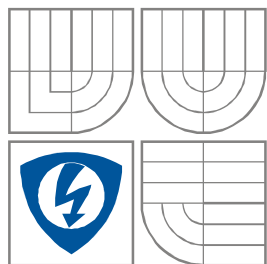


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

FSK MODEM S IMPLEMENTACÍ PROTOKOLU AX.25

FSK MODEM WITH AX.25 PROTOCOL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

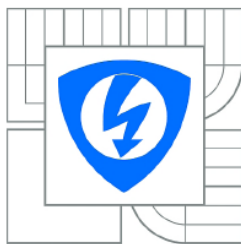
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Michal Vojtek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Michal Fuchs

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Michal Vojtek
Ročník: 2

ID: 77725
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

FSK modem s implementací protokolu AX.25

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte problematiku protokolů AX.25 a KISS. Sestavte blokové schéma a popište bloky ze kterých se bude modem skládat. Vyhledejte použitelné integrované obvody a diskutujte jejich vhodnost užití. Sestavte kompletní obvodové schéma zapojení modemu. Navrhněte a vyrobte desku plošných spojů. Proveďte analýzu programu řídicího obvodu modemu. Naprogramujte obvodové prvky a zařízení oživte. Demonstrujte funkčnost zařízení a ověřte jej v provozu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] VÁCLAVÍK, R., LAJŠNER Packet radio od A skoro až do Z. Praha: BEN - technická literatura, 1996

[2] SAUDEK, Přenos dat a počítačové sítě, 2x15 kapitol z distribuovaných systémů - část II. Brno: Nakladatelství PC - DIR, 1994

[3] FENCL F. AMPRNET - Amatérská internetová paketová síť. Sborník příspěvků - Mezinárodní setkání radioamatérů HOLICE 97, s. 62

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 20.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Michal Fuchs

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 práce se zabývá návrhem FSK modemu pro paketovou komunikaci. Na základě dostupné literatury bylo sestaveno funkční obvodové schéma a následně byla navržena a vyrobena deska plošných spojů převážně pomocí SMD součástek. To dělá celé zařízení velmi snadno přenosné a použitelné kdekoli v terénu. Modem je s počítačem propojen pomocí USB sběrnice, rovněž je z této sběrnice napájen. Komunikace s počítačem probíhá ve standardu KISS, komunikace s transceiverem pak ve standardu AX.25.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to design FSK modem for Packet communication. In accordance with accessible literature was constructed functioning circuit schema and subsequently there was constructed a motherboard which is mainly assembled from SMD technology. It makes this modem mobile and very easy usable in terrain. Modem communicates with PC via USB bus. Also this bus is used as power source for this device. Communication between modem and PC is realized by KISS protocol and connection with transceiver is realized by AX.25 protocol.

KLÍČOVÁ SLOVA

AX.25, KISS, FSK, TNC modem, ATMEL, AVR, USB.

KEYWORDS

AX.25, KISS, FSK, TNC modem, ATMEL, AVR, USB.

Bibliografická citace

VOJTEK, M. *FSK modem s implementací protokolu AX.25*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií Ústav radioelektroniky., 2010. 36 s., 7 s. příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Fuchs.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma FSK modem s implementací protokolu AX.25 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této 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.

V Brně dne 20.5. 2011

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Fuchsovi za trpělivost, účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 20. 5. 2011

.....

(podpis autora)

OBSAH

Obsah	vi
Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	x
Úvod	1
1 Packet Radio	2
1.1 Základ paket radia	2
1.2 FSK vs. AFSK.....	4
1.3 Mapa pokrytí	5
1.4 Používané modemy	6
1.4.1 GC12AX.....	6
1.4.2 TNC51	7
1.4.3 Modem Yam 59+	7
1.4.4 BayCom modem.....	8
1.4.5 Společné vlastnosti	9
2 Komunikační protokoly	10
2.1 Protokol KISS	10
2.1.1 Datový rámec	10
2.1.2 Typy rámců	11
2.2 Protokol AX.25	12
2.2.1 Struktura rámce	12
2.2.2 Bit stuffing.....	15
2.3 Vztah mezi rámci AX.25 a KISS	15
3 Hardwarová koncepce	16
3.1 USB Rozhraní	16
3.2 Řídící jednotka	18
3.3 Externí paměť	20
3.4 FSK modem.....	21
3.5 Zdroj napětí	23
3.6 Realizace desky plošných spojů.....	23
3.7 Programátor	24

4	Softwarové koncepce	25
4.1	Přerušení	25
4.2	Příjem dat	26
4.3	Vysílání dat	27
4.4	Externí paměť	29
5	Testování	30
5.1	Příjem	30
5.2	Vzájemná komunikace	32
6	Mechanické provedení	33
7	Závěr	34
	Literatura	35
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	36
	Seznam příloh	37

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Rozdílné způsoby kódování signálu	3
Obr. 1.2: Časový průběh FSK modulace.....	3
Obr. 1.3: Blokové schéma pracoviště pro packet radio.....	4
Obr. 1.4: Rozmístění bezobslužných stanic (převzato z [12])	5
Obr. 1.5: Fotografie provedení modemu GC12AX (převzato z [13]).....	6
Obr. 1.6: Fotografie modem Yam 59+ (převzato z [13]).....	7
Obr. 1.7: Fotografie reálného provedení BayCom modemu (převzato z [13]).....	8
Obr. 1.8: Obvodové schéma BayCom modemu (převzato z [13]).....	9
Obr. 2.1: Vztah mezi rámcí AX.25 a KISS.....	15
Obr. 3.1: Blokové schéma FSK modemu.....	16
Obr. 3.2: Blokové schéma obvodu FT232 (převzaté z [4]).....	17
Obr. 3.3: Připojení FT232BM k mikrokontroléru a miniUSB konektoru.....	18
Obr. 3.4: Blokové schéma obvodu Atmega32 (převzato z [5])	18
Obr. 3.5: Datový rámec u obvodu Atmega32 (převzato z [16])	19
Obr. 3.6: Připojení řídicí jednotky k ostatním perifériím.....	20
Obr. 3.7: Připojení externí paměti SRAM a logického obvodu HCT573.....	21
Obr. 3.8: Blokové schéma modemu FX614 (převzato z [6]).....	21
Obr. 3.9: Zapojení vstupu a výstupu k transceivru	23
Obr. 3.10: Zapojení ISP konektoru	24
Obr. 3.11: ISP programátor pro mikrokontroléry Atmel	24
Obr. 4.1: Vývojový diagram programu	25
Obr. 4.2: Vývojový diagram příjmu dat	26
Obr. 4.3: Vývojový diagram odesílání dat	28
Obr. 4.4: Odstranění Escape znaků	28
Obr. 4.5: Časování jednotlivých signálů při zápisu dat do paměti.....	29
Obr. 4.6: Časování jednotlivých signálů při čtení dat z paměti	29
Obr. 5.1: Demodulování FSK signálu.....	30
Obr. 5.2: Minimální hodnota vstupního napětí+	30
Obr. 5.3: Ukázka příjmu dat.....	31
Obr. 5.4. Simulace spojení	32
Obr. 5.5: Detail komunikace	32
Obr. 6.1: Fotografie kompletního modemu.....	33

Obr. 6.2: Potisk krabičky FSK modemu [50x70mm]	33
--	----

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1: Rámec protokolu KISS	10
Tab. 2.2: Speciální znaky KISS rámce.....	11
Tab. 2.3: Typy rámců protokolu KISS.....	11
Tab. 2.4: Struktura U a S rámce	12
Tab. 2.5: Struktura informačního rámce I.....	12
Tab. 2.6: Přehled všech druhů rámců (převzato z [11])	13
Tab. 2.7: Význam některých PID formátů (převzato z [2])	14
Tab. 3.1: Srovnání vybraných mikrokontrolérů	19
Tab. 3.2: Popis jednotlivých pinů obvodu FX614	22

ÚVOD

Komunikace neboli výměna informací je jedním ze základních kamenů lidské společnosti. Bez ní by se lidská společnost, inteligence a znalosti nikdy nemohli rozvinout do té podoby, jakou známe dnes. Komunikace samozřejmě není jen výsadou lidskou, probíhá neustále mezi všemi živými organismy a dokonce i mezi neživými organismy. Avšak lidská komunikace je značně specifická a odlišná svým nástrojem komunikace – artikulovanou řečí, jazykem, a vědomím toho, že komunikujeme a co komunikujeme. Život lidí ve společnosti nutně zahrnuje duševní styk, spočívající ve vzájemném dorozumívání – komunikaci, která znamená sdílení významů (Výrost a Slaměník, 1997).

Cílem této práce je návrh a realizace FSK modemu pro celosvětový digitální komunikační systém sloužící k přenosu zpráv, informací a údajů radioamatérského charakteru, který se nazývá Packet Radio. Hlavním požadavkem je, aby dané zařízení bylo možné sestavit z dostupných prvků a aby bylo po komunikační stránce kompatibilní s dnešními počítači.

Práce je rozdělena na několik kapitol. V první kapitole je obecně hovořeno o problematice Packetové komunikace a dříve hojně používaných modemech. Druhá kapitola nastiňuje problematiku komunikačních protokolů používaných pro radioamatérskou datovou komunikaci. Ve třetí kapitole je řešeno obvodové zapojení s využitím dostupných součástek na českém trhu. Čtvrtá kapitola se zabývá softwarovým vybavením řídicí jednotky a implementací protokolů do této jednotky. Pátá kapitola je zaměřena na simulaci provozu a na testování funkčnosti celého modemu. V předposlední kapitole je uvedeno mechanické provedení modemu. V příloze je možné nalézt rady a doporučení při tvorbě tohoto modemu.

1 PACKET RADIO

Packet radio je celosvětový rozšířený komunikační systém sloužící zejména k přenosu zpráv, informací a údajů radioamatérského charakteru. Je to jeden ze způsobů datové komunikace pomocí amatérského rádia. Název je odvozen od toho, že data jsou přenášena v krátkých „burstech“ neboli rámcích (paketech).

Základy systému packet radia jsou založeny na rozsáhlé síti bezobslužných stanic, tzv. nodů (z anglického slova „node“, uzel). Úkolem těchto nodů je zajistit spojení mezi dvěma účastníky kdekoli v dosahu sítě. Síť nodů je tedy přenosové médium sloužící ke komunikaci mezi koncovými účastníky. Tak jako u všech ostatních digitálních módů se packet radio dá používat k přímé komunikaci s ostatními amatéry. Pro všechny, kteří nemohou vysílat na krátkých vlnách, je to dobrá příležitost, jak komunikovat se stanicemi ve velké vzdálenosti pomocí sítě packet radia.

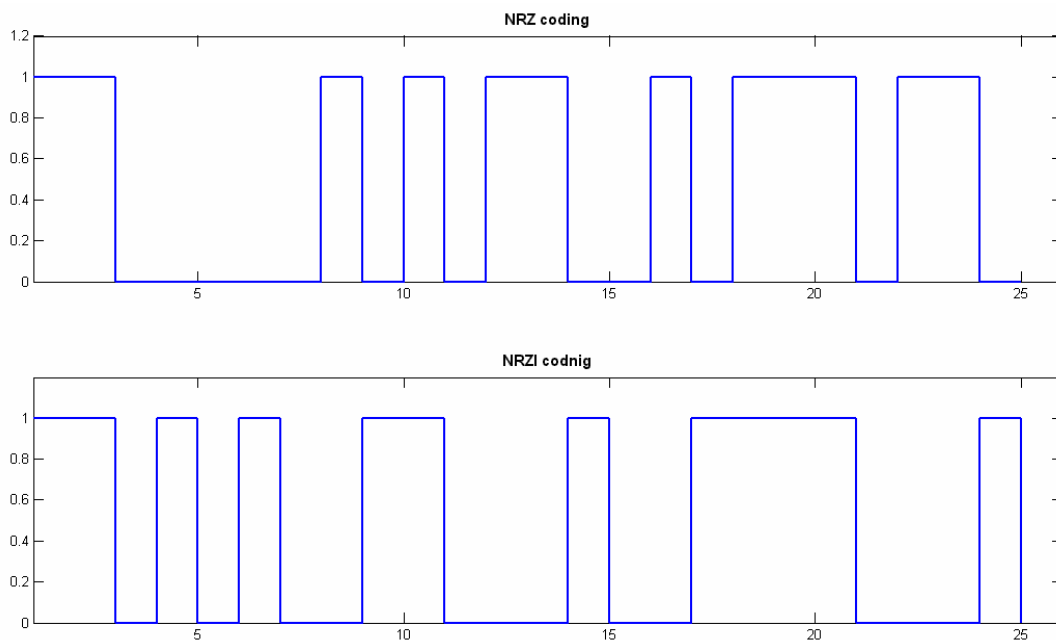
Komunikace uživatele s nejbližším nodem probíhá na tzv. uživatelských vstupech. Nod má jeden či více vstupů. Obvykle v pásmu 144 MHz, 433 MHz i v pásmech vyšších. Na uživatelském vstupu může pracovat více stanic současně, tj. nód komunikuje simultánně s připojenými účastníky na jednom kmitočtu. Programovými a technickými prostředky je zajištěno, že při případné kolizi více účastníků nebo při poruše se opakováním zaručí bezpečná, bezchybná komunikace mezi stanicemi. V amatérské praxi se nejvíce uvádí protokol AX.25, převzatý a upravený z počítačových sítí pod původním označením X. 25. Nody komunikují i se sousedními nody a to na vyhrazených kmitočtech (linkách). Na tyto kmitočty nemá uživatel přímý přístup a slouží výhradně pro komunikaci v síti. Linky se provozují v digitálních segmentech pásem 433 MHz, 1296 MHz a vyšších. Takto je zaručen bezproblémový přenos informací od jednoho účastníka k druhému. Informace se postupně předává na různých kmitočtech až do místa určení.

Podrobnější popis týkající se problematiky packet radia v radioamatérské praxi je možné nalézt v literatuře [1].

1.1 Základ paket radia

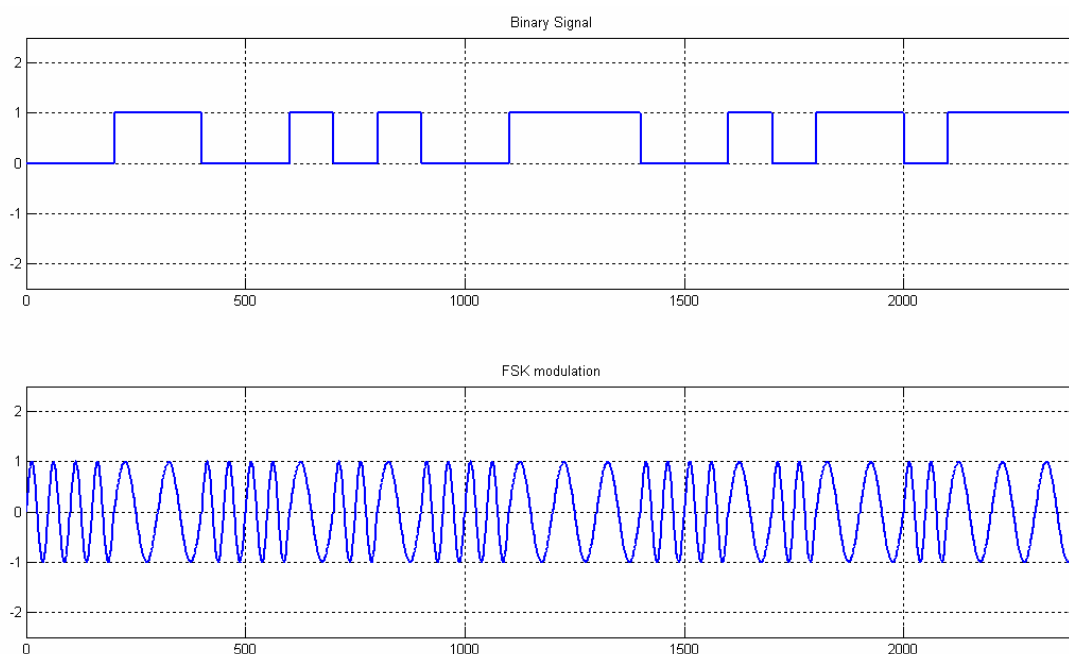
Podstatou packet radia je digitální přenos informace od jednoho uživatele k druhému prostřednictvím sítě. Zdrojem informace není řečový signál, ale data z počítače nebo terminálu. Text nesoucí informaci se určitým způsobem zpracuje (zakóduje) a prostřednictvím transceiveru je vyslán do nejbližšího nodu sítě packet radia, v níž se dále šíří až na místo určení, kde se na straně přijímací stanice zpětně dekoduje.

Jednotlivé znaky jsou vyjádřeny posloupností logických jedniček a nul podle standardu ASCII. Jeden znak se skládá z osmi bitů (tj. jeden bajt). Jednotlivé bajty jsou přivedeny do modemu, kde jsou dále upraveny k přenosu. Data jsou kódována podle modelu NRZI (Non-Return to Zero Inverted, viz Obr. 1.1). Přenášení dat je standardizováno dle normy BELL-202. Logické hodnotě „0“ odpovídá vyšší přenášený kmitočet 2200 Hz, oproti tomu nízký kmitočet 1200 Hz je přiřazen logickému stavu „1“. Informace je přenášena změnou kmitočtu oproti předcházejícímu stavu. Tím, že se používají signály spadající do oblasti nízkých akustických kmitočtů, lze použít pro přenos běžný transceiver.



Obr. 1.1: Rozdílné způsoby kódování signálu

Pro přenos dat na uživatelských vstupech a na linkách se používá modulace FSK, jejíž průběh je znázorněný na Obr. 1.2.

