

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ÚZKOPÁSMOVÝ MODEM PLC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MILAN SKALA

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ÚZKOPÁSMOVÝ MODEM PLC

NARROW-BAND PLC MODEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MILAN SKALA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MIŠUREC, CSc.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Milan Skala

ID: 119604

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Úzkopásmový modem PLC

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte možnosti řešení modemů určených pro datovou komunikaci po silnoproudých vedeních. Zaměřte se především na návrh a provedení vazebního členu a jeho vlastnosti pro použití v oblasti kmitočtů 50-150 kHz. Navrhněte a realizujte úzkopásmový modem PLC pro silnoproudé vedení 230/400 V.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT. Broadband Powerline Communications Network design, ISBN:0-470-85741-2, 2004

[2] DOSTERT, Klaus. Powerline Communications. Upper Saddle River, NJ 07458 : Prentice Hall PTR, 2001. 338 s. ISBN 0-13-029342-3.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 2.6.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

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

Tato bakalářská práce se zabývá úzkopásmovým PLC modemem pro sítě 230/400 V. V první kapitole se nachází základní teorie o používaných modulacích, rušení, impedanci vedení, komunikaci, kapacitním a induktivním vazebním členu. Další kapitola se zabývá návrhem a simulací kapacitního vazebního členu, vysílacího obvodu, přijímacího obvodu, napájecí části a obvodu pro synchronizaci modemu s frekvencí sítě. V této kapitole práce se dále nachází informace o sestavení převodníku z UART na USB. Třetí kapitola této práce je věnována návrhu desky plošných spojů a sestavení modemu. Poslední kapitola se věnuje nastavení přepínačů modemu, popisu jeho vstupů a výstupů a základnímu návodu k softwaru modemu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Power Line Communication, Power Line Carrier, AMIS-30585, induktivní vazba, frekvenční filtry, elektrické schéma, Deska Plošných Spojů, UART, USB

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with narrow band PLC modem for 230/400 V power line. In the first chapter we can find basic theory about using modulation, interference, impedance of line, communication, capacitive and inductive coupler. Next chapter deals with design and simulation of capacitive coupler, transceiver circuit, receiver circuit, power supply and circuit for modem synchronization with power line frequency. In this chapter we can find information about building a converter from UART to USB. Third chapter of this thesis is dedicated to designing the printed circuit board and building the modem. Last chapter deals with setting the modem switches, description of its inputs and outputs and basic manual for the modem's software.

KEYWORDS

Power Line Communication, Power Line Carrier, AMIS-30585, inductive coupler, frequency filters, electric scheme, Printed Circuit Board, UART, USB

SKALA, Milan *Úzkopásmový modem PLC*: bakalářská práce. BRNO: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2011. 50 s. Vedoucí práce byl doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Úzkopásmový modem PLC“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

BRNO

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Mišurcovi a Ing. Martinu Koutnému za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Také bych rád poděkoval panu Lukáši Pazderkému za pomoc s výrobou PLC modemu.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	11
1 Technologie PLC	12
1.1 Komunikace po vedení	12
1.2 Rušení v PLC	12
1.3 Impedance vedení	13
1.4 Modulace používané v úzkopásmových přenosech	14
1.5 Vazební obvody	16
1.6 Rozdělení šířky pásma PLC	18
2 Návrh PLC modemu	19
2.1 Výběr řídicího obvodu	19
2.2 AMIS-30585	20
2.3 Návrh obvodu s krystalovým oscilátorem	21
2.4 Návrh vazebního členu	22
2.5 Návrh aktivního filtru pro přijímač a pro detekci vysílaného signálu	23
2.6 Návrh aktivního filtru pro vysílač	26
2.7 Návrh obvodu pro synchronizaci 50 Hz	28
2.8 Návrh napájecí části modemu	29
2.9 Převodník z UART na USB	30
3 Realizace modemu	31
3.1 Návrh plošného spoje	31
3.2 Osazení plošného spoje	31
4 Návod k modemu	32
4.1 Popis vstupů, výstupů a základní nastavení modemu	32
4.2 Práce se SW k modemu	34
5 Závěr	37
Literatura	38
Seznam symbolů, veličin a zkratk	40
Seznam příloh	41
A Schéma zapojení	42

B Seznam použitých součástek	47
C Předloha plošného spoje	49
D Osazení plošného spoje	50

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Model komunikace po vedení.	12
1.2	Příklad impedance vedení.	13
1.3	Modulace FSK.	14
1.4	Konstelační diagram QPSK.	15
1.5	Modulace DBPSK.	15
1.6	Kapacitní vazba.	16
1.7	Induktivní vazba.	17
2.1	Vnitřní zapojení AMIS-30585.	20
2.2	Zapojení krystalového oscilátoru.	21
2.3	Zapojení Vazebního členu.	22
2.4	Graf pasivního filtru typu horní propust.	23
2.5	Schéma zapojení filtru pro přijímač.	24
2.6	Graf navrhnutého filtru pro přijímač.	25
2.7	Schéma zapojení filtru pro přijímač.	26
2.8	Graf aktivního filtru pro vysílač.	27
2.9	Schéma zapojení obvodu pro synchronizaci.	28
2.10	Zapojení stabilizátoru 7805.	29
2.11	Spodní strana převodníku.	30
4.1	Obrázek modemu.	32
4.2	Spuštění programu.	34
4.3	Okno s výběrem modemu.	34
4.4	Výběr frekvence sítě.	35
4.5	Výběr konfigurace.	36
4.6	Hlavní okno pro práci s modemem.	36
A.1	Schéma zapojení napájecí části.	42
A.2	Schéma zapojení OPA561.	43
A.3	Schéma zapojení kapacitního vazebního členu.	44
A.4	Schéma zapojení NE5532.	45
A.5	Schéma zapojení chipu AMIS-30585.	46
C.1	Předloha pro výrobu plošného spoje. Vlevo vrchní strana a vpravo spodní strana.	49
D.1	Osazení plošného spoje.	50

SEZNAM TABULEK

2.1	Přehled základních pinů.	21
4.1	Tabulka nastavení modulační rychlosti.	33
B.1	Tabulka použitých součástek v modemu.	47
B.2	Tabulka použitých součástek u převodníku.	48

ÚVOD

Začátkem 90. let začal velký rozmach datových sítí, kdy se objem přenesených dat zdvojnásobil každé tři roky. Postupně vznikaly různé protokoly, síťové technologie a topologie. V dnešní době řeší Evropská unie, jak zajistit dostupnost internetového připojení domácnostem, jelikož se to stává nutnou součástí běžného života.

Proto přišla myšlenka použití nejrozšířenějšího rozvodu k přenosu dat. Tato myšlenka je starší, než si my sami myslíme. První vznik této technologie se datuje k počátku 20. století, kdy se v Evropě začaly používat systémy sloužící jako hromadné dálkové ovládání. Ve 30. a 40. letech byla v USA nasazena tato technologie pro přenos telefonního signálu. V dalších letech se zejména soustředilo na automatické distribuované řízení. Na konci 80. let se začaly vyvíjet technologie, které měly poskytnout širokopásmový datový přenos po energetickém vedení. Tato technologie, pro přenos po energetické síti, používá zkratku PLC z anglického Power Line Communication nebo také Power Line Carrier, můžeme přeložit jako komunikaci po elektrickém vedení.

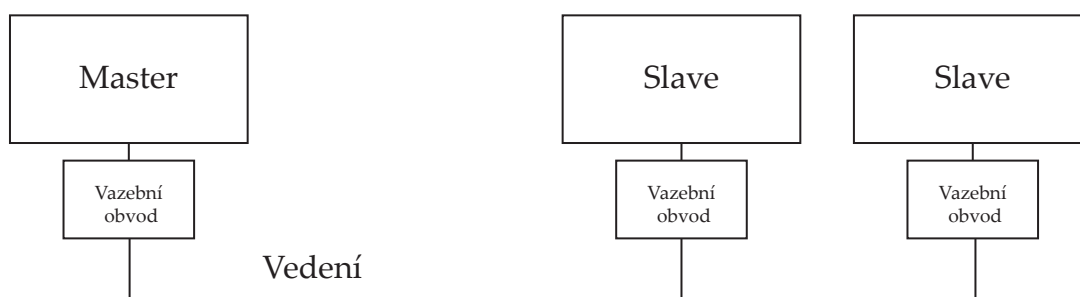
V roce 1997 byly provedeny první testy ve Velké Británii. První systémy nabízely přenosové rychlosti v řádu jednotek Mbit/s. Vývoj jde rychle dopředu, a proto se v dnešní době dosahuje rychlostí až 200 MBit/s v případě standardu HomePlug AV.

Tato práce se zabývá návrhem a realizací úzkopásmového modemu pro sítě s napětím 230 V a frekvencí 50 Hz. Úzkopásmový modem se používá například k přenosu dat z různých měřících čidel a jeho rychlost je v řádech stovek kbit/s. V návrhu se upřednostňovala velikost modemu, dostupnost součástek a samozřejmě cena. Základem je výběr čipu, návrh analogové části, která se skládá z vazebního členu, části přijímače, části vysílače a dalších obvodů. Práce pokračuje návrhem dvouvrstvého plošného spoje, jeho realizací v laboratoři a otestováním.

1 TECHNOLOGIE PLC

1.1 Komunikace po vedení

PLC modemy spolu komunikují v poloduplexním režimu, což znamená, že komunikující modemy si posílají data po jedné lince mezi sebou, avšak v určitý časový okamžik může posílat data na linku pouze jeden modem. Úzkopásmové modemy mezi sebou komunikují v režimech master a slave. Modem, nastaven do režimu master, je ve sběrnicové topologii pouze jeden a s ním komunikují všechny ostatní modemy nastaveny do režimu slave. Příklad můžeme vidět na obrázku (1.1). [3]



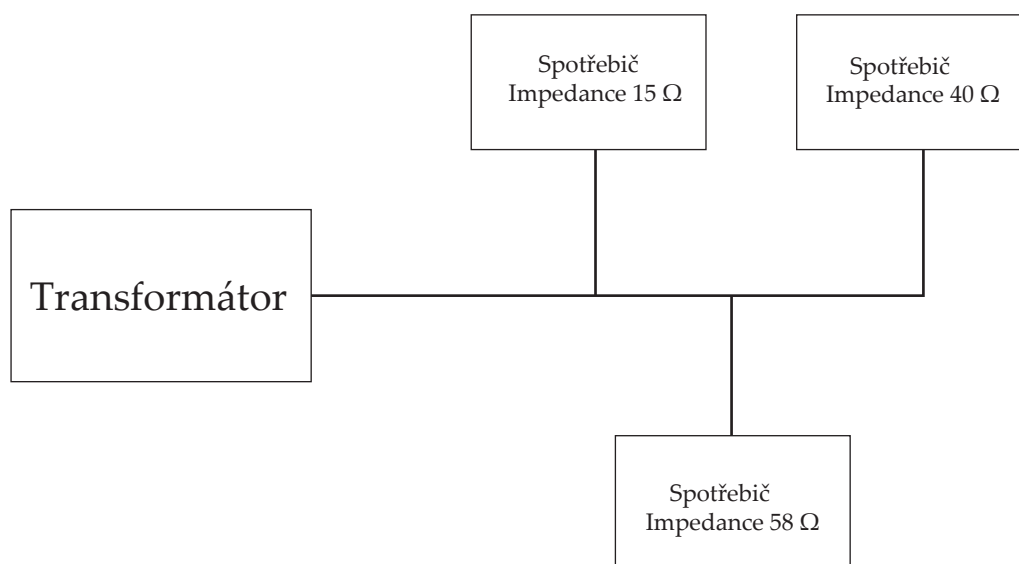
Obr. 1.1: Model komunikace po vedení.

1.2 Rušení v PLC

Hlavní zdroj rušení je sekundární vinutí distribučního transformátoru. Další rušící elementy jsou motory (například vysavače, klimatizace, fény) a triaky (například stmívače osvětlení). Tyto rušení jsou silná, protože nejsou synchronní s 50 Hz. S tímto rušením se musí počítat, a proto se používá vhodná detekce a korekce chyb. Dalším důležitým faktorem k potlačení rušení je vhodná volba pracovní frekvence. [9]

1.3 Impedance vedení

Elektrické vedení není určeno primárně k přenosu signálů na vyšších frekvencích než je 50 Hz. Z tohoto důvodu nastává několik problémů. Jeden z těchto problémů je různá impedance sítě v závislosti na připojené zátěži v síti a distribuční transformátor. Vodiče mají na tuto problematiku zanedbatelný vliv. Impedance je většinou induktivního charakteru. Vědci z IBM ve svých laboratořích pro elektromagnetickou kompatibilitu naměřili, že impedance při frekvenci 100 kHz, se pohybuje od 1,5 do 80 ohmů. Při těchto zátěžích se pohybuje útlum v rozmezí od 2 do 40 dB. [9]



Obr. 1.2: Příklad impedance vedení.

