buď na základě teploty, nebo času, ne však jejich kombinace.

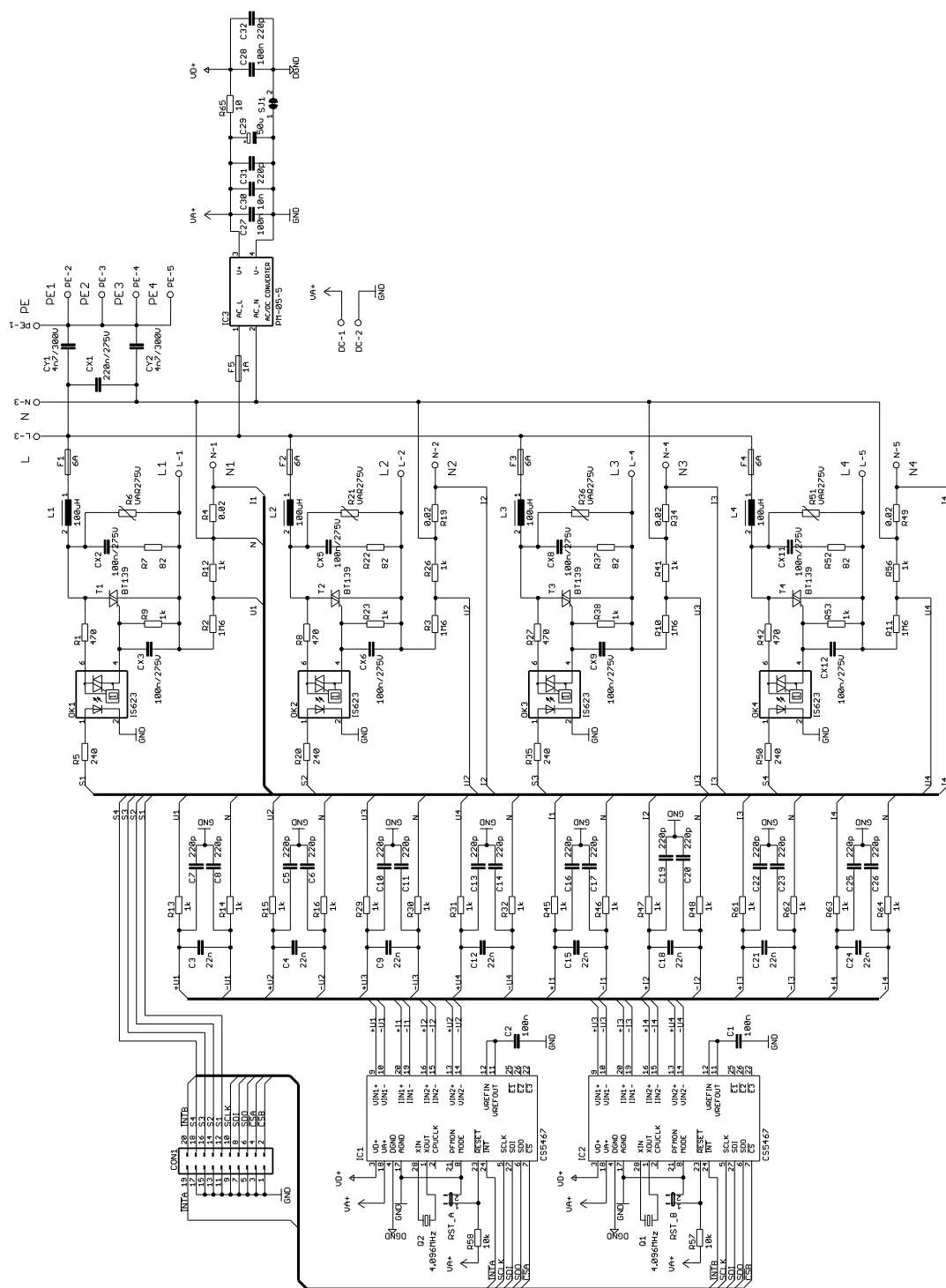
Na přístroji není chybějící indikace o stavu spotřebiče, nyní zařízení pouze informuje o zapnutí zásuvky, stejně tak chybějící popisky na krytu výrobku.

Shrnutím všech poznatků, mohu říci jsem vyrobil zařízení, které je schopno spínat nezávisle 4 spotřebiče, které řízené buď manuálním, nebo automatickým nastavením pomocí teplot a času. Součástí přístroje je měření teploty až 4 připojených čidel a měření spotřeby každého spotřebiče. Celý výrobek je uložen v plastové krabici, kvůli snadné manipulaci a bezpečnosti proti možnosti dotyku živých částí.