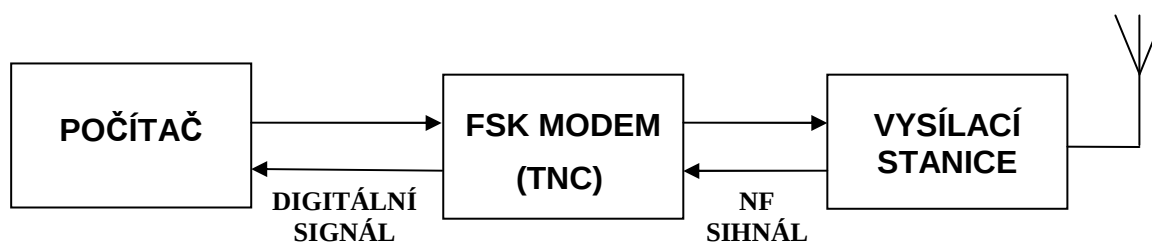


Obr. 1.2: Časový průběh FSK modulace

Výhodou NRZI kódování je přenos informace změnou stavu. Případné negování signálu

nezpůsobí ztrátu nebo zkreslení informace. Jednotlivým úrovním takto zakódovaného signálu jsou přiřazeny dva kmitočty tak, jak je ukázáno na Obr. 1.2. Tento signál je potom přiváděn do mikrofonního vstupu vysílače.

Zjednodušené blokové schéma pracoviště pro Packet Radio je zobrazeno na Obr. 1.3. Digitální data z počítače jsou zpracována v FSK modemu a převedena do úrovně TTL. Dále jsou data převedena na akustický signál, ten je přiveden na mikrofonní vstup běžné vysílací stanice a vyslán anténou. Při příjmu signálů z nodů nebo od uživatele je situace obdobná. Demodulovaný nízkofrekvenční signál se v modemu převede na digitální, následně je zpracován a odeslán do počítače.



Obr. 1.3: Blokové schéma pracoviště pro packet radio

Signál vysílaný uživatelem v pásmu 145 MHz nebo 430 MHz je přijat nejbližším nodem sítě packet rádia a šířen až ke konečnému uživateli. Komunikace uživatele s nodem probíhá podle zvoleného protokolu, který je označován jako AX.25. Uživatel tedy nemusí protokol ovládat. Vlastní komunikaci řídí buď počítač nebo obslužný program v počítači či modemu. Detailnější popis je možné nalézt v[1].

1.2 FSK vs. AFSK

V četných publikacích se tyto dva způsoby modulování signálu různě popisují. Proto by měl být zdůrazněn jejich rozdíl, výhody a nevýhody používání.

FSK (Frequency Shift Keying)

- Při FSK se klíčuje transceiver přes port, samotný transceiver pak obsahuje vlastní AFSK generátor
- FSK má tu výhodu, že se uživatel přesně naladí na stanici jak přijímače, tak i vysílače
- Nemůže dojít ke zkreslení signálu ze zvukové karty díky nekorektnímu nastavení zesílení
- Pokud má transceiver telegrafní filtry můžete je využít (některá zařízení umožňují použít úzké filtry i při SSB provozu tedy i při AFSK)

AFSK (Audio Frequency Shift Keying)

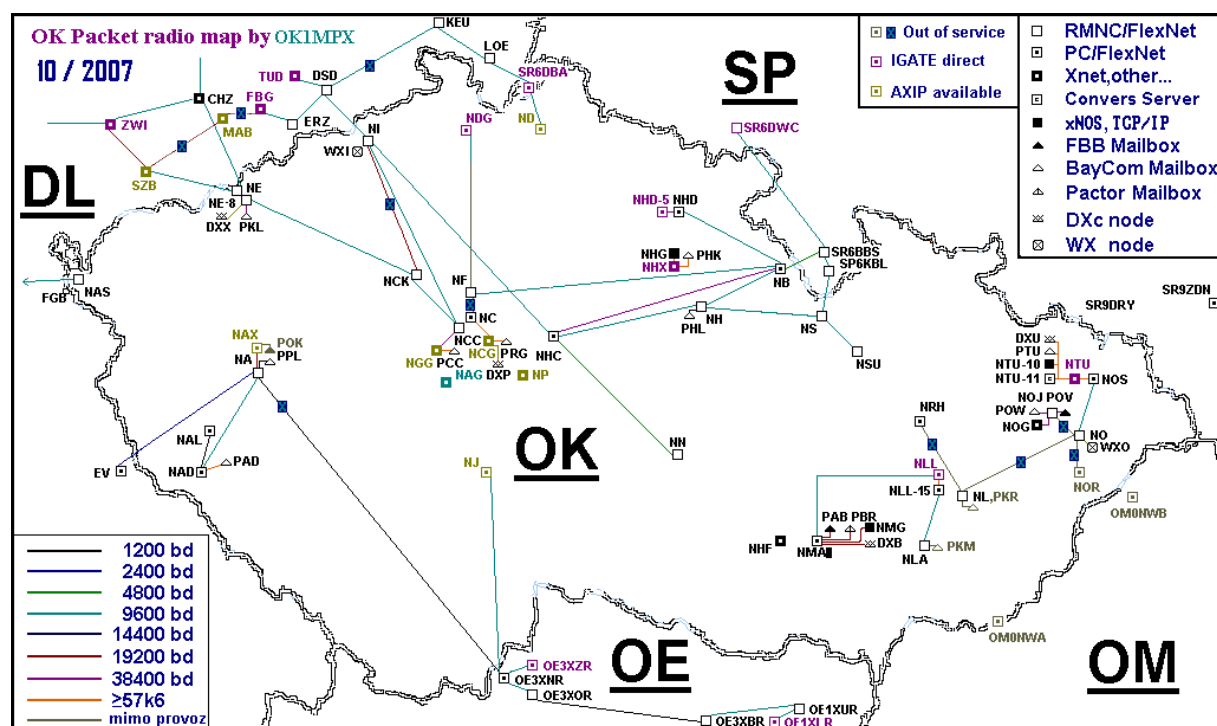
- Při AFSK je transceiver v SSB (LSB) módu a signál je generovaný pomocí zvukové karty nebo jiného zařízení, které je připojeno na mikrofonní vstup transceiveru
- Je možno využít jakýkoliv transceiver, který umožňuje SSB provoz

- Nespornou výhodou AFSK je možnost použít AFC
- Je možné přímo měnit zdvih signálu pomocí programu

1.3 Mapa pokrytí

Pro lepší představu o rozsáhlosti sítě Packet rádia v České republice je přiložen Obr. 1.4. Různými symboly jsou odlišeny jednotlivé stanice Nodů, Mailboxů a BBS. Barevná spojnice mezi konkrétními stanicemi udává modulační rychlost, již stanice mezi sebou komunikují.

Detailní přehled všech stanic Packet rádia pro Českou republiku je možné nalézt v seznamu v příloze C.



Obr. 1.4: Rozmístění bezobslužných stanic (převzato z [12])

Stav stanic sítě Packet radia na Obr. 1.4 je uvedený k 10. Měsíci roku 2007. Aktuálnější informace bohužel nejsou k nalezení, proto se nelze potvrdit, že všechny stanice jsou stále ještě v provozu. K obrázku byl ještě dodán komentář provedených změn [12]:

- Doplněny některé linky v OE
- Linka OK0NJ OE3XNR je již funkční
- Linka OK0NA OE3XNR mimo provoz
- OK0NHD-2 přejmenován na OK0NHD-5
- Doplněn nodem OK0NLL-15 (používá se pro link na OK0NLA)

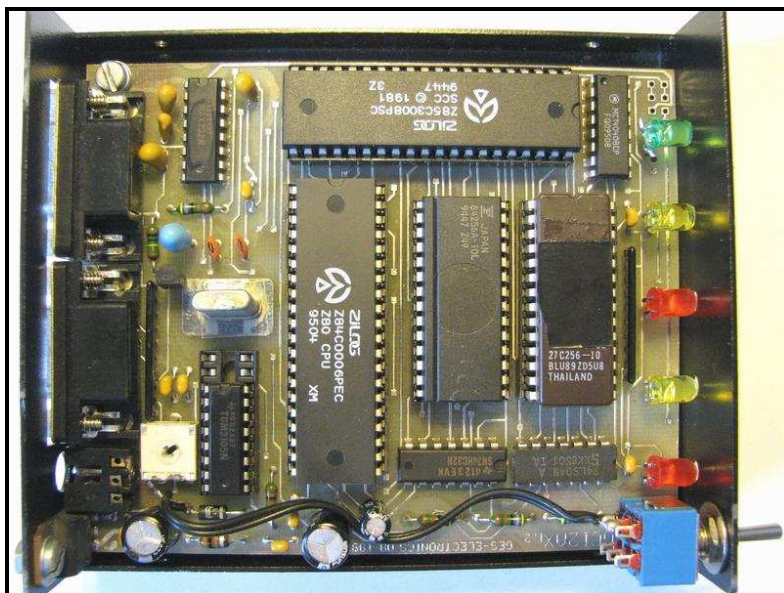
1.4 Používané modemy

1.4.1 GC12AX

Reálný pohled na modem poskytuje Obr. 1.5. Tento modem byl a stále je určitým počtem radioamatérů oblíbený. Jeho koncept vychází z TNC2, ačkoliv z původní myšlenky byl použit pouze mikrokontrolér a paměti. Je navržen zejména pro přístup do sítě Packet radia s rychlostí 1200 bit/s. Používá modulaci dle standardu BELL-202.

Modem dokáže spolupracovat s jakýmkoliv DTE počítačem nebo terminálem přes sériové rozhraní RS-232. Komunikace s DTE probíhá standardní rychlostí 9600 bit/s v asynchronním režimu s možností softwarového i hardwarového řízení toku. Modem rovněž dokáže používat až 10 logických kanálů.

Tento modem lze rozšířit o dodatečnou instalaci karty FSK9600 s modulací podle standardu G3RUH pro realizaci rychlejších přenosů a spojení přes radioamatérské PR satelity. [13]



Obr. 1.5: Fotografie provedení modemu GC12AX (převzato z [13])

Přednosti:

- Kvalitně zpracovaný modem pro Packet radio
- Logiku zpracování dat obstarává řídicí jednotka modemu
- Podpora host-módu a KISS módu

Nedostatky:

- Velké rozměry (100 x 110 x 30 mm)
- Napájení je řešeno externím 12V stejnosměrným zdrojem
- Komunikace s počítačem probíhá po rozhraní RS-232

1.4.2 TNC51

Modem *TNC51* je konstrukčně velmi podobný *GC12AX*. Jedná se o jeho amatérskou verzi, která byla vyráběna hlavně pro použití pod systémem LINUX.

TNC51 obsahuje na desce plošných spojů 5V stabilizátor, mikrokontrolér AT89C51, paměť typu RAM a EEPROM pro uložení konfigurace, záchytný registr adresy 74HCT573 a převodník TLL na RS232 známý spíše jako MAX232. Jak sám autor v popisu zařízení uvádí, vše je zapojeno dle katalogových listů. Specifičtější informace a takřka celý návod k výrobě lze nalézt v [13].

Přednosti:

- Většina použitých součástek je ještě dnes k dostání na trhu.
- Logiku zpracování dat obstarává řídící jednotka modemu.

Nedostatky:

- Velké rozměry celého modemu.
- Napájení je řešeno externím minimálně 9V stejnosměrným zdrojem.
- Komunikace s počítačem probíhá po rozhraní RS-232.

1.4.3 Modem Yam 59+

Modem *Yam 59+* je řešen nekonvenčně díky použití programovatelného hradlového pole. Podrobná technická dokumentace bohužel není k dohledání. Reálný pohled na modem poskytuje Obr. 1.6



Obr. 1.6: Fotografie modem Yam 59+ (převzato z [13])

Přednosti:

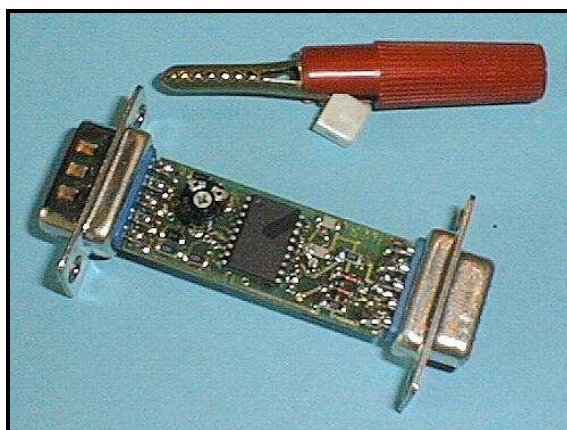
- Malé rozměry celého zařízení
- Logiku zpracování dat obstarává řídící jednotka modemu
- Použito programovatelné hradlové pole
- Napájení je řešeno pomocí sériové sběrnice

Nedostatky:

- Nutnost vlastnit programátor hradlových polí od výrobce.
- Komunikace s počítačem probíhá po rozhraní RS-232.

1.4.4 BayCom modem

Tento modem představuje jednu z mnoha verzí modemů miniaturních rozměrů. Reálnou podobu je možné nalézt na Obr. 1.7. Pracuje ve spojení s vhodným programem jako např. Graphic Packet. Umožňuje přenášení dat pomocí libovolné radiostanice rychlostí 1200 Bd. Logické úrovně jsou kódovány podle normy BELL-202.



Obr. 1.7: Fotografie reálného provedení BayCom modemu (převzato z [13])

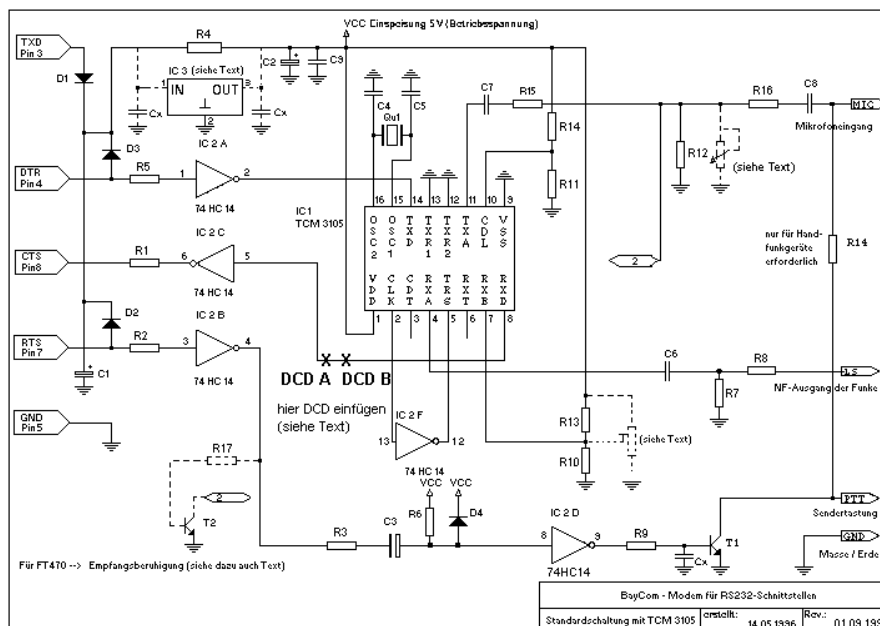
Obvodové schéma je možné nalézt na Obr. 1.8. Modem vychází z doporučeného zapojení dříve známého obvodu TCM3105. Tento obvod vyžaduje pro správnou funkci generátoru krystal 4,433MHz. Modem je napájen přímo ze sériového portu počítače. Napětí je stabilizováno pomocí obvodu IC3. Pomocí IC3 invertorů jsou upravovány vstupní a výstupní signály počítače. Ve spojení s tranzistorem T1 je možné klíčování transceiveru. Pro příjem a vysílání dat z počítače nejsou použity klasické signály RXD a TXD, ale signály DTR a CTS. Díky tomu je zajištěna lepší synchronizace signálu při přenosu dat.

Přednosti:

- Velmi malé rozměry
- Možné napájení ze sériového portu počítače
- Relativně nízké pořizovací náklady.

Nedostatky:

- Modem slouží pouze jako konvertor signálu
- Veškerou logiku obstarává obslužný program v počítači,
- Rozhraní RS-232 (resp. Konektor CANON 9) dnes již u většiny počítačů nenajdeme



Obr. 1.8: Obvodové schéma BayCom modemu (převzato z [13])

1.4.5 Společné vlastnosti

Všechny výše uvedené modemy mají několik společných jmenovatelů:

- Ke komunikaci mezi počítačem a modemem je použito rozhraní RS-232. Bohužel, u dnešních počítačů toto rozhraní nenajdeme. Jendou z možností jak tento nedostatek vyřešit je použít RS-232 na USB. Další možnost je implementace převodníku USB na USART.
- Napájení je často řešeno externím stabilizovaným zdrojem napětí. Většina radioamatérů pro navázání spojení z větší vzdálenosti vyhledává vyvýšená místa v městských zástavbách nebo pohoří v tuzemských či zahraničních destinacích. Proto by bylo vhodné, aby byl modem opatřen vlastním zdrojem energie. To je možné vyřešit přidáním akumulátorů nebo využít možnosti napájet zařízení z počítače pomocí USB sběrnice.
- Při dnešním trendu „minimalizace“ elektrosoučástek jsou popisovaná zařízení celkem rozměrná. Tento fakt je způsoben použitím diskretních součástek. Miniaturizace zařízení je možno dosáhnout použitím součástek SMD a návrh provést na dvou či více-vrstvé plošné spoje.
- Logiku zpracování signálu provádí u většiny výše uvedených zapojení řídicí jednotka, která je součástí modemu. Tento fakt je pozitivní a velmi důležitý, neboť u dřívějších počítačů byl přenesen výpočetní výkon na řídicí jednotku v modemu a tím se zbytečně nezatěžoval počítač.
- Většina součástek použitých v zapojení již dnes není na trhu k dostání. Proto by bylo vhodné vyvinout nová řešení pomocí nových nebo dostupných komponentů.

