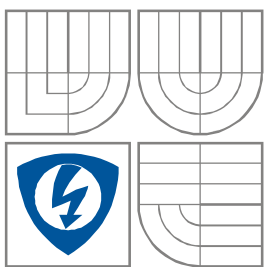


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

OPAKOVAČ PRO PMR PÁSMO

PMR REPEATER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

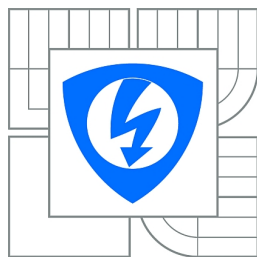
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Martin Fabián

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

BRNO, 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Bc. Martin Fabián

ID: 78249

Ročník: 2

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Opakovač pro PMR pásmo

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s PMR pásmem a popište jeho parametry. Vypracujte přehledovou studii komerčně vyráběných opakovačů pro toto pásmo. Jednotlivá zařízení porovnejte podle výkonu, funkcí a ceny. Navrhněte schéma zapojení pro jednoduchý PMR opakovač, který bude řízen mikrokontrolérem Atmel řady AVR. Realizujte navržené schéma PMR opakovače a naprogramujte firmware pro řídicí procesor. Opakovač otestujte v reálném provozu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] BURKHARD, M. C pro mikrokontroléry. Praha: BEN - technická literatura, 2003
- [2] ČTÚ [online].: Český telekomunikační úřad. Dostupné na [www: http://www.ctu.cz/](http://www.ctu.cz/)

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 21.5.2010

Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

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.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Martin Fabián
Bytem: Úvoz 791, Rosice, 665 01
Narozen/a (datum a místo): 8. Března 1986 v Brně

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☒ diplomová práce
- ☐ bakalářská práce
- ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Opakovač pro PMR pásmo
Vedoucí/ školitel VŠKP: prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.
Ústav: Ústav radioelektroniky
Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli*:

- ☒ v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- ☒ v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy
(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 21. května 2010

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Cílem této práce je navrhnout a vyrobit jednoduchý opakovací fungující v pásmu 446 MHz zvaném PMR. Tento opakovací se skládá z funkční stanice PMR a opakovacího modulu, který je realizován pomocí zařízení pro záznam a přehrávání zvuku a je řízen mikrokontrolérem Atmel řad AVR. Opakovací dále zaznamenává během provozu maximální a minimální naměřenou teplotu a jeho přesný čas je aktualizován přijímačem DCF. Ten lze také připojit k počítači pomocí sériové linky.

Klíčová slova

pásmo PMR, radiostanice PMR, opakovací PMR

Abstract

The main target of this work is to project and make a simple repeater working in 446 MHz tape called PMR. This repeater is made from functional station PMR and repeating program unit, which was constructed by the help of the system for recording and replaying sound. The repeater is managed by microcontroller Atmel from line AVR. The repeater records minimal and maximal temperature during its operation and its date and time is still actual thanks to transceiver DCF. It is possible to connect the transceiver with a computer by the serial link.

Key words

PMR range, PMR radio station, PMR repeater

Bibliografická citace dle CSN ISO 690

FABIÁN, M. Opakovací pro PMR pásmo. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 51 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Opakovač pro pásmo PMR pásmo jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Milanu Sigmundovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 21. května 2010

.....

podpis autora

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
1 Úvod	10
2 PMR 446	11
2.1 Pásmo PMR.....	11
2.1.1 Všeobecné ustanovení č. VO-R/3/07.2007-13.....	12
2.2 Radiostanice PMR	13
2.2.1 Dosah spojení	14
2.3 Opakovač PMR	16
3 Komerčně vyráběné opakovače pro PMR pásmo	17
4 Realizace opakovače pro PMR pásmo	21
4.1 Návrh PMR opakovače	21
4.2 Použité obvody	22
4.2.1 Mikroprocesor	22
4.2.2 Obvod pro záznam a přehrávání řečového signálu	23
4.2.3 Obvod reálného času	23
4.2.4 Teplotní čidlo	23
4.2.5 DCF přijímač.....	24
4.2.6 DTMF přijímač	24
4.2.7 Převodník TTL/RS232	25
4.2.8 Obvod pro „pípání“ Morzeovy abecedy.....	25
4.3 Návrh desky plošného spoje.....	25
4.3.1 Foto opakovacího modulu	26
4.4 Stanice PMR.....	26
4.5 Napájení opakovače	27
4.6 Seznam a cena použitých součástek	29
4.7 Schéma zapojení opakovacího modulu	30
4.8 Parametry a funkce opakovače	31
5 Software	36
5.1 Řídící program.....	36
5.1.1 Vývojové diagramy	37

5.2	Uživatelské rozhraní.....	39
6	Testování opakováče	41
6.1	Test v reálném provozu	41
6.2	Porovnání kvality zvuku.....	44
7	Závěr.....	47
	Literatura	48
	Seznam zkratek	49
	Přílohy	50

Seznam Obrázků

Obr. 1: Radiostanice Cobra MT 110	13
Obr. 2.1: FR6100.....	17
Obr. 2.2: FR4100.....	17
Obr. 2.3: SPR-U06	18
Obr. 2.4: TKR-850E.....	18
Obr. 2.5: TKR-851E.....	19
Obr. 2.6: VXR-5000.....	19
Obr. 3: Blokové schéma jednoduchého opakováče v PMR pásmu.....	22
Obr. 4: DCF přijímač Conrad.....	24
Obr. 5: Dosah DCF vysílače	24
Obr. 6: Deska opakovacího modulu	25
Obr. 7: PMR stanice Datavox Premium 1(Hoffer 103)	26
Obr. 8: Schéma opakovacího modulu	30
Obr. 9: Jednoduchý opakováč pro PMR pásmo	31
Obr. 10: Vývojový diagram hlavní programové smyčky a přerušení	37
Obr. 11: Vývojový diagram nekonečné programové smyčky.....	38
Obr. 12: Výpis příkazu nápovědy v programu Terminal v1.9b	39
Obr. 13a: Umístění v terénu - 1.....	41
Obr. 13b: Umístění v terénu - 2.....	41
Obr. 14: Mapa okolí testování opakováče.....	41
Obr. 15: Spektrogram řečového signálu nahraný mikrofonom bez radiostanic PMR	45
Obr. 16: Spektrogram řečového signálu mezi samostatnými PMR stanicemi.....	45
Obr. 17: Spektrogram řečového signálu přijatý radiostanicí z opakováče.....	46

Seznam Tabulek

Tab. 1: Přehled kmitočtů jednotlivých PMR kanálů	11
Tab. 2: Přehled kanálů a frekvencí subtónů CTCSS.....	14
Tab. 3a: Přehled kanálů a digitálních kódů DCS	14
Tab. 3b: Přehled kanálů a digitálních kódů DCS	15
Tab. 4: Srovnání komerčně vyráběných opakováčů PMR.....	20
Tab. 5: Tabulka délky záznamu s vzorkovací frekvencí pro obvod ISD1760PY	23
Tab. 6: Parametry tlumivky 09P-331K	28
Tab. 7: Impedance tlumivky 09P-331K pro slyšitelné pásmo frekvencí	28
Tab. 8: Seznam použitých součástek včetně orientační ceny.....	29
Tab. 9: Morzeova abeceda	33
Tab. 10: Shrnutí funkcí a parametrů opakováče.....	34
Tab. 11: Kódy tónové volby DTMF.....	35
Tab. 12: Formát zadávání data a času pomocí terminálu.....	40
Tab. 13a: Místa testování kvality a dosahu opakováče	42
Tab. 13b: Místa testování kvality a dosahu opakováče.....	43

1 ÚVOD

Ve většině zemí Evropy a i u nás vznikla před časem (v roce 2001) po vyhrazení příslušného frekvenčního pásma možnost používat přenosné stanice pracující v pásmu 446 MHz na osmi povolených kanálech a 38 CTCSS volitelných subkanálech. Při čemž maximální povolený vyzářený výkon pro toto pásmo je 0,5 W.

Pásmo PMR můžeme považovat za velice perspektivní. A to hned z několika důvodů. Je sjednocené prakticky ve většině zemí Evropy, výrobci stanic s PMR pásmem „počítají“ a stanice jsou dostupné. Pásmo PMR je možno používat bez povolení, zpoplatnění a registrace naprogramované stanice. Používání PMR stanic je všeobecně určeno k volnému použití široké veřejnosti a je řízeno pouze tzv. generální licencí, kterou by měli uživatelé těchto radiostanic dodržovat (v současnosti u nás platí všeobecné ustanovení č. VO-R/3/07.2007-13).

Cílem této konstrukce je vytvořit jednoduchý opakovací, který poslouchá na zvoleném kanále PMR pásma, a který vždy nahraje přijatý vzkaz a následně ho odvysílá. Dokáže tak specifickým způsobem prodloužit maximální dosažitelnou vzdálenost spojení stanic, které jsou díky použité vyšší frekvenci dosti omezené terénními překážkami. Opakovač PMR se bude skládat z funkční stanice PMR a opakovacího modulu, kde bude základem zařízení pro záznam a přehrávání zvuku řízený mikrokontrolérem ATmega8.

Z důvodu možnosti legálního použití opakováče, je nutné do stanice PMR elektricky ani mechanicky nezasahovat. Proto bude opakovací modul připojen ke stanici PMR přes JACK pro handsfree sadu.

Tento jednoduchý opakovací bude také během provozu zaznamenávat nejvyšší a nejnižší naměřenou teplotu a datum a čas, kdy bylo těchto hodnot dosaženo. Nastavení přesného času zajistí přijímač DCF. K dispozici bude několik režimů nahrávání nebo úplné vypnutí opakování, které se bude měnit jednoduše pomocí tónové volby. Pro vyčtení nebo nastavení hodnot bude možné opakovací připojit k počítači pomocí rozhraní RS-232.

2 PMR 466

2.1 Pásmo PMR

PMR je zkratka pro Personal Mobile Radio v Evropské unii nebo také Family Radio Service (FRS) v severní Americe (pro severní Ameriku je jiný kmitočtový rozsah). Pásmo PMR je v rozsahu kmitočtu 446,00625 MHz až 446,1 MHz, tedy UHF ¹⁾). Vysílací neboli vyzářený výkon stanic PMR může být maximálně 0,5 W [4].

V pásmu PMR máme k dispozici 8 kanálů, číslovaných od 1 do 8 a 38 CTCSS subkanálů, které jsou volitelné. Všechny kanály jsou v našich zeměpisných šířkách k volnému použití.