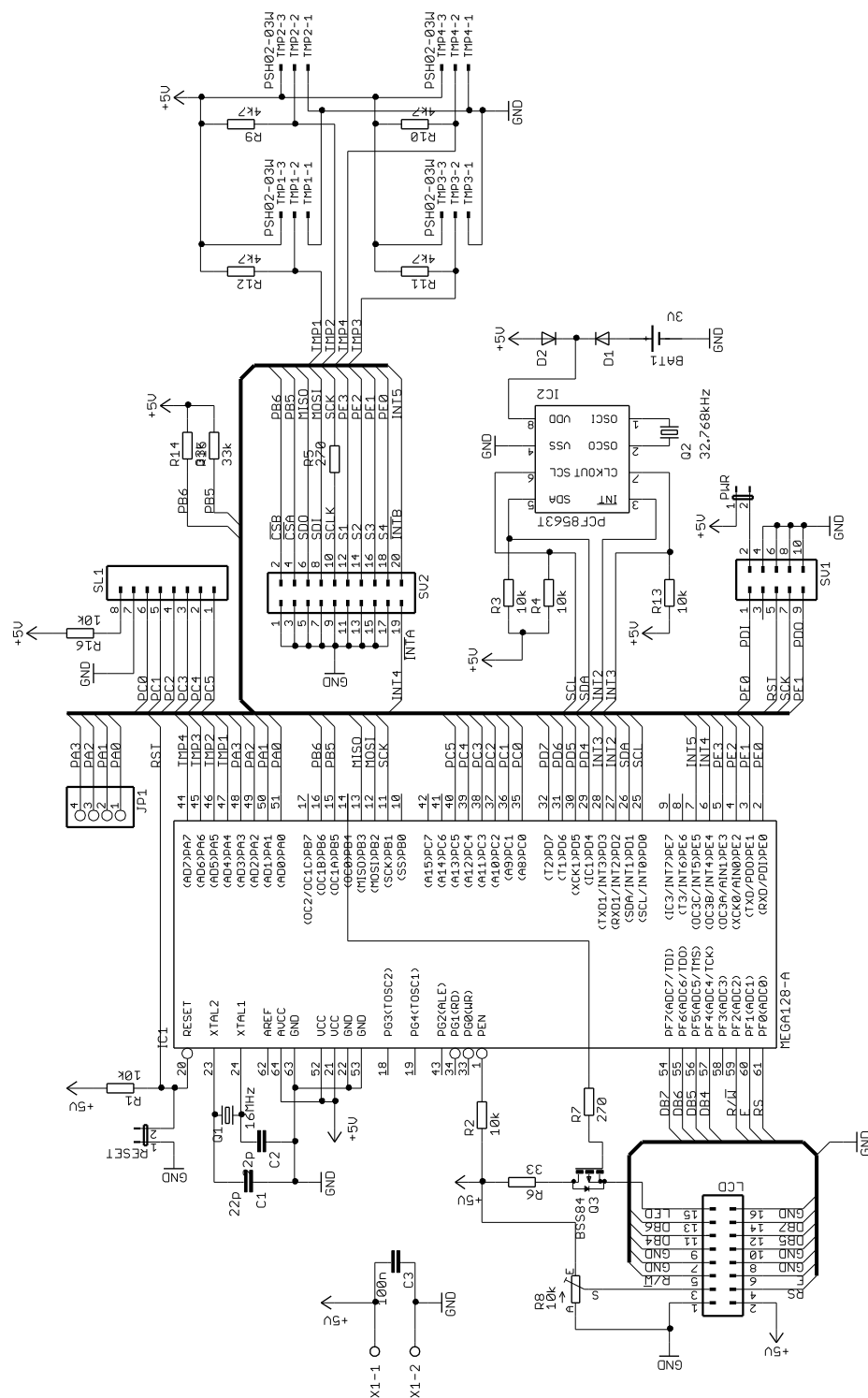
Reference

- [1] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 154 s. ISBN 80-730-0184-5.
- [2] WINSTAR. *LCD display WH2004A datasheet* [online]. 2011 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://www.winstar.com.tw/download.php?ProID=36>
- [3] SKOPAL, M. *Knihovna grafických prvků pro mikrokontroléry Atmel a grafické displeje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008, 47 s.
- [4] ATMEL. *Atmel AVR ATmega128A datasheet* [online]. 2011 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc8151.pdf>
- [5] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR: [měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků]*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 319 s. ISBN 80-730-0174-8.
- [6] NXP SEMICONDUCTORS. *RTC PCF8563 datasheet* [online]. 2012 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8563.pdf
- [7] *Maticové snímání klávesnice* [online]. 2009 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dudacek/PZ/klavesnice.pdf>
- [8] HOLUB, Přemysl. *Praktická zapojení polovodičových diod a tyristorů*. 2. přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1977, 274, [2] s.
- [9] BOUŠEK, Jaroslav. *Vícevrstvé spínací součástky*. [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.umel.feec.vutbr.cz/~bousek/eso/prvky7x.pdf>
- [10] *Tyristor a řízené usměrňovače*. [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://maturitanazamku.kvalitne.cz/pdf/ELN09B.pdf>
- [11] *Optoelektronika* [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.telekomunikace.euweb.cz/zaverecky/Optoelektronika.htm>
- [12] MAXIM INTEGRATED. *Digital thermometer DS18B20* [online]. 2008 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [13] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 239 s. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-145-4.
- [14] *Teplota a její měření*. [online]. 6. 3. 2006 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3115-teplota-a-jeji-mereni>
- [15] POPEK, J. *Porovnání vlastností přístrojových transformátorů proudu a proudových senzorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010, 62 s.
- [16] CIRRUS LOGIC. *Four channel power/energy IC CS5467* [online]. 2011 [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: http://www.cirrus.com/en/pubs/proDatasheet/CS5467_F3.pdf