2 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOLY

2.1 Protokol KISS

Zkratka pochází z anglického slova „Keep It Simple, Stupid“. Standardní software pro TNC byl vytvořen tak, aby byl dobře srozumitelný i pro běžného uživatele. Bohužel ale není dobře přizpůsobený pro hostitelské počítače. To obzvlášť platí pro víceuživatelské servery, které musí sdružovat data z více síťových spojení skrz jednoho hostitele nebo TNC linku.

KISS TNC se snaží tyto problémy co nejvíce odstranit z TNC softwaru. Poskytuje připojenému uživateli kompletní kontrolu nad přístupem k obsahu HDLC rámců přenášených bezdrátovou cestou. HDLC pochází z anglického „High-Level Data Link Control“. Jde o komunikační protokol linkové vrstvy. Nadstavba protokolu HDLC detekuje chyby a řídí tok dat. Původně byl určen pro synchronní přenos dat, později byla norma HDLC rozšířena i pro asynchronní přenos. Hlavní filozofie KISS protokolu tkví v tom, že hostitelský software by měl ovládat veškeré TNC funkce v nejnižší možné síťové vrstvě.

TNC jednoduše převádí mezi synchronním HDLC a speciálním asynchronním, plněduplexním rámcem na hostitelském nebo TNC spojení. Každý rámec přijatý na HDLC lince projde nedotčený k hostiteli, jakmile už jednou byl přeložen do asynchronního formátu. Podobně, asynchronní rámce od hostitele jsou přeneseny po rádiovém kanálu, když už jednou byly převedeny na HDLC formát. [3]

2.1.1 Datový rámec

Struktura KISS rámce je znázorněna v Tab. 2.1. Začátek i konec rámce je ohraničen hlavičkou označovanou jako FEND. Ta je tvořena posloupností bitů (hexadecimálně vyjádřeno v 0xC0). Tato posloupnost se nikde jinde v rámci nesmí vyskytovat!

Tab. 2.1: Rámec protokolu KISS

FEND	Adr/Ctrl	Info	FEND
0xC0	8 bitů	N * 8 bitů	0xC0

Pokud se v rámci po úvodním znaku FEND vyskytuje další znak FEND není to chápáno jako prázdný rámec. Znak FEND v datové části paketu musí být přeložen na dvojice znaků FESC a TFEND, tedy na 0xDB, 0xDC. Při příjmu je tato kombinace přeložena zpět na znak FEND. Znak FESC v datové části paketu je přeložen jako dvojice znaků FESC a TFESC, tedy na 0xDB, 0xDC. Při příjmu je tato kombinace opět přeložena zpět na znak FESC. Tyto speciální znaky se nazývají „Escape znaky“. Jejich významy jsou uvedeny v následující Tab. 2.2.

Tento postup se může zdát komplikovaný, avšak je snadné ho implementovat uvnitř modemu. Díky tomu je zajištěno, že každý neporušený rámec bude správně přijat bez ohledu na počáteční stav přijímače.

V případě, že by se uvnitř rámce objevil znak FESC a po něm by nenásledoval jeden ze dvou možných, ale jakýkoliv jiný, je automaticky celý rámec považován za neplatný.

Tab. 2.2: Speciální znaky KISS rámce

Zkratka	Význam	Hex hodnota
FEND	Frame End	0xC0
FESC	Frame Escape	0xDB
TFEND	Transposed Frame End	0xDC
TFESC	Transposed Frame Escape	0xDD

Adr/Ctrl – adresové a řídicí pole

Obsahuje adresu portu TNC (bity 6:4) a informaci o jaký typ rámce se jedná (bity 3:0). Nejvýznamnější bit určuje, zda přenos bude probíhat bez zabezpečení ochranným kódem, mód KISS, nebo se zabezpečením, mód SMACK.

Info – datové pole

Obsahuje přenášená data nebo parametry příkazu. Délka pole u datového rámce je maximálně 256 bajtů, datové pole řídicích rámců má mimo rámec “Set hardware“ délku jeden bajt.

Tento formát používaný mezi hostem (počítačem) a TNC je velmi jednoduchý. Je určený pouze k tomu, aby byl stanoven začátek a konec rámce. Proto zde není použito CRC (Cyclic Redundancy Check) nebo jakékoli jiné kontrolní sekvence.

2.1.2 Typy rámců

KISS rozeznává několik typů rámců podle CTRL pole. Všechny typy rámců jsou uvedeny v Tab. 2.3. Prodlevy TxDelay a TxTail slouží k překonání přechodových dějů při klíčování vysílače. Parametr Persistence určuje dobu čekání před vlastním procesem vysílání nebo v případě, že je vysílací kanál obsazen jiným účastníkem.

Tab. 2.3: Typy rámců protokolu KISS

Ctrl pole	Název	Obsah datového pole
x0h	Data frame	Data, která se budou vysílat, která byla přijata.
X1h	TxDelay	Doba prodlevy v 10 ms jednotkách po zaklíčování a před přenosem dat.
X2h	Persistence	Parametr přístupu k médiu
x3h	Slot time	Prokládací interval v 10ms jednotkách (10)
x4f	TxTail	Doba prodlevy v násobcích 10ms, přidržení vysílače po odvysílání dat.
X5h	Full duplex	0 je poloviční duplex, 1 je duplex (0)
x6h	Set hardware	Různé, podle druhu hardware (rychlost přenosu...)
FFh	Return	Ukončení KISS

2.2 Protokol AX.25

AX.25 verze 2.2 je protokol linkové vrstvy, který komunikuje nezávisle na existenci jiných vyšších komunikačních vrstev. Protokol je založený na platformě CCITT X. 25 a byl rozšířen a upraven pro vysílání radioamatérského sdružení. Tento protokol pracuje stejně dobře v polovičném nebo plném duplexu amatérského rádia. Detailnější popis celého protokolu lze nalézt v [2].

2.2.1 Struktura rámce

Základní jednotkou přenosu v datové komunikaci je jeden bit. Proto lze hovořit o tzv. bitově orientovaném protokolu. Pro lepší přehlednost jsou bity seskupovány do malých osmi bitových bloků označovaných jako bajt (v Packetovém radiu označované také jako „oktet“). Několik za sebou jdoucích správně organizovaných bajtů tvoří tzv. rámec (angl. Frame) a několik rámců za sebou pak tzv. paket. Sled přenášených bitů je u všech polí stejný. Jako první je přenášen nejméně významný bit.

V AX.25 jsou tři základní druhy rámců:

- Informační rámec – „Information frame“ (I frame)
- Dohlížející rámec – „Supervisory frame“ (S frame)
- Nečíslovaný rámec – „Unnumbered frame“ (U frame)

Tab. 2.1 a Tab. 2.2 ukazují tyto základní druhy rámců dělených na příslušné bajty.

Tab. 2.4: Struktura U a S rámce

Návěští	Adresa	Kontrola (ctrl)	Info	FCS	Návěští
01111110	112/560 Bitů	8/16 Bitů	N*8 Bitů	16 Bitů	01111110

Tab. 2.5: Struktura informačního rámce I

Návěští	Adresa	Kontrola (ctrl)	PID	Info	FCS	Návěští
01111110	112/560 Bitů	8/16 Bitů	8 Bitů	N*8 Bitů	16 Bitů	01111110

Kde:

- *Info* pole existuje jen ve specifických rámcích
- *FCS* je zabezpečovací posloupnost pole
- *PID* je protokol identifikační pole

Nutno podotknout fakt, že každý rámec v protokolu AX.25 je složen z celistvého násobku bajtů.

Při monitoringu provozu na kanále, je možné se setkat v monitorovacím okně programu s dalšími zkratkami, které se mohou zdát nesmyslné. Jelikož je Packet radio provozováno protokolem AX.25, vyplývá z toho, že používá přenosový systém, který se řídí pravidly. Tato pravidla jsou strukturována tak, aby byl datový přenos co nejspolehlivější (bez porušení

dat) na úkor rychlosti přenosu. V Tab. 2.6 je uveden seznam zkratek a jejich význam, které se za vysílanými či přijímanými rámci vyskytují.

Tab. 2.6: Přehled všech druhů rámců (převzato z [11])

Označení	Význam
Ixx	Informační číslované rámce (datový tok) [xx značí číslo rámce].
RRx	Potvrzení příjmu předchozího rámce a vyžádání zaslání rámce x.
RNRx	Rámec x již nebylo možné přijmout z důvodu zaplnění paměťového násobníku (přenos pozastaven).
REJx	Při přenosu nebyl obdržen některý rámec, žádost o zaslání předešlého rámce x.
SABM	Žádost o navázání spojení.
DISC	Žádost o přerušení spojení.
DM	Informování o přerušení či obsazení protistanice.
UA	Potvrzení přijetí SAMB nebo DISC rámce.
UI	Informační rámec (maják), Destination či NetROM komunikace (komunikace mezi nódý) [tvorba mapy cest].
FRMR	Tento rámec je v Packet Radio označován jako virus, jelikož je to totální selhání spojení [Čas od času se může stát, že při přenášení rámce se rámec nedokončí, jelikož přibližně v polovině cílovou stanicí přemaže silnější stanice, která vysílá jiný rámec a shodou okolností se kombinace obou rámců ze dvou stanic shoduje s velikostí přenášených dat první stanice a nastane kolaps, který má za následek přerušení spojení všech stanic, kterých se to týká.] Po přijetí tohoto rámce nastane restart všech připojených kanálů stanic, které mají s tímto rámcem něco dočinění a naváže se opět spojení znovu, ale již bez přenosu dat.

Návěští

Toto pole má velikost jednoho bajtu. Návěští stanovuje hranice paketů, proto je umístěno na začátku i na konci každého paketu. Dva různé pakety mohou sdílet jedno návěští tak, že označuje konec prvního a začátek druhého. Návěští se stává z nuly následované šestí jedničkami následováno další nulou (01111110 bitově nebo 7E vyjádřeno šestnáctkově). Následkem tzv. „bit stuffing (2.2.2)“ nebude tato sekvence povolena k tomu, aby nastala kdekoli jinde uvnitř kompletního paketu. Pro lepší synchronizaci přijímače se v praxi vysílá několik hlaviček za sebou

Adresní pole

Adresní pole identifikuje odesílatele a příjemce každého paketu. Adresa se skládá ze šesti ASCII znaků posunutých o 1 bit doleva. Obsahuje rovněž příkazové a odpovídací informace a další pokyny pro provoz digipeatrů vrstvy 2. Počet adresních bitů je vždy dělitelný sedmi. Nejkratší pole se skládá ze 14 bajtů a to z odesílatelovy a příjemcovy volací značky. Nejdelší pole ze 70 bajtů, navíc maximálně 8 volacích značek digipeatrů.

Kontrolní pole (ctrl)

Kontrolní pole identifikuje typ rámce a kontroluje několik atributů z vrstvy 2.

PID pole

Tzv. identifikátor protokolu (z angl. Protocol Identifier). Vyskytuje se pouze v I a UI rámcích. Rozlišuje spojení uživatel-nod a nod- nod. Existuje několik formátů PID, které jsou vzájemně dohodnuty mezi radioamatérskými operátory. V následující tabulce je znázorněn jejich význam.

Tab. 2.7: Význam některých PID formátů (převzato z [2])

HEXA	Binárně	Význam
**	**01****	AX.25 Layer 3 Implemented
**	**10****	AX.25 Layer 3 Implemented
0x01	00000001	ISO 8208/CCITT X.25 PLP
0x06	00000110	Compressed TCP/IP Packet Van Jacobson (RFC 1144)
0x07	00000111	Uncompressed TCP/IP Packet Van Jacobson (RFC 1144)
0x08	00001000	Segmentation Fragment
0xC3	11000011	TEXNET Datagram Protocol
0xC4	11000100	Link Quality Protocol
0xCA	11001010	Appletalk
0xCB	11001011	Appletalk ARP
0xCC	11001100	ARPA Internet Protocol
0xCD	11001101	ARPA Address Resolution Protocol
0xCE	11001110	FlexNet
0xCF	11001111	NET/ROM
0xF0	11110000	No Layer 3 Protocol
0xFF	11111111	Escape layer – Next octet contains more Layer 3 protocol Information

Všechny formáty „**01****“ a „**10****“ jiné než ty uvedené výše jsou rezervovány pro následující třetí úroveň protokolu. Úkol těchto formátů je mezi amatéry dohodnut.

Informační pole

Obsahuje vlastní data, tedy text, který je určen z jednoho konce spojení k dalšímu. Pole může mít velikost až 256 bajtů. Toto omezení platí, dokud nejsou zavedeny nulové bity při proceduře *bit stuffing*.

Informační pole je povoleno pouze ve třech druzích rámců a to v:

- informačním
- UI
- FRMR

FCS – Frame-Check Sequence

Kontrolní sekvence (FCS) je šestnácti bitové číslo. Počítá se ze všech bitů rámce mimo hlavičky jak na straně odesílatele, tak i na straně příjemce. Hlavním důvodem použití této kontroly je zjištění, zda rámec nebyl poškozen. Tato kontrola by měla být vypočítána podle doporučení ISO 3309 (HDLC). Generační polynom (CRC-16-CCITT) má tvar:

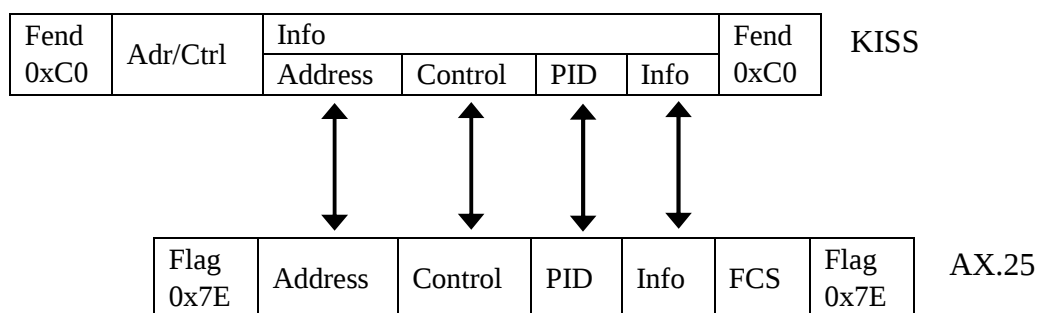
$$p(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \quad (1)$$

2.2.2 Bit stuffing

Bit Stuffing slouží k tomu, aby zaručil, že příznakový bit (flag) výše zmíněné sekvence se náhodně neobjeví kdekoli jinde v rámci. Proto se musí na odesílací straně po každých pěti jedničkových bitech vyslat jeden bit nulový. A na přijímací straně se opět musí tyto bity z přenesených dat odstranit.

2.3 Vzťah medzi rámci AX.25 a KISS

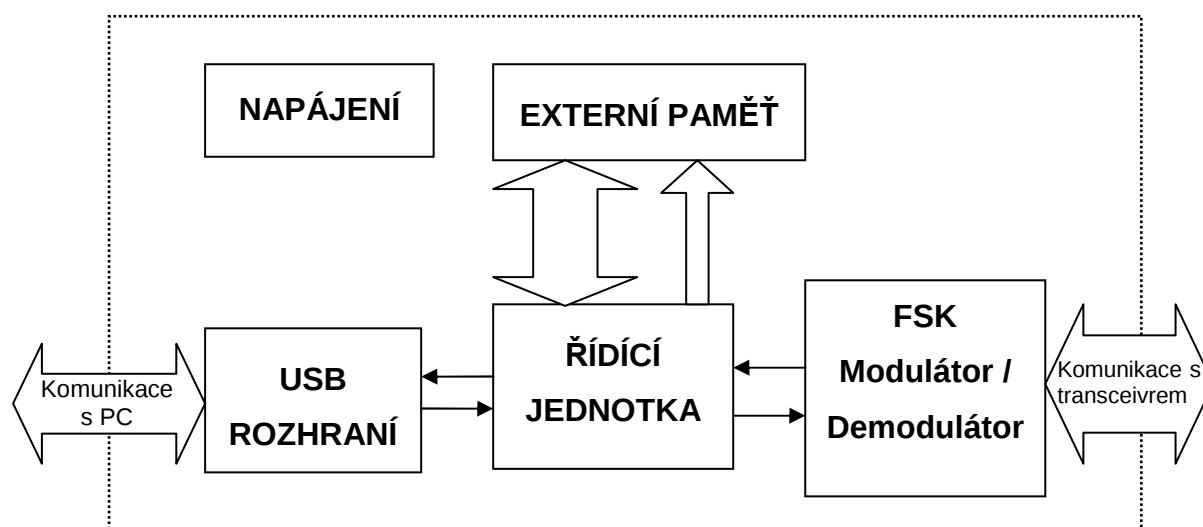
Vztah mezi rámcí těchto dvou protokolů ukazuje Obr. 2.1. Datová pole rámců KISS protokolu obsahují kompletní rámec protokolu AX.25. Úkolem TNC při vysílání je k těmto polím připojit hlavičky rámce a cyklické zabezpečení FCS, následně provést bit stuffing a převést data do NRZI kódu. Takto připravený rámec je odvyslán. Při příjmu je samozřejmě postup inverzní.



Obr. 2.1: Vzťah medzi rámci AX.25 a KISS.

3 HARDWAROVÁ KONCEPCE

V následující kapitole je blíže popsána hardwarová koncepce navrhovaného FSK modemu. Na Obr. 3.1 je uvedeno blokové schéma modemu. Hlavní logiku a veškeré ovládání obstarává řídicí jednotka. K této jednotce je připojena externí paměť s dostatečnou datovou kapacitou. FSK modulátor/demodulátor zajišťuje konverzi signálu mezi řídicí jednotkou a transceivrem. Mezi počítačem a řídicí jednotkou zajišťuje komunikaci USB rozhraní. Blok označený jako „NAPÁJENÍ“ dodává potřebné napětí pro všechny výše zmíněné bloky.