Tab. 1: Přehled kmitočtů jednotlivých PMR kanálů [3]

Kanál	Frekvence [MHz]	Kanál	Frekvence [MHz]
1	446,00625	5	446,05625
2	446,01875	6	446,06875
3	446,03125	7	446,08125
4	446,04375	8	446,09375

Pro ladění radiostanice je nutný kmitočtový krok 6.25kHz a zdvih max. 12,5 kHz

Komunikátory pracující v tomto pásmu jsou povoleny k provozu ve většině zemí Evropy a lze je provozovat bez dalších poplatků a povolení kýmkoliv bez omezení. Jsou pro ně stanovena pravidla, která výrobcům diktují parametry, jež musí stanice splňovat a uživatelům podmínky, za kterých tyto stanice mohou volně používat jak k práci, tak pro zábavu nebo výuku. Tato pravidla, tzv. generální licence jsou pro každou zemi stanovena národním povolovacím orgánem, kterým je pro Českou republiku ČTÚ (Český telekomunikační úřad). Tato generální licence se v České republice nazývá Všeobecné oprávnění VO-R/3/07.2007-13 [1].

Toto pásmo bylo uvolněno k provozu v roce 2000.

Provoz v pásmu PMR je pouze simplexní (jednosměrný provoz), tzn., že na příjem a vysílání je k dispozici pouze jedna frekvence, například od mobilních telefonů kde jsou minimálně frekvence dvě, jedna pro příjem a jedna pro vysílání. Proto u radiostanic pracujících v tomto pásmu je tlačítko zahajující vysílání. Během vysílání přitom nelze poslouchat a naopak.

Dále je zde vyhrazen prostor pro digitální vysílání v kmitočtovém pásmu 446,1 - 446,2 MHz.

¹⁾ UHF Ultra High Frequency 300–3000 MHz decimetrové vlny 10 - 1 dm Televizní vysílání, radioamatérství, mobilní telefony, bezdrátové telefony, bezdrátové sítě, dálkové ovladače, mikrovlnky a GPR

2.1.1 Všeobecné ustanovení č. VO-R/3/07.2007-13

Všeobecné ustanovení č. VO-R/3/07.2007-13 k využívání radiových kmitočtů a k provozování zařízení PMR 446 podle Českého telekomunikačního úřadu [1]

Konkrétní podmínky týkající se § 10 odst. 1 písm. n) zákona jsou:

- a) stanici lze provozovat bez individuálního oprávnění k využívání rádiových kmitočtů;
- b) za stanici podle tohoto všeobecného oprávnění se považuje i stanice povolená v těch členských zemích CEPT, které přistoupili k rozhodnutí ERC č. ERC/DEC/(98)27 ze dne 23. 11. 1998, o volném pohybu a užívání zařízení PMR 446 v členských zemích CEPT, rozšiřující oblast aplikací ERC/DCE/(95)01;
- c) technické parametry:

Kmitočtové pásmo	446,0 - 446,1 MHz	446,1 - 446,2 MHz
Druh modulace	analogová	digitální
Vyzářený výkon	maximálně 500 mW e.r.p.	
Kanálová rozteč	12,5 kHz	6,25 kHz nebo 12,5 kHz
Doba zakličování	-	maximálně 180 s
Typ stanice	uživatelský terminál pro hlasovou komunikaci	ruční přenosná
Typ antény	integrální (pevně spojená se stanicí)	
Druh provozu	simplex, pouze hlasová komunikace	-

- d) stanice jsou provozovány na sdílených kmitočtech;
- e) provoz stanice nemá zajištěnou ochranu proti rušení způsobenému vysílacími rádiovými stanicemi jiné radiokomunikační služby provozovanými na základě individuálního oprávnění k využívání rádiových kmitočtů, nebo jinými stanicemi PMR 446. Případné rušení uživatelé řeší vzájemnou dohodou;
- f) stanice nesmí být elektricky ani mechanicky měněna;

2.2 Radiostanice PMR

Tyto stanice (lidově vysílačky) prodávané často jako pár jsou moderní alternativou CB (občanské pásmo) stanic. Vzhledem k tomu, že používají frekvence v pásmu 446 MHz, šíří se jejich signál takřka pouze na přímou viditelnost. Z vysoké frekvence vycházejí tedy velmi malé rozměry antén. Anténa je vždy součástí pouzdra stanice, vnější anténu (u povolených typů stanic) nelze připojit. Tyto stanice používají modulaci FM s kmitočtovým zdvihem 2,5 kHz a nejvyšší povolený výkon 0,5 W. Součástí vybavení stanice často bývá i selektivní volba typu CTCSS.



Obr. 1 Radiostanice Cobra MT 110

PMR má délku vlny asi 68 cm a tudíž i mírný pohyb se stanicí může zaznamenat značné zhoršení signálu. Avšak tato malá vlnová délka prakticky znemožňuje možnost atmosférického rušení, a i s poměrně malým výkonem stanic je možné navázat spojení na velkou vzdálenost při podmínce přímé viditelnosti. Problémem je malá ohebnost vln, protože vlna obchází překážky srovnatelně s její vlnovou délkou, tzn., že každá překážka (rozměrově větší než 68 cm) v cestě způsobuje značný útlum. Ovšem tyto vlny mají schopnost různě se odrážet, proto například v údolích by mělo být spojení bezproblémové s mírným zhoršením kvality přenosu.

Moderní radiostanice mají nepřehledné množství funkcí. Jedna z těchto funkcí je funkce subtónů CTCSS, či jiných kódů (DCS), které kanál rozdělí na jednotlivé skupiny.

CTCSS funguje tak, že radiostanice současně do řeči přidává tón o nízké frekvenci, která je lidským uchem neslyšitelná (67 - 254,1 Hz) a radiostanice, která má aktivní selektivní volbu jej registruje a vpustí jen hovory mající stejný subtón, na který je nastavena.

Frekvence subtónů nejsou předpisem jednoznačně stanoveny, a proto se může stát, že někteří výrobci mají tyto subtóny rozdílné.

Radiostanice, která nemá CTCSS selektivní volbu, nebo ji nemá aktivovanou slyší veškerou komunikaci na kanále.

Tab. 2: Přehled kanálů a frekvencí subtónů CTCSS [5]

Kanál	Hz	Kanál	Hz	Kanál	Hz	Kanál	Hz
1	67,0	11	97,4	21	136,5	31	192,8
2	71,9	12	100,0	22	141,3	32	203,5
3	74,4	13	103,5	23	146,2	33	210,7
4	77,0	14	107,2	24	151,4	34	218,1
5	79,7	15	110,9	25	156,7	35	225,7
6	82,5	16	114,8	26	162,2	36	233,6
7	85,4	17	118,8	27	167,9	37	241,8
8	88,5	18	123,0	28	173,8	38	250,3
9	91,5	19	127,3	29	179,9		
10	94,8	20	131,8	30	186,2		

DCS má stejný význam jako CTCSS, jen nefunguje na principu analogových subtónů, ale na digitálních kódech a rozdělí kanál na 83 skupin.

Tab. 3a: Přehled kanálů a digitálních kódů DCS [5]

Kanál	Digi. kód	Kanál	Digi. kód	Kanál	Digi. kód
39	023	60	143	81	315
40	025	61	152	82	331
41	026	62	155	83	343
42	031	63	156	84	346
43	032	64	162	85	351
44	043	65	165	86	364
45	047	66	172	87	365
46	051	67	174	88	371
47	054	68	205	89	411
48	065	69	223	90	412
49	071	70	226	91	413
50	072	71	243	92	423
51	073	72	244	93	431
52	074	73	245	94	432
53	114	74	251	95	445
54	115	75	261	96	464
55	116	76	263	97	465
56	125	77	265	98	466
57	131	78	271	99	503
58	132	79	306	100	506
59	134	80	311	101	516

Tab. 3b: Přehled kanálů a digitálních kódů DCS [5]

Kanál	Digi. Kód	Kanál	Digi. Kód	Kanál	Digi. Kód
102	532	109	631	116	723
103	546	110	632	117	731
104	565	111	654	118	732
105	606	112	662	119	734
106	612	113	664	120	743
107	624	114	703	121	754
108	627	115	712		

Veškeré PMR stanice používají funkce PTT, RTL (Push To Talk, Release To Listen) – stisknutí jediného tlačítka zahájí komunikaci na rádiovém kanálu, uvolnění tlačítka komunikaci ukončí a přepne stanici do režimu příjmu.

Výhody a nevýhody stanic PMR („vysílaček“) oproti mobilním telefonům:

Nevýhody:

- omezený dosah
- jednosměrný provoz
- hrozí odposlouchávání
- pouze zvuková komunikace

Výhody:

- nulové provozní náklady
- konferenční hovory s libovolným počtem účastníků
- netřeba vytáčet čísla
- cenově dostupné
- jednoduché ovládání

Všeobecně jsou PMR stanice určeny k volnému použití široké veřejnosti, a tak na nich můžeme zaslechnout hovory zcela *soukromé* (rodinné výlety a debaty...), *pracovní* (geometři, stavbaři, různé agentury...) i *zájmové* (lyžaři, horolezci, fandové PMR vysílání ...)

2.2.1 Dosah spojení

Oficiální uváděný dosah stanic je 3 km. Důležitým hlediskem pro ovlivnění dosahu je členitost terénu. Ideálním stavem je přímá viditelnost mezi stanicemi. Čím více terénních překážek, tím kratší dosah stanice má. Teoreticky při přímé viditelnosti je dosah až 160 km [10].

Orientační dosahy stanic v PMR:

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| ▪ v zástavbě | cca do 3 km |
| ▪ z auta do auta za jízdy | cca 2 km |
| ▪ z kopce na kopec | více než 100 km |

2.3 Opakovač PMR

Komerční opakovače jsou elektronické aktivní síťové prvky, které přijímají zkreslený, zašuměný signál a opravený, zesílený a správně časovaný ho vysílá dále.

Jednoduchý opakovač, který je náplní této diplomové práce, bude signál pouze přijímat a vysílat dále.

Opakovače PMR slouží ke zlepšení komunikace radiostanic PMR na místech, kde je spojení mezi stanicemi omezené nebo zcela nemožné, a také pro komunikaci na vzdálenost, která by byla mezi dvěma stanicemi nemožná.