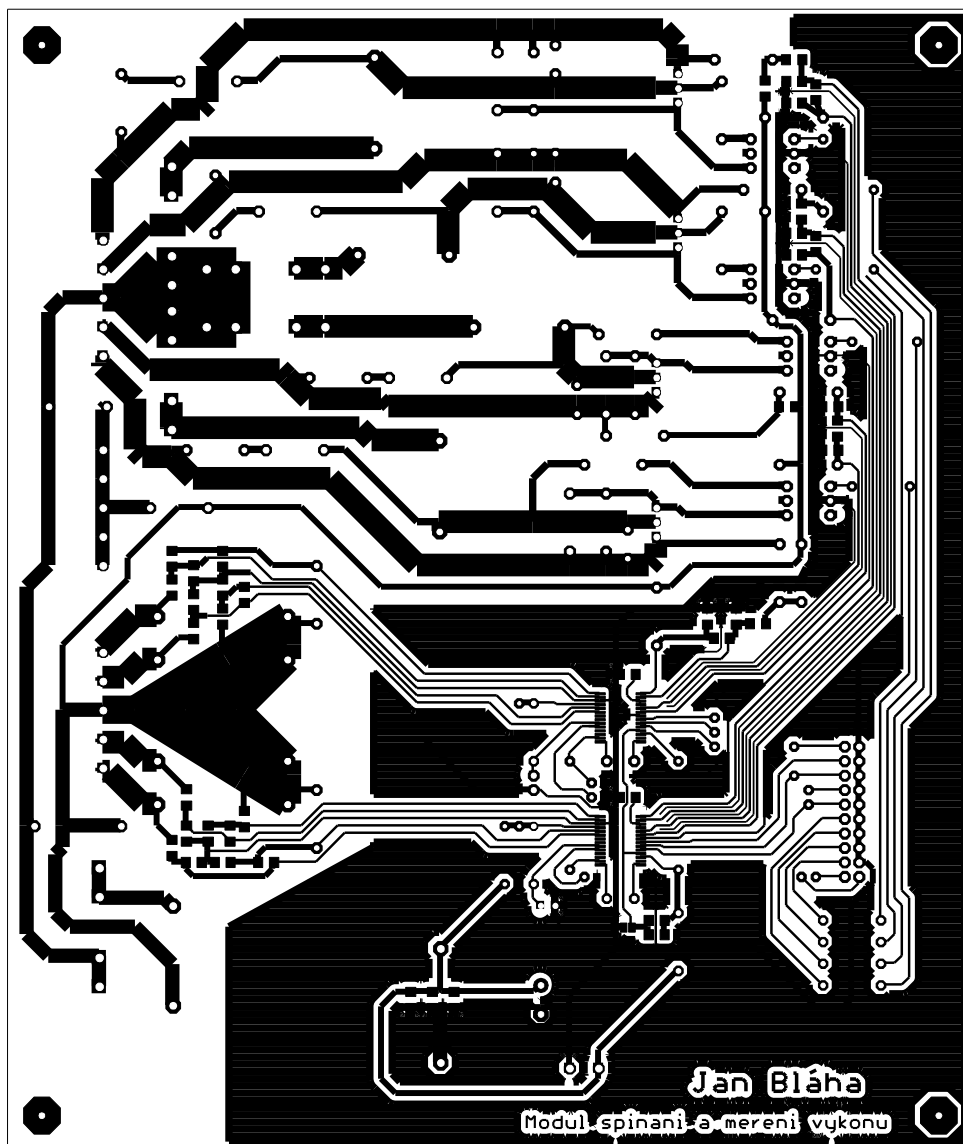
Příloha