Obr. 3.1: Blokové schéma FSK modemu

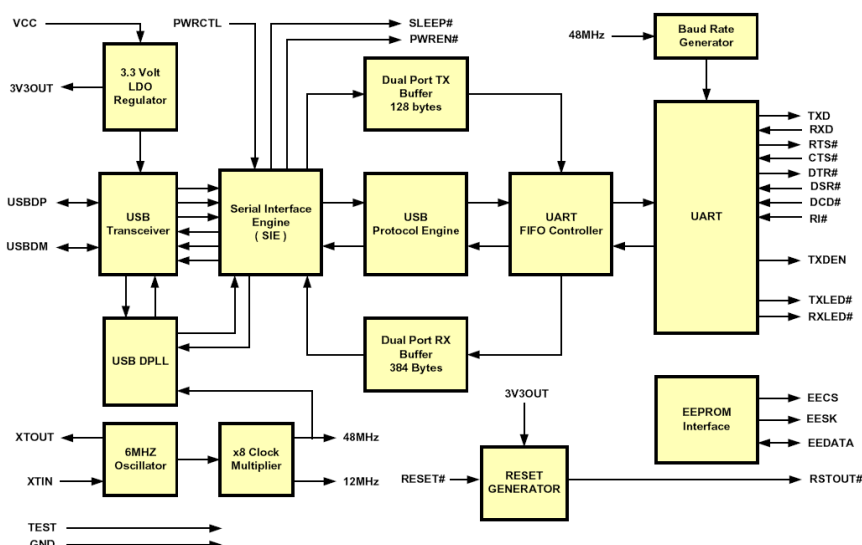
Kompletní obvodové schéma navrženého modemu je možno nalézt v příloze A.1

3.1 USB Rozhraní

Velké množství přístrojů používaných v elektrotechnice jako jsou modemy, vývojové desky či měřicí přístroje, doposud rozsáhle používají komunikační standard RS-232. Podíváme-li se však na dnešní prodávané počítače, rozhraní RS-232 označované také jako COM, u převážné většiny již nenajdeme. Přejít na univerzální sériovou sběrnici (zkráceně označovaná jako USB) ulehčuje obecně uživateli práci a odpadá tím problém hledat počítač s daným rozhraním.

Jelikož řídicí jednotka komunikuje přes rozhraní UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter), je třeba zvolit vhodný převod mezi těmito rozhraními. Pro tento účel by mohl být vybrán obvod FT232BM [4], který vyrábí firma FTDI Chip. Zmíněný obvod je na trhu běžně k dostání v několika mutacích. Obvod pracuje jako konvertor USB – UART a USB – FIFO. Propojuje tak možnosti sběrnice USB spolu s jednoduchým připojením vnějšího zařízení. Komunikace sériovým asynchronním kanálem nebo po paralelní sběrnici je snazší než po sběrnici USB. Uvedený obvod je tedy možné použít jako převodník USB ↔ RS232, rozhraní pro mikrokontroléry a přenos dat do programovatelných obvodů připojených přes USB. FT232BM disponuje řadou hardwarových vlastností. Na Obr. 3.2 je ukázáno vnitřní

zapojení jednotlivých částí tohoto převodníku.

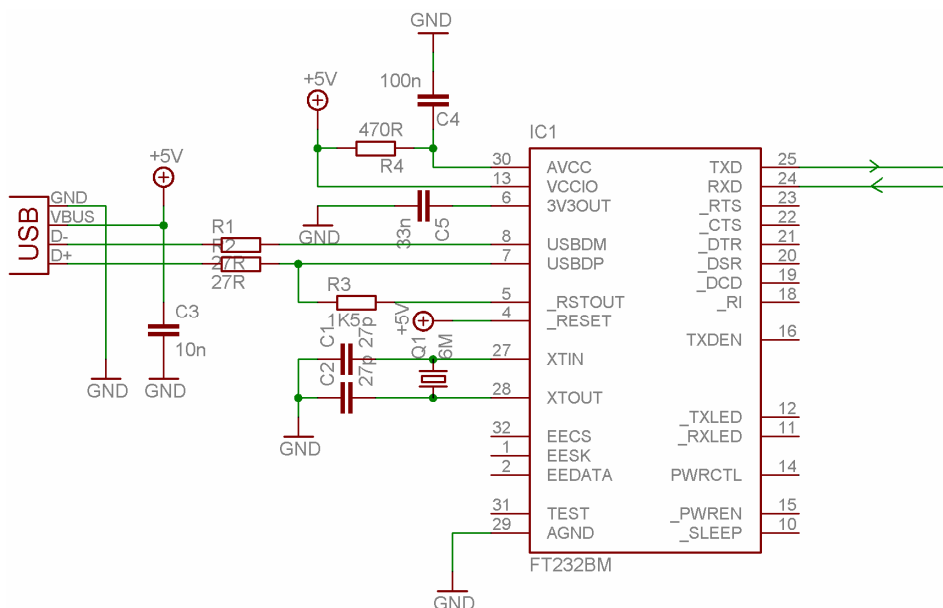


Obr. 3.2: Blokové schéma obvodu FT232 (převzaté z [4])

Vybrané vlastnosti obvodu FT232BM:

- jednočipový převodník USB ↔ UART
- podpora 7/8bitového přenosu. ½ stop-bitu a parity
- nastavení přenosové rychlosti 300 Bd až 3 MBd
- vysílací buffer 128 B, přijímací buffer 384 B
- nastavitelný time-out přijímač
- podpora pro napájení USB zařízení s vysokým odběrem pomocí signalu PWREN
- integrovaný konvertor úrovní UART a řídicích signálů pro 5V a 3,3 V logiku
- integrovaný regulátor 3,3 V pro USB obvody
- integrovaná násobička kmitočtu ze 6 MHz na 48 MHz pomocí fázového závěsu PLL
- režim přenosů Bulk a izochronní USB
- EEPROM programovatelná přímo v aplikaci přes USB

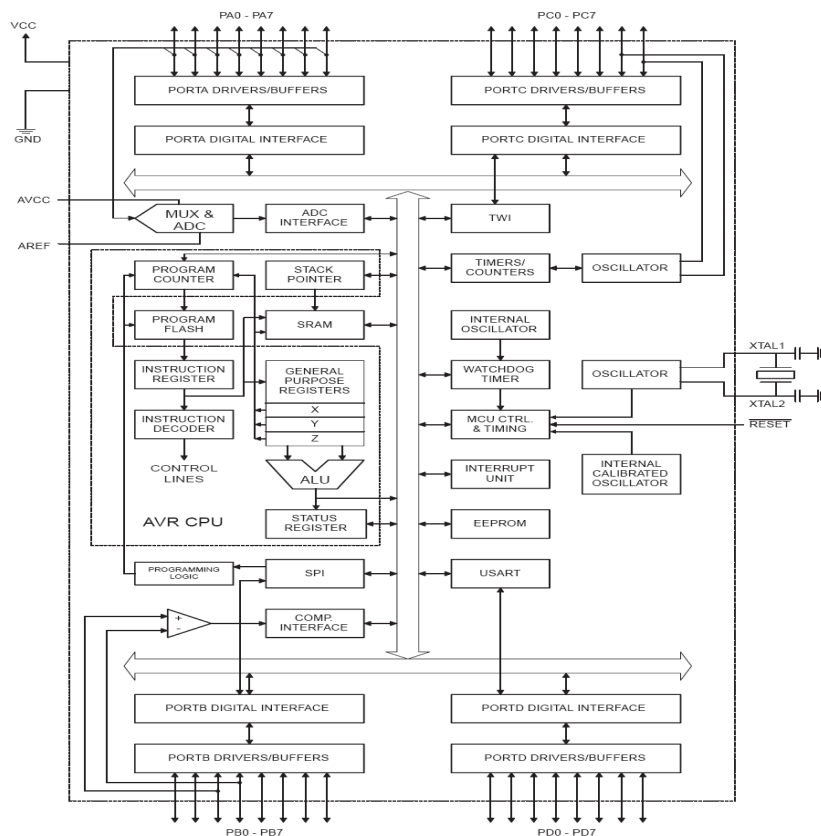
Na Obr. 3.3 je zobrazeno zapojení miniUSB konektoru k odvodu FT232BM. Vývody 24 (RSX) a 25 (TXD) jsou připojeny přímo k řídicí jednotce. K vývodům 27 (XTIN) a 28 (XTOUT) je paralelně připojen 6MHz krystal, který je na obou koncích uzemněn přes 27pF keramické kondenzátory.



Obr. 3.3: Připojení FT232BM k mikrokontroléru a miniUSB konektoru

3.2 Řídící jednotka

Různá zařízení v dnešní době, sestavená za jedním účelem potřebují interní řídicí jednotku, která bude vykonávat příslušné logické operace. Spolu s použitím malého počtu součástek se tak dá dosáhnout spolehlivého chodu zařízení, jehož chování se dá změnit pouhou softwarovou úpravou. Nejinak je tomu i v tomto případě.



Obr. 3.4: Blokové schéma obvodu Atmega32 (převzato z [5])

Na současném trhu existuje spousta výrobců mikrokontrolérů. Hardwarová vybavenost jednotlivých obvodů je přímo úměrná jejich ceně. U nejznámějších prodejců součástek [8] a [9] však všechny obvody skladem nenajdeme. Proto je dobré vybírat z obvodů, jež jsou stále k dispozici. V Tab. 3.1 jsou uvedeny vybrané typy od nejznámějšího výrobce mikrokontrolérů. Výhodou těchto procesorů od firmy ATMEL je velmi dobře napsaná dokumentace, velké množství dostupné literatury o jejich implementaci a v neposlední řadě jejich snadné programování.

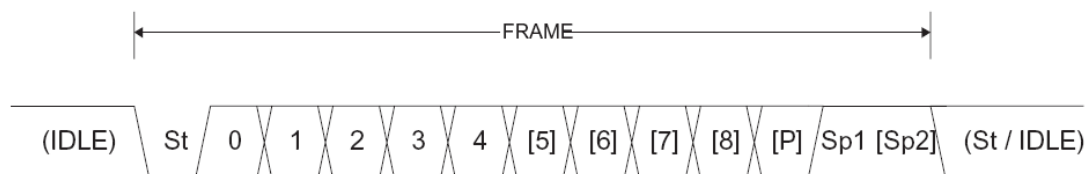
Tab. 3.1: Srovnání vybraných mikrokontrolérů

Procesor	ATmega16[14]	ATmega32[5]	ATmega128[15]
Max. externí oscilátor	16MHz	16MHz	16MHz
Interní oscilátor	8MHz	8MHz	8MHz
Počet I/O pinů	32	32	53
Velikost interní Flash Paměti	16kB	32kB	128kB
Velikost interní EEPROM paměti	512B	1KB	4kB
Velikost interní SRAM	1kB	2kB	4kB
AD převodník (počet/bitů)	8/10-bit	8/10-bit	8/10-bit
Čítač/časovač (počet/bitů)	2/8-bit + 1/16-bit	2/8-bit + 1/16-bit	2/8-bit + 2/16-bit
Interní / externí přerušení	ANO / ANO	ANO / ANO	ANO / ANO
Analogový komparátor	ANO	ANO	ANO
SPI	ANO	ANO	ANO
USART	ANO	ANO	ANO
USB výstup	NE	NE	NE
Maloobchodní cena	110,-	155,-	170,-

Jako řídicí jednotka modemu byl vybrán mikrokontrolér Atmega32. Procesor může být napájen napětím 2,7-5,5V. Disponuje 32kB FLASH, 1024B EEPROM a 2kB SRAM pamětí. Mimo jiné také obsahuje dva 8-bitové a jeden 16-bitový čítač/časovače, programovatelné USART rozhraní a možnost interního či externího přerušení programového běhu.

Procesor podporuje funkcí ISP (In Věc Programmable). Tím je umožněno provádět změny programu (tzv. flashování) bez nutnosti vyjmutí procesoru z přístroje, což vede ke zjednodušení celého programového vývoje. Na Obr. 3.6 je vidět připojení jednotlivých řídicích signálů k pinům procesoru. Adresní a datová sběrnice jsou určeny pro externí paměť. K procesoru na vývodech 6 (XTAL1) a 7(XTAL2) je také připojen externí 16MHz krystal.

Vývody 9 (RXD) a 10 (TXD) jsou přímo připojeny k převodníku FT232BM. Komunikace mezi těmito obvody probíhá ve standardu USART. Na Obr. 3.5 je znázorněn datový rámec této komunikace.

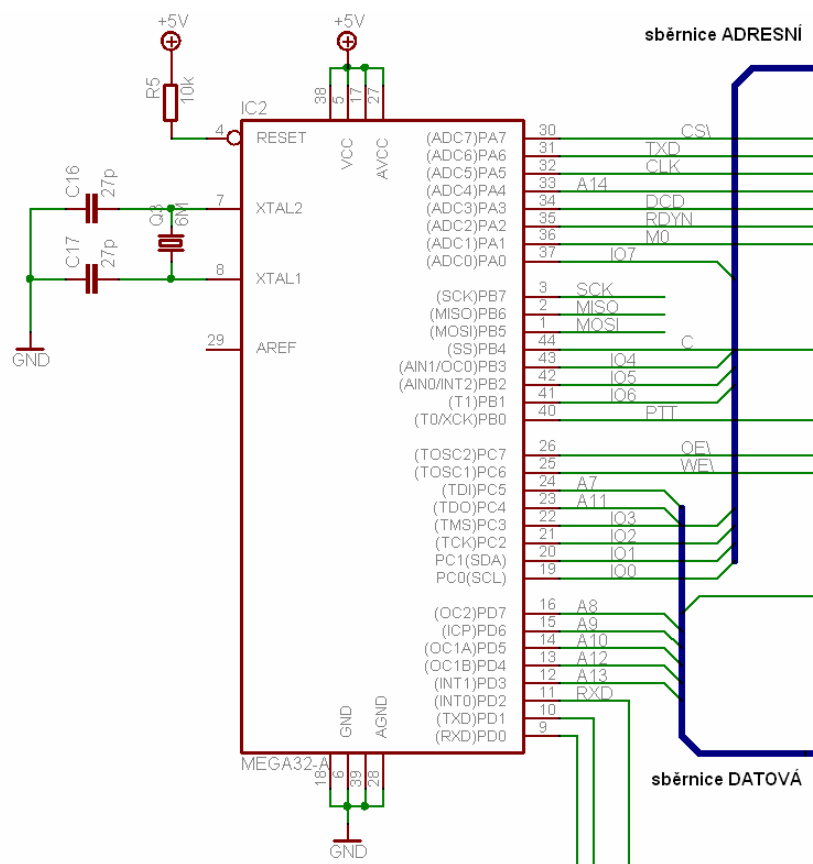


Obr. 3.5: Datový rámec u obvodu Atmega32 (převzato z [16])

Komunikace s počítačem je nastavena dle následujících parametrů:

- Přenosová rychlost: 38400 bps
- Počet datových bytů: 8
- Parita: bez parity
- Stop bit 1

Detailní popis všech funkcí, nastavení registrů a mnohé další je možné nalézt v dokumentaci výrobce [5].

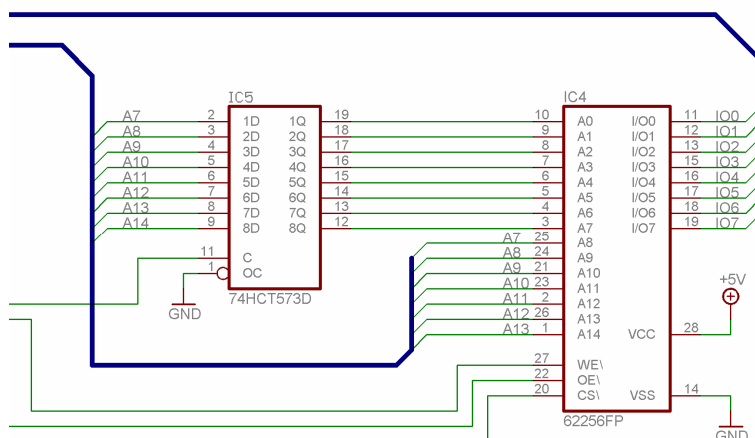


Obr. 3.6: Připojení řídicí jednotky k ostatním perifériím

3.3 Externí paměť

Obvod 62256FP (A625308A) je nízko-odběrový CMOS obvod. SRAM (Static Random Access Memory) dokáže uchovat až 32,768 x 8 bitových slov při operačním napětí od 4.5V do 5.5V. Vstupy a třístavové výstupy jsou kompatibilní s TTL logikou

Řídicí jednotka disponuje 32 programovatelnými vstupy / výstupy. Ačkoliv by se zdálo, že tento počet je dostačující, není tomu tak. Externí paměť 62256FP má dohromady 26 datových pinů, což zabralo více jak 70% vstupně / výstupních pinů u řídicí jednotky. Z tohoto důvodu byl použit logický obvod 74HCT573D. Na Obr. 3.7 je ukázáno vzájemné propojení těchto obvodů.