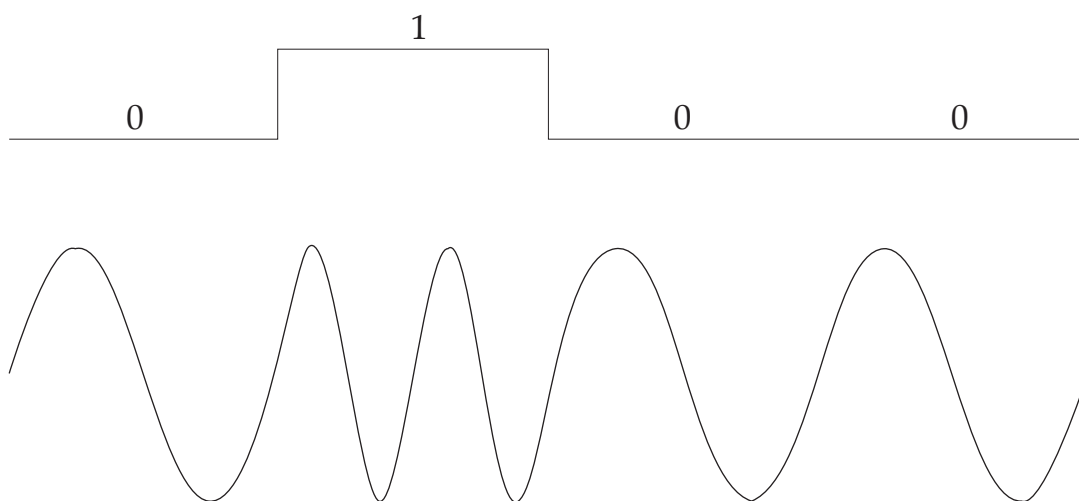
1.4 Modulace používané v úzkopásmových přeno- sech

Modulace je nelineární proces, kterým se mění charakter vhodného nosného signálu pomocí signálu modulujícího. Výsledek je, že nosný signál nese v sobě data. Zařízení, které provádí modulaci signálu se nazývá modulátor. Modulátor vždy obsahuje nelineární prvek, bez kterého by nebylo možné signál modulovat. Na druhé straně je zařízení, které signál demoduluje tzv. demodulátor. V našem případě se jedná o oboustrannou komunikaci, tím pádem každé zařízení (modem) obsahuje oba tyto prvky (modulátor, demodulátor). Tyto modemy pak používáme k přenosu digitálních informací analogovou cestou.

Používané typy modulací:

1. FSK (Frequency Shift Keying) - frekvenční klíčování

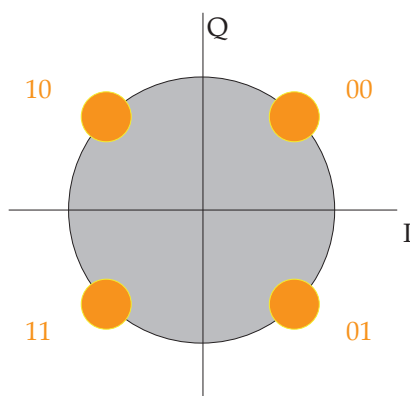
Je to obdoba analogové FM modulace. Rozdíl mezi nimi je v tom, že nosný signál s hromadným průběhem u FSK moduluje digitální signál a u FM modulace ho moduluje signál analogový. Modulace spočívá v tom, že máme dvě frekvence f_0 a f_1 , každá reprezentuje jeden binární symbol 0, nebo 1. Při změně modulačního signálu se změní frekvence nosného signálu, což můžeme vidět na obrázku(1.3). Z toho vyplývá, že u této modulace je amplituda konstantní a mění se jen úhlová frekvence nosného signálu v závislosti na modulačním signálu.



Obr. 1.3: Modulace FSK.

2. QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) - kvadrurní fázové klíčování

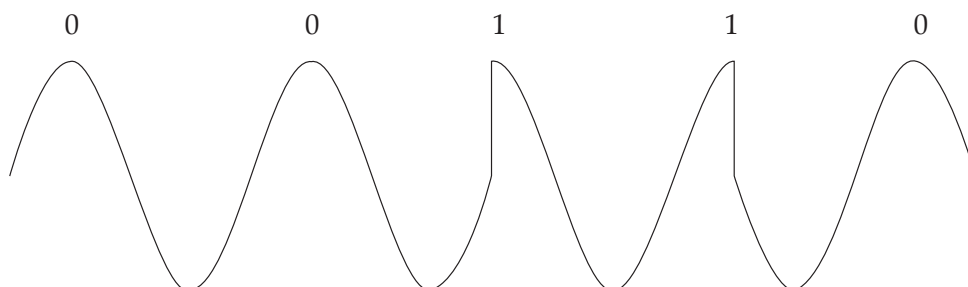
Tato modulace se vytváří z dvoustavového fázového klíčování BPSK dvou nosných vln, které mají stejný kmitočet, ale jsou posunuty o 90° . Jedna ze čtyř možných kombinací dvou bitů (00,01,10,11) jsou přiřazeny ke čtyřem stavům nosné, které jsou posunuty od sebe o $\pi/2$ rad. Dvojici bitů nazýváme dibit.



Obr. 1.4: Konstelační diagram QPSK.

3. DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) - dvoustavové fázové klíčování

Je podobná modulaci QPSK, avšak využívá pouze dvou stavů, kdy pro binární 0 použijeme nezměněnou fázi tj. 0° a pro binární 1 použijeme změnu fáze o 180° . Navíc je zde zavedeno tzv. vztažné klíčování, kdy ke změně fáze dochází vždy i při přenosu dvou stejných symbolů za sebou, což můžeme vidět například na obrázku (1.5). Výhoda této techniky je ta, že pokud dojde k nežádoucí změně fáze, nedojde k otočení celého dalšího úseku, ale pouze k jedné chybě.



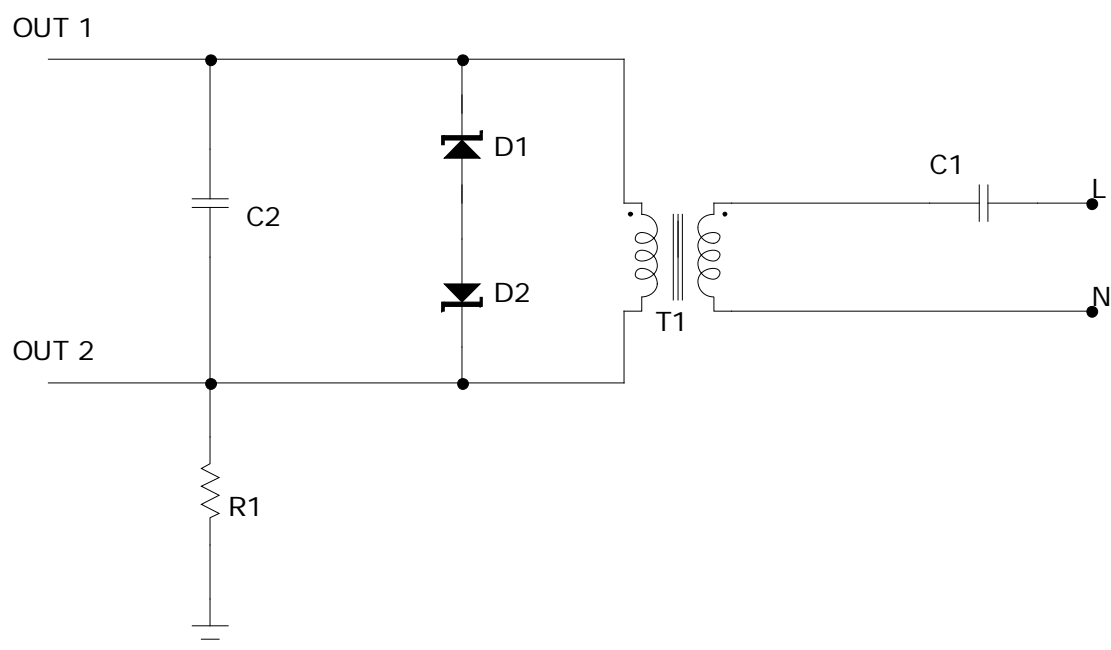
Obr. 1.5: Modulace DBPSK.

1.5 Vazební obvody

U vazebních obvodů požadujeme ochranu zařízení a uživatele, dále nízkou úroveň vyzařování a velkou efektivitu vazby.

Existují dva typy:

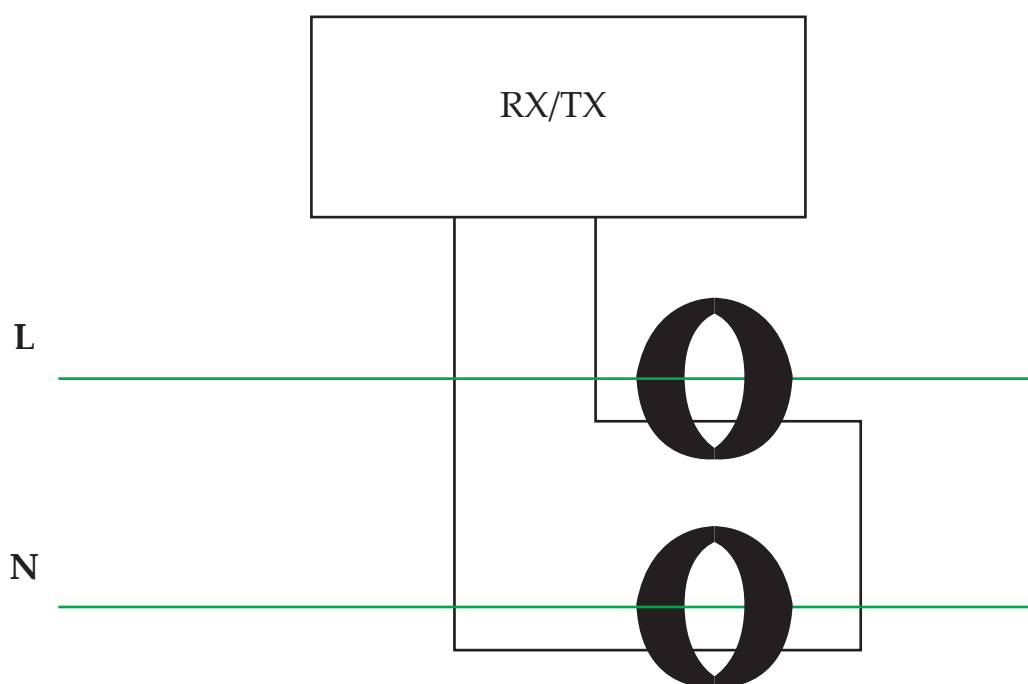
1. **Kapacitní (přímá) vazba** Kapacitní vazba je tvořena malým vysokonapěťovým a vysokokapacitním kondenzátorem, většinou fóliovým. Dále je použit oddělovací transformátor a diody, případně transily, které chrání modem před přepětím. [10]



Obr. 1.6: Kapacitní vazba.

2. Induktivní vazba

Používá se u vysokonapěťových systémů, ale i u nízkonapěťových systémů pro hlavní stanici. Nejvíce efektivní je u rozvodů s nízkou impedancí, například v rozvaděčích. Její výhodou je, že je jednodušší na implementaci. Induktivní vazba je tvořena především děleným feromagnetickým a nebo rozpojeným železitým kroužkem, který slouží jako vysokofrekvenční transformátor. Tento případ indukovaní elektrického signálu se nazývá injektování. Cívky injektují na vodič, v našem případě fázi, datový signál. Signál se může indukovat na další fáze, pokud jsou vodiče u sebe po určitou délku. [10]



Obr. 1.7: Induktivní vazba.

1.6 Rozdělení šířky pásma PLC

Přenosový kanál lze použít pouze v rozmezí určitých frekvencí. Platí, že čím větší šířka pásma, tím větší přenosová rychlost. Energetické vedení lze rozdělit na dvě různá pásma a to širokopásmové vedení a úzkopásmové vedení. Šířka pásma pro širokopásmový přenos je od 1 MHz do 30 MHz a můžeme v něm dosáhnout rychlost přenosu dat až 200 Mbit/s v případě standardu HomePlug AV. U úzkopásmových přenosů je šířka pásma od 3kHz do 148,5 kHz a dosahují se zde rychlosti v řádu stovek kbit/s. Toto pásmo se dále dělí na další kategorie A, B, C, D. Předmětem normy je omezit interferenci mezi zařízeními pro přenos signálu v energetických rozvodech. [1]

Využití pásem pro úzkopásmový přenos:

- A 9 – 95 kHz: pro účely dodavatele elektrické energie a jejich souhlasu i pro odběratele,
- B 95 – 125 kHz: jen pro odběratele a nevyžaduje protokol přístupu k dohodě normy,
- C 125 – 140 kHz: pro privátní účely odběratelů a vyžaduje protokol o přistoupení k dohodě,
- D 140 – 148,5 kHz: pro privátní účely odběratelů a nevyžaduje protokol přistoupení k dohodě.