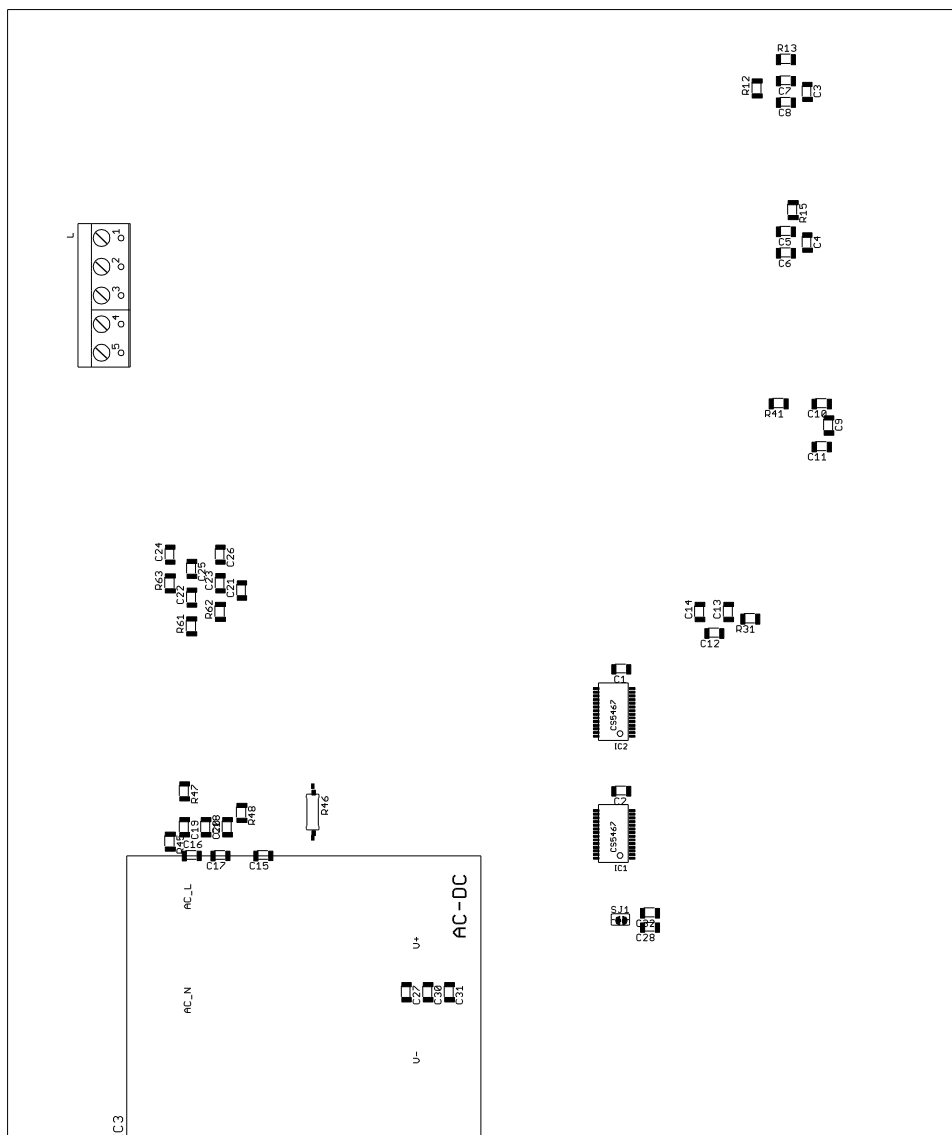
Obr. 5.3 Ovládací deska – schéma v měřítku 1:2