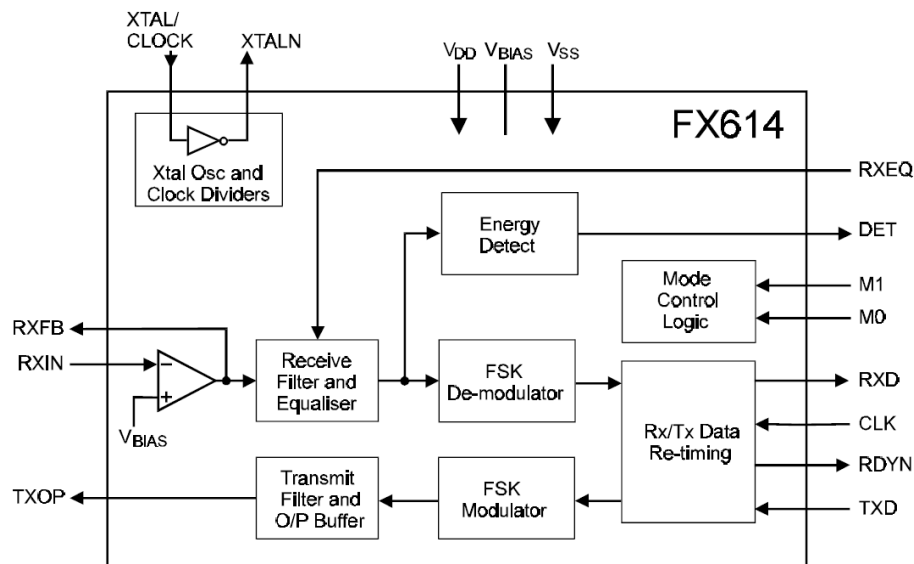


Obr. 3.7: Připojení externí paměti SRAM a logického obvodu HCT573

Díky tomuto zapojení ušetříme celých 7 vstupně / výstupních pinů u řídicí jednotky. Za „pár korun“ lze rozšířit tyto piny a nemusí být poohlíženo po řídicí jednotce z vyšší třídy. Zápis a čtení do této paměti probíhá tak, že je nejprve načteno spodních 8 bitů z adresy (A0 až A7) a následně je načteno zbylých 7 adres (A8 až A18).

3.4 FSK modem

Modem je zařízení, které upravuje signál z digitální formy do podoby analogové a naopak. V dnešní době je možné nalézt na internetu velké množství datasheetu s nejrůznějšími modely FSK modemu. Z tohoto množství byl vybrán jeden (bohužel poslední typ FSK modulátoru na trhu) a to FX614 od firmy Consumer Microcircuits Limited, jenž je podobný s TCM3105. Na Obr. 3.8 je znázorněno jeho blokové schéma.



Obr. 3.8: Blokové schéma modemu FX614 (převzato z [6])

FX614 je nízko-odběrový integrovaný obvod pro příjem nebo vysílání dat v asynchronním režimu rychlostí 1200 bitů/s s použitím normy BELL-202. Umožňuje také generovat 5 bitů/s nebo 150 bitů/s tzv. „back channel“. Zařízení také díky vývodům RXD

a TXD odstraňuje potřebu UART. Volitelný linkový omezovač, který je možno řídit vnější logickou úrovní je zahrnut do cesty příjmu. V Tab. 3.2 je rozepsán význam jednotlivých pinů.

Tab. 3.2: Popis jednotlivých pinů obvodu FX614

Pin	Značení	Typ	Popis
1	XTALN	Výstup	Výstup pro připojení krystalu
2	XTAL/CLOCK	Vstup	Vstup pro připojení krystalu
3	M0	Vstup	Pro nastavení vysílací / přijímací rychlosti
4	M1	Vstup	Pro nastavení vysílací / přijímací rychlosti
5	RXIN	Vstup	Vstup pro FSK demodulátor
6	RXFB	Výstup	Výstup RXIN, a vstup pro RX filtr.
7	TXOP	Výstup	Výstup z FSK generátoru.
8	Vss	Napájení	Napěťová zem (též GND)
9	VBIAS	Výstup	Vnitřní generované předpětí, držené ve VDD/2, kdy zařízení není v Zero – Power módu.
10	RXEQ	Vstup	Aktivace / deaktivace vstupního filtru
11	TXD	Vstup	Vstup pro datový signál UART
12	CLK	Vstup	Vstup pro hodinový signál
13	RXD	Výstup	Výstup datového signálu UART
14	DET	Výstup	Signalizace energetické úrovně na vstupu
15	RDYN	Výstup	Signalizace „Ready for data transfer“
16	VDD	Napájení	Napájení +5V

Tento obvod může být použitý v širokém okruhu telefonních telemetrických systémů. S nízkým operačním napětím (od 3V) a nízkým operačním proudem (1mA) je zařízení ideální pro přenosné aplikace napájené přímo z USB sběrnice. Taktovací kmitočet 3,58 MHz požaduje pro správný chod napájecí napětí v rozmezí 3V až 5V. Na Obr. 3.8 je ukázáno vnitřní blokové zapojení tohoto modemu.

Vývod označený jako DET je možné použít k detekci audio signálu na vstupu. Tento vývod pouze detekuje energetickou úroveň. Nejedná se tedy o klasický vývod DCD (Data Carrier Detect).

Obr. 3.9 poskytuje náhled na řešení vstupu a výstupu směrem k transciervu. Stereofonní zásuvka typu JACK označená jako XIN slouží k příjmu FSK signálu. Signál postupuje přes C14 a R7 na vstup č. 5 (RXIN) obvodu FX614. Kondenzátor C14 zajistí odstranění stejnosměrné složky ze signálu. Rezistor R7 pak následně upravuje velikost tohoto signálu. Dvojice součástek R6 a C13 slouží jako zpětná vazba. V případě, že by signál z transciervu byl příliš silný, je možné zapojit paralelně k vstupu pomocí propojovací plošky SJ1 dvojici diod. Ty slouží jako jednoduchý omezovač signálu.

Výstupní FSK signál z vývodu č. 7 (TXOP) postupuje přes kondenzátor C5, kde je odstraněna stejnosměrná složka vysílacího signálu. Pomocí trimru R12 je finálně upravena amplituda signálu pro transcierv. Výhoda takto zapojeného trimru je ta, že výstupní signál nikdy nebude zkratován oproti signálové zemi. Pro výstup byl použit stejný konektor jako pro vstup.

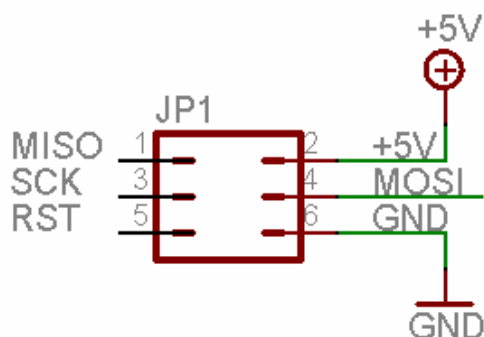
s rozměry 52 x 70 mm. Návrh, včetně osazovacího schématu, je zobrazen v přílohách A.2 až A.5.

Deska byla vyrobena na pracovišti Ústavu radioelektroniky. Drobným nedostatkem je pouze to, že deska nemohla být vyrobena s již hotovými prokvy.

3.7 Programátor

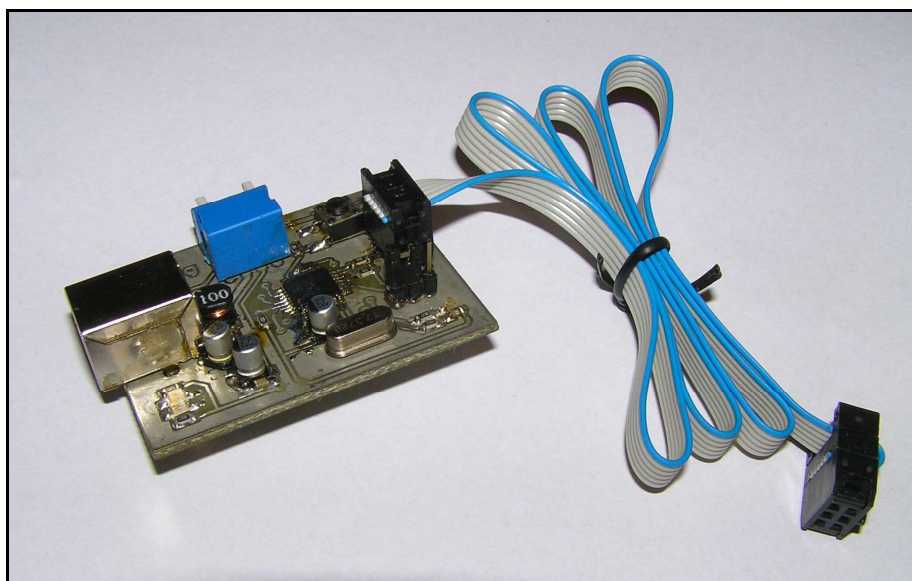
Mikrokontrolér byl programován pomocí univerzálního programátoru BiProg, který byl pro tyto účely zrealizován. Tento programátor lze využít k ISP programování většiny mikroprocesorů AVR firmy Atmel včetně řady 51. Nejnovější verzi tohoto programátoru lze nalézt na [17] včetně firmwaru a podkladů k výrobě.

Programování procesoru se provádí přes 6-pinový konektor na desce plošných spojů. Jednotlivé rozmístění signálů na tomto konektoru je ukázáno na Obr. 3.10.



Obr. 3.10: Zapojení ISP konektoru

Programátor se připojuje k PC pomocí rozhraní USB, kterým je vybavena většina dnešních počítačů. Přes USB rozhraní může být sám napájen, nebo může napájet cílovou aplikaci. Existuje i ta možnost, že by programátor byl z cílové aplikace napájen. Fyzické provedení programátoru je vyobrazeno na Obr. 3.11.



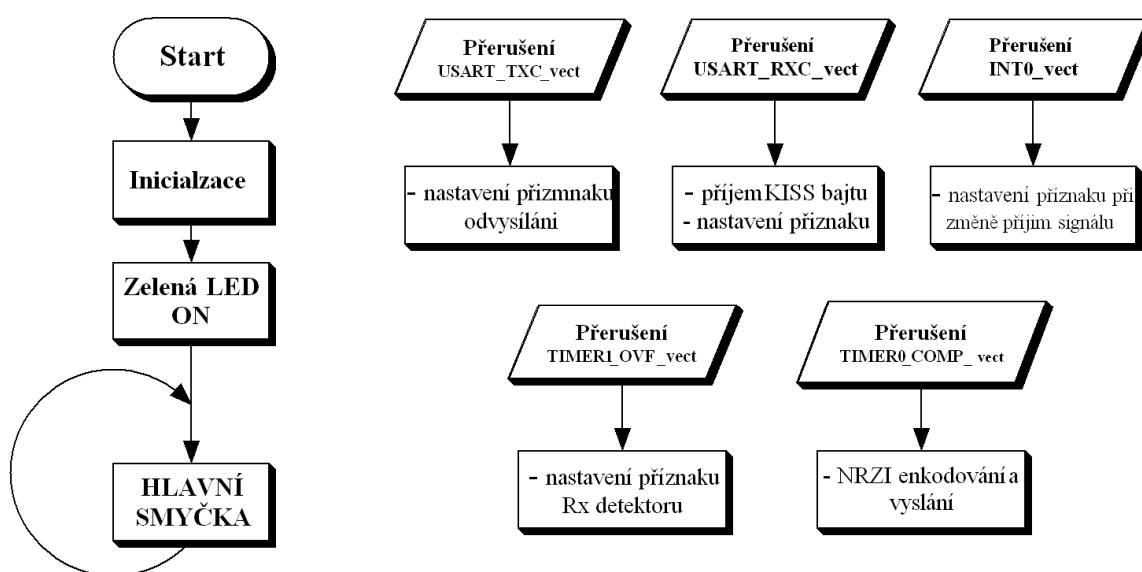
Obr. 3.11: ISP programátor pro mikrokontroléry Atmel

4 SOFTWAREVÉ KONCEPCE

Obslužný program pro mikrokontrolér AVR byl tvořen v jazyce C ve vývojovém prostředí AVR Studio. Pro překlad byl využit balík WinAVR, tedy kompilátor AVR-GCC s knihovnou AVR Libc.

Na celý program se dá pohlížet jako na několik celků. V základní rovině je program složen ze dvou externích přerušení, třech interních přerušení a hlavní nekonečné smyčky. Na Obr. 4.1 je uveden vývojový diagram celého obslužného programu.

Blok *inicializace* provádí nastavení všech periférií jako například inicializace USART, LED diod, externí paměti SRAM, přerušení a další.



Obr. 4.1: Vývojový diagram programu

4.1 Přerušení

Přerušení USART_TXC_vect

Jedná se o interní přerušení, ve kterém je čekáno, dokud nejsou odvysílána data a následně je nastaven příznak pro povolení odvysílání dalšího bajtu do počítače.

Přerušení USART_RXC_vect

Jedná se o externí přerušení, ve kterém jsou příchozí data resp. jeden bajt z počítače uložena do proměnné, a je nastaven příznak udávající přijatý bajt.

Přerušení INT0_vect

Jde o interní přerušení vyvolané jakoukoliv změnou náběžné hrany přijímaného signálu ze strany od transceivru. V tomto přerušení je také nastaven příznak udávající změnu signálu.

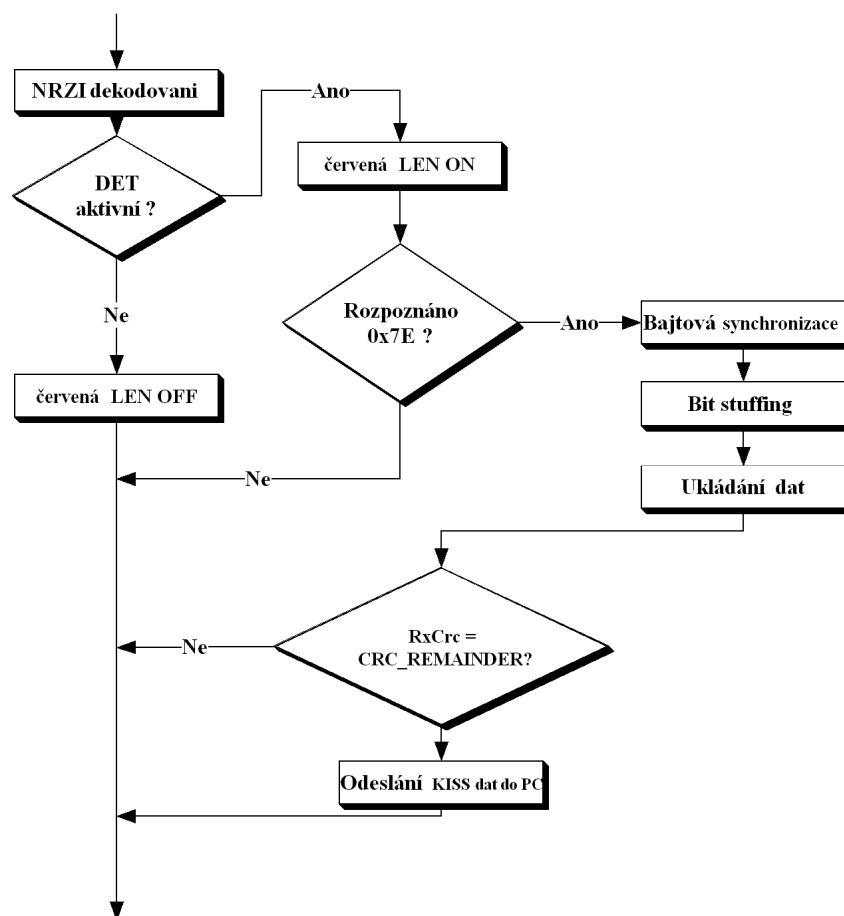
Přerušení TIMER1_OVF_vect

Toto přerušení nastane při přetečení čítače/časovače1. Zde se však nastaví příznak, který udává, že nedošlo ke změně přijímaného signálu ze strany od transceivru.

Přerušení TIMER0_CONP_vect

V tomto interním přerušení je bitově řešeno NRZI enkodování dat a následné nastavení výstupního signálu pro FX614.

4.2 Příjem dat



Obr. 4.2: Vývojový diagram příjmu dat

Na Obr. 4.2 je ukázána logika při příjmu dat. Dekódování dat probíhá neustále díky dvojici přerušení „TIMER1_OVF_vect“ a „INT0_vect“. Vypršení časovače udává příjem logické jedničky, externí přerušení naopak udává příjem logické nuly. Pokud je přijata logická nula, je čítač/časovač1 nastaven na hodnotu 1,5-násobku přijímané periody. Pokud do této doby nedojde k dalšímu externímu přerušení a čítač/časovač1 vyprší, lze jednoznačně tvrdit, že byla přijata logická jednička a časovač se nyní nastaví pouze na 1-násobek periody. Výpočet hodnoty ukládané do registru TCNT1 je provedeno dle vzorce (2):

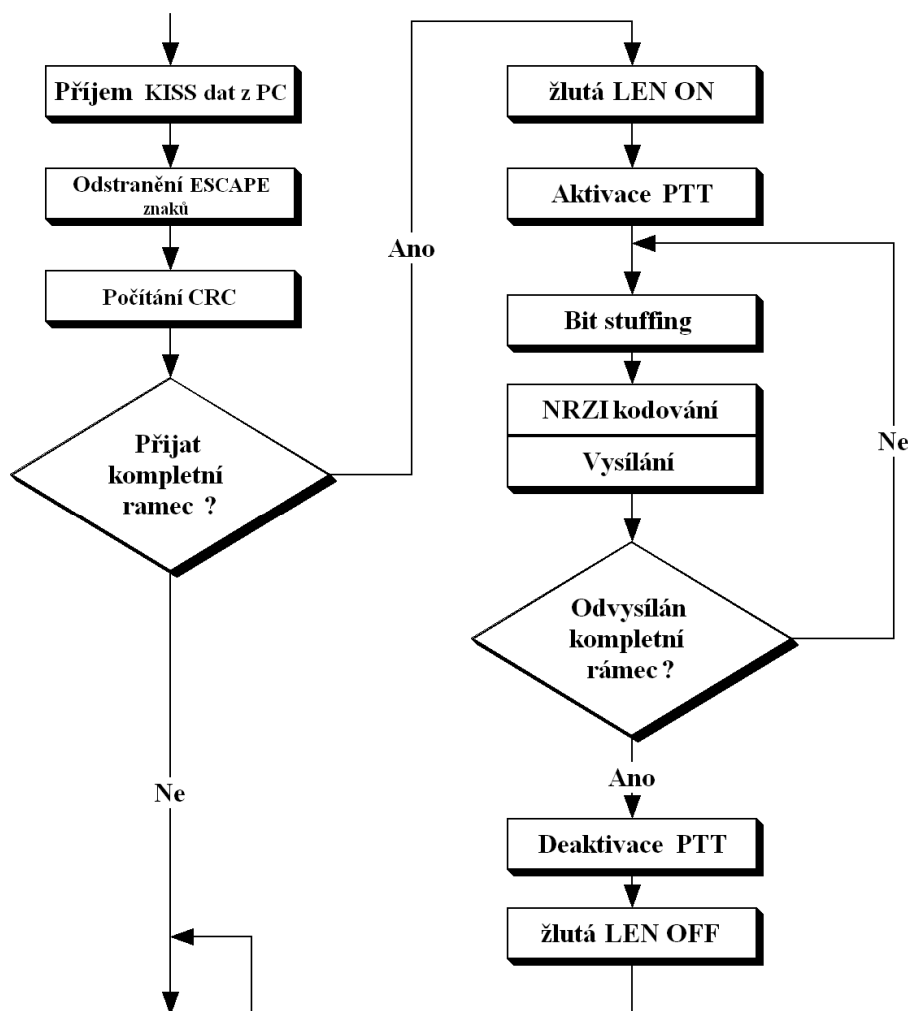
$$TCNT1 = 65536 - \frac{f_{osc}}{f_{rep}} = 65536 - \frac{16000000}{1200} = 52203 \quad (2)$$

Signál označený jako DET (u obvodu FX614 stejně označený vývod) detekuje na vstupu modemu přítomnost užitečného signálu. Jestliže by tento stav nebyl kontrolován, přijímala by se náhodná data, která se generují vlivem prázdného vstupu. To by pak vedlo k nežádoucímu náhodnému výskytu flagů.