3 Komerčně vyráběné opakovače pro PMR pásmo

➤ **FR6100** [7]

Výrobce: ICOM



Obr. 2.1 FR6100

Specifikace:

- *Rozsah frekvencí* 400 – 470 MHz
- *Výstupní výkon* 25 W
- *Počet kanálů* 32
- *Kanálový krok* 2,5; 3,125 kHz
- *Kanálová rozteč* 6,25; 12,5 ;20; 25 kHz
- *Impedance antény* 50 Ω (Type - N $\times$ 2)
- *Orientační cena* € 2 384

➤ **FR4100** [7]

Výrobce: ICOM



Obr. 2.2 FR4100

Specifikace:

- *Rozsah frekvencí* 450 – 480 MHz
- *Výstupní výkon* 25 W
- *Počet kanálů* 32
- *Kanálový krok* 5; 6,25 kHz
- *Kanálová rozteč* 12,5; 25; 12,5; 20 kHz
- *Impedance antény* 50 Ω (Type - N $\times$ 2)
- *Orientační cena* € 1 766

➤ **SRP-U06** [7]

Výrobce: ICOM



Obr. 2.3 SPR – U06

Specifikace:

- *Rozsah frekvencí* UHF
- *Výstupní výkon* 25 W
- *Počet kanálů* -
- *Kanálový krok* -
- *Kanálová rozteč* -
- *Impedance antény* -
- *Orientační cena* € 740

➤ **TKR-850E High** [6]

Výrobce: KENWOOD



Obr. 2.4 TKR-850E

Specifikace:

- *Rozsah frekvencí* 440 – 470 MHz
- *Výstupní výkon* 25 až 40 W
- *Počet kanálů* 16
- *Kanálový krok* 5,0; 6,25 kHz
- *Kanálová rozteč* 12,5; 25 kHz
- *Impedance antény* 50 Ω
- *Orientační cena* € 2 200

➤ **TKR-851E Low** [6]

Výrobce: KENWOOD



Obr. 2.5 TKR-851E

Specifikace:

- *Rozsah frekvencí* 440 – 470 MHz
- *Výstupní výkon* 1 až 25 W
- *Počet kanálů* 16
- *Kanálový krok* 5,0; 6,25 kHz
- *Kanálová rozteč* 12,5; 20; 25 kHz
- *Impedance antény* 50 Ω
- *Orientační cena* € 1 453

➤ **VXR-5000** [9]

Výrobce: VERTEX



ameradio.com

Obr. 2.6 VXR-5000

Specifikace:

- *Rozsah frekvencí* 400 – 512 MHz
- *Výstupní výkon* 25 W
- *Počet kanálů* 8
- *Kanálový krok* 2,5; 5 kHz
- *Kanálová rozteč* 12,5; 20; 25 kHz
- *Impedance antény* 50 Ω
- *Orientační cena* € 1 495

Tab. 5: Srovnání komerčně vyráběných opakovačů PMR

Typ	FR6100	FR4100	SRP-U06	TKR-850E	TKR-851E	VXR-5000
Výrobce	Icom	Icom	Icom	Kenwood	Kenwood	Vertex
Rozsah frekvencí [MHz]	400 – 470	450 – 480	UHF	440 – 470	440 – 470	400-512
Výstupní výkon [W]	25	25	-	25 – 40	1.25	25
Počet kanálů [-]	32	32	-	16	16	8
Kanálový krok [kHz]	2,5; 3,125	5,0; 6,25	-	5,0; 6,25	5,0; 6,25	2,5; 5
Kanálová rozteč [kHz]	6,25; 12,5; 20; 25	12,5; 25; 12,5; 20	-	12,5; 25	12,5; 20; 25	12,5; 20; 25
Impedance antény [Ω]	50	50	-	50	50	50
Cena [€]	2 384	1 766	740	2 200	1 453	1 495

4 Realizace opakovace pro PMR pásmo

4.1 Návrh PMR opakovace

Jednoduchý opakováč fungující v pásmu 446 MHz je realizován pomocí funkční stanice PMR a opakovacího modulu, skládajícího se ze zařízení pro záznam a přehrávání zvuku, který je řízen mikrokontrolérem Atmel řady AVR. Tento opakovací modul je připojen ke stanici PMR přes JACK_3.5 pro handsfree sadu.

Do stanice PMR nezasahují proto, abych neporušil všeobecné ustanovení č. VO-R_03_07_2007-13 k využívání radiových kmitočtů a k provozování zařízení PMR 446 podle českého telekomunikačního úřadu [1], kde se píše, že stanice nesmí být elektricky ani mechanicky měněna.

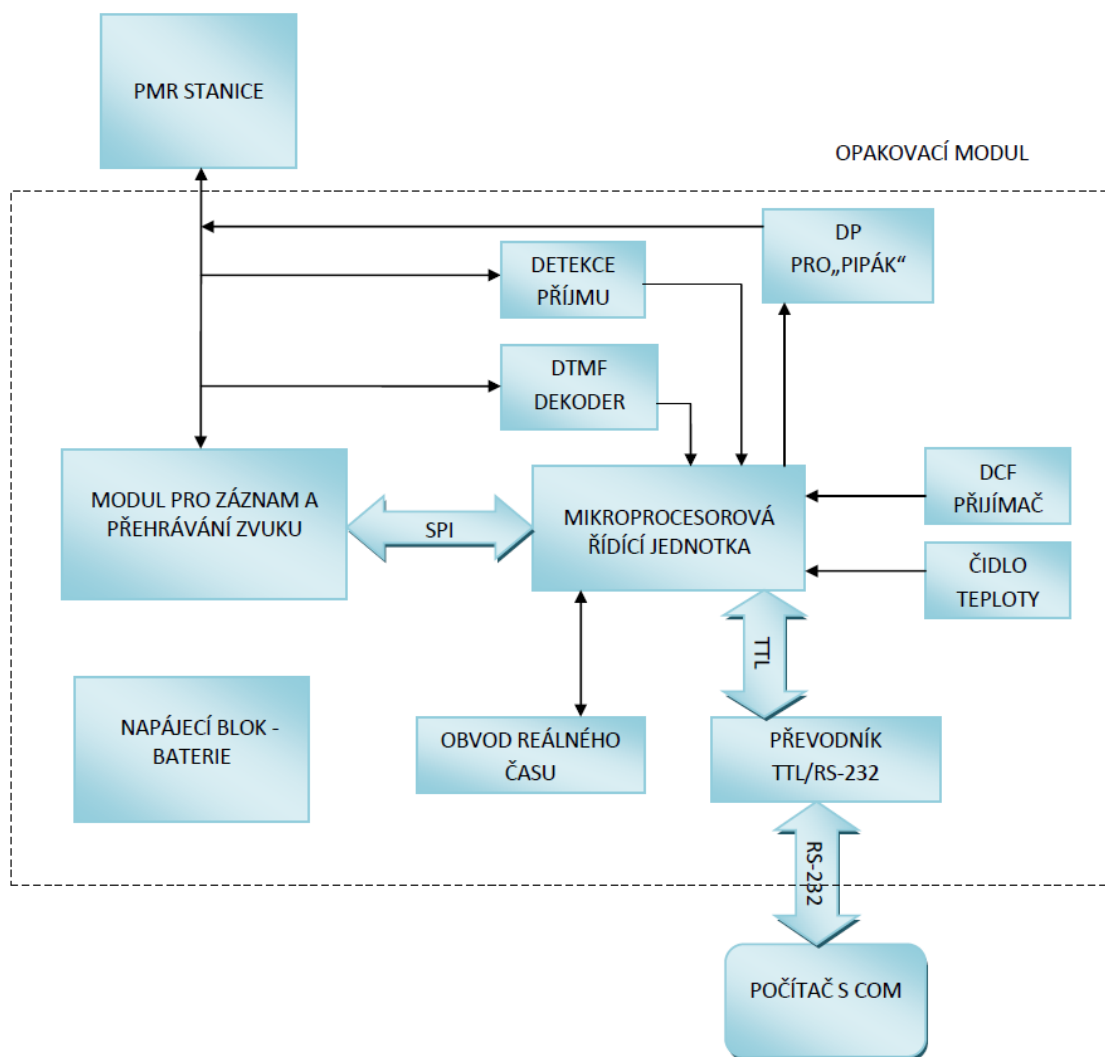
Opakováč pracuje na následujícím principu: pokud řídicí procesor vyhodnotí příjem signálu, spustí nahrávání do paměti audiomodulu. Po skončení příjmu přepne řídicí procesor PMR stanici do vysílacího režimu a dá audiomodulu pokyn pro přehrání obsahu paměti. Po ukončení přehrávání přejde zařízení zpět do přijímacího režimu.

Opakovací modul je dále vybaven teplotním čidlem, obvodem reálného času a přijímacím modulem DCF, který bude pravidelně aktualizovat přesný čas. Modul zaznamenává nejvyšší a nejnižší naměřenou teplotu během provozu, počet opakování a datum a čas, kdy byly tyto hodnoty pořízeny. Všechny tyto údaje jsou ukládány do paměti EEPROM v mikroprocesoru, a proto jsou zachovány i při odpojení napájecího napětí.

Nastavení opakovace lze ovládat pomocí tónové volby DTMF v přijímaném signálu. Pomocí těchto kódů, lze měnit provozní režimy opakovace nebo spustit přečtení a následné „vypíání“ aktuální teploty pomocí Morzeovy abecedy.

Díky rozhraní RS-232, lze opakovací modul připojit k počítači a pomocí terminálu s opakovacem komunikovat. Údaje o teplotě, času a počtu opakování lze vyčíst a smazat. Dále při nedostupnosti signálu DCF, tzn. neschopnosti opakovace nastavit přesný čas, lze datum a čas zadat manuálně.

Blokové schéma opakovacího modulu je zobrazeno na Obr. 2.



Obr. 3 Blokové schéma jednoduchého opakováře v PMR pásmu

4.2 Použité obvody

Všechny použité integrované obvody jsou pro jednoduchou výměnu při poškození nebo nefunkčnosti umístěny v patičkách.

Z důvodu úspory energie není u žádného integrovaného obvodu použita kontrolní nebo signalizační LED dioda.

4.2.1 Mikroprocesor

Základem celého opakovacího modulu je mikrokontrolér Atmel řady AVR. Ten jsem zvolil 8-bitový ATmega8 [11] z důvodu velikosti, ceny a úspory energie celého zařízení. Má 8 kB FLASH paměť, programovatelnou pomocí rozhraní ISP, 512 B paměť EEPROM a 23 I/O pinů, které zde akorát postačí.

Napájecí napětí je +5 V a po připojení krystalu může pracovat na kmitočtu 16 MHz. Další výhodou je, že ho lze jednoduše připojit k PC pomocí datového rozhraní USART (synchronní a asynchronní rozhraní), u PC RS-232 (sériová linka).

Dále umí rozhraní SPI, režimy Master/Slave, které zde budou využity pro ovládání obvodu pro záznam a přehrávání řečového signálu. Disponuje dvěma 8-bitovými časovači/čítači a jedním 16-bitovým časovačem čítačem, který bude využit pro čtení přesného data a času z DCF přijímače.

4.2.2 Obvod pro záznam a přehrávání řečového signálu

Zařízení pro záznam a přehrávání řečového signálu jsem vybral často používaný obvod ze série ISD1700, a to konkrétně ISD1760PY [12] s napájením +5 V. Výhoda tohoto obvodu je, že ho lze plně ovládat pomocí rozhraní SPI (Serial Peripheral Interface – sériové periferní rozhraní). Má možnost dvou různých vstupů a to buď mikrofonní vstup s AGC nebo jednopólový pomocný vstup pro nahrávání AnaIn, který zde využiji pro vstup z JACKu ze stanice PMR. Pro vysílání použiji diferenciální výstup SP+ využívající pulsně šířkovou modulaci PWM používaný pro 8 Ω reproduktor.

Výhodou tohoto obvodu je, že lze jednoduše pomocí změny rezistoru R_{osc} měnit vzorkovací frekvenci záznamu zařízení a tím volit maximální délku záznamu, bohužel na úkor kvality, jak je uvedeno v Tab. 4 [12].