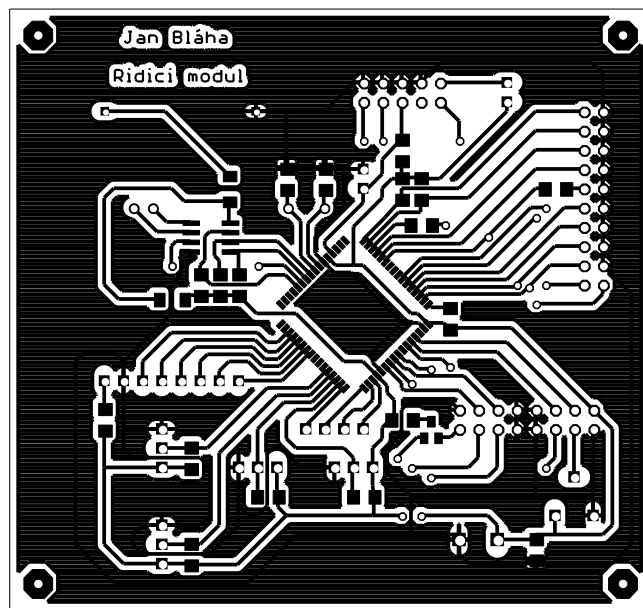
Obr. 5.4 Řídící deska – schéma v měřítku 1:1,25



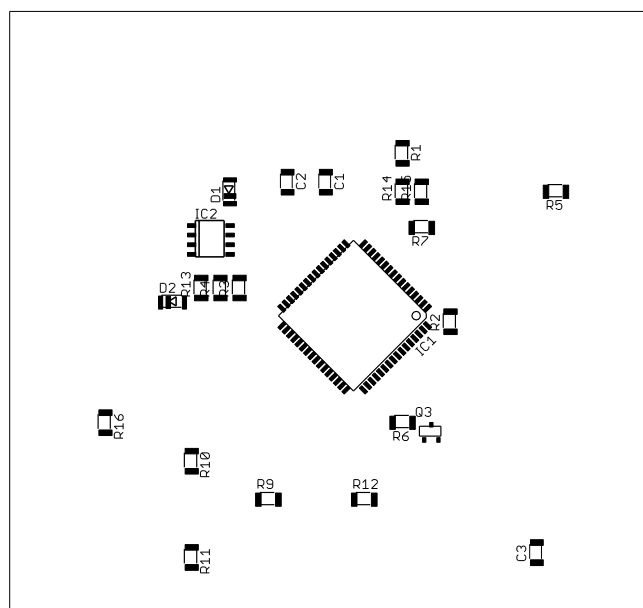
Obr. 5.5 Ovládací deska – DPS v měřítku 1:1,25



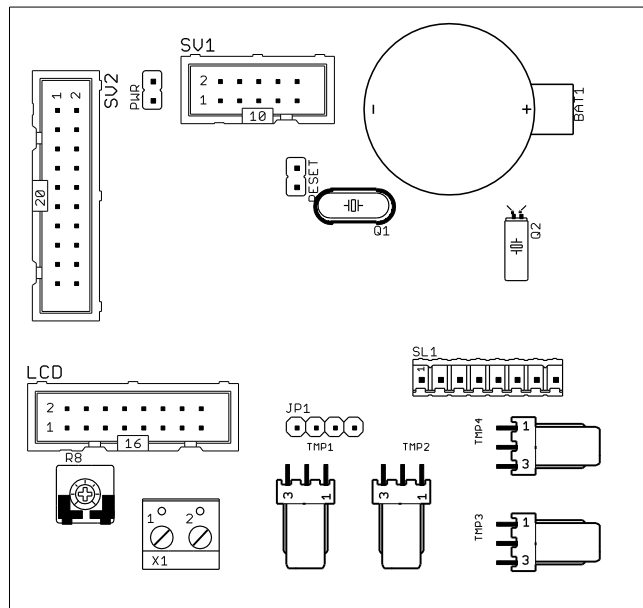
Obr. 5.6 Ovládací deska – osazení zespod v měřítku 1:1,25