Po rozpoznání hlavičky rámce je provedena bitová synchronizace a následně je prováděn bit stuffing. Ukládání dat probíhá po bajtech do externí paměti SRAM. Data mají již změněnou hlavičku ve formátu KISS a také jsou vkládány Escape znaky. Při ukládání se také počítá kontrolní součet celé sekvence pomocí funkce `_crc_ccitt_update`. Tato funkce je součástí knihoven programu AVR Studio.

V moment, kdy je kontrolní součet¹ přijímané sekvence shodný s konstantou označenou jako REMAINDER (hexadecimální hodnota 0xF0B8) je přijat kompletní bezchybný rámec. Data jsou následně načtena z externí paměti a přes UART odeslána do počítače. Data jsou ve formátu KISS, tedy bez hodnoty FCS.

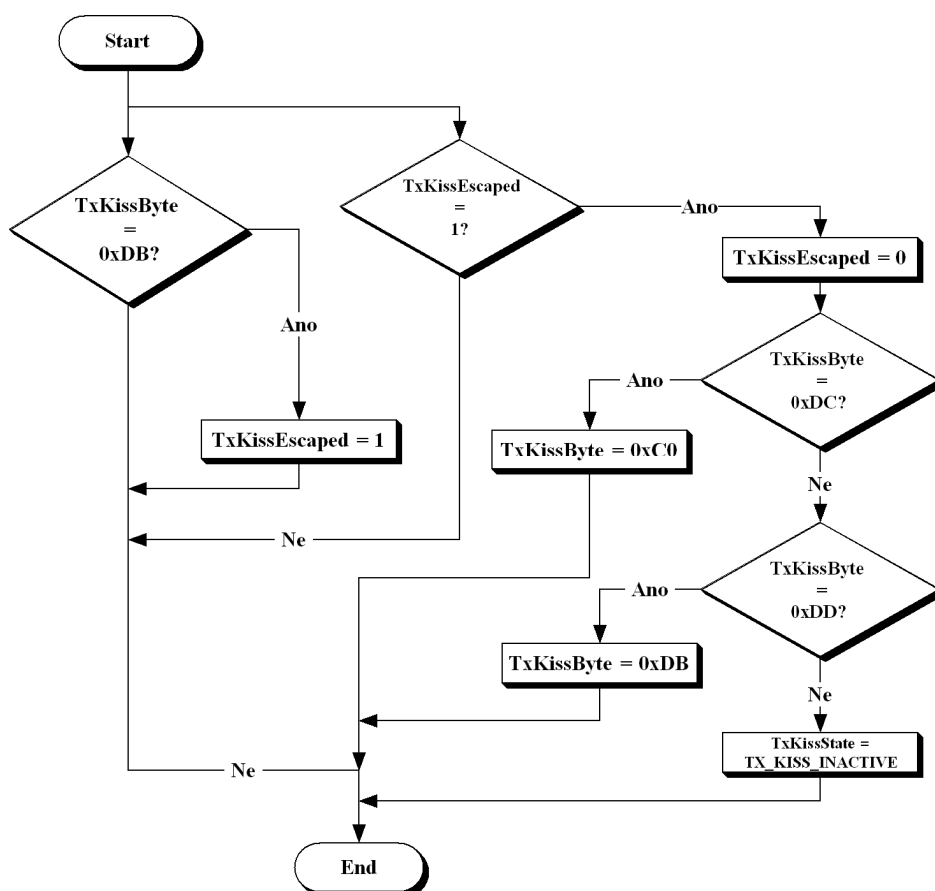
4.3 Vysílání dat



¹ Tento kontrolní součet je možné počítat dvěma způsoby. První možnost je ta, že se vypočítaný součet srovná s hodnotou FCS, anebo v druhém případě je počítán kontrolní součet z celé sekvence včetně FCS pole a výsledkem je právě konstanta označená jako REMAINDER.

Obr. 4.3: Vývojový diagram odesílání dat

Data z počítače jsou po bajtech přijímána přes USART v obsluze přerušení. Po detekci hlavičky KISS rámce a pole CTRL je zahájeno počítání CRC opět pomocí funkce `_crc_ccitt_update`. Kontrolní sekvence je samozřejmě počítána bez ESACPE znaků. K odstranění těchto znaků je volána funkce **TxKissEscape**. Vývojový diagram této funkce je znázorněn na Obr. 4.4. Jak je patrné, funkce je prováděna ve dvou krocích. V prvním se detekuje znak 0xDB a nastaven příznak, že byl tento znak detekován. Ve druhém kroku je již načten následující znak a zkoumá se, zda odpovídá znaku 0xDC nebo 0xDD. Následně se provede patřičná záměna znaku. V případě, že znak neodpovídá ani jednomu ze dvou možných, je předpokládáno, že byl přijat chybný rámec a stav pro příjem je nastaven na detekci hlavičky nového rámce.



Obr. 4.4: Odstranění Escape znaků

Při detekci konce KISS rámce je dopočítána kontrolní sekvence, jež je uložena do vysílacího buffru. Tím je kompletní rámec AX.25 připraven k odvysílání. Následně je přepnuto na stav „odesílání dat“ a je aktivován výstup PTT.

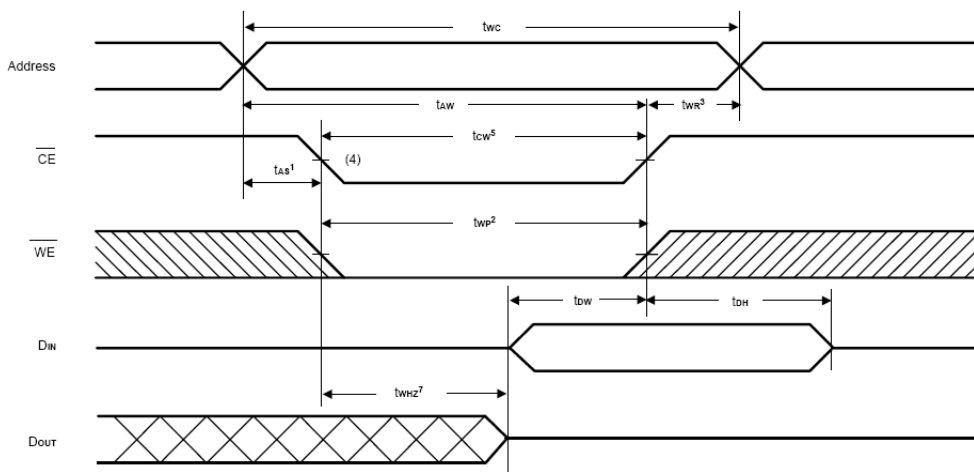
Data jsou vysílána po bitech s rychlostí 1200 bit/s. Po odvysílání určitého počtu hlaviček (záměrně je vyslán větší počet pro lepší synchronizaci na přijímací straně) je zahájen bit stuffing. Vyskytne-li se během vysílání pět po sobě jdoucích jedniček, je vysílání dat přerušeno a je odvysílán jeden bit nulový. Následně je pokračováno ve vysílání dat.

Vysílání je opět kódováno v NRZI formátu a je řešeno v obsluze přerušení **TIMER0_CONP_vect**.

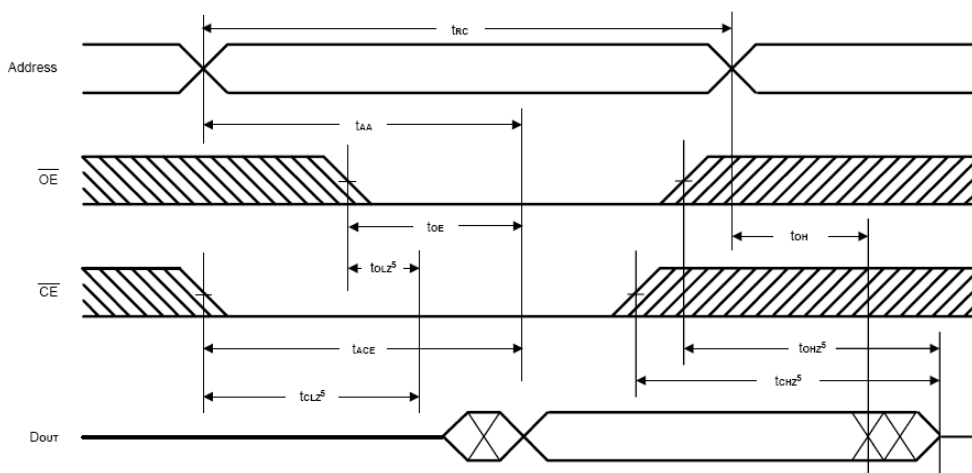
Po odvysílání posledního bitu je deaktivován výstup PTT.

4.4 Externí paměť

Zápis a čtení z externí paměti SRAM se provádí podle pokynů uvedených v [18]. Při správném nastavení ovládacích pinů se po době 70 ns od zadání adresy buňky na vstupních nebo výstupních pinech mikrokontroléru (záleží, zda data ukládáme nebo načítáme) objeví požadovaná data.



Obr. 4.5: Časování jednotlivých signálů při zápisu dat do paměti



Obr. 4.6: Časování jednotlivých signálů při čtení dat z paměti

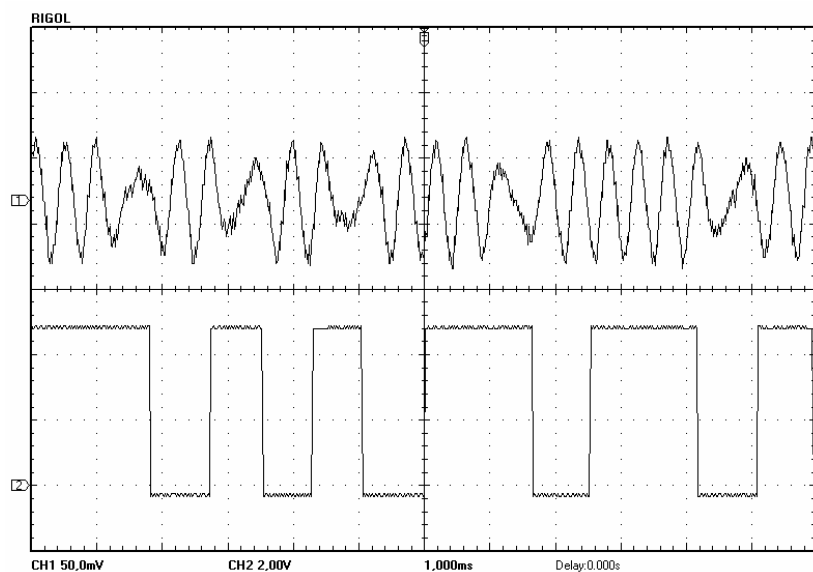
Pro ukládání dat je volána funkce **Store_Data**(unsigned int addr, unsigned char data). Funkce má dva parametry. Adresu buňky v paměti, na kterou se mají data uložit a vlastní ukládaná data o velikosti 1 bajtu. Funkce nevrací žádnou hodnotu.

Pro načítání dat z paměti je volána funkce **Load_Data** ([unsigned int](#) addr). Tato funkce má pouze jeden parametr a to adresu buňky v paměti, ze které se mají číst data. Funkce má návratovou hodnotu [unsigned char](#) data.

5 TESTOVÁNÍ

5.1 Příjem

V prvopočátku testování příjmu byl modem FX614 vyzkoušen v nepájivém poli. Po připojení krystalu, nastavení vývodů M0 a M1 do přijímacího režimu, dále nastavení vývodu CLK do vysoké úrovně a připojení nezbytných součástek k ošetření vstupů byl na vstup přiveden FSK signál odpovídající průběhu č.1 na. Obr. 5.1.

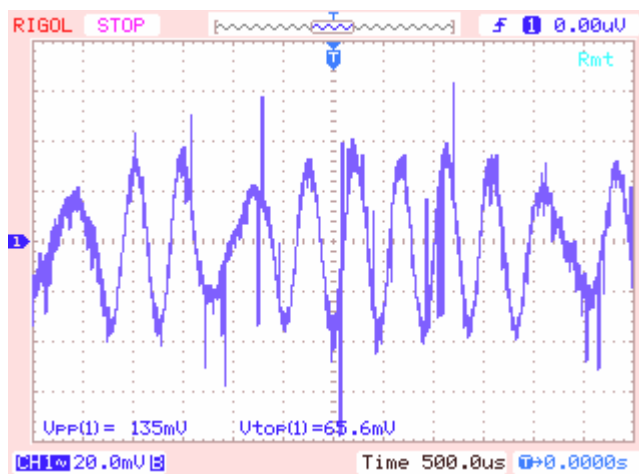


Obr. 5.1: Demodulování FSK signálu

Průběh č.2 odpovídá již demodulovanému signálu.

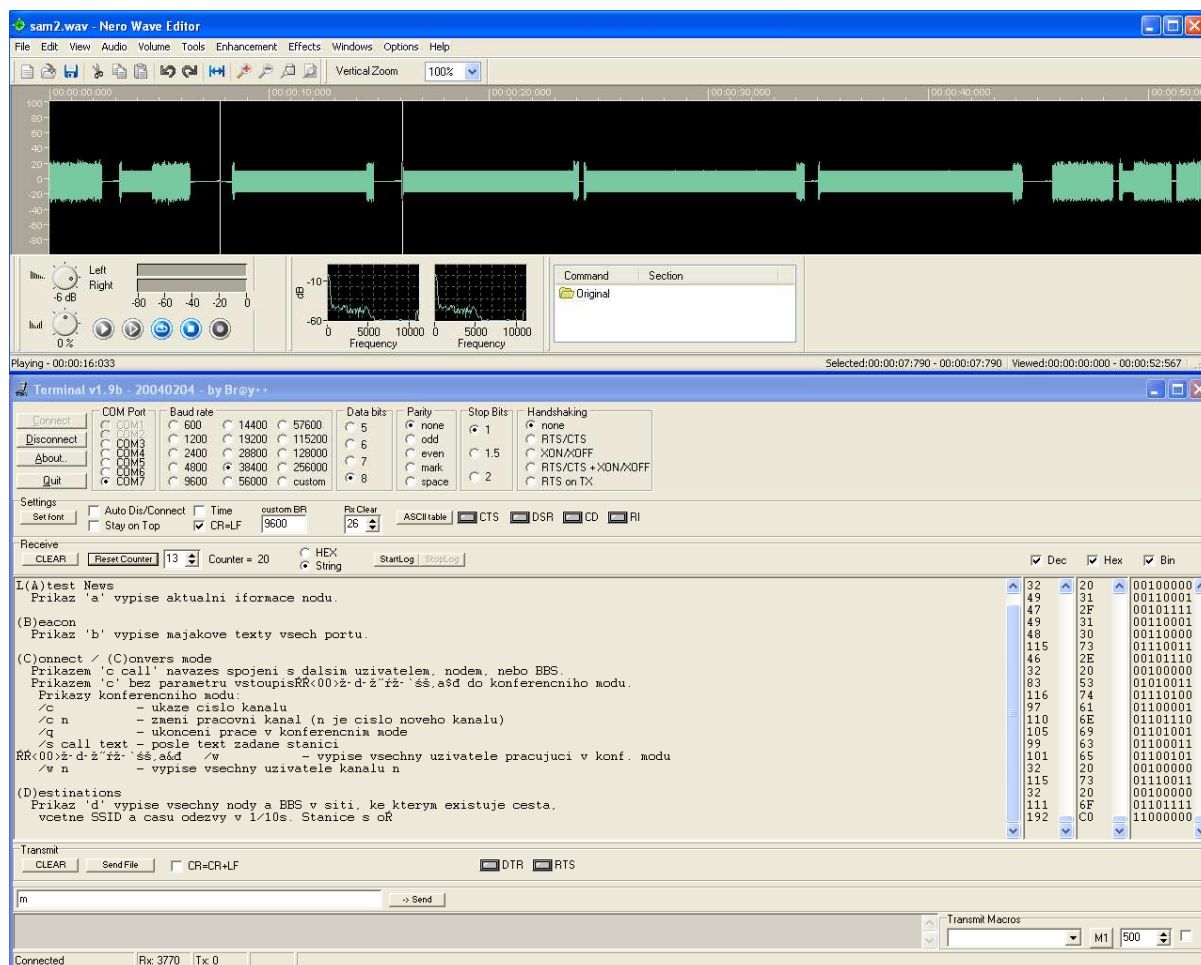
Měření vstupní citlivosti

Pomocí Osciloskopu RIGOL DS1052E byla určena přibližná citlivost vstupu 85 mVpp. Tuto hodnotu vzhledem k měřicím podmínkám berme orientačně.