Tab. 5: Tabulka délky záznamu s vzorkovací frekvencí pro obvod ISD1760PY

Vzorkovací frekvence [kHz]	12	8	6.4	5.3	4
R_{osc} [k Ω]	53	80	100	120	160
Trvání záznamu [s]	40	60	75	90	120

U konstruovaného opakováče použiji vzorkovací frekvenci pro audiomodul 4 kHz. A to z důvodu nejdelšího trvání záznamu. Vzhledem ke špatné kvalitě zvuku mezi radiostanicemi je zde možné použít nejhorší kvalitu záznamu, aniž by došlo k viditelnému zhoršení kvality zvuku opakováče.

4.2.3 Obvod reálného času

Jako obvod reálného času budu používat velice přesný a cenově dostupný obvod DS1302 [13] s napájením +5 V. Tento obvod čítá po sekundách a využívá externí krystal 32,768 kHz. Pro nastavení přesného času bude sloužit hotový přijímací modul DCF s feritovou anténou nebo ruční nastavení pomocí terminálu v PC.

4.2.4 Teplotní čidlo

Pro měření teploty použiji teplotní čidlo od firmy Dallas DS18B20 [14]. Pracovní napětí má 5 V a funguje v rozsahu teplot od -55 °C do +125 °C s přesností $\pm 0,5$ °C v rozmezí od -10 °C do +85 °C, což je pro toto orientační měření dostačující. Konverze teploty je prováděna do 12 – bitového číslicového slova s časem převodu max. 750 ms.

4.2.5 DCF přijímač

Pro příjem přesného času je použit přijímací DCF obvod od firmy Conrad [15]. Tato deska přijímá časovou informaci ze stanice DCF77 ve Frankfurtu v Německu.

DCF77 (D = *Deutschland* C = long wave signal F = Frankfurt 77 = frequency) je rádiová stanice vysílající dlouhovlnný signál s kmitočtem 77,5 kHz. Vysílač má výkon 50 kW a odhadnutý vyzářený výkon (ERP) je přibližně 30 kW. K vysílání je určena 150 m vysoká vertikální všesměrová anténa s kapacitním nástavcem. Dosah vysílače je zhruba 1500 – 2000 km, jak je vidět na Obr. 5:



Obr. 4 DCF přijímač Conrad

Vysílač pracuje v nepřetržitém provozu 24 hodin denně, proto lze čtení přesného času provádět prakticky kdykoli.

DCF signál přenáší tyto informace:

- čas platný pro následující minutu
- datum platné pro následující minutu
- číslo dne v týdnu
- informace o přechodu na letní čas
- časová zóna (UTC)
- provoz na normální a rezervní anténu
- zabezpečení přenosu – několik paritních bitů



Obr. 5 Dosah DCF vysílače

4.2.6 DTMF přijímač

DTMF (Dual-tone Multi Frequency) je tónová volba, která je základním kamenem řízení hlasových komunikací. Každý tón je složen ze dvou sinusových signálů o přesně dané frekvenci. Těchto tónů je celkem 16, ale běžně se jich používá 12 (čísla 0-9, *, #). Tóny A až D jsou takzvané systémové. Běžný uživatel je k ničemu nepotřebuje.

Pro detekci těchto tónů jsem zvolil integrovaný DTMF přijímač od firmy MITEL MT8870D [16]. Tento obvod se vyznačuje nízkou spotřebou, kompletním DTMF příjmem a využívá externí krystal 3,579545 MHz.

Pomocí této tónové volby je možné PMR opakovači poslat příkaz nebo měnit jeho nastavení na vzdálenost dosahu PMR stanice.

4.2.7 Převodník TTL/RS232

Abychom mohli komunikovat s PC pomocí rozhraní USART, které zajišťuje mikroprocesor, je potřeba obvod pro převod úrovní TTL a RS-232 (sériová linka), tzv. převodník logických úrovní. Vhodný je integrovaný obvod MAX232CPE [17]. Jeho nespornou výhodou je, že potřebuje pouze jeden zdroj napětí a to +5 V místo běžnějších +15. Obsahuje dva převodníky TTL → RS232 a dva převodníky RS232 → TTL.

4.2.8 Obvod pro „pípání“ Morzeovy abecedy

Jedna z funkcí opakovače je možnost „vypípání“ aktuální teploty. Jako jednoduchý generátor signálu jsem použil generování obdélníkového signálu přímo z mikroprocesoru o frekvenci 1 kHz. Kvůli širokému spektru mikroprocesoru je za generátorem vložen lineární filtr a to konkrétně dolní propust, která omezí signál vyšších frekvencí. Dále je v sérii elektrolytický kondenzátor 0,1 μF kvůli nežádoucímu uzemnění PMR stanice přes mikroprocesor mimo proces generování signálu.

Výpočet mezní frekvence použité dolní propusti:

$$R = 4,7 \text{ k}\Omega; C = 33 \text{ nF}$$

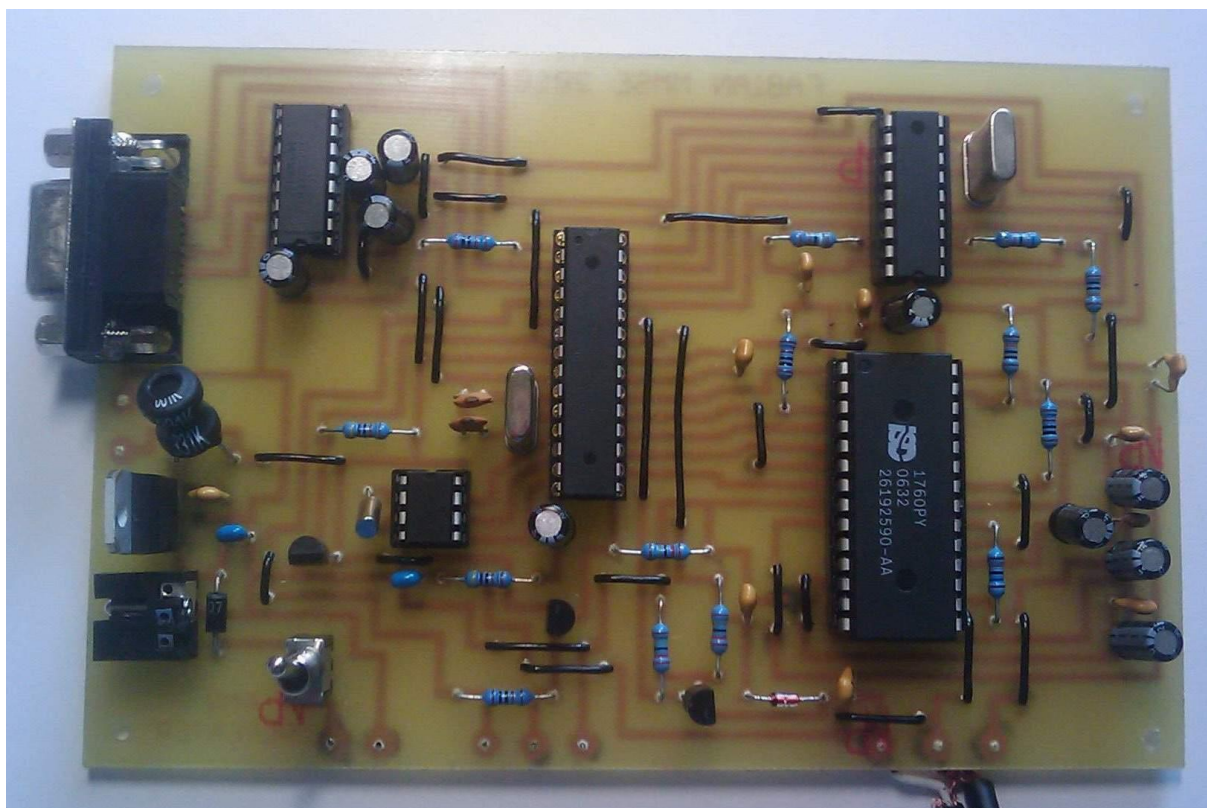
$$f_m = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 4700 \cdot 33 \cdot 10^{-9}} = 1026,1 \text{ kHz} \quad (1)$$

4.3 Návrh desky plošného spoje

Desku plošného spoje opakovacího modulu jsem navrhoval v programu Eagle 5.7.0. Kvůli jednoduché výrobě je celá deska je navržena pouze jednostranně. Místo druhé vrstvy jsem použil několik drátových propojek.

Rozměry desky jsou 146 x 97 mm. Seznam použitých součástek je uveden v tabulce Tab. 8. Kompletní navržená deska plošného spoje opakovacího modulu je v Příloze č. 1.

4.3.1 Foto opakovacího modulu



Obr. 6 Deska opakovacího modulu

4.4 Stanice PMR

Základem jednoduchého opakovacího modulu pro PMR pásmo je kromě opakovacího modulu, zařízení pro příjem a vysílání signálu v pásmu 446 MHz. Pro legální provoz musí takové zařízení splňovat Všeobecné oprávnění VO-R/3/07.2007-13 [1]. Takovéto oprávnění dnes splňují téměř všechny na trhu prodávané PMR radiostanice.

Pro opakováč jsem zvolil radiostanici Datavox Premium 1 (nově Hoffer – osobní radiostanice model 103) [18]. Tato stanice se prodává v páru, má malou velikost, podporuje spoustu funkcí a je cenově dostupná (okolo 1500 Kč).

Technické parametry PMR stanice Datavox Premium 1 uváděné výrobcem:

Počet kanálů:	8
CTCSS audio sub-kanály	38 pro každý kanál
Vysílací výkon	0,5 W
Výdrž	cca 30 h (3 AAA baterie)
Dosah	do 4800 m

PMR stanice je připojena k opakovacímu modulu pomocí JACK 3,5 pro handsfree sadu. Pro správnou funkčnost musí být na radiostanici PMR zapnuta funkce „VOX“. Při aktivaci této funkce je vysílání a příjem automaticky řízeno bez jakéhokoliv stisku tlačítek. Vysílání se aktivuje hlasem (úroveň okolního zvuku). V tomto případě detekcí signálu z opakovacího modulu.



Obr. 7 PMR stanice Datavox Premium 1(Hoffer 103)

4.5 Napájení opakovače

Napájení celého opakovače, tzn. opakovacího modulu, radiostanice PMR a přijímače DCF zajistí cenově dostupné články typu AA. Použiji 6 dobíjecích baterií NiMH zapojených v sérii, tzn. $6 \times 1,2 \text{ V}$ ($7,2 \text{ V}$), které budou pomocí napěťového stabilizátoru dodávat do celého obvodu stejnosměrné napětí $+5 \text{ V}$, které je potřebné pro všechny obvody.

Další možností napájení je pomocí univerzálního nebo vyhovujícího síťového zdroje přes napájecí DC JACK 3,5, který je umístěn na opakovacím modulu.