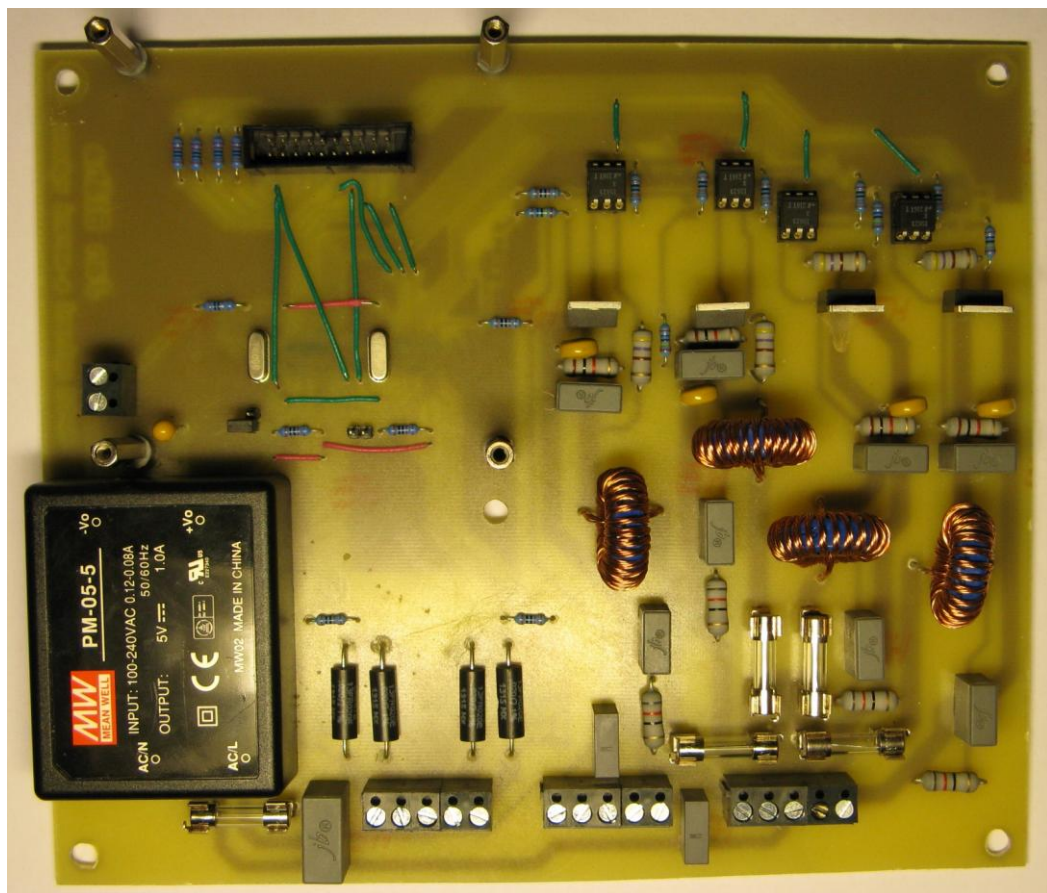
Obr. 5.8 Řídicí deska – DPS v měřítku 1:1