Tyto normy tvoří Evropský výbor pro standardizaci v elektrotechnice CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique). V České republice toto rozdělení spadá do normy s názvem: „Signalizace v instalacích nízkého napětí v komunitovém rozsahu 3 kHz až 148,5 kHz“. Jedná se o normu ČSN EN 50065-2-3.

Protokol dohody musí splňovat tyto podmínky:

- všechny systémy vysílají upozornění že vysílání pokračuje na 132,5 kHz,
- vysílač nesmí vysílat spojitě déle než 1 s a nesmí vysílat znovu po dobu alespoň 125 ms,
- vysílač může vysílat, je-li pásmo nevyužito po dobu náhodně zvolenou mezi 85 ms a 115 ms s alespoň sedmi hodnotami v tomto pásmu,
- vysílač musí být vybaven signálním detektorem, který detekuje kdy se pásmo používá,
- k umožnění detekce použitého pásma přístroj vysílá svůj signál se spektrálním rozložením v souladu s B přílohou této normy.

2 NÁVRH PLC MODEMU

Za účelem realizace modemu se vybral řídicí obvod, pro který bylo potřeba navrhnout analogovou část. Základem PLC modemu je vazební člen, který slouží jak pro galvanické oddělení, tak pro odfiltrování síťové frekvence, která je v České republice 50 Hz. Dále je potřeba filtr k přijímači řídicího obvodu, který se chová jako horní propust a navíc nám zesílí signál na potřebnou úroveň. Tento obvod je použit dvakrát, protože slouží i jako kontrola napětí na výstupu vysílače. Vše je nakonec potřeba odsimulovat a případné problémy vyřešit. V návrhu se vychází z katalogového listu [3] a z ruského časopisu Informační technologie [11]. Výpočty jsou převážně z elektronických knih od Texas Instruments, což je výrobce používaných operačních zesilovačů, které použijeme jako aktivní filtry.

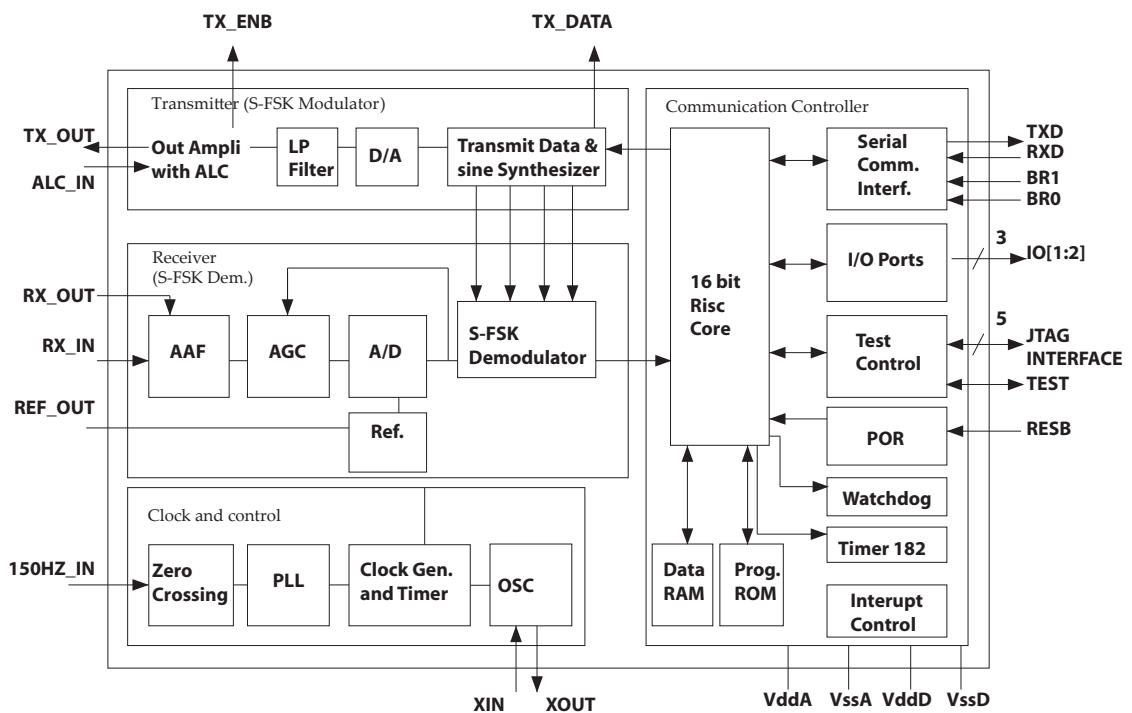
2.1 Výběr řídicího obvodu

Nejprve se vybral řídicí obvod, který zajišťuje příjem, vysílání, zpracování signálů. Vybíral jsem z těchto:

- AMIS-49587 – Jedná se o novější verzi čipu, se kterým realizuji návrh. Původně byl vybrán tento čip, avšak nebylo možno ho nikde objednat. Technická dokumentace byla dobře zpracována.
- IT700 – Zajímavý čip, velice dobrá dokumentace, čtyři kusy vlastníme na otestování.
- ST7590 – Dobrá technická dokumentace, vybral bych si ho, ale dělá s ním kolega diplomovou práci.
- XPLC30 – Psal jsem výrobci a neodpověděl, navíc jsem neměl k němu žádnou dokumentaci, ale v základním popisu vypadal čip solidně a hodně se mi zamlouval.
- ADE8165 – Psal jsem výrobci i distributorovi, nikdo neodepsal. Dále jsem nenašel kompletní katalogový list a nebylo možné ho koupit.
- AMIS-30585 – Dobře zpracovaná technická dokumentace a dal se objednat jako vzorek. Hlavní důvod, že jsem si ho vybral, je dostupnost.

2.2 AMIS-30585

AMIS-30585 [3] je poloduplexní FSK modem a je navržen pro přenos dat po nízkých napětích (50 – 1000 V). Modem nabízí kompletní zpracování protokolu od fyzické vrstvy až k MAC vrstvě. AMIS-30585 je v souladu s normami EN 50065 CELENEC, IEC 1334-4-32 a IEC 1334-5-1. Napájecí napětí je 3,3 V. Interní PLL je uzamčen na frekvenci sítě 50 Hz nebo 60 Hz a používá se k synchronizaci přenosu dat při přenosové rychlosti 300, 600 a 1200 baudů pro frekvenci 50 Hz, což odpovídá 3,6 nebo 12 datových bitů na polovinu cyklu frekvence sítě 50 Hz nebo 60 Hz.



Obr. 2.1: Vnitřní zapojení AMIS-30585.

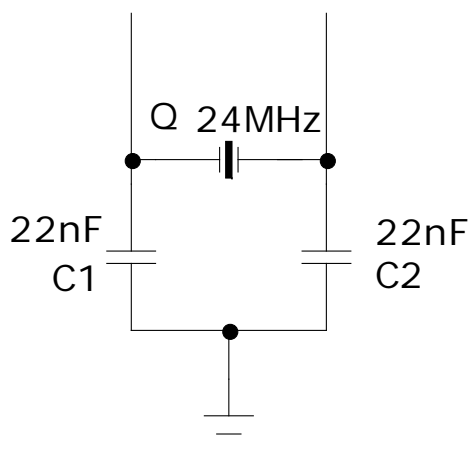
Tab. 2.1: Přehled základních pinů.

Číslo Pinu	Název	Popis
2	RX OUT	Výstup přijímače
3	RX IN	Vstup přijímače
4	REF OUT	Referenční výstup pro stabilizaci
5	M50HZ IN	50 Hz nebo 60 Hz vstup
13	XIN	Vstup oscilátoru
14	XOUT	Výstup oscilátoru
25	TX ENB	Aktivace vysílače OZ
26	TX OUT	Výstup vysílače
27	ALC IN	Kontrola úrovně vyslaného signálu

2.3 Návrh obvodu s krystalovým oscilátorem

Krystalový oscilátor slouží ke generování hodinového signálu. Tento externí oscilátor o frekvenci 24 MHz vstupuje do PLL, tím je frekvence 50 Hz ze sítě daleko přesnější, protože není tolik závislá na nepatrné změny frekvence v síti.

U krystalového oscilátoru jsem vycházel z návrhu v katalogovém listu čipu [3]. Tento obvod tvoří dva kondenzátory a krystal, který je nastaven na frekvenci 24 MHz při paralelní rezonanci.



Obr. 2.2: Zapojení krystalového oscilátoru.

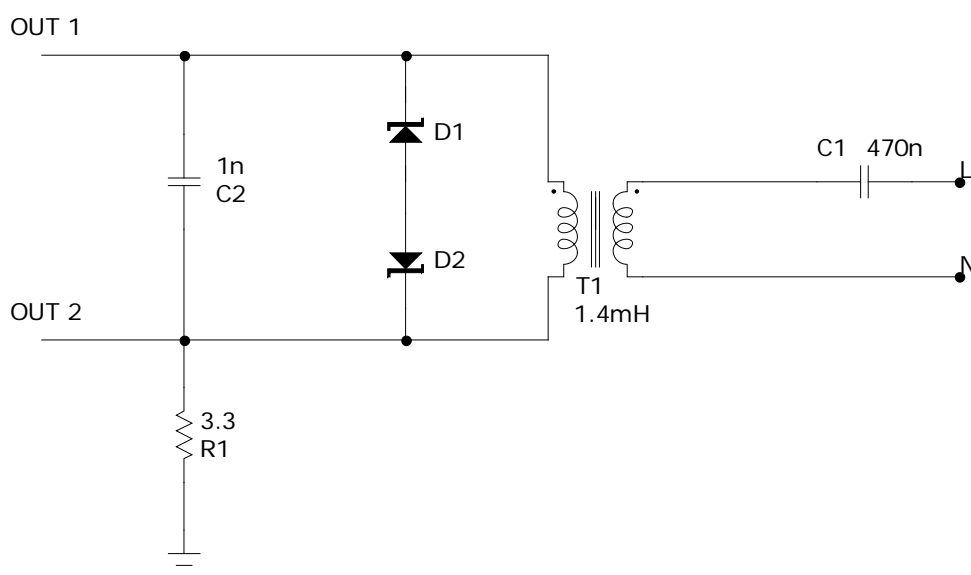
2.4 Návrh vazebního členu.

U návrhu vazebního členu se vycházelo z katalogového listu čipu [3], ale byl použit transformátor s transformačním poměrem 1:1, který má indukčnost 1,4 mH [6]. Transformátor slouží ke galvanickému oddělení a tím pádem ochraně všech obvodů. Jako další ochrana slouží dva transily, které chrání před přepětím a přes které se do obvodu dostane maximálně 6,8 V. Před primární cívkou transformátoru je připojen kondenzátor, jak můžeme vidět na obrázku (2.3). To celé dohromady vytváří horní propust. Výpočet mezní frekvence je v rovnici (2.1) [12]. Následně byla provedena simulace frekvenční charakteristiky v programu Micro-Cap (2.4). Na grafu vidíme jednu nechtěnou špičku, za kterou může rezonance, ale nezasahuje to do používaného pásma.

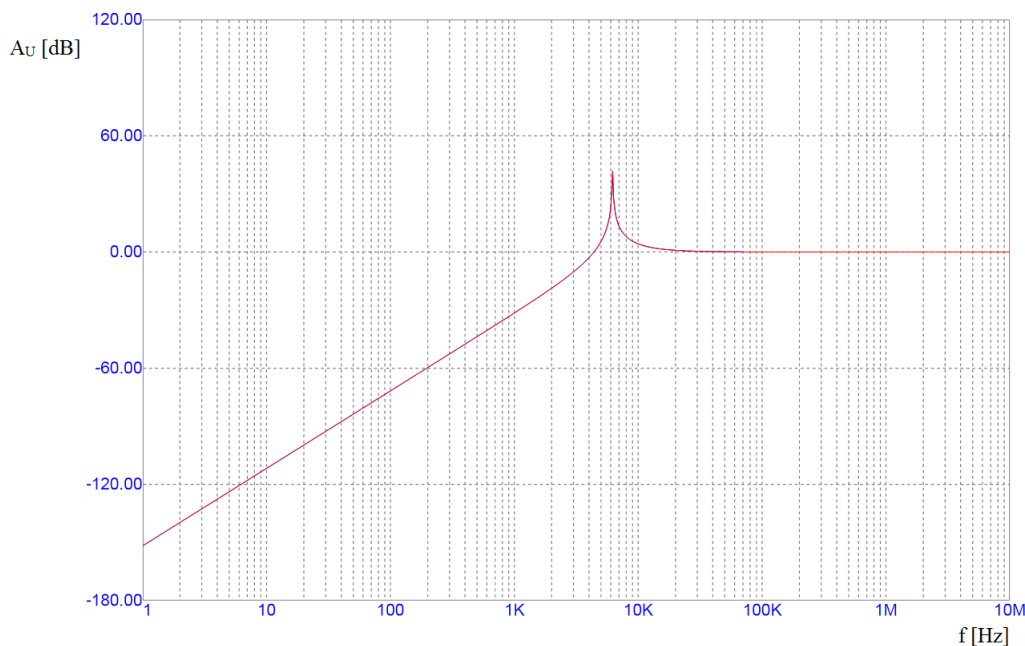
Výpočet mezní frekvence filtru:

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}, \quad (2.1)$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 470 \cdot 10^{-9}}} = 6,204 \text{ kHz.}$$



Obr. 2.3: Zapojení Vazebního členu.