Pro dodávku stabilního stejnosměrného napětí $+5 \text{ V}$, jsem chtěl původně použít integrovaný stabilizátor napětí LF50CV [19], který se vyznačuje nízkými ztrátami, a proto by se zde hodil kvůli snížení spotřeby a tím delší výdrže opakovače v provozu. Bohužel však tento stabilizátor nelze použít, kvůli rušení zvukového signálu při vysílání, které způsobuje vnitřní zapojení stabilizátoru. Proto zde použiji klasický a mnohem levnější integrovaný stabilizátor napětí L7805 [20]. Tento stabilizátor je schopen dodávat proud až $1,5 \text{ A}$ se vstupním napětím do 35 V . Ovšem při těchto hodnotách by docházelo k velkému zahřívání stabilizátoru a k případnému rušení zvukového signálu, a protože zde stabilizátor není nijak chlazen, nemělo by vstupní napětí přesáhnout cca 10 V .

Kvůli případnému nežádoucímu rušení je na výstupu stabilizátoru umístěna tlumivka 09P-331K [21], která zde slouží jako filtr vyšších frekvencí. Na tlumivce je úbytek napětí zhruba $0,04 \text{ V}$ což je zanedbatelné. Parametry tlumivky jsou v Tab. 6 a hodnoty impedancí tlumivky pro zhruba slyšitelnou oblast je uvedena v Tab. 7.

Tab. 6 Parametry tlumivky 09P-331K [21]

L [μ H]	f_L [MHz]	Tol [%]	$Q_{\min}$ [-]	f_Q [MHz]	SFR [MHz]	DC Res. Max [Ω]	DC Current [mA]
330	0,02	± 10	35	0,796	2,7	1	490

Tab. 7 Impedance tlumivky 09P-331K [21] pro slyšitelné pásmo frekvencí

f [Hz]	Z [Ω]
1 000	$2,073 \cdot e^{j90}$
2 000	$4,147 \cdot e^{j90}$
3 000	$6,220 \cdot e^{j90}$
4 000	$8,294 \cdot e^{j90}$
5 000	$10,367 \cdot e^{j90}$
6 000	$12,441 \cdot e^{j90}$
7 000	$14,514 \cdot e^{j90}$
8 000	$16,587 \cdot e^{j90}$
9 000	$18,661 \cdot e^{j90}$
10 000	$20,735 \cdot e^{j90}$
11 000	$22,808 \cdot e^{j90}$
12 000	$24,881 \cdot e^{j90}$
13 000	$26,955 \cdot e^{j90}$
14 000	$29,028 \cdot e^{j90}$
15 000	$31,102 \cdot e^{j90}$
16 000	$33,175 \cdot e^{j90}$
17 000	$35,249 \cdot e^{j90}$
18 000	$37,322 \cdot e^{j90}$

Příklad výpočtu pro $f = 1\,000$ Hz:

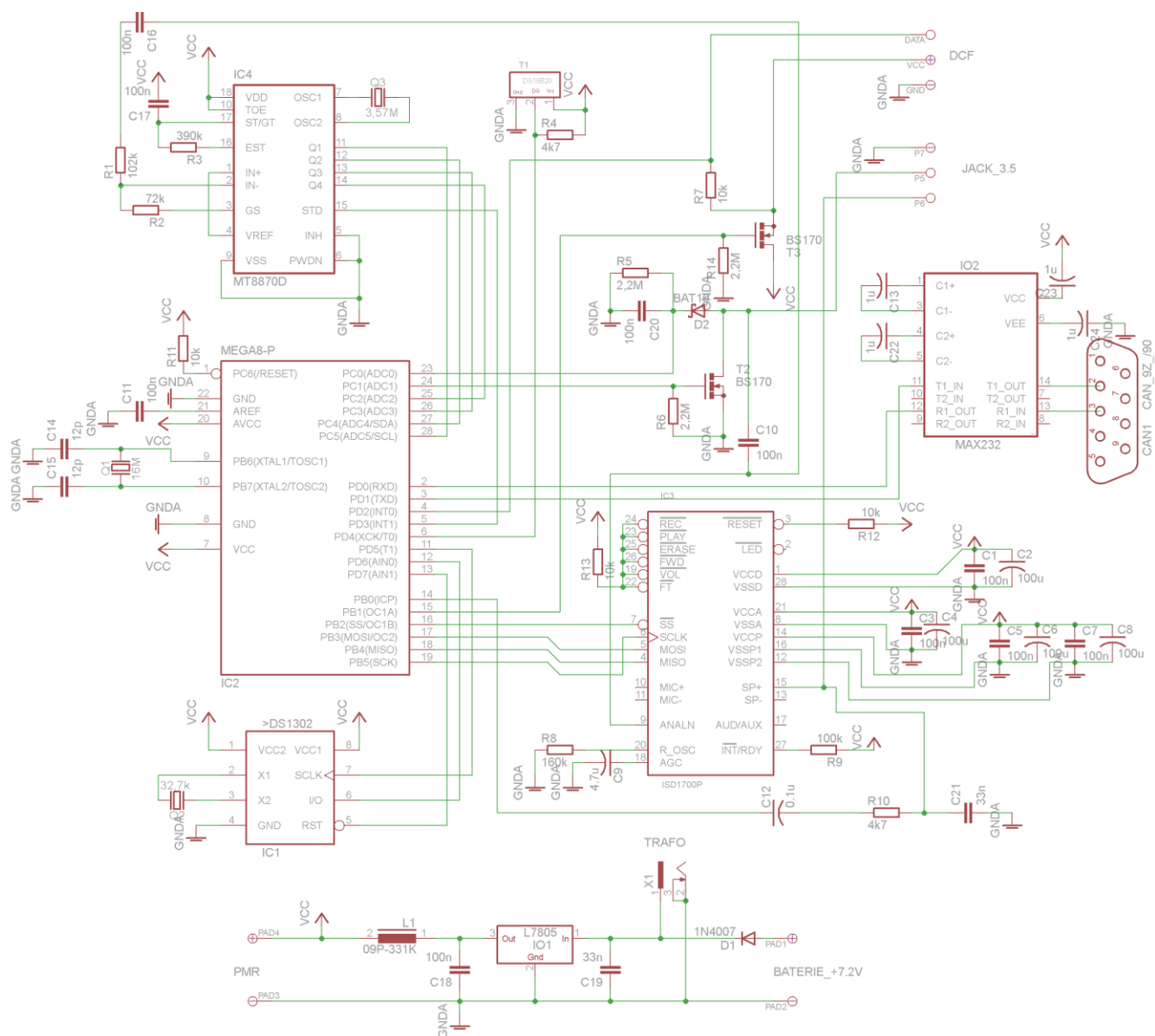
$$Z = j\omega L = j2\pi L = j \cdot 2\pi \cdot 1000 \cdot 330 \cdot 10^{-6} = 2,073 \cdot e^{j90} \Omega \quad (2)$$

4.6 Seznam a cena použitých součástek

Tab. 8: Seznam použitých součástek včetně orientační ceny

Opakovací modul					
Označení	Součásty	Cena	Označení	Součásty	Cena
IC2	ATmega8	34 Kč	R13	RR 10k	1 Kč
IC3	ISD1760PY	146 Kč	R14	2,2M	1 Kč
IO2	MAX232	20 Kč	C1	CK 100N/50	1 Kč
IC4	MT8870D	27 Kč	C2	E100M/50	1 Kč
IC1	DS1302	48 Kč	C3	CK 100N/50	1 Kč
T1	DS18B20	50 Kč	C4	E100M/50	1 Kč
T2,T3	BS170 2x	5 Kč	C5	CK 100N/50	1 Kč
IO1	L7805	8 Kč	C6	E100M/50	1 Kč
L1	09P-331K	13 Kč	C7	CK 100N/50	1 Kč
D2	BAT19	3 Kč	C8	E100M/50	1 Kč
D1	1N4007	3 Kč	C9	E4M7/50	1 Kč
Q1	Q 16MHz	10 Kč	C10	CK 100N/50	1 Kč
Q2	Q 32,7kHz	4 Kč	C11	CK 100N/50	1 Kč
Q3	Q 3,57MHz	10 Kč	C12	E0,1M/50	1 Kč
CAN1	CAN 9 Z 90	9 Kč	C13	E1M/50	1 Kč
X1	SCD-016A	15 Kč	C14	CK 100N/50	1 Kč
TL1	P-M132 RT	18 Kč	C15	CK 100N/50	1 Kč
R1	RR 102k	1 Kč	C17	CK 100N/50	1 Kč
R2	RR 72K	1 Kč	C18	CK 100N/50	1 Kč
R3	RR 390	1 Kč	C19	CK 33N/50	1 Kč
R4	RR 4k7	1 Kč	C20	CK 100N/50	1 Kč
R5	RR 2,2M	1 Kč	C21	CK33N/50	1 Kč
R6	RR 2,2M	1 Kč	C22	E1M/50	1 Kč
R7	RR 10k	1 Kč	C23	E1M/50	1 Kč
R8	RR 160k	1 Kč	C24	E1M/50	1 Kč
R9	RR 100k	1 Kč	JACK 3,5		8 Kč
R10	RR 4k7	1 Kč	Pouzdra na baterie		10 Kč
R11	RR 10k	1 Kč	patice pro int. Obvody		15 Kč
R12	RR 10k	1 Kč	Distanční sloupky; šroubky		30 Kč
Plastový BOX 220x220x60			90 Kč		
DCF přijímač Conrad			238 Kč		
Baterie – 6xAA Rechargeable NiMH 2700mAh			300 Kč		
PMR stanice Datavox Premium 1 (Hoffer 103)			1502 Kč		
Orientační celková cena jednoduchého opakováče: 2651 Kč					