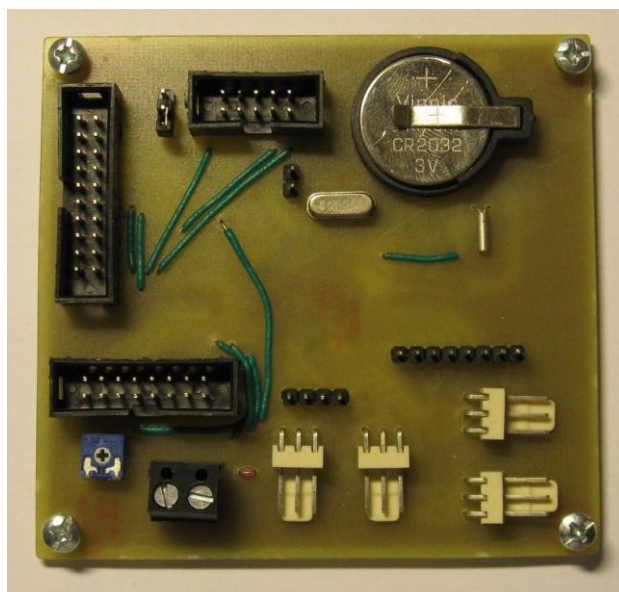
Obr. 5.9 Řídicí deska – osazení zespod



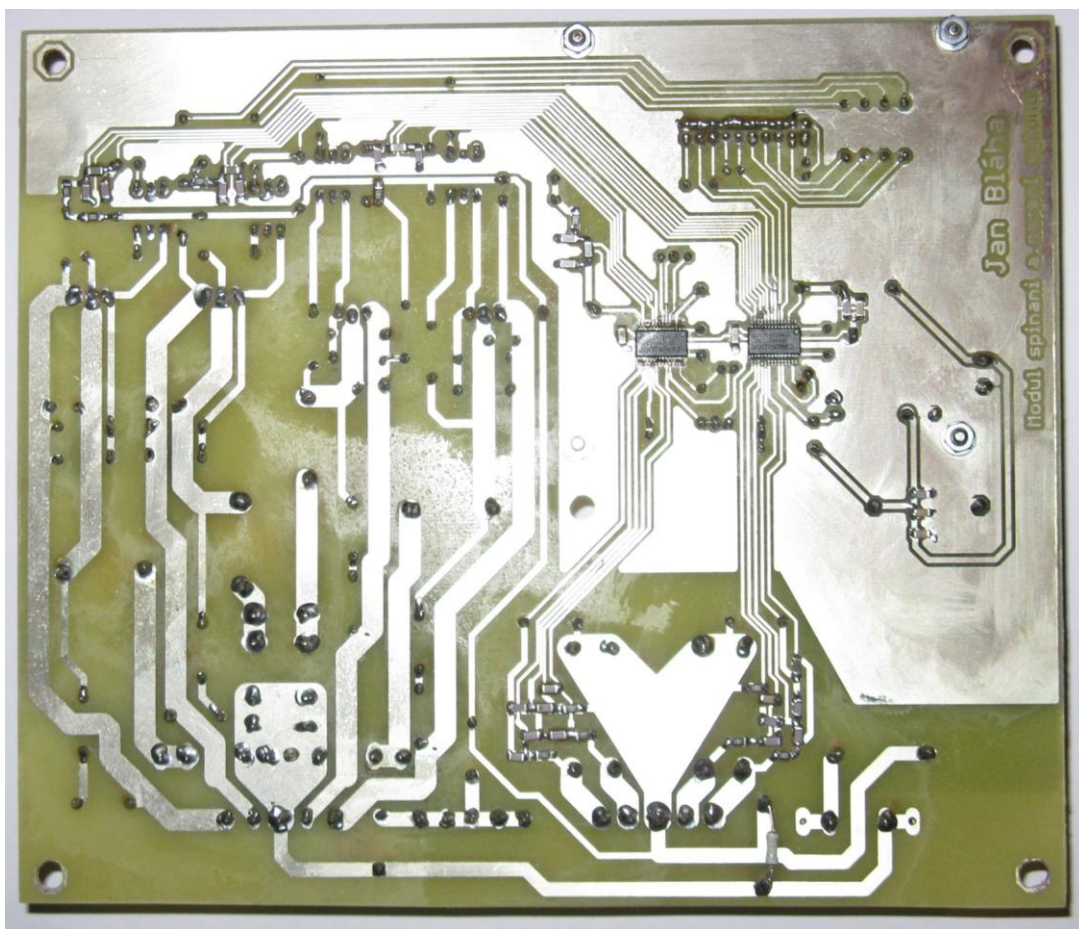
Obr. 5.10 Řídící část – osazení svrchu



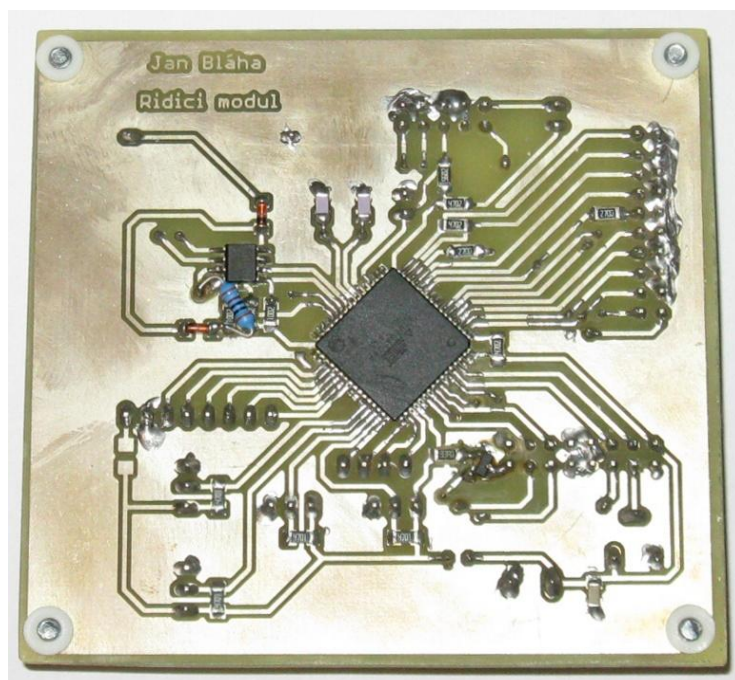
Obr. 5.11 Ovládací deska modulu - strana osazení