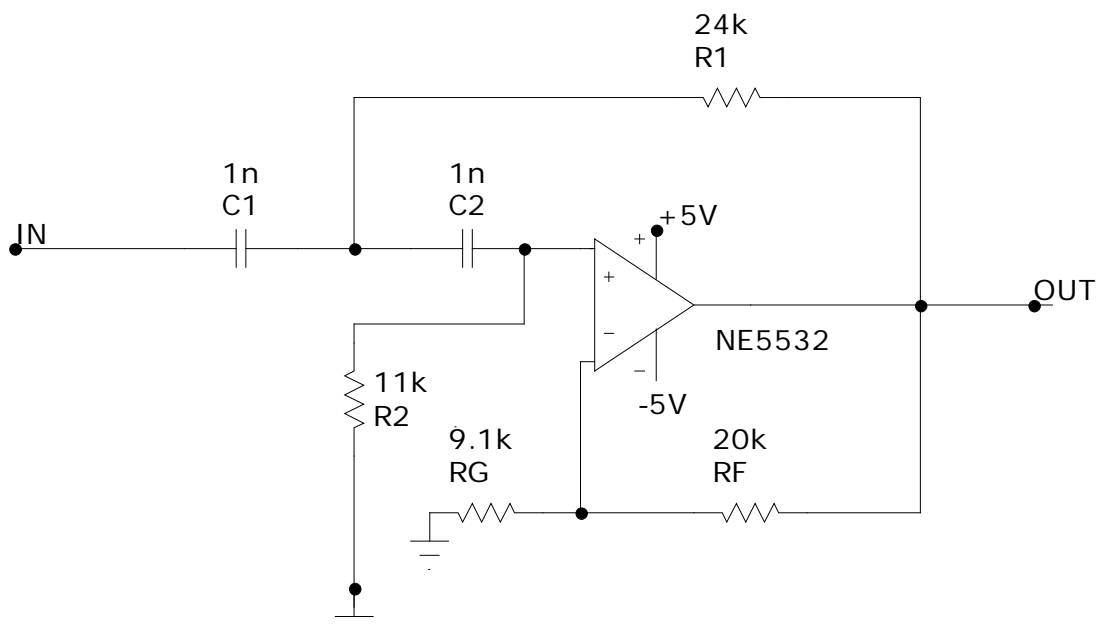


Obr. 2.4: Graf pasivního filtru typu horní propust.

2.5 Návrh aktivního filtru pro přijímač a pro detekci vysílaného signálu

Maximální napětí na vstupu řídicího obvodu je podle katalogového listu [3] 1,15 V. Maximální hodnota přijímaného signálu do řídicího obvodu je podle katalogového listu ideálně 0,61 V, ale v cestě signálu je vazební transformátor a vedení, na kterých jsou značné ztráty. Z tohoto důvodu je potřeba v tomto aktivním filtru signál ještě zesílit. Proto vysílaný signál má maximální napětí 1,83 V.

Pro přijímač byl použit aktivní filtr typu horní propust. Zapojení je neinverující operační zesilovač typu Sallen-Key – obrázek (2.5). Jako operační zesilovač je zde použit běžně dostupný NE5532, který vyrábí například Texas Instruments. Podle vztahu (2.2) byl vypočítán mezní kmitočet filtru, dále zesílení filtru podle vztahu (2.3) a nakonec jakost filtru Q podle vztahu (2.4) [7]. Z výpočtu je patrné, že při změně rezistorů R_G a R_F , kvůli vyššímu zesílení, se zmenšuje jakost filtru Q . Po výpočtu se odsimulovala frekvenční charakteristika v programu Micro-Cap s konkrétním operačním zesilovačem, jak můžete vidět na grafu (2.6). Po odečtení hodnoty 3 dB od maximálního zesílení je patrné, že reálný filtr se od ideálního trochu liší. V tomto případě to je cca o 600 Hz a to je dáno použitím operačního zesilovače s reálnými parametry. Na grafu je také vidět že na frekvenci kolem 1 MHz klesá zesílení, ale na takto vysokých frekvencích modem už nepracuje, proto to nevádí.



Obr. 2.5: Schéma zapojení filtru pro přijímač.

Výpočet mezní frekvence filtru:

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot C_2}}, \quad (2.2)$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{24 \cdot 10^3 \cdot 11 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^{-9}}} = 9,795 \text{ kHz.}$$

Výpočet zesílení filtru:

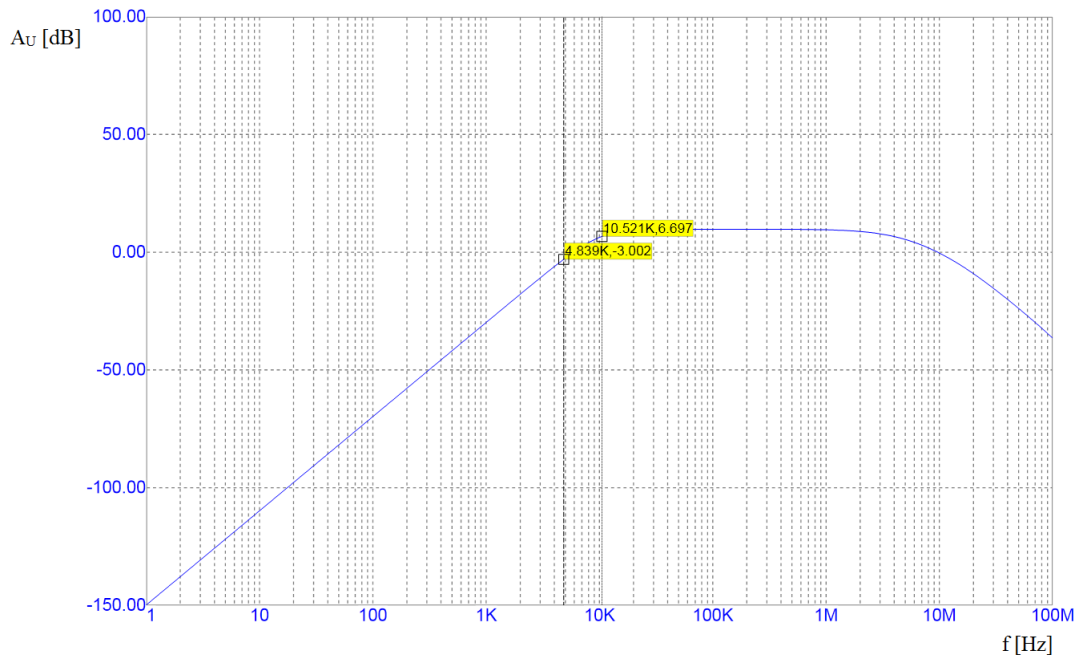
$$A_U = \frac{R_F}{R_G} + 1, \quad (2.3)$$

$$A_U = \frac{20 \cdot 10^3}{9,1 \cdot 10^3} + 1 = 3,198.$$

Výpočet jakosti filtru:

$$Q = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot (R_1 \cdot C_1 + R_2 \cdot C_2 - \frac{R_2 \cdot C_2 \cdot R_F}{R_G})}, \quad (2.4)$$

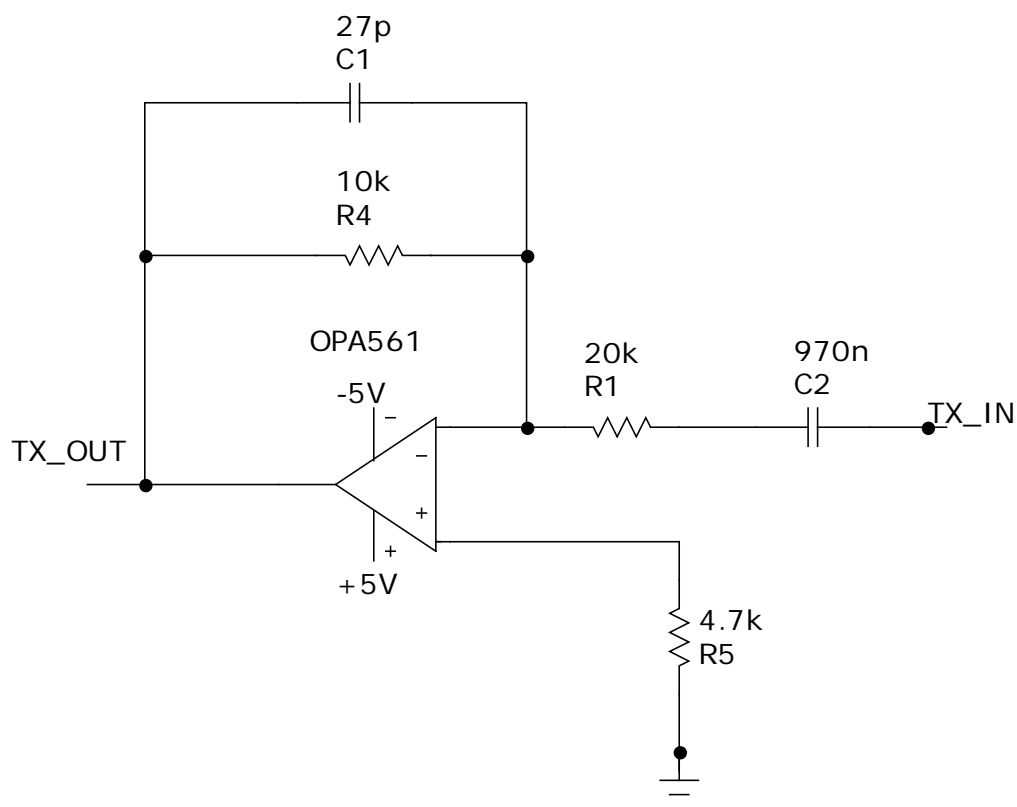
$$Q = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 9795 \cdot (24 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} + 11 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} - \frac{11 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot 21 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3})} = 0,354.$$



Obr. 2.6: Graf navrhnutého filtru pro přijímač.

2.6 Návrh aktivního filtru pro vysílač

Pro vysílač byl použit aktivní filtr typu dolní propust v invertujícím zapojení - obrázek (2.8). V zapojení je použit operační zesilovač OPA561, který má maximální výstupní proud 1,2 A a je nastaven pomocí rezistoru ve schématu v příloze na 0,6 A. Podle vztahu (2.5) byl vypočítán mezní kmitočet filtru a zesílení filtru podle vztahu (2.6)[8]. Po výpočtu se odsimulovala frekvenční charakteristika v programu Micro-Cap a výsledek simulace je uveden v grafu (2.8).



Obr. 2.7: Schéma zapojení filtru pro přijímač.