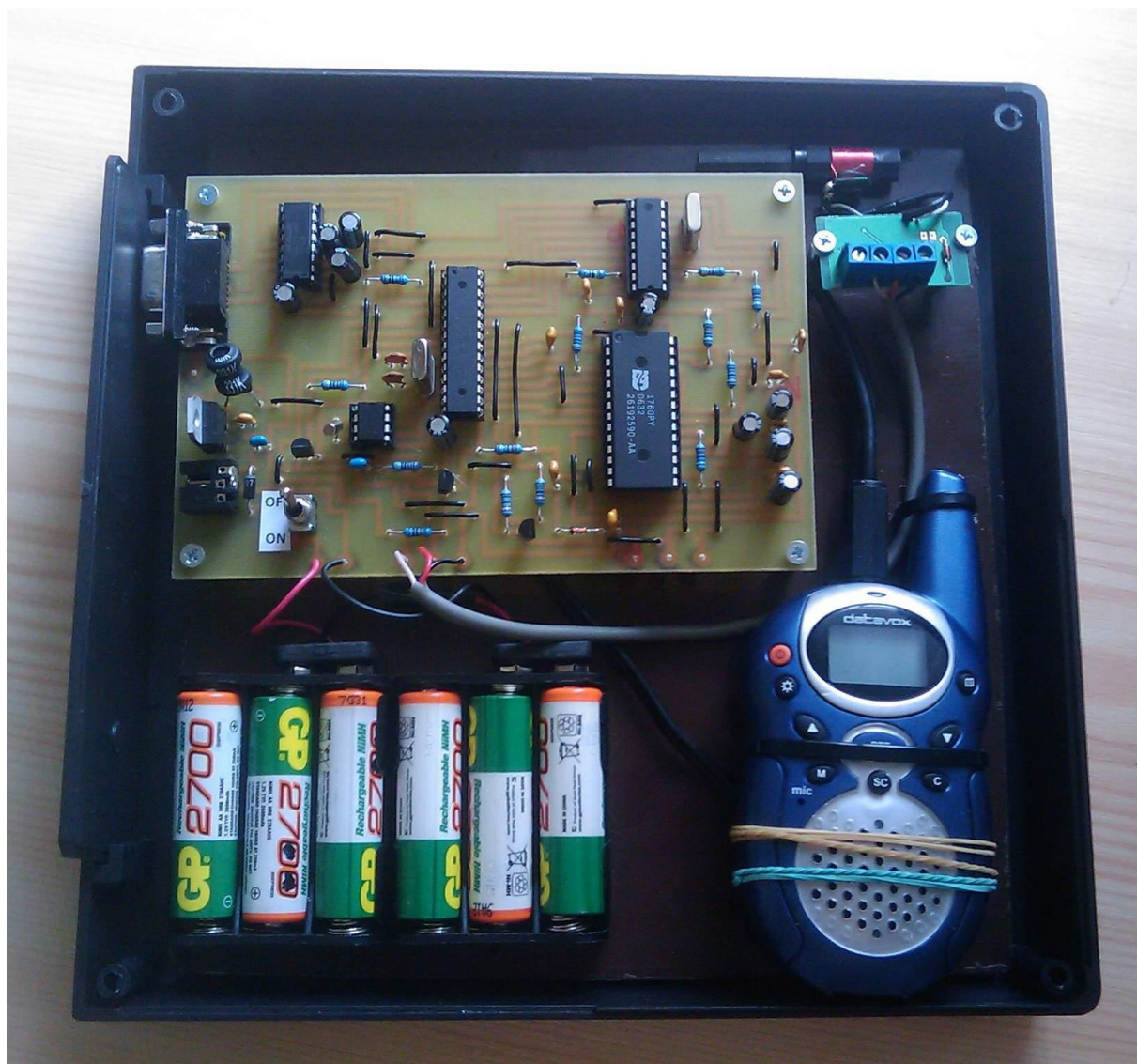
4.7 Schéma zapojení opakovacího modulu



Obr. 8 Schéma opakovacího modulu

4.8 Parametry a funkce opakováče

Všechny části, ze kterých se opakováč skládá jsou umístěny v plastovém uzavíratelném boxu o velikosti 60 x 220 x 220 mm.



Obr. 9 Jednoduchý opakováč pro PMR pásmo

Základní technické parametry jednoduchého opakováče se odvíjejí od použité stanice PMR [18]. Ta má vysílací výkon 0,5 W a teoretický dosah až 5 km.

Pohotovostní doba je dána použitými napájecími bateriemi. Při použití šesti dobíjecích baterií typu AA s kapacitou 2700 mAh, je teoretická kapacita 16 200 mAh. Spotřeba stanice PMR je ve stavu při čekání na příjem okolo 10 - 30 mA, ve stavu příjmu zhruba 60 mA a při vysílání asi 160 mA. Odběr opakovacího modulu se pohybuje okolo 30 mA při čekání na příjem, při příjmu (nahrává zvukový signál) 45 mA a při vysílání 70 mA. To znamená, spotřeba celého opakováče je minimálně 40 - 60 mA a maximální teoretická pohotovostní doba bude asi 270 hodin (asi 11 dní).

Kdyby byl opakováč v plném provozu 1 hodinu z celého dne, tzn., že jednu hodinu denně by opakováč přijímal a vysílal signál, spotřeba by byla v průměru okolo 65 mA a reálná provozní doba opakováče by dosahovala okolo 250 hodin (10 dní).

Při zapnutí se opakováč automaticky přepne do režimu DCF_ON, ve kterém se snaží nalézt a přechytit DCF signál a nastavit obvodu reálného času přesné datum a čas. Pokud se čas zaktualizuje nebo se čas nepodaří přechytit do 5 minut, opakováč provede dvě pípnutí, aby uživatel věděl, že je opakováč připraven přijímat a vysílat signál a automaticky se přepne do režimu ON, ve kterém pomocí AD převodníku (ten je obsažen v mikrokontroléru) „čeká“ na signál a je připraven provádět funkci opakováče. Do režimu DCF_ON se opakováč přepíná vždy ve 3.00, proto je v tuto dobu maximálně 5 minut mimo provoz.

Dále opakováč při spuštění zjistí aktuální teplotu (s přesností na dvě desetinná místa) a vždy každou následující hodinu během celého provozu teplotu kontroluje a ukládá maximální a minimální naměřenou teplotu včetně data a času, kdy byla teplota naměřena. Tyto informace ukládá do paměti EEPROM, a proto i po vypnutí opakováče, zůstanou data uložena.

Opakovací modul lze připojit k počítači pomocí rozhraní RS-232 (sériová linka) a díky freeware programu Terminal v1.9b [22] (lze použít klasický Hyperterminal, který je součástí systému Windows) vyčíst nebo nastavit některé údaje.

Pomocí příkazů lze vyčíst aktuální datum a čas, aktuální teplotu včetně naměřené maximální a minimální teploty, počet použití opakováče (počet opakování) a počet použití opakováče celkem od jeho prvního spuštění. Údaje o teplotách a počet opakování lze pomocí příkazů smazat. Dále je možné při nenalezení DCF signálu a tím nenastavení přesného data a času tyto údaje nastavit ručně. Přesnější popis příkazů je v kapitole 5.

Opakováč má několik režimů, ve kterých pracuje, a mezi kterými se dá přepínat. Změna režimů se dá provést pomocí kombinace kódů tónové volby DTMF. Režim ON/DTMF_OFF se nastaví automaticky při zapnutí opakováče. V tomto režimu opakováč nahrává a přehrává jakýkoli přijatý signál. Další režim je ON/DTMF_ON. Když je tento režim aktivní, je potřeba pro spuštění nahrávání zadat příkaz „START“ pomocí určeného tónu DTMF. Konec nahrávání v obou režimech nastane vždy při nepřítomnosti přijímaného signálu. Poslední režim je OFF. V tomto režimu opakováč pouze čte DTMF kódy kvůli změně režimu a nenahrává ani nepřehrává žádný signál.

Při zadávání kódů je nutné stisknout správnou kombinaci. Znak „*“ aktivuje DTMF a následný znak je pro určený příkaz. Deaktivace se provede automaticky po provedení příkazu nebo při stisknutí znaku „#“. Všechny ovládací kódy tónové volby jsou vypsány níže v tabulce Tab. 11.

Kvůli použití funkce VOX na PMR stanici, která umožní detekci signálu bez stisku tlačítka, a která je pro použití opakováče nezbytná, je nutné při každé změně režimu čekat 2,5 s na ustálení PMR stanice. Po té je nový režim připraven k použití.

Před každým začátkem nahrávání, opakováč zapne audiomodul a smaže celou jeho paměť. Po skončení přehrávání se audiomodul kvůli šetření energie opět vypne.

Dále lze pomocí tónové volby DTMF zadat příkaz pro přečtení aktuální teploty a následného „vypípání“ pomocí Morzeovy abecedy. Zde je záporná teplota označena písmenem „M“, které je „vypípáno“ před teplotou. Teplota je „vypípána“ s přesností na dvě desetinná místa. Tabulka s čísly Morzeovy abecedy je uvedena níže.

Tab. 9 Morzeova abeceda [23]

Znak	Kombinace tónů
1	. - - - -
2	.. - - -
3	... - -
4	 -
5	
6	-
7	- - ...
8	- - - ..
9	- - - - .
0	- - - - -
M	- -

V režimu ON má opakovač ochranu proti náhodnému rušení, která funguje následujícím způsobem: opakovač při detekci signálu začne nahrávat signál, po 1 s kontroluje, zda je signál stále přítomen, pokud není, tzn., že došlo ke spuštění nahrávání kvůli rušení a záznam se nepřehraje.

Maximální délka záznamu je závislá na kapacitě paměti audiomodulu. Vzhledem k tomu, že stanice PMR nedisponují moc dobrou kvalitou zvuku, bude zde dostačující nejhorší možná kvalita s vzorkovací frekvencí 4 kHz (Tab. 4). Délka záznamu bude proto maximální pro daný audiomodul, a to 120 s. Když dojde k naplnění paměti, opakovač automaticky nahrávání ukončí a záznam přehraje.

Tab. 10: Shrnutí funkcí a parametrů opakovače

Funkce	popis
Vysílací výkon	0,5 W
Dosah	až 5 km
Spotřeba	- při čekání na příjem 40 - 60 mA (stanice 10-30 mA; modul 30 mA) - při příjmu 105 mA (stanice 60 mA; modul 45 mA) - při vysílání 230 mA (stanice 160 mA; modul 70 mA)
Pohotovostní doba	270 h
Provozní doba	250 h
Režimy opakovače	- ON/DTMF_OFF.....nahrává a přehrává vše - ON/DTMF_ON.....pro nahrávání čeká na kód DTMF („0“) - OFF.....nenahrává, pouze čte DTMF kódy
Aktualizace pomocí DCF	po spuštění a vždy ve 3.00 hod. aktualizuje datum a čas (opakovač max. 5 min mimo provoz)
Kontrola teploty	po spuštění každou hodinu kontroluje a ukládá maximální a minimální teplotu
„Vypípání teploty“	pomocí kódu tónové volby „vypípá“ pomocí Morzeovy abecedy aktuální teplotu
Ochrana proti náhodnému rušení	záznam musí být delší jak 1s, jinak je vyhodnocen jako náhodné rušení a není přehrán
Připojitelnost k PC	Pomocí rozhraní RS-232 lze připojit k počítači a lze nastavit, smazat nebo vyčistit některé údaje
Ochrana proti „zamrznutí“	pomocí časovače Watchdog, který je obsažen v mikrokontroléru ATmega8 je prováděna kontrola proti zacyklení, pokud se tak stane, provede reset
Maximální délka záznamu	120 s (při naplnění paměti, automaticky přehraje záznam)
Orientační cena celého opakovače	2651 Kč

Tab. 11 Kódy tónové volby DTMF

Příkaz	Kódy tónové volby
Aktivuje DTMF (a čeká na kód)	„*“
Změna režimu na: ON_DTMF/ON	„3“
Změna režimu na: ON_DTMF/OFF	„2“
Změna režimu na: OFF	„1“
Start nahrávání v režimu ON_DTMF/ON	„0“
„Vypípání“ teploty pomocí Morzeovy abecedy	„4“
Deaktivuje DTMF	„#“

5 Software

Vytvoření softwaru je velice důležitou částí tohoto projektu. Vzhledem k použitému mikroprocesoru ATmega8 jsem z důvodu pohodlnějšího programování vyvíjel software v programovacím jazyku C. Pro toto vývojové prostředí jsem zvolil program dodávaný přímo od firmy Atmel AVR Studio 4, který je možno zdarma stáhnout na stránkách výrobce [24].