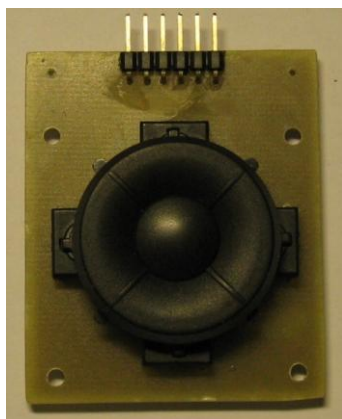
Obr. 5.12 Řídící deska modulu - strana osazení



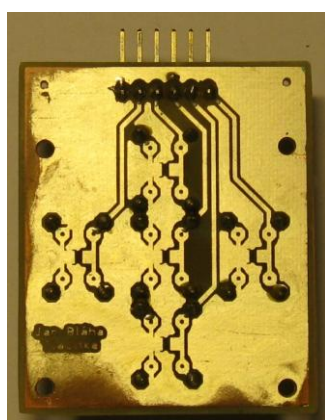
Obr. 5.13 Ovládací deska modulu - strana spojů



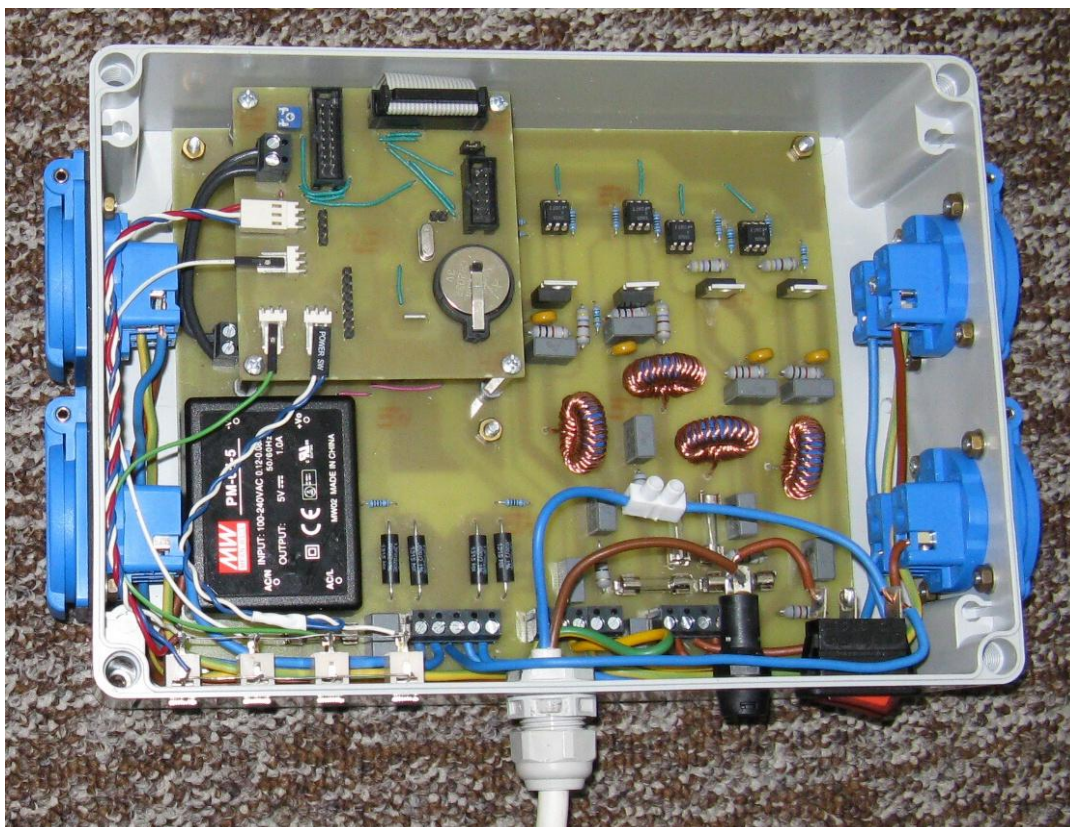
Obr. 5.14 Řídicí deska modulu - strana spojů



Obr. 5.15 Deska s tlačítky - strana osazení



Obr. 5.16 Deska s tlačítky - strana spojů



Obr. 5.17 Uložené zařízení v krytu



Obr. 5.18 Ukázka připojení teplotního čidla