Výpočet mezní frekvence filtru:

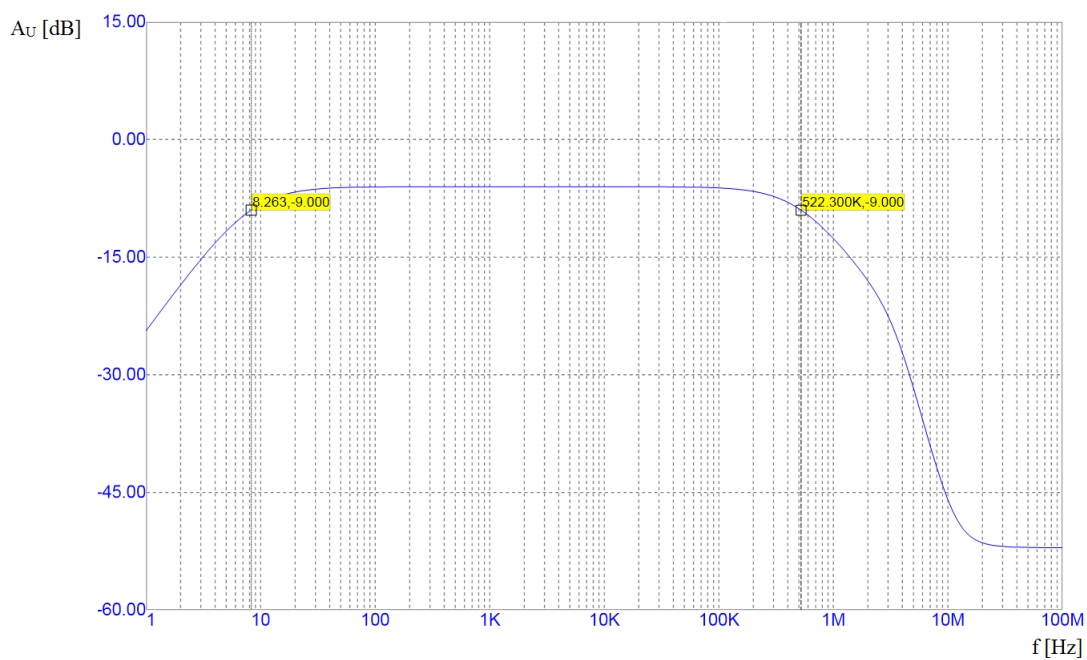
$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_1}, \quad (2.5)$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 27 \cdot 10^{-12}} = 589,463 \text{ kHz.}$$

Výpočet zesílení filtru:

$$A_U = -\frac{R_2}{R_1}, \quad (2.6)$$

$$A_U = -\frac{10 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^3} = -0,5.$$



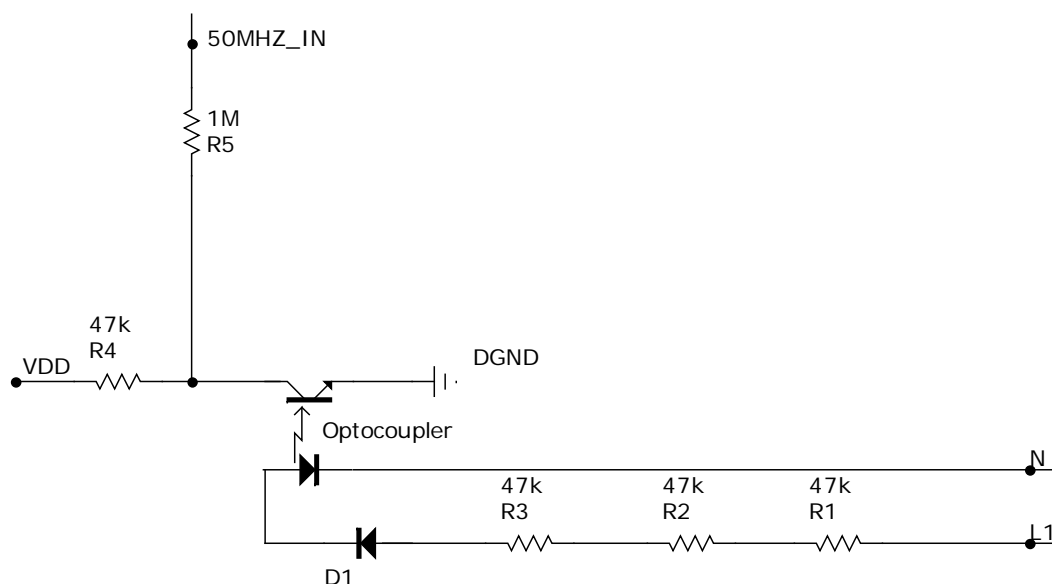
Obr. 2.8: Graf aktivního filtru pro vysílač.

2.7 Návrh obvodu pro synchronizaci 50 Hz

Obvod pro synchronizaci modemu s 50 Hz ze sítě je zapojen pomocí optočlenu z důvodu galvanického oddělení a tím pádem ochraně vnitřních částí modemu. Byly použity tři rezistory z důvodu snížení napětí a kvůli tepelné ztrátě by měl mít každý alespoň 0,25 W. Z výpočtu (2.7) vychází, že optočlenem prochází 1,6 mA.

Výpočet proudu tekoucího optočlenem pomocí Ohmova zákona:

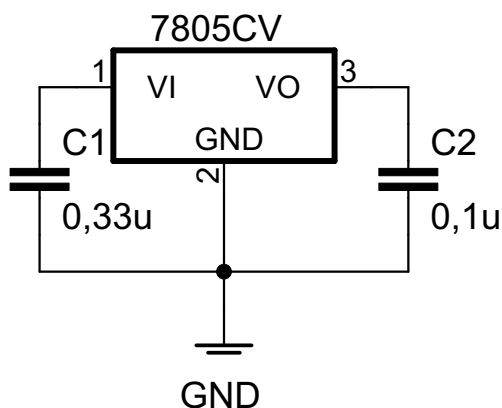
$$I = \frac{U}{R} = \frac{230 - 2 \cdot 0,6}{3 \cdot 47 \cdot 10^3} = 1,6 \text{ mA.} \quad (2.7)$$



Obr. 2.9: Schéma zapojení obvodu pro synchronizaci.

2.8 Návrh napájecí části modemu

Výše uvedené části je potřeba napájet, proto se zde musí nacházet i část napájení. Z výše uvedených obvodů, přesněji u operačních zesilovačů, je patrné, že bude potřeba je napájet symetrickým napětím $+5\text{ V}$, a -5 V a dále napětím $+3\text{ V}$ pro čip modemu. Proto jsem zvolil tři stabilizátory na tyto napětí a díky tomu k modemu stačí připojit napětí v rozsahu od 8 V do 30 V jak záporné, tak kladné polarity. Stabilizátory jsem zapojil podle jejich katalogových listů [15] [16] [17]. Jako názorná ukázka je zde příklad zapojení na obrázku (2.10).



Obr. 2.10: Zapojení stabilizátoru 7805.

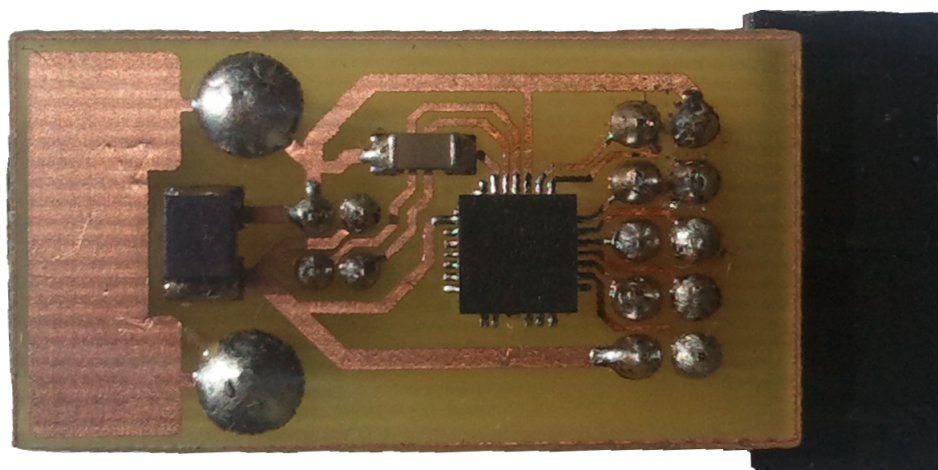
Na vstup těchto stabilizátorů stačí připojit obyčejný usměrněný zdroj se symetrickým napětím okolo $\pm 10\text{ V}$ a výstupním proudem cca 1 A . Prozatím bude použit pro testovací účely laboratorní zdroj se symetrickým napájením.

2.9 Převodník z UART na USB

Pro konfiguraci a komunikaci je potřeba převádět komunikaci z UART na USB nebo RS-232. V dnešní době je jednodušší komunikaci převést na USB z důvodu absence RS-232 na novějších základních deskách. Nejdříve bylo nutné vybrat převodník. Z důvodu jednoduchosti a dostupnosti softwaru byl vybrán CP2102 [13] od Silicon Laboratories. Následně jsem vyhledal schéma k tomuto převodníku. Pro výrobu jsem použil návrh z elektronického časopisu Pandatron [14]. Kvůli pouzdru se použila k přidělení čipu převodníku přetavovací pec a zbytek se osadil ručně.

Parametry převodníku:

- pouze jeden čip,
- integrovaný USB transceiver,
- vnitřní hodiny, není potřeba krystalový oscilátor,
- integrovaná 1024 Byte EEPROM paměť,
- integrovaný napěťový regulátor 3,3 V
- USB specifikace 2.0, full-speed (12 Mbps),
- baud rates: od 300 bps do 1 Mbits,
- 576 B paměť přijímače; 640 B paměť vysílače,
- software pro nastavení převodníku a pro virtuální COM port,
- ovladač kompatibilní s Windows 7/Vista/XP/Server 2003/2000, Mac OS-X/OS-9, Linux,
- pouzdro 28-pin QFN (5x5 mm).



Obr. 2.11: Spodní strana převodníku.

3 REALIZACE MODEMU

3.1 Návrh plošného spoje

Po návrhu a simulaci všech částí modemu se muselo celé schéma překreslit do programu Eagle. Na tento návrh stačila neplacená verze, která má svá omezení jak rozměrem (100x80 mm), tak dvěma vrstvami signálových spojů. Na tento návrh to však postačí, protože rozměry plošného spoje jsou 8,2x6,2 mm a jsou použity jen dvě signálové vrstvy. Při překreslení bylo potřeba vybrat součástky a to hlavně malé, z důvodu velikosti, a snadno dostupné.

Po překreslení schématu bylo dalším krokem rozmístění součástek na desce plošného spoje a následně je propojit signálovými cestami. Velikost cest se volila podle vývodů součástek a také výrobní technologie. Nejtenčí spoje mají 0,3 mm a nejsilnější 0,6 mm. Výrobní technologii byly potřeba přizpůsobit i prokovy a to tak, že průměr díry je 0,6 mm a průměr plošky 1,27 mm. Z výsledného návrhu desky plošných spojů byly vygenerovány obě strany spojů pro tisk a dále plánek rozmístění součástek k osazení.

3.2 Osazení plošného spoje

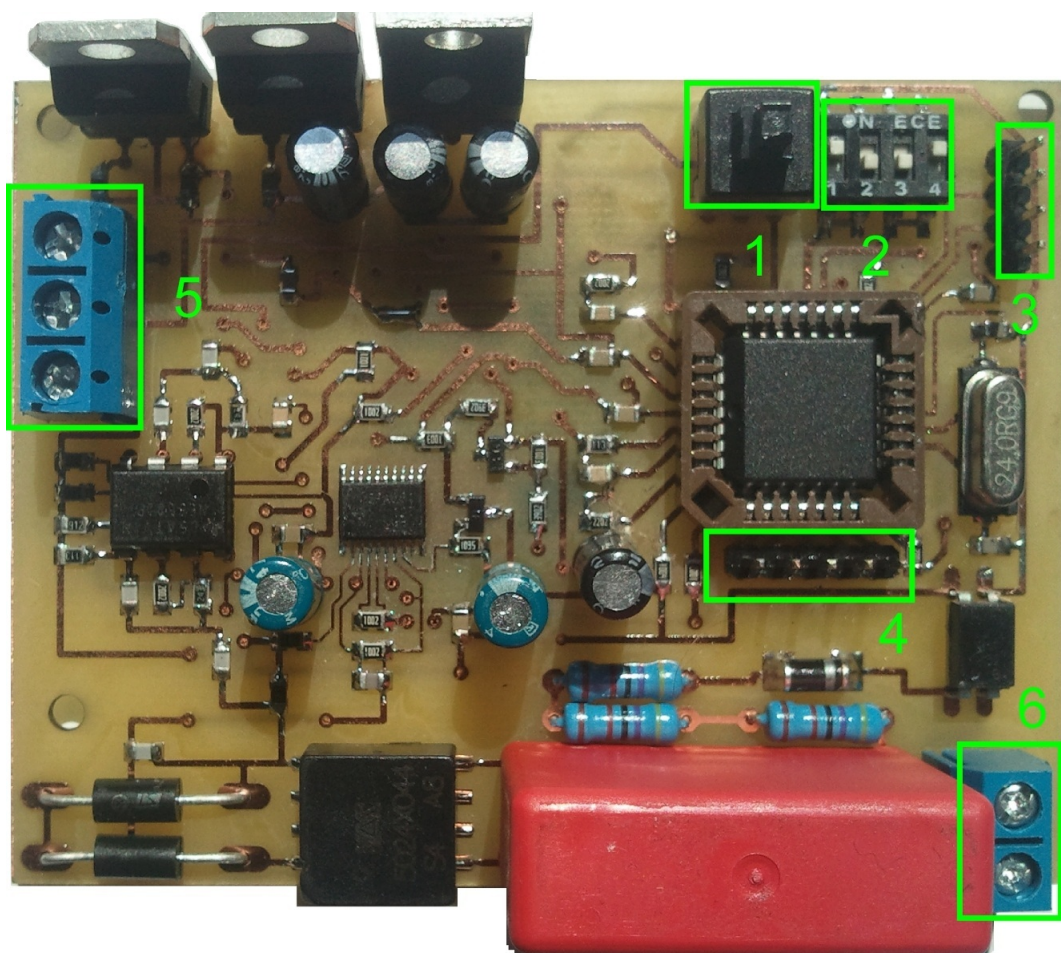
Po vyrobení desky plošných spojů ji bylo potřeba přeměřit, zejména kvůli správnému prokovení mezi vrstvami. Další důležitá věc je nanesení pájitelného laku, aby nedošlo k oxidaci mědi.