5.1 Řídící program

Jak už bylo zmíněno, o veškeré procesy se stará mikrokontrolér ATmega8 [11]. Při spuštění hlavní programový cyklus provede pouze inicializace jednotlivých částí programu, zapne časovač Watchdog, který kontroluje program proti zacyklení, pokusí se získat přesné datum a čas pomocí DCF přijímače, přečte a uloží základní teplotu a přejde do nekonečné smyčky.

V nekonečné smyčce je prováděna pomocí AD převodníku detekce signálu, při které je kontrolováno, zda není přijata některá kombinace dtmf kódu. Pokud je aktivní režim pro nahrávání, obvod zvukový signál nahraje a následně odvysílá. Následně vždy každou hodinu kontroluje teplotu a ukládá nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotu, včetně data a času, kdy k ní došlo. Vždy ve tři hodiny ráno je prováděna aktualizace data a času pomocí DCF přijímače.

Dále zde může dojít k několika přerušení. K překladu přijaté informace z DCF přijímače jsem použil funkční a ověřený kód [25], který jsem pouze upravil do vhodné podoby pro tento opakovač. Je zde využito časovače/čítače 1 a externího přerušení INT0.

K přerušení může také dojít při dokončení příjmu znaku z rozhraní USART. Tyto jednotlivě přijaté znaky se ukládají do paměti. Pokud dojde ke shodě s některým z příkazů, je tento příkaz proveden.

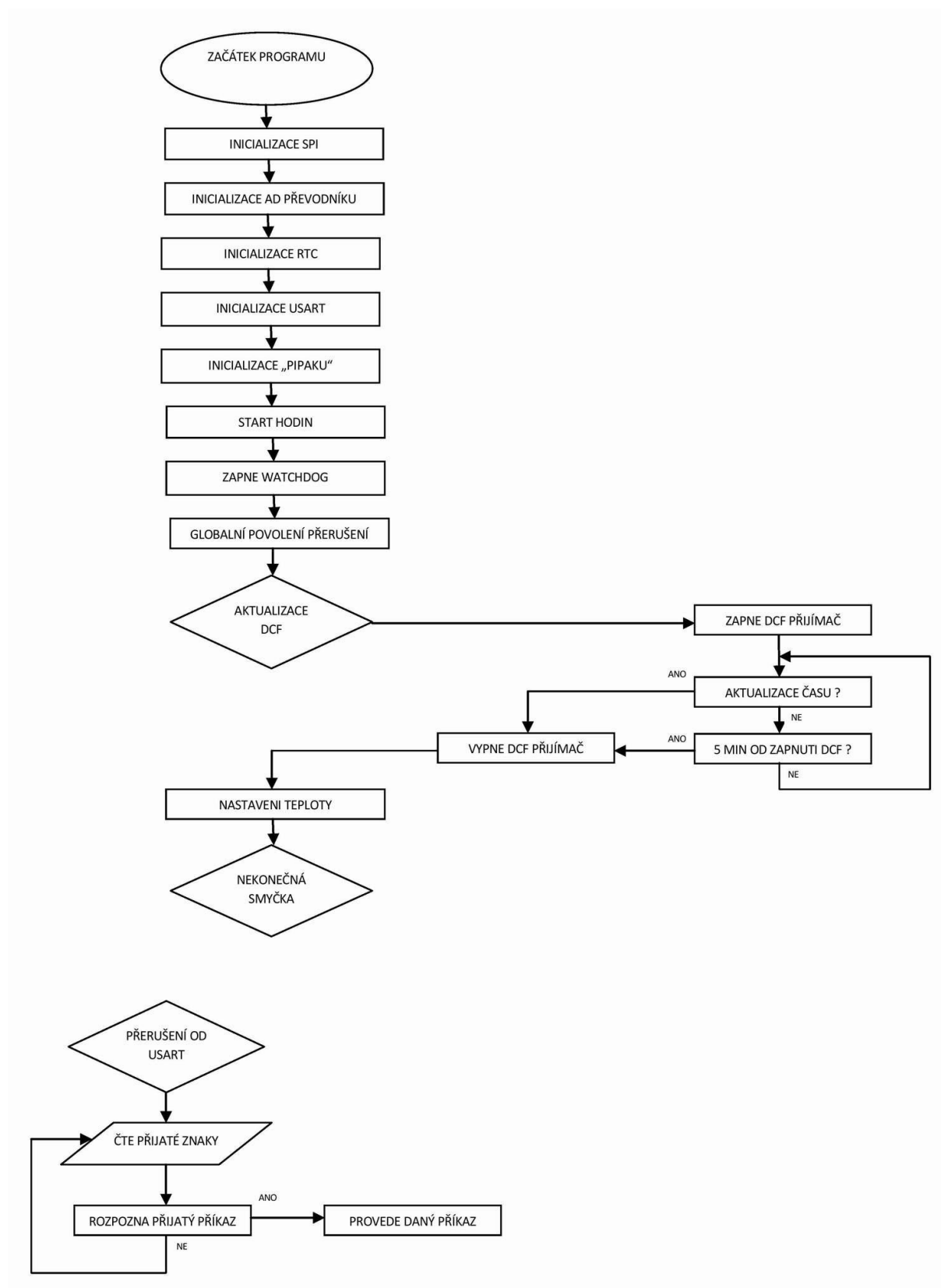
Ke čtení teploty z čidla DS18B20 [14] je využit kód [26], který byl vytvořen pro podobné teplotní čidlo. Převod dat z čidla trvá 750 ms, a proto, aby nedocházelo k chybám u přečtené teploty, je během převodu zakázáno globální přerušení.

Podrobný vývojový diagram hlavní smyčky je na Obr. 10 a nekonečné smyčky na Obr. 11.

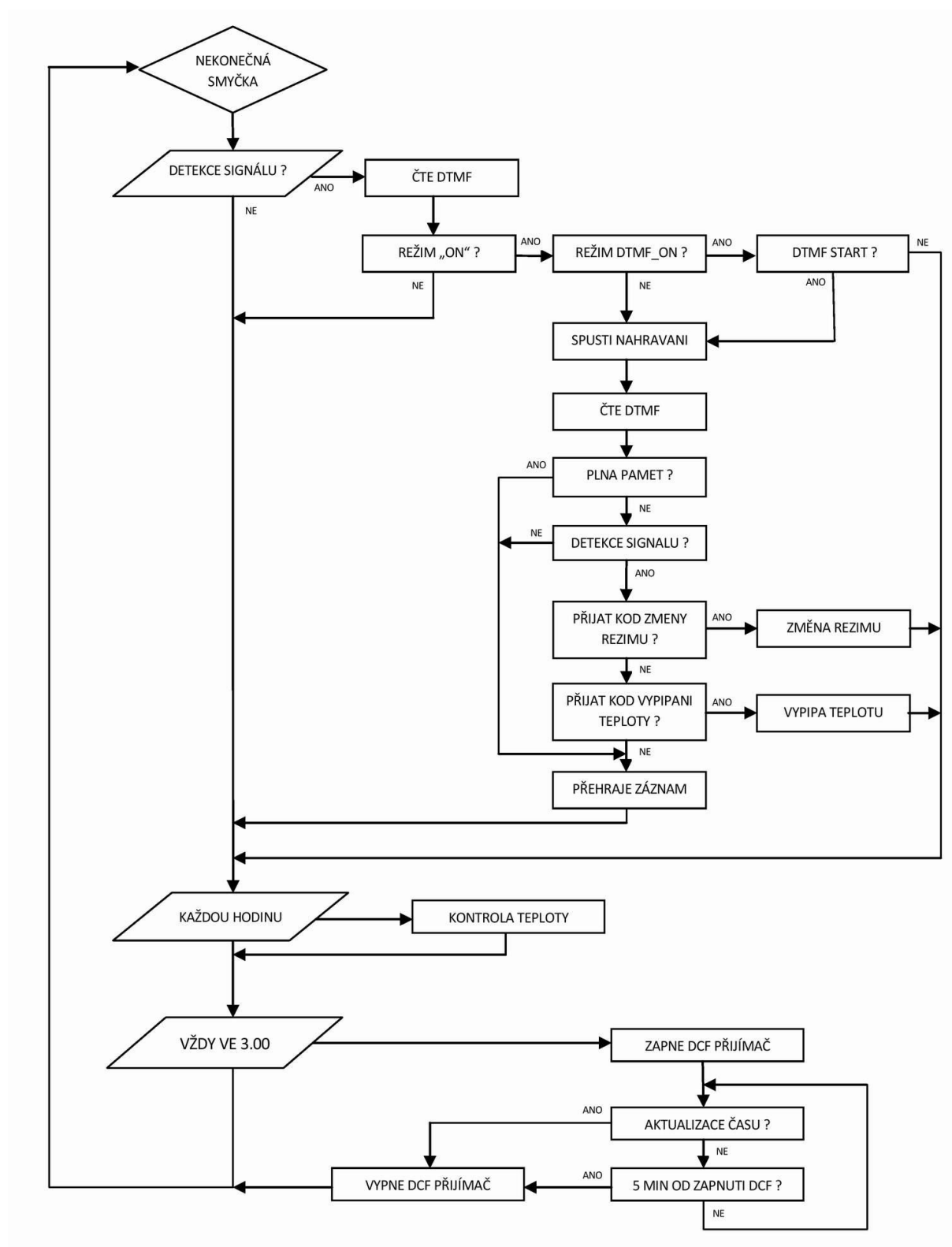
V původním plánu jsem měl několik dalších funkcí a možností, kterými by opakovač disponoval, ale vzhledem k omezené programové paměti mikrokontroléru (aktuální program zabírá 99,9 % paměti) nebylo možno další funkce přidat. Při dalším rozšiřování by bylo nutné použít mikrokontrolér vyšší řady, například ATmega16.

Kompletní okomentovaný zdrojový kód je v příloženém CD. Výpis jednotlivých částí programu je uveden v příloze č. 2.