Obr. 5.2: Minimální hodnota vstupního napětí+

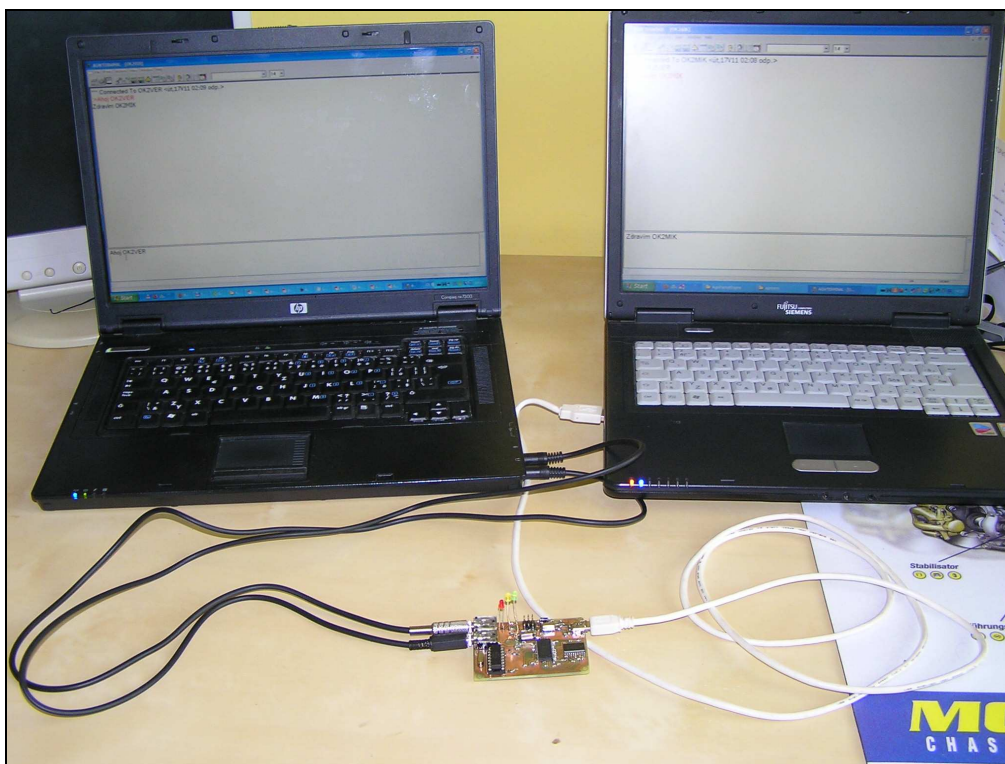
Měření vstupní citlivosti



Obr. 5.3: Ukázka příjmu dat

Pro testování příjmu byl k dispozici audio soubor sam2.wav. V něm je nahrán cca 50 vteřinový úsek mezi NODEM a FSK modemem (TNC). Přijímaná data byla zobrazena v terminálovém programu pro sériovou komunikaci. Na Obr. 5.3 je ukázka této komunikace. Jak je patrné z obrázku, data jsou do počítače vysílána ve formátu KISS. Vlastní přenášená data jsou přímo ve standardu ASCII.

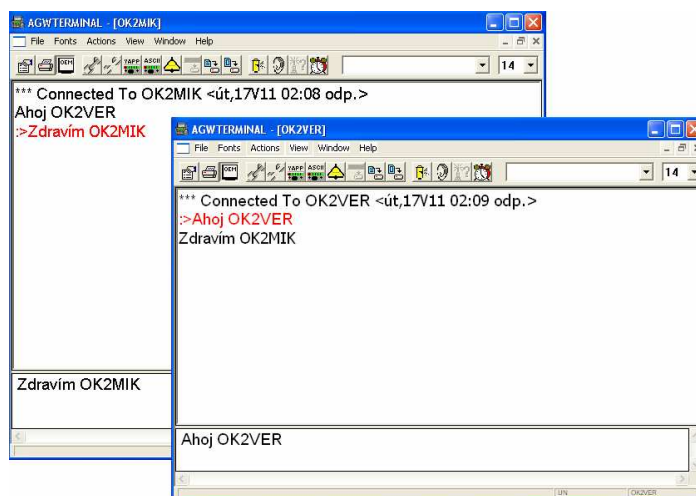
5.2 Vzájemná komunikace



Obr. 5.4. Simulace spojení

Pro odzkoušení správného příjmu ale i vysílání bylo potřeba vytvořit pracoviště dvou stanic viz Obr. 5.4. Počítač vlevo simuluje modem vzdáleného uživatele. Na tomto počítači je modem tvořen pomocí zvukové karty. Na počítač vpravo je testovaný modem připojen přes USB. Jako přenosové médium byl použit 2x stíněný dvoužilový kabel zakončený na obou koncích JACK konektorem.

Na obou počítačích byl spuštěn terminálový program *AGWterminal*. Detail jednotlivých oken je zobrazen na Obr. 5.5. Přijatý text od protějščího uživatele se zobrazuje v horní části programu černou barvou, odeslaný text se píše do spodní části a v horní části je zobrazen červenou barvou.



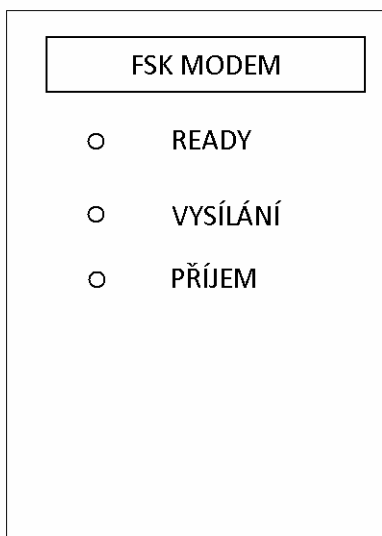
Obr. 5.5: Detail komunikace

6 MECHANICKÉ PROVEDENÍ

Modem byl navržen tak, aby deska plošných spojů pasovala do plastové krabičky U-KP50 dostupné v prodejně elektrosoučástek firmy GM [8]. Díky



Obr. 6.1: Fotografie kompletního modemu



Obr. 6.2: Potisk krabičky FSK modemu [50x70mm]

7 ZÁVĚR

S pomocí dostupné literatury byla nastudována a objasněna problematika radioamatérské datové komunikace. V první kapitole je uvedena podstata fungování Packet Radia. Jsou zde popsána rozdílná komunikační zařízení, která již v dnešní době není možné sestavit. Důvodem je zejména vymizení některých obvodů z trhu. I když některá zařízení byla prodávána v obchodech, dnes jsou spíše k sehnání na různých radioamatérských burzách.

Ve druhé kapitole je hovořeno o komunikačních protokolech KISS a AX.25. Na základě teoretických konceptů těchto protokolů bylo ve třetí kapitole nejprve sestaveno blokové schéma (viz. Obr. 3.1) a následně po diskuzi vhodnosti použití obvodů sestaveno kompletní obvodové schéma, které je možné nalézt v příloze A.1. Při výběru FSK modulátoru/demodulátoru bylo bohužel jedno velké omezení a to, že součástka FX614 je posledním typem FSK modemu pro radioamatérskou datovou komunikaci. Tento prvek by samozřejmě šel nahradit například vhodným zapojením D/A, A/D převodníku. Avšak celé zařízení by se díky tomu stalo komplikovanější a také by vzrostla pravděpodobnost kazivosti.

Díky použití SMD součástek (mimo odvodu FX614 který byl v sehnání pouze v DIL provedení) bylo dosaženo návrhu dvouvrstvé desky plošných spojů o rozměrech 52 x 70 mm. Předloha navržené desky je vyobrazena prohlédnout v příloze **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Deska je uložena do plastové krabičky U-KP50 dostupné v prodejně elektrosoučástek firmy GM [8]. Díky implementaci USB rozhraní může modem snadno komunikovat s jakýmkoliv počítačem. Napájení je řešeno taktéž přes rozhraní USB. Díky tomu odpadá nutnost připojovat externí adaptéry či jiné zdroje napětí. Po hardwarové stránce je modem koncipován jako malé přenosné zařízení použitelné jak v domácích tak i terénních podmínkách. Výběr součástek byl zaměřen na snadnou dostupnost pro koncového uživatele.

Čtvrtá kapitola pojednává o softwarovém řešení tohoto modemu. Ten lze pojmut jako stavový automat. V reálném čase jsou příchozí nebo odchozí data zpracovávána na základě stavových proměnných. Nastavení nejdůležitějších stavů, které by měly za následek ztrátu informace, je prováděno během obsluhy externích či interních přerušení

Po funkční stránce navržený modem dokáže bez sebemenšího problému z transceivru dekódovat a na bitové úrovni přijmout datové rámce všech typů. Dále tato data přetransformuje do standardu KISS a odešle směrem do počítače. Modem dokáže v jednom momentu odesílat pouze jeden rámeček. Při textovém provozu mezi uživateli či stanicí pracuje modem spolehlivě. Avšak odesílání více datových rámců najednou není možné. Modem disponuje pouze jednoduchým odesílacím buffrem. Tento nedostatek je možné odstranit implementováním „*kruhového buffru*“. Funkce *Persistence* nebyla implementována. Časové prodlevy vysílání *TxTail* a *TxDelay* jsou řešeny pomocí několikanásobného odesílání hlaviček rámce. Díky tomu je i zajištěna lepší synchronizace datového signálu na straně příjemce. Počet vysílaných hlaviček se dá ovlivnit pouze přeprogramováním procesoru. Funkce PTT byla implementována, avšak nebyla v reálném provozu vyzkoušena.

V další fázi vývoje by bylo vhodné implementovat do programového vybavení modemu přijímací kruhový buffer, který by dokázal pojmout větší počet příchozích rámců z počítače. Dále by bylo vhodné doplnit program o jednoduchou funkci obstarávající pozdržení odesílání dat v případě obsazení kanálu jiným uživatelem.

V kapitole *Měření* byla stanovena prahová úroveň signálu pro příjem. Tuto hodnotu výrobce v technickém listu neuvádí.

LITERATURA

- [1] VÁCLAVÍK, R; LAJŠNER, L. PACKET RADIO od A až do Z, Praha: Ben – technická literatura, 1996. 223 s. ISBN 80-901984-8-1.
- [2] AX.25 Link Access Protocol. AX.25 protokol Datasheet [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.ax25.net/>>
- [3] KISS Protokol [online], dostupný z WWW:<<http://www.ax25.net/kiss.aspx>>
- [4] FTDI CHIP. *FT232BM*: datasheet [online]. Dostupný na WWW: <<http://www.ftdichip.com>>.
- [5] Atmel Corporation. *Atmega32*: datasheet [online]. 2008. 352 s. Dostupný z WWW: <<http://www.atmel.com>>.
- [6] CML Semiconductor. *FX614*: datasheet [online]. Dostupný na WWW: <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/ConsumerMicrocircuitsLimited/mXssryz.pdf>>
- [7] STAUDEK, Přenos dat a počítačové sítě, 2x15 kapitol z distribuovaných systému – část II. Brno:Nakladatelství PC – DIR, 1994.
- [8] GM ELECTRONIC. *Katalog součástek* [online]. dostupný z WWW: <<http://www.gme.cz/>>.
- [9] GES-ELECTRONICS. *Katalog součástek* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.ges.cz/>>.
- [10] Výrost, J., Slaměník, I. (1997). *Sociální psychologie*. Praha: ISV
- [11] <<http://packet-radio.sweb.cz/>>
- [12] <<http://www.rsys.cz/>>
- [13] <<http://www.cbradio.cz>>
- [14] Atmel Corporation. *ATmega16, Atmega16L*. datasheet [online]. 2002. 315 s, dostupné z WWW: <<http://www.atmel.com>>
- [15] Atmel Corporation. *ATmega128A*. datasheet [online]. 2010. 21 s, dostupné z WWW: <<http://www.atmel.com>>
- [16] Frýza, T. *Řízení komunikace: Přednáška č.8 k předmětu Mikroprocesorová technika*. Brno: FEKT, VUT v Brně, 2007. 49 s.
- [17] POVALAČ, Aleš. *AVR ISP programátor BiProg* [online]. Brno: FEKT, VUT v Brně, 2010. 4 s. [cit. červenec 2010]. Dostupné na WWW: < http://www.urel.feec.vutbr.cz/web_documents/dilna/BiProg/biprog_urel.pdf>
- [18] AMIC. *A625308A*: datasheet [online].2006. 14 s, dostupné z WWW: < <http://www.semiconductorstore.com/pdf/newsite/amic/A625308A.pdf>>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

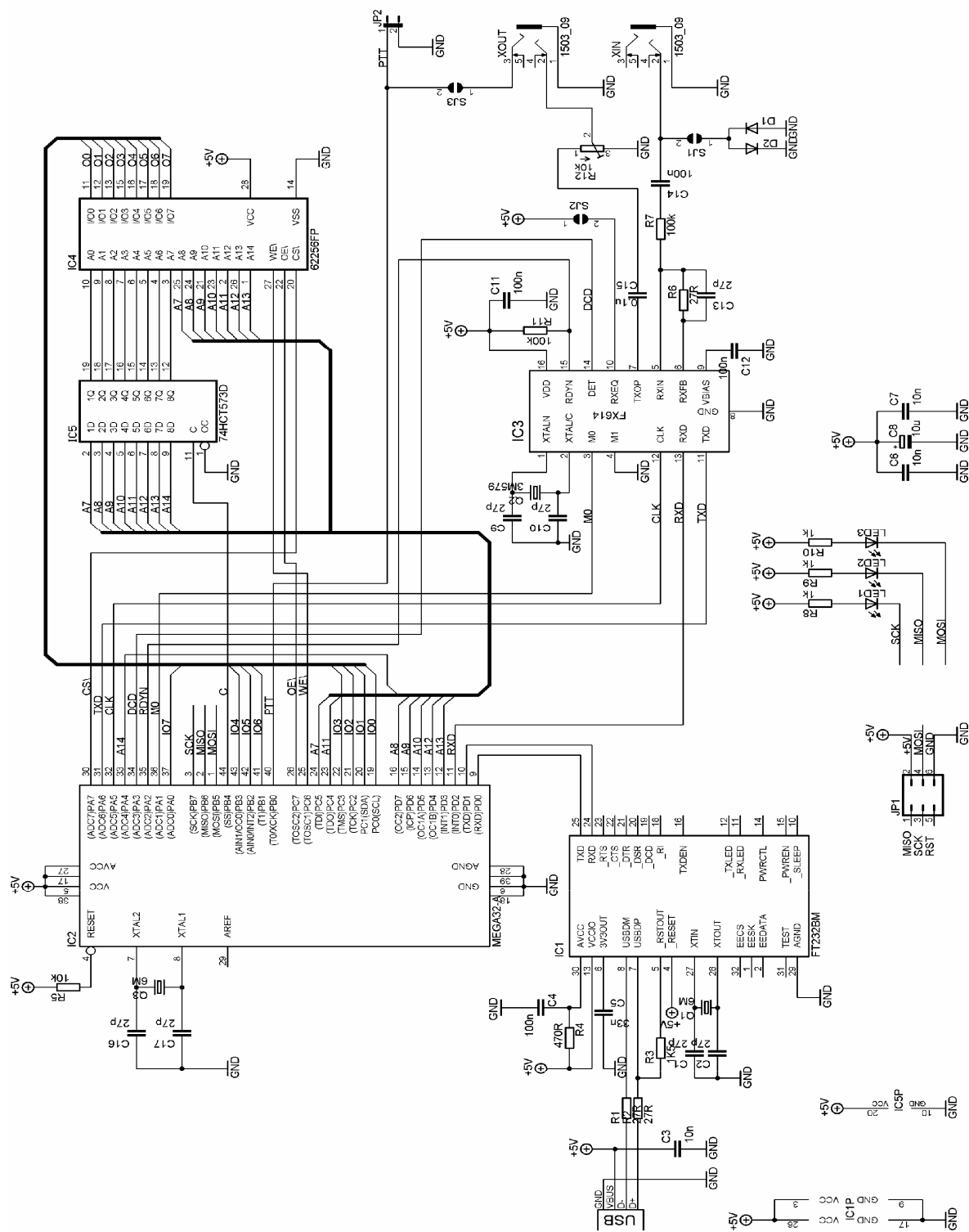
AFSK	<i>Audio Frequency Shift Keying</i> , audio frekvenční klíčování
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i> , frekvenční klíčování
USB	<i>Universal Serial Bus</i> , univerzální sériová sběrnice
DTE	<i>Data Communication Equipment</i> , technická norma sériového rozhraní zajišťující kompatibilitu spojení mezi terminály a modemy.
PR	<i>Packet Radio</i>
USART	<i>Universal Serial Asynchronous Receiver Transmitter</i>
ISP	<i>In System Programming</i> , zařízení je možné programovat v systému
MSB	<i>Most Significant Bit</i> , bit s nejvyšší hodnotou v binárním vyjádření čísla
NRZI	<i>Non-Return to Zero Inverted</i>
KISS	<i>Keep In Simple Stupid</i> , komunikační protokol
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i> , druh paměti
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i> , standard kódování znaků
TNC	<i>Terminal Node Controller</i>
SSID	<i>Service Set identifier</i> – rozšiřující identifikace stanice
HDLC	<i>High-Level Data Link Control</i> ,
PTT	<i>Push To Talk</i> ,
DCD	<i>Data Carrier Detect</i>
CCITT	<i>Consultative Committee in International Telegraph and Telephone</i>