Z důvodu plošky ze spodní strany pouzdra se jako první přidělal OPA561 v přetavovací peci. Jako další se osadili SMD součástky, nejprve rezistory, následně kondenzátory a dioda. Z důvodu úspory místa byly použity SMD o velikosti 0805, proto se veškeré osazování provádělo pomocí lupy a pinzety. Následovaly oba tranzistory, optočlen a operační zesilovač NE5532. Předposlední se osadili ostatní vývodové součástky, jako stabilizátory, elektrolytické kondenzátory a konektory. Jako poslední součástku zbylo přidělat patici pro AMIS-30585.

Následně se deska plošných spojů nechala vyčistit a pak se důkladně překontrolovala pod lupou kvůli nechtěným propojením. Znovu se naněsl pájitelný lak z důvodu ochrany před oxidací mědi.

4 NÁVOD K MODEMU

4.1 Popis vstupů, výstupů a základní nastavení modemu



Obr. 4.1: Obrázek modemu.

Popis označených částí na obr. (4.1):

1. tento spínač při stlačení resetuje modem,
2. přepínač loužící k nastavení modulační rychlosti, nastavení se provádí pomocí tabulky (4.1),

Tab. 4.1: Tabulka nastavení modulační rychlosti.

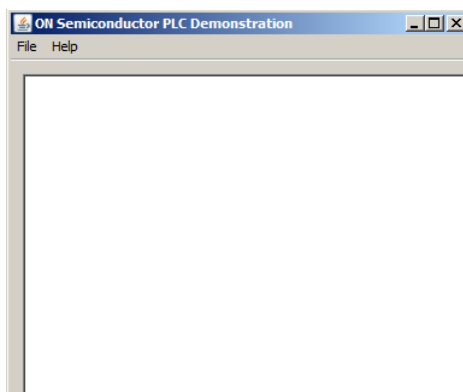
Baud rate	Spínač č.			
	1	2	3	4
4800	On	Off	On	Off
9600	On	Off	Off	On
19200	Off	On	On	Off
38400	Off	On	Off	On

3. zde se nachází výstup na převodník, piny od shora dolů jsou v pořadí AGND, Rx, Tx, +5 V,
4. tyto piny slouží jako JTAG a jsou nutné k naprogramování ARM procesoru. Zleva doprava se na pinech nachází TDO, TDI, TCK, TMS, a TRSTB,
5. na tuto svorkovnici se přivádí napájení. Nahoře se nachází vstup pro záporné napětí, uprostřed zem a dole vstup pro kladné napětí,
6. svorkovnice sloužící k propojení modemu s elektrickou sítí. Na vrchní svorku se přivede fáze a na spodní svorku pracovní vodič.

4.2 Práce se SW k modemu

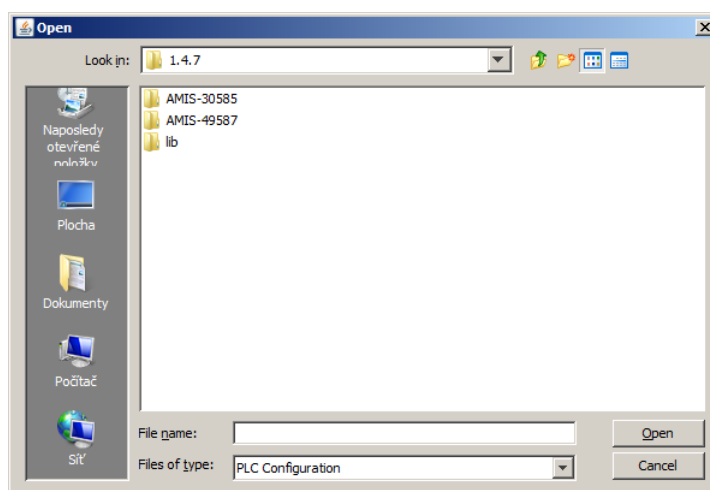
K modemu je volně ke stažení software od výrobce, který slouží k nastavení parametrů a k otestování komunikace. Tento software se jmenuje ON Semiconductor PLC Demo a pro běh je potřeba mít nainstalováno Java Runtime Engine. Program podporuje jen systém Microsoft Windows.

Nainstalujeme program a spustíme PlcUi.jar. Po spuštění programu se otevře okno (4.2).



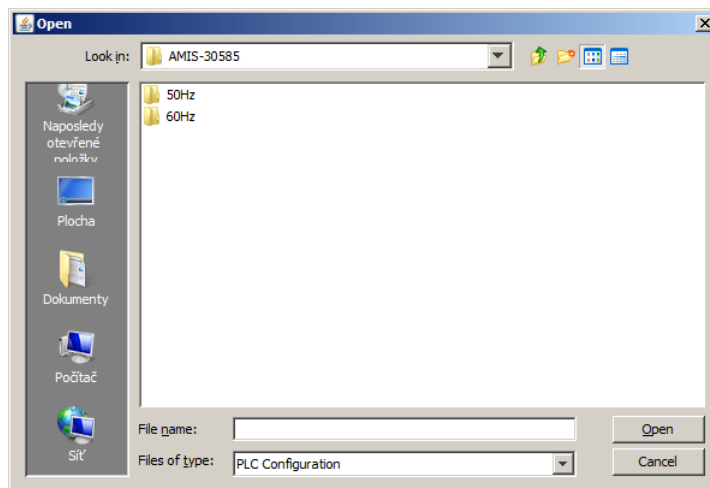
Obr. 4.2: Spuštění programu.

Následně vybereme File, Open Configuration a otevře se okno (4.3), kde máme na výběr otevřít konfiguraci AMIS-30585 a AMIS-49587. Jelikož se jedná o konfiguraci AMIS-30585, tak otevřeme tuto složku.



Obr. 4.3: Okno s výběrem modemu.

Po výběru typu modemu je na výběr z dalších dvou možností (4.4) a to z nastavení pro 50 Hz a nebo 60 Hz síť. Jelikož u nás se používá 50 Hz, vybereme tuto možnost.



Obr. 4.4: Výběr frekvence sítě.

Teď se před námi nachází tři možnosti konfigurace (4.5):

- **Master 3.0.plc**

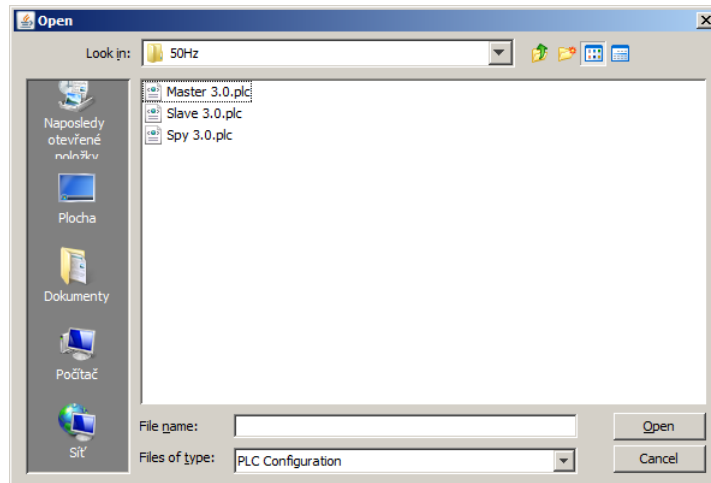
Master je hlavní modem v síti a většinou je jen jeden. Má na starost komunikaci s ostatními modemy a popřípadě zaznamenává přijatá data.

- **Slave 3.0.plc**

Slave konfigurace modemu. Modemů v síti v této konfiguraci je více a komunikují s hlavním modemem, který je v konfiguraci master. Používají se například pro přenos naměřených informací.

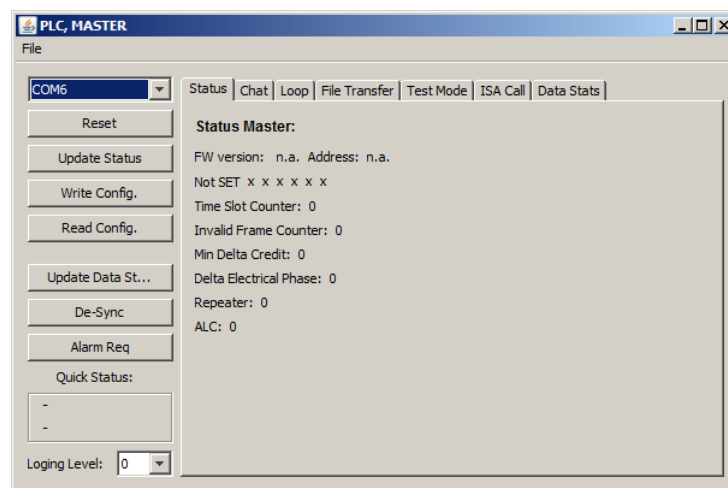
- **Spy 3.0.plc**

Spy je konfigurace modemu, který pouze odposlouchává komunikaci mezi master – slave.



Obr. 4.5: Výběr konfigurace.

Nakonec se otevře okno, přes které můžeme u modemu nastavit různé parametry. Jak je vidět na obrázku (4.6), tak můžeme vybrat port, na kterém s modemem budeme komunikovat, načíst stávající konfiguraci, uložit novou konfiguraci atd. Po načtení konfigurace modemu se načtou nastavené parametry, které můžeme dále upravovat v záložkách ISA Call, Loop a Test Mode. Dále se tu nachází záložka Chat pro zkušební posílání textu a záložka File Transfer pro zkušební posílání souborů.



Obr. 4.6: Hlavní okno pro práci s modemem.

5 ZÁVĚR

Pro tuto práci jsem nejprve ze zjištěných parametrů vybral řídicí obvod od ON Semiconductor AMIS-49587. Prostudoval jsem dokumentaci a zakoupil základní pasivní součástky které byly vyčteny z dokumentace. Bohužel se tento řídicí obvod nepodařilo objednat v několika kusech. Proto bylo rozhodnuto, že realizace bude pokračovat se starší verzí tohoto řídicího obvodu a to AMIS-30585. Prostudoval jsem dokumentaci k tomuto obvodu a řešil návrh analogové části, převážně se jednalo o výpočty filtrů.

Veškeré navržené části jsem spojil a navrhl desku plošných spojů, kterou následně osadil. Dále jsem vyrobil převodník z UART na USB, abych mohl připojit modem k počítači a nastavit jeho parametry.

Modem jsem připojil k laboratornímu zdroji se symetrickým napětím a nastavil jsem cca ± 10 V. modem měl spotřebu okolo 30 mA. Poté jsem přeměřil napětí na stabilizátorech a na dalších částech modemu, zejména na čipu a na operačních zesilovačích. Naměřená napětí souhlasila s teoretickým předpokladem.

Následně jsem připojil převodník k počítači a po jeho detekci jsem nainstaloval ovladače. Nainstaloval jsem také program k modemu ON Semiconductor PLC Demo.

Nakonec jsem připojil převodník k modemu. Bohužel jsem po dlouhodobé snaze nedocílil komunikace programu s modemem a do této doby jsem nenašel odpověď na tento problém.

LITERATURA

- [1] NĚMEC, Marek. *Zive.cz*[online]. 30.10.2003 [cit. 2010-11-28]. Síť skrze zásuvku. Dostupné z WWW: < www.zive.cz/clanky/sit-skrze-zasuvku/sc-3-a-114358/default.aspx>.
- [2] *Linuxsoft.cz*[online]. 2.5.2004 [cit. 2010-11-28]. Data z elektrické zásuvky - užitečná technologie nebo zdroj problémů?. Dostupné z WWW: < http://www.linuxsoft.cz/en/article.php?id_article=110>.
- [3] *Semiconductor Components Industries*[online]. 2008 [cit. 2010-11-30]. AMIS-30585. Dostupné z WWW: < www.onsemi.com/pub_link/Collateral/AMIS-30585-D.PDF>.
- [4] *Texas Instruments*[online]. 2007 [cit. 2010-11-30]. OPA561. Dostupné z WWW: < <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/opa561.pdf>>.
- [5] DOSTALÍK, Jan. *Internet pro vsechny*[online]. 29.4.2008 [cit. 2010-12-01]. Internet z elektrické zásuvky - spolehlivě, rychle a levně. Dostupné z WWW: < www.internetprovsechny.cz/clanek.php?cid=200dostalik>.
- [6] VAC[online]. 2007 [cit. 2011-05-28]. Power Line Communication Coupling Transformers. Dostupné z WWW: < <http://www.vactek.se/admin/UploadFile.aspx?path=/UserUploadFiles/VAC/PLC%20Transformers.pdf>>.
- [7] VORKOETTER, Stefan. *Stefanv.com*[online]. 12.12.2008, 28.10.2010 [cit. 2010-12-01]. Low-Sensitivity Sallen-Key Filter Design with the HP-67 Programmable Calculator. Dostupné z WWW: < www.stefanv.com/calculators/hp67_sallen_key.html>.
- [8] *A Single-Supply Op-Amp Circuit Collection*[online]. 2008, [cit. 2010-12-01]. Dostupné z WWW: < www.eng.yale.edu/ee-labs/morse/compo/sloa058.pdf>.
- [9] HLAVÁČ, Jožin. *www.hw.cz*[online]. 24.11.1999, [cit. 2010-12-14]. Komunikace po síťovém rozvodu 220V. Dostupný z WWW: < www.hw.cz/Rozhrani/ART663-Komunikace-po-sitovem-rozvodu-220V.html>.
- [10] BILAL, Osama; LIU, Er; GAO, Yangpo. *DESIGN OF BROADBAND COUPLING CIRCUITS FOR POWERLINE COMMUNICATION*[online]. Helsinky : [s.n.], 2004 [cit. 2010-12-14]. Dostupné z WWW: < www.isplc2004.unizar.es/OSAMA%20BILAL.pdf>.

- [11] TCHIGAREV, Michael Informační technologie : Přenos dat při 220 V. In Informační technologie. Rybinsk : Grand Prix, 5.10.2009. s. 28. Dostupné z WWW: <www.compeljournal.ru/images/magazines/NE_13_2009.pdf>.
- [12] Circuitcalculator.com [online]. 2006 [cit. 2010-12-14]. L-C Filter Equations. Dostupné z WWW: <www.circuitcalculator.com/lcfilter.htm>.
- [13] *Silicon Laboratories*[online]. 2008 [cit. 2011-05-28]. Převodník USB na sériový port s CP2102. Dostupné z WWW: <<https://www.silabs.com/pages/DownloadDoc.aspx?FILEURL=Support%20Documents/TechnicalDocs/cp2102.pdf&src=DocumentationWebPart>>.
- [14] *Pandatron.cz*[online]. 2008 [cit. 2011-05-28]. Převodník USB na sériový port s CP2102. Dostupné z WWW: <http://pandatron.cz/?573&prevodnik_usb_na_seriovy_port_s_cp2102>.
- [15] *STMicroelectronics*[online]. 2008 [cit. 2011-05-28]. POSITIVE VOLTAGE REGULATORS. Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-149/dsh.330-149.1.pdf>.
- [16] *STMicroelectronics*[online]. 2003 [cit. 2011-05-28]. VERY LOW DROP VOLTAGE REGULATORS WITH INHIBIT. Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-165/dsh.330-165.1.pdf>.
- [17] *STMicroelectronics*[online]. 2008 [cit. 2011-05-28]. 2% NEGATIVE VOLTAGE REGULATORS. Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-023/dsh.330-023.1.pdf>.

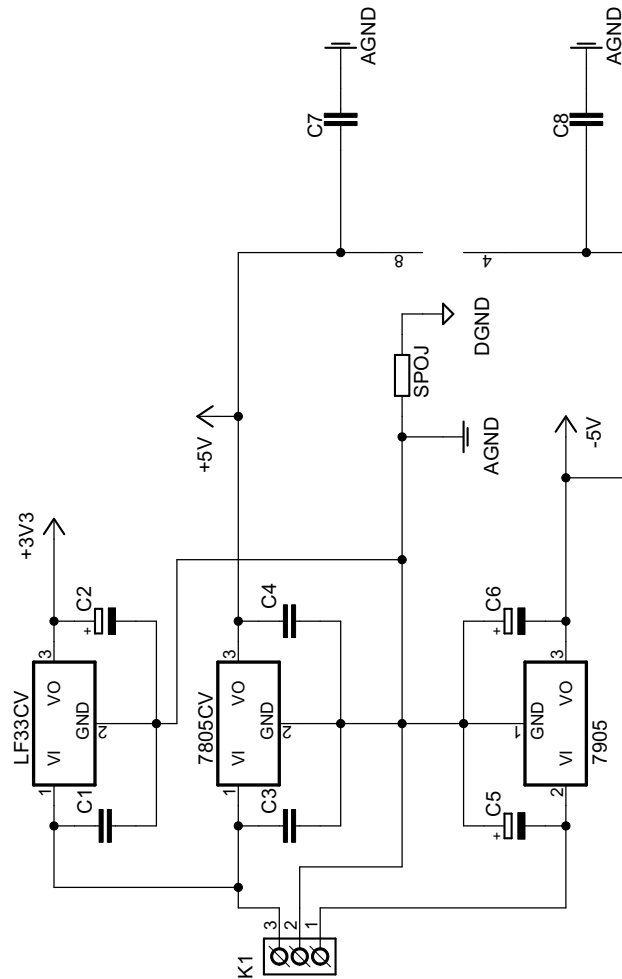
SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

PLC	Power Line Carrier, Power Line Communication
EU	Evropská unie
PLL	Phase Locked Loop, neboli smyčka fázového závěsu. Jedná o závěs, který udržuje frekvenci vnitřního oscilátoru.
CELENEC	European Committee for Electrotechnical Standardization v překladu Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice se sídlem v Bruselu. Zkratka je z francouzského názvu Comité Européen de Normalisation Electrotechnique.
IEC	International Electrotechnical Commission v překladu Mezinárodní elektrotechnická komise. Založena roku 1906 se sídlem v Ženevě. Je to světová organizace, která vydává normy IEC v elektrotechnice a elektronice.
MAC	Media Access Control přeloženo do češtiny znamená Kontrola přístupu k médiu. Umožňuje adresování a kontrolní mechanismus který je zapotřebí pro přístup ke kanálům.
ARM	ARM je architektura procesorů a tato zkratka vychází z názvu Advanced RISC Machine.
USB	Nezkráceně Universal Serial Bus. Je to univerzální sériová sběrnice pro připojení periférií k počítači.
UART	Universal asynchronous receiver/transmitter. Rozhraní pro přenos dat mezi zařízeními.
RS-232	RS-232 je komunikační rozhraní z roku 1969, které se používá jako komunikační rozhraní počítačů a elektroniky.

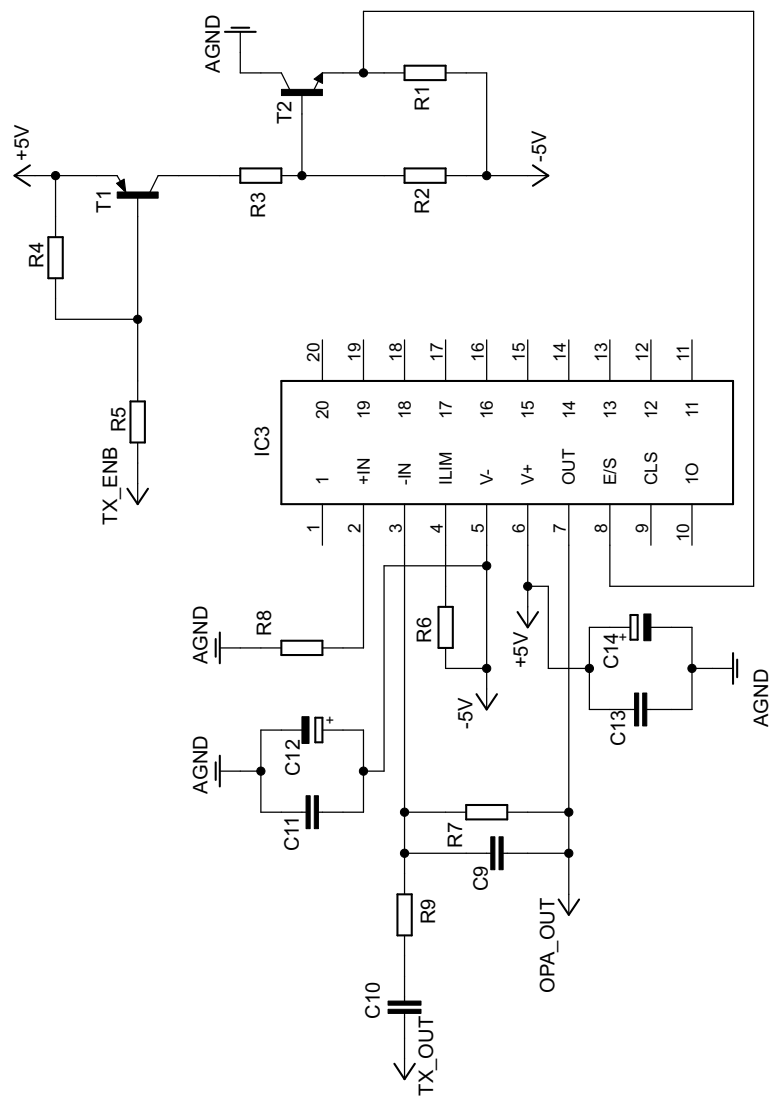
SEZNAM PŘÍLOH

A Schéma zapojení	42
B Seznam použitých součástek	47
C Předloha plošného spoje	49
D Osazení plošného spoje	50

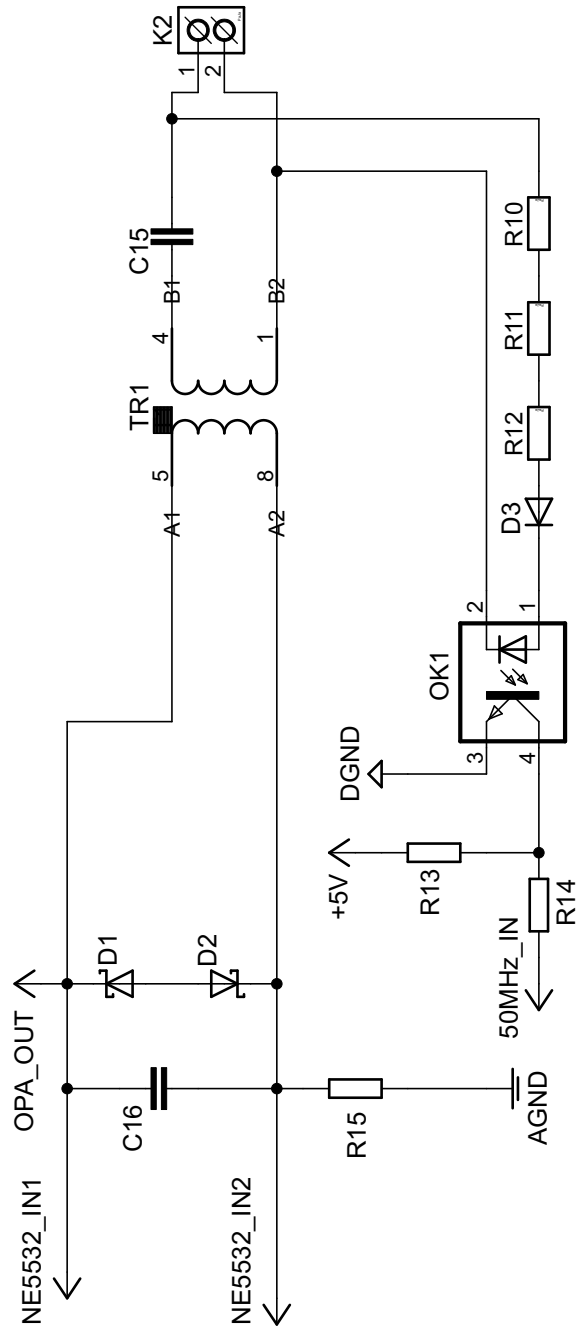
A SCHÉMA ZAPOJENÍ



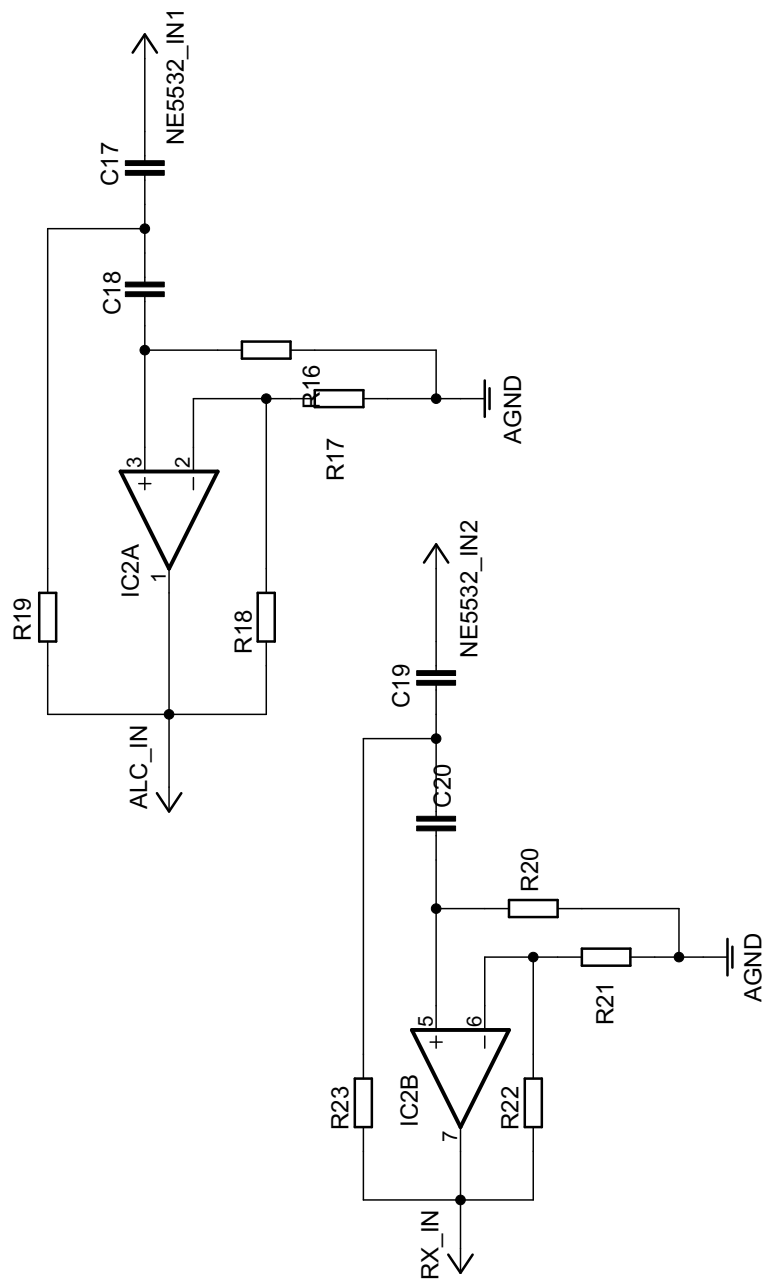
Obr. A.1: Schéma zapojení napájecí části.