SEZNAM PŘÍLOH

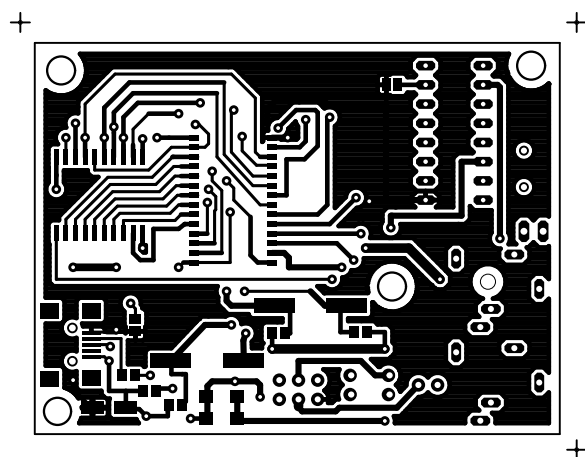
A	Obvodový Návrh zařízení	38
A.1	Obvodové zapojení.....	38
A.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	39
A.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	39
A.4	Osazení součástek na desce plošného spoje – top (strana součástek)	40
A.5	Osazení součástek na desce plošného spoje – bottom (strana spojů).....	40
A.6	Seznam součástek.....	41

A OBVODOVÝ NÁVRH ZAŘÍZENÍ

A.1 Obvodové zapojení

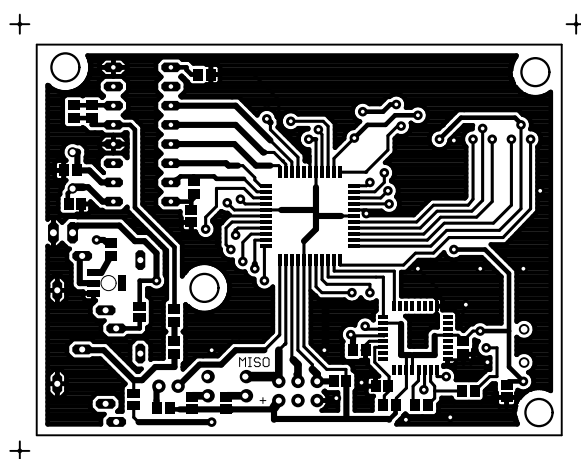


A.2 Deska plošného spoje – top (strana součástek)



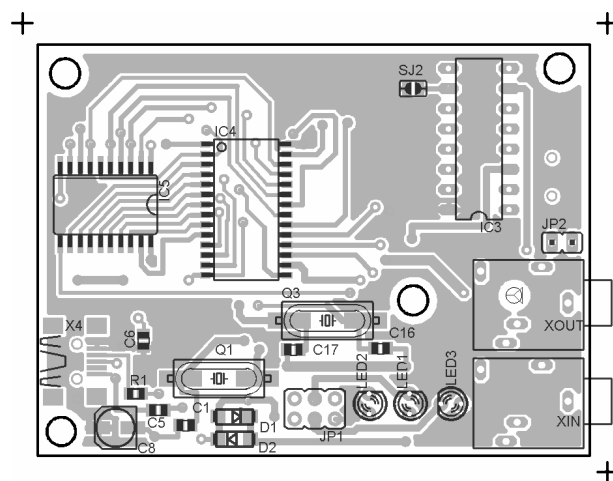
Rozměr desky 52 x 70 [mm], měřítko M1:1

A.3 Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

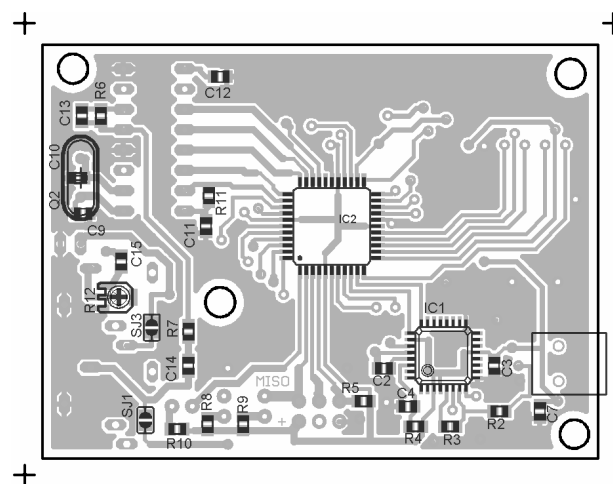


Rozměr desky 52 x 70 [mm], měřítko M1:1

A.4 Osazení součástek na desce plošného spoje – top (strana součástek)



A.5 Osazení součástek na desce plošného spoje – bottom (strana spojů)



A.6 Seznam součástek

Partlist

Exported from FSK modem.brd at 1.11.2010 13:41:18

EAGLE Version 4.16r1 Copyright (c) 1988-2006 CadSoft

Part	Value	Package	Library	Position (mm)	Orientation
C1	27p	C0805	rc1	(18.6372 3.9687)	R0
C2	27p	C0805	rc1	(26.8287 11.43)	MR180
C3	10n	C0805	rc1	(13.0175 11.7475)	MR270
C4	100n	C0805	rc1	(23.8125 6.6675)	MR180
C5	33n	C0805	rc1	(15.24 5.8738)	R180
C6	10n	C0805	rc1	(13.335 14.605)	R90
C7	10n	C0805	rc1	(7.3025 6.0325)	MR270
C8	10u	153CLV-0505	rc1	(9.8425 3.6513)	R180
C9	27p	C0805	rc1	(64.4526 30.7975)	MR180
C10	27p	C0805	rc1	(65.0875 35.2425)	MR0
C11	100n	C0805	rc1	(49.0537 29.21)	MR270
C12	100n	C0805	rc1	(47.3075 47.9425)	MR180
C13	27p	C0805	rc1	(64.6113 43.0213)	MR270
C14	100n	C0805	rc1	(51.2763 11.7475)	MR270
C15	0.1u	C0805	rc1	(59.69 24.765)	MR90
C16	27p	C0805	rc1	(43.1801 13.6525)	R180
C17	27p	C0805	rc1	(32.2263 13.4937)	R0
D1		D0214AC	diode	(24.765 5.08)	R180
D2		D0214AC	diode	(24.765 2.2225)	R0
IC1	FT232BM	LQFP-32	ftdi	(19.3675 13.0175)	MR0
IC2	MEGA32-A	TQFP44	atmel	(33.3375 29.21)	MR90
IC3	FX614	DIL16	gm99	(55.5625 40.005)	R90
IC4	62256FP	S028L	memory-hitachi	(26.3525 31.75)	R270
IC5	74HCT573D	S020W	74xx-eu	(8.5725 31.75)	R180
JP1		JP3W	jumper	(34.925 6.0325)	R180
JP2		JP1	jumper	(66.04 26.9875)	R270
LED1		LED3MM	led	(46.99 6.6675)	R90
LED2		LED3MM	led	(41.91 6.6675)	R90
LED3		LED3MM	led	(52.07 6.6675)	R180
Q1	6M	HC49UP	crystal	(22.86 9.8425)	R180
Q2	3M579	HC49/S	crystal	(64.77 35.2425)	MR270
Q3	6M	HC49UP	crystal	(36.5125 17.145)	R0
R1	27R	R0805	rc1	(12.3825 7.9375)	R0
R2	27R	R0805	rc1	(12.3825 6.0325)	MR180
R3	1K5	R0805	rc1	(18.542 4.1275)	MR180
R4	470R	R0805	rc1	(22.86 4.1275)	MR0
R5	10k	R0805	rc1	(29.3687 7.3025)	MR180
R6	27R	R0805	rc1	(62.23 43.0213)	MR90
R7	100k	R0805	rc1	(51.2762 16.0338)	MR90
R8	1k	R0805	rc1	(48.895 4.445)	MR90
R9	1k	R0805	rc1	(44.45 4.445)	MR90
R10	1k	R0805	rc1	(52.705 3.81)	MR180
R11	100k	R0805	rc1	(48.7361 33.0201)	MR270
R12	10k	RTRIM3165W	rc1	(60.0075 20.32)	MR270
SJ1		SJ	jumper	(56.6738 4.9213)	MR90
SJ2		SJ	jumper	(47.3075 46.355)	R0
SJ3		SJ	jumper	(55.88 16.51)	MR90
X4	USB-MB-S	USB-MB-S	con-usb	(4.9847 12.0015)	R0
XIN	1503_09	1503_09	con-lumberg	(68.8975 6.985)	R270
XOUT	1503_09	1503_09	con-lumberg	(68.8975 19.3675)	R270

B KONSTRUKCE A OŽIVOVÁNÍ

Pokud tato práce bude soužit jako dokumentace k tvorbě výše popisovaného zařízení, doporučuji dodržet následující postup při sestavování a následném oživení celého FSK modemu.

- DPS dle předlohy

C SEZNAM OBJEKTŮ PR V OK

- Seznam byl aktualizován ke dni 29. 10. 2007

Nody

Call	QTH	LOC	USER QRG	USER QRG	ASL	SYSTEM	SYSOP
ok0na	Plzeň - Košutka	JN69QS	144.900 / 1k2	430.550 +7.6 / 9k6	420	RMNC/Flexnet 3.3g	ok1gb
ok0nad	Koráb u Kdyně	JN69MJ	144.975 / 1k2	438.200 - 7.6 / 1k2	773	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1zsv
ok0nag	Praha - Strahov	JN69QS			504	(X)net 1.36	ok1ful
ok0nal	Letiště Staňkov	JN69NM	144.950 / 1k2	433.650 / 9k6	420	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1dle
ok0nas	Aš	JO60CF	144.8125 / 1k2	438.350 - 7.6 / 9k6	761	RMNC/Flexnet 3.3g	ok1vow
ok0nax	Plzeň - Doubravka	JN69RR			380	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1xok
ok0nb	Zakletý vrch	JO80FF	144.900 / 1k2	433.650 / 9k6	992	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1qi
ok0nc	Praha - Žižkov	JO70FB	144.625 / 1k2	433.675 / 9k6	333	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1mx
ok0ncc	Praha - Cukrák	JN79EW	144.8875 / 1k2	433.725 / 1k2	430	RMNC/Flexnet 3.3h	ok1imi
ok0ncg	UTB Praha	JO70FC			324	(X)Net 1.31	ok1vcf
ok0nck	Kladno (Rozdělov)	JO70AD	144.925 / 1k2 2k4	433.600 / 1k2	465	RMNC/Flexnet 3.3h	ok1fmf
ok0nd	Ještědka	JO70LR	144.825 / 1k2 438.225 - 7.6 / 9k6	437.775 - 7.6 / 1k2	925	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1iww
ok0ndg	Nový Bor	JO70GS	438.425 - 7.6 / 9k6		370	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1mpx
ok0ne	Výsluní	JO60LJ	144.850 / 1k2	438.250 / 9k6	1244	TNC3 (X)Net	ok8awb
ok0nf	Praha - Petřín	JO70EC	144.725 / 1k2	433.775 / 9k6	340	RMNC/Flexnet 3.3h	ok1imi
ok0ngg	Praha - Cukrák	JN79EW			441	(X)Net 1.30	ok1cnn
ok0nh	Holice - Kamenec	JO80AC	144.825 / 1k2	439.350 - 7.6 / 4k8	324	RMNC/Flexnet 3.3h	ok1vey
ok0nhc	Vysoká u Kutné Hory	JN79OW	144.975 / 1k2	430.475 +7.6 / 9k6	472	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1dry
ok0nhd	Dvůr Králové n.L.	JO70VK	144.875 / 1k2	438.525 / 2k4	300	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1tor
ok0nhd-5	Dvůr Králové n.L.	JO70VK			300	(X)Net v1.38	ok1tor
ok0nhx	Hradec Králové - Univerzita	JO70WF	430.500 +7.6 / 9k6		259	(X)Net 1.32	ok1mkw
ok0nhx-12	Hradec Králové - Univerzita	JO70WF			259	(X)Net 1.32	ok1mkw
ok0ni	Ústí nad Labem - Komáří vížka	JO60WR	144.950 / 1k2 2k4		810	RMNC/Flexnet 3.3h	ok1mpx
ok0nim	Děčín	JO70CS	144.975 / 1k2		260	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1smn
ok0nj	Tábor, Na Kopečku	JN79IJ	144.875 / 1k2		420	PC/Flexnet 3.3g:1	ok1ayu
ok0nl	Holý Kopec	JN89SJ	144.925 / 1k2		400	RMNC/Flexnet 3.3h	ok2bzm

ok0nll	Přerov	JN89RL	144.850 / 1k2	438.050 - 7.6 / 9k6	245	(X)Net 1.38	ok2jbu
ok0nlz	Strážnice	JN88PV				(X)Net v1.37	ok2slz
ok0nma	Brno - Královo Pole	JN89HF	144.850 / 1k2	430.725 +7.6 / 2k4	330	PC/Flexnet 3.3g:1	ok2scs
			430.475 +7.6 / 9k6	430.775 +7.6 / 14k4			
ok0nmc	Brno - Židenice	JN89GE			250	(X)Net 1.36	ok2slz
ok0nmq	Brno - Královo Pole	JN89HF	430.450 +7,6 (9k6)		330	AWZNode 0.4-pre2	ok2pen
ok0nn	Žďár nad Sázavou	JN79XN	144.950 / 1k2		680	RMNC/Flexnet 3.3h	ok2pde
ok0no	Velký Javorník	JN99BM	144.825 / 1k2	438.425 - 7.6 / 9k6	918	RMNC/Flexnet 3.3h	ok2zm
ok0nog	Nový Jičín	JN99AO			286	(X)Net v1.36	ok2zm
ok0noj	Nový Jičín	JN99AO	144.975 / 1k2		323	RMNC/Flexnet 3.3h	ok2zm
ok0nor	Rožnov pod Radhoštěm	JN99BK	144.850 / 1k2	430.975 +7.6 / 9k6	600	RMNC Flexnet 3.3h	ok2ucx
ok0nos	Ostrava, Havlíčkovo nám.	JN99CT	433.725 / 1k2	1292.5 / 9k6 / 38k4	309	PC/Flexnet 3.3g:2	ok2bmu
ok0np	Libenice - vodárna	JN79GM			650	(X)Net 1.31	ok1vfz
ok0npi	Kraví Hora u Písku	JN79CH	144.9375 / 1k2	430.950 +7.6 / 1k2 9k6	636	PC/Flexnet 3.3g:2	ok1vhb
ok0ntu	Ostrava, kolej VŠB TU	JN99BU	144.9125 / 1k2	438.725 - 7.6 / 9k6	308	PC/Flexnet 3.3g:2	ok2bmu

BBS

Call	QTH	ASL	LOC	QRV VIA	LINK SPEED	SYSTEM	SYSOP
ok0nag-8	Praha - Strahov	420	JN69QS	ok0nag	interlink	BCM 2.01e+ (Linux)	ok1ful
ok0nal-8	Letiště Staňkov	420	JN69NM	ok0nal	interlink	BCM 1.42 (DOS)	ok1dle
ok0nhd-8	Dvůr Králové n.L	300	JO70VK	ok0nhd-5	axip	OpenBCM 1.07b3 (win32)	ok1tor
ok0nmq-1	Brno - Královo Pole	330	JN89HF	ok0nmq	interlink	FBB 7.03	ok2pen
ok0pad	Koráb u Kdyně	773	JN69MJ	ok0nad	interlink	BCM 1.42 (DOS)	ok1xwo
ok0pbb	Brno - Kohoutovice	410	JN89GE	ok0nmb	38k4	BCM 1.42 (DOS)	ok2xhr
ok0pbr	Brno	330	JN89GF	ok0nma	interlink	FBB 7.00i (HF Pactor)	ok2pen
ok0pcc	Praha - Cukrák	441	JN79EW	ok0ngg	115k2	BCM 2.01d+ (Linux)	ok1cnn
ok0phk	Hradec Králové	259	JO70WF	ok0nhx	axip	BCM 1.46 (Linux)	ok1mkw
ok0phi	Holice	324	JO80AC	ok0nh	19k2	BCM 1.43i (win32)	ok1vey
ok0pkl	Výsluní	1244	JO60LJ	ok0ne	38k4	BCM 1.42 (DOS)	ok1ar
ok0pkm	Vičák u Kroměříže	570	JN89PD	ok0nla	38k4	BCM 1.42 (DOS)	ok2slz
ok0pkr	Holý Kopec	400	JN89SJ	ok0nl	19k2	BCM 1.42 (DOS)	ok2xhl
ok0pmk	Přítlucká hora u Přítluk	280	JN88JU	ok0nmk	interlink	DOS/slz_BCM 1.04+	ok2slz
ok0pok	Plzeň	380	JN69RR	ok0nax	axip 115k2	FBB 7.00g	ok1ful
ok0pov	Nový Jičín	323	JN99AO	ok0noj	38k4	FBB 7.00g	ok2zm
ok0pow	Nový Jičín	323	JN99AO	ok0noj	38k4	BCM 2.01e+ (Linux)	ok2zm
ok0ppl	Plzeň - Košutka	420	JN69QS	ok0na	38k4	BCM 1.44k (Linux)	ok1vj
ok0ppr	Praha - Petřín	340	JO70EC	ok0nf	38k4	BCM 2.01d+ (Linux)	ok1cnn
ok0prg	Praha	333	JO70FB	ok0nc	38k4	FBB 7.00i	ok1fmf