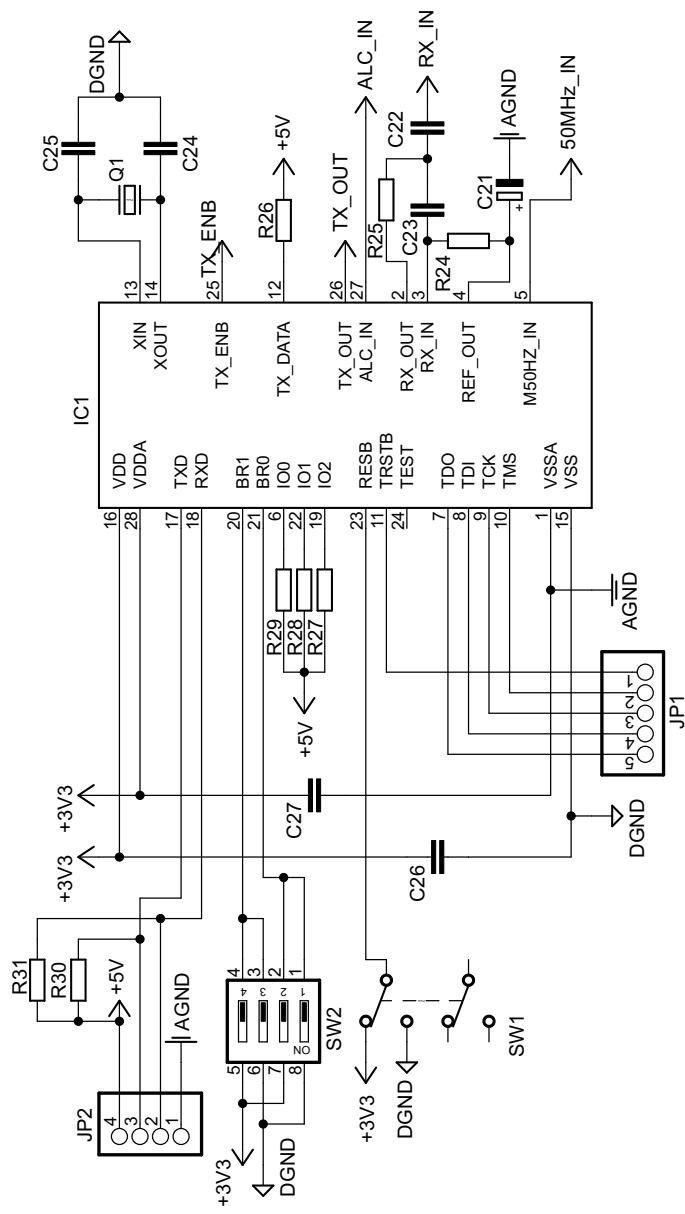
Obr. A.2: Schéma zapojení OPA561.



Obr. A.3: Schéma zapojení kapacitního vazebního členu.



Obr. A.4: Schéma zapojení NE5532.



Obr. A.5: Schéma zapojení chipu AMIS-30585.

B SEZNAM POUŽITÝCH SOUČÁSTEK

Tab. B.1: Tabulka použitých součástek v modemu.

Označení	Hodnota	Pouzdro, typ, atd.
R15	3,3 Ω	SMD 0805
R13	1 k Ω	SMD 0805
R8	4,7 k Ω	SMD 0805
R1	5,6 k Ω	SMD 0805
R17, R21	9,1 k Ω	SMD 0805
R6, R7, R26, R27, R28, R29, R30, R31	10 k Ω	SMD 0805
R16, R20, R25	11 k Ω	SMD 0805
R9, R18, R22	20 k Ω	SMD 0805
R24	22 k Ω	SMD 0805
R19, R23	24 k Ω	SMD 0805
R3, R5	39 k Ω	SMD 0805
R2, R4	100 k Ω	SMD 0805
R14	1 M Ω	SMD 0805
R10, R11, R12	47 k Ω	0207, 1 W
C24, C25	22 pF	SMD 0805, keramický kondenzátor
C9	27 pF	SMD 0805, keramický kondenzátor
C16, C17, C18, C19, C20, C21	1 nF	SMD 0805, keramický kondenzátor
C22, C23	1,5 nF	SMD 0805, keramický kondenzátor
C1, C4, C7, C8, C11, C13, C26, C27	100 nF	SMD 0805, keramický kondenzátor
C3	330 nF	SMD 0805, keramický kondenzátor
C10	470 nF	SMD 0805, keramický kondenzátor
C6	1 μ F	E2-5, elektrolytický kondenzátor
C2, C5	2,2 μ F	E2-5, elektrolytický kondenzátor
C12, C14	47 μ F	E2-5, elektrolytický kondenzátor
C15	470 nF	113 x 316 mm ,fóliový kondenzátor
D1, D2		P6KE6V8
D3		SMD, 1N4007
Q1		SMD, 24MHz
TR1		5024-X044
Pokračovaná tabulky na další stránce		

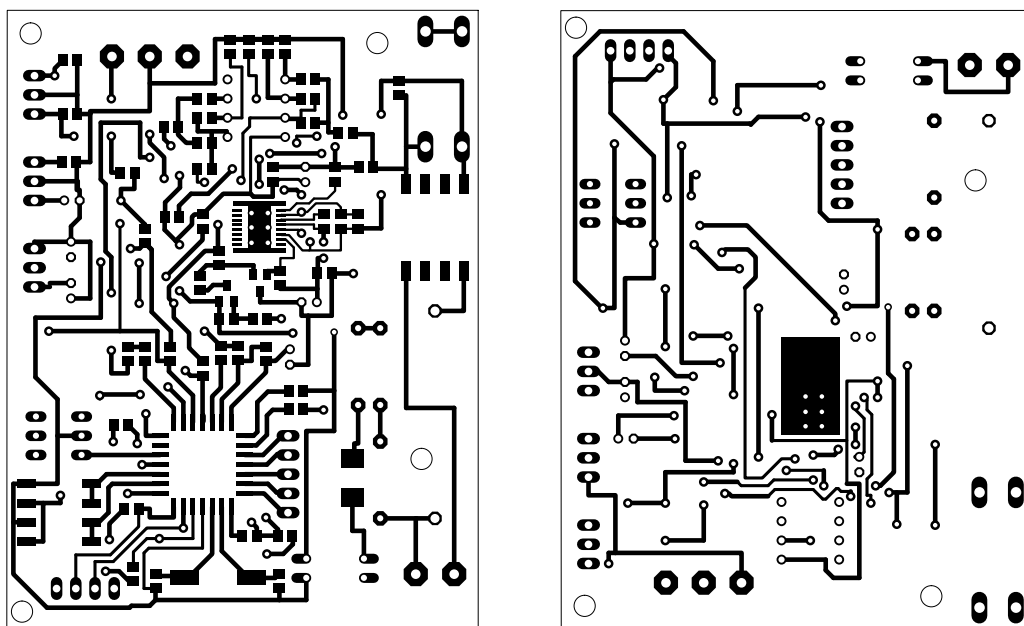
Tab. B.1 – Pokračování tabulky z předchozí stránky

Označení	Hodnota	Pouzdro, typ, atd.
T1		BC857A
T2		BC847A
OK1		PC817
IC1		AMIS-30585
IC2		NE5532
IC3		OPA561
LF33CV		TO220, LF33CV
7805CV		TO220, 7805CV
7905		TO220, 7905
K1		ARK500/3
K2		ARK500/2
SW1		DIP 04 SMD
SW2		P-B170H, spínač
Patice		PLCC 28 SMD
JP1		konektorový kolík, rozteč 2,54mm
JP2		konektorový kolík, rozteč 2,54mm

Tab. B.2: Tabulka použitých součástek u převodníku.

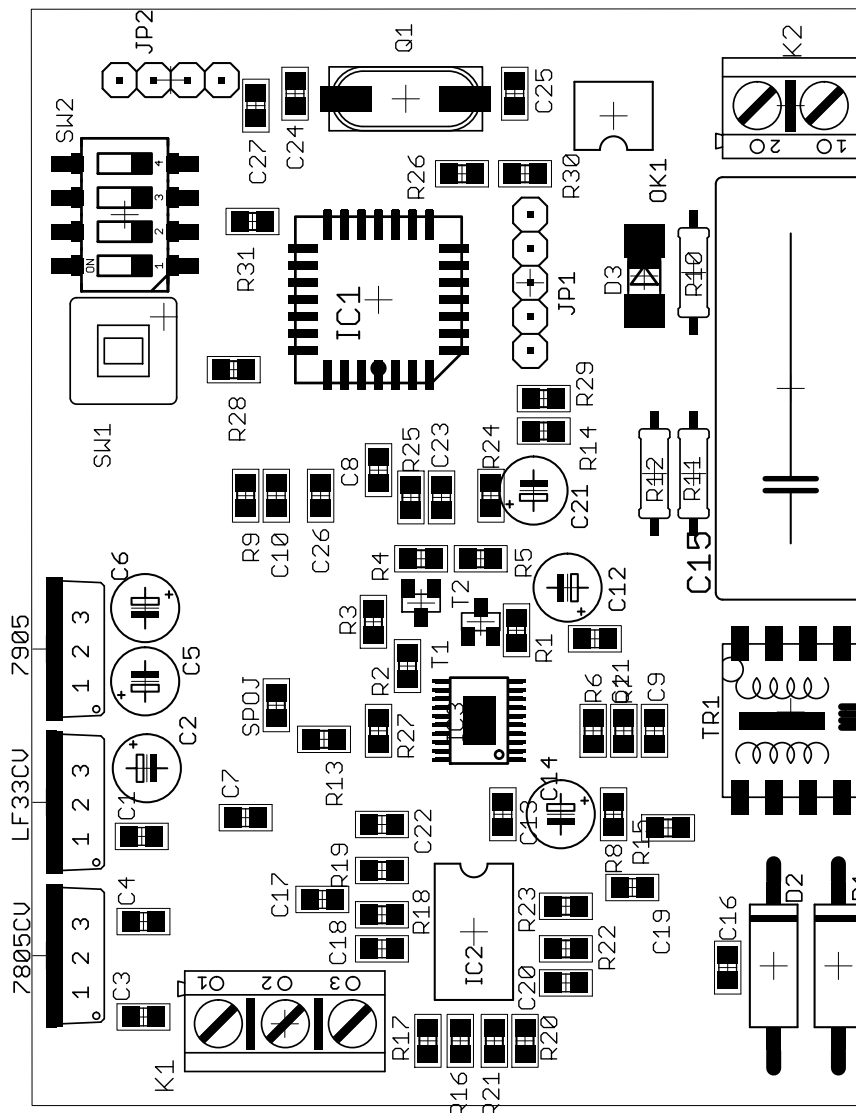
CP2102	chip převodníku
100 nF	1206, kreamický kondenzátor
1 μ F	35V, CAP-B, tantalový kondenzátor
USB1X90B	konektor USB
konektor	konektorový kolík dvouřadý, rozteč 2,54mm

C PŘEDLOHA PLOŠNÉHO SPOJE



Obr. C.1: Předloha pro výrobu plošného spoje. Vlevo vrchní strana a vpravo spodní strana.

D OSAZENÍ PLOŠNÉHO SPOJE



Obr. D.1: Osazení plošného spoje.