5.1.1 Vývojové diagramy



Obr. 10 Vývojový diagram hlavní programové smyčky a přerušení

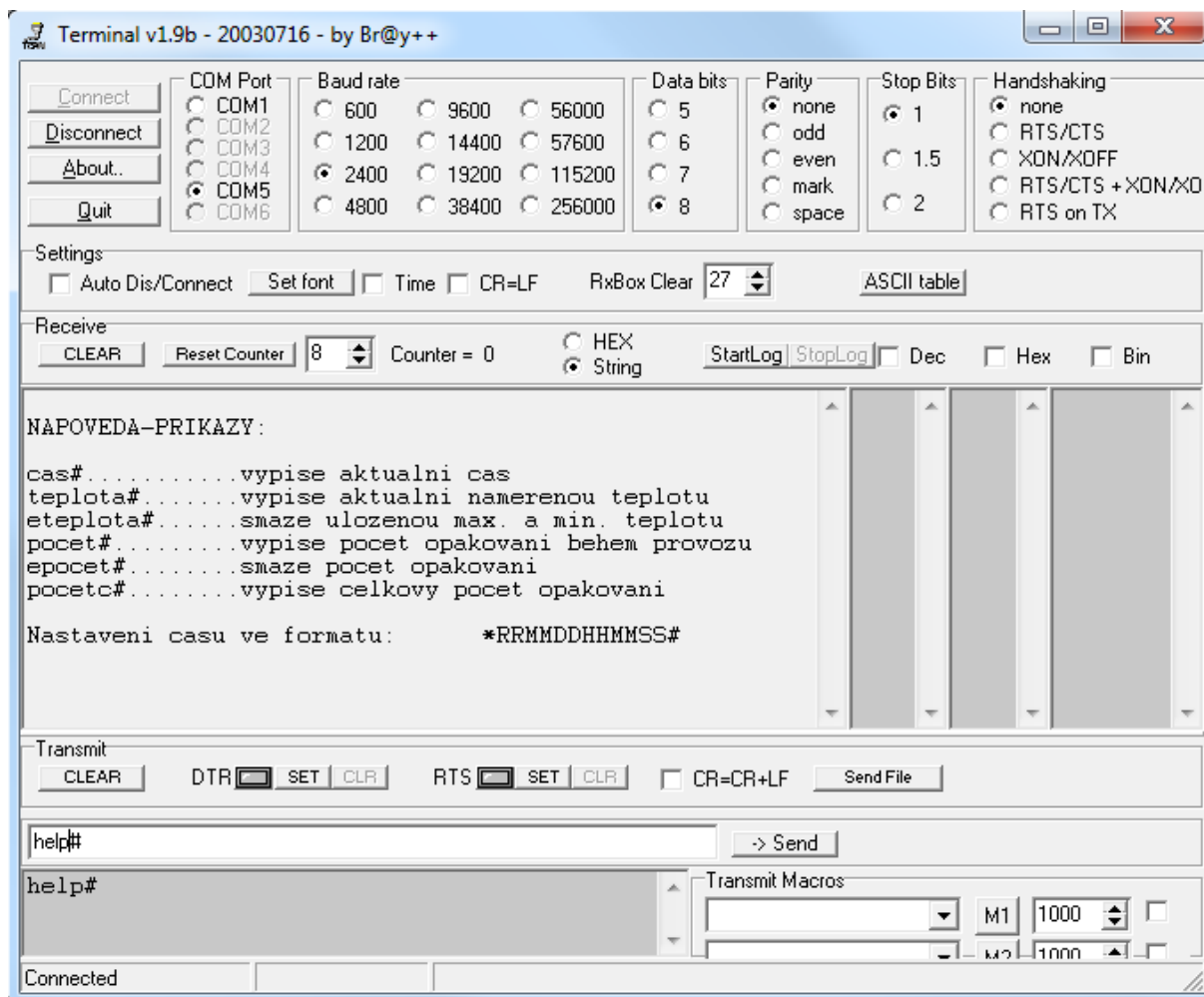


Obr. 11 Vývojový diagram nekonečné programové smyčky

5.2 Uživatelské rozhraní

Jak už bylo zmíněno, celý opakovač lze připojit k počítači pomocí rozhraní USART (RS-232). Pro pohodlnou komunikaci využívám freewarový program Terminal v1.9b [22], který je na přiloženém CD nebo ho lze zdarma stáhnout z internetu. Tento program je velice jednoduchý, lze v něm měnit parametry připojení a přijímat či odesílat data.

Všechny příkazy pro tento opakovač musí být zakončeny znakem „#“. Základní nápovědou je příkaz „help#“, který vypíše všechny příkazy a zobrazí jejich formát. Tento výpis je ukázán na Obr. 12.



Obr. 12 Výpis příkazu nápovědy v programu Terminal v1.9b

Jak lze vidět na předchozím obrázku, příkaz „cas#“ přečte a zobrazí aktuální čas z obvodu reálného času. Příkaz „teplota#“ přečte a zobrazí aktuální teplotu, plus maximální a minimální naměřenou teplotu během provozu, které vyčte z paměti EEPROM. Pomocí příkazu „eteploata#“ lze tyto hodnoty vynulovat. Pro zobrazení počtu použití opakovače, to je kolikrát opakovač nahrál a následně odvysílal jakýkoliv signál delší, jak 1 s slouží příkaz „pocet#“. Tento údaj lze také samozřejmě smazat příkazem „epocet#“. Opakovač si také ukládá celkový počet opakování od prvního spuštění.

Při nenalezení DCF signálu a nenastavení přesného času je možnost nastavit datum a čas manuálně. Tento příkaz začíná symbolem „*“ a je ve formátu „*RRMMDDHHMMSS#“. Popis a rozsah jednotlivých údajů je uveden níže v tabulce Tab. 12.

Tab. 12 Formát zadávání data a času pomocí terminálu

Údaj – dva znaky	Co značí	Rozsah
RR	rok, poslední dvě číslice	00 – 99
MM	měsíc	01 – 12
DD	den	01 – 31
HH	hodina	00 – 23
MM	minuta	00 – 59
SS	sekunda	00 – 59

Parametry pro nastavení připojení terminálu k opakovači jsou následující:

Baud rate	2400 bit/s
Data bits	8
Parity	none
Stop bits	1
Handshaking	none

6 Testování opakovače

6.1 Test v reálném provozu

Jeden z hlavních bodů zadání tohoto projektu bylo otestovat vyrobené zařízení v reálném provozu.



Obr. 13a Umístění v terénu - 1



Obr. 13b Umístění v terénu - 2

Tento test jsem provedl v sobotu 8. května 2010 v Rosicích. Opakovač byl umístěn na souřadnicích $49^{\circ} 10' 50,39'' S$ a $16^{\circ} 23' 35,72'' V$ a ve výšce 324 m n.m. Na mapě Obr. 14 je tento bod označen jako „T“.

Opakovač byl v provozu zhruba od 10.00 do 18.00. Během tohoto provozu fungoval opakovač správně včetně všech jeho funkcí. Po zapnutí se během pár minut nastavilo přesné datum a čas a docházelo i k pravidelným kontrolám teploty. Maximální naměřená teplota v tomto čase byla $24^{\circ}C$ a minimální $16^{\circ}C$. Skutečná teplota byla pravděpodobně nižší, protože teplotní čidlo je umístěné v černém plastovém boxu, a protože bylo celý den polojasno, byla teplota v boxu vyšší než skutečná. Aby k tomuto zkreslení nedocházelo, bylo by nutné, aby byl opakovač umístěn mimo přímé záření slunečních paprsků.

Dále jsem testoval v různých vzdálenostech od umístění opakovače kvalitu a hlavně schopnost opakovače přijímat a vysílat signál. Tyto vlastnosti samozřejmě nejvíce ovlivňuje přijímač a vysílač opakovače a to stanice PMR. Ta se chovala podle očekávání. Na přímou viditelnost byla kvalita i ve větší vzdálenosti relativně dobrá. Ovšem když byly v cestě různé

prekážky typu stromy nebo domovní zástavba, bylo to na kvalitě hned znát. Problémy dělalo i výškové převýšení. I ve vzdálenosti zhruba 400 m od opakováče, avšak ve výšce o 19 m n.v. níže a v zastavěné oblasti, byla odezva z opakováče pouze šum bez známky vysílaného řečového signálu. Jednotlivé body testování s výsledky jsou popsány níže v Tab. 13.

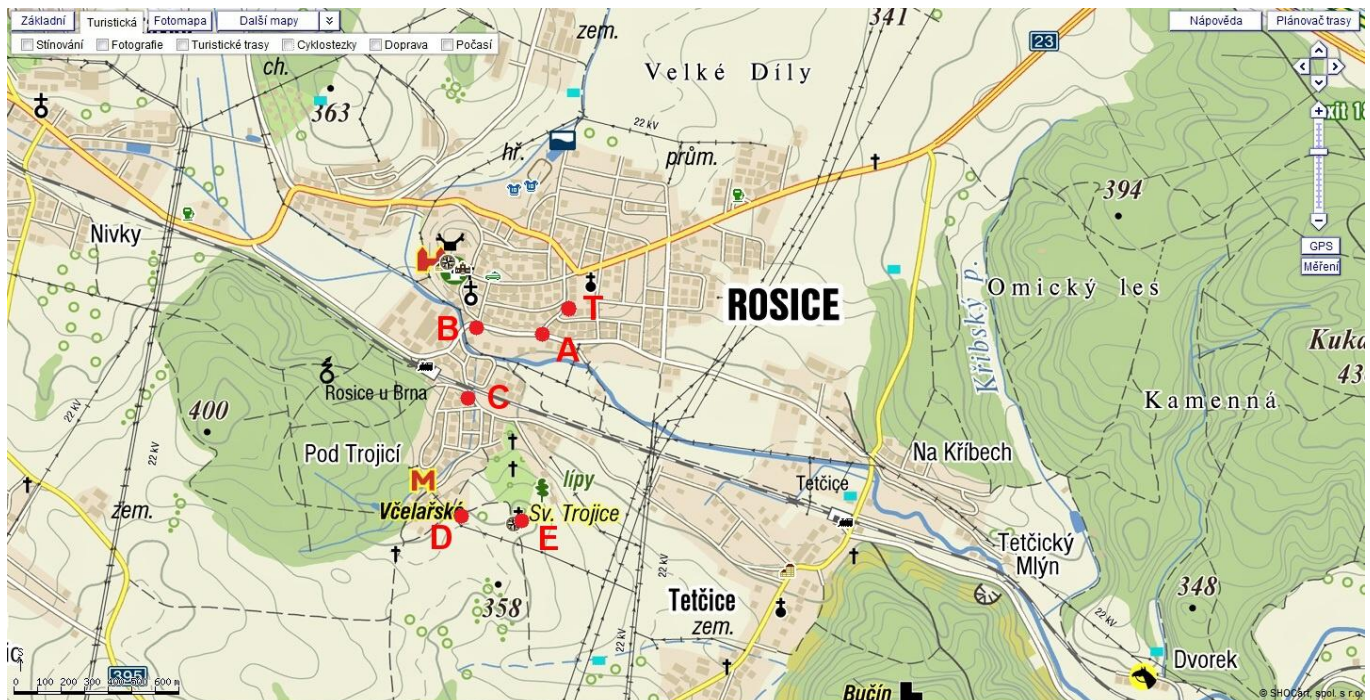
Pro celkově lepší kvalitu zvuku při opakování by měl být opakováč umístěn ve stojaté poloze (jak lze vidět na obrázku 13a a 13b). Takto bude při příjmu i při vysílání nejmenší útlum z důvodu dodržení stejné polarizace stanice PMR v opakováči a stanice PMR, kterou drží uživatel většinou u ucha ve vertikální poloze.

Tab. 13a Místa testování kvality a dosahu opakováče

Označení místa na mapě	„T“
Souřadnice	49° 10' 50,39" S 16° 23' 35,72" V
Nadmořská výška	324 m n.m.
umístění opakováče	
Označení místa na mapě	„A“
Souřadnice	49° 10' 46,43" S 16° 23' 28,87" V
Nadmořská výška	307 m n.m.
Vzdálenost od opakováče	185 m
Kvalita	výborná, bez zkreslení a téměř bez šumu, neznatelný rozdíl oproti kvalitě v bezprostřední blízkosti
Označení místa na mapě	„B“
Souřadnice	49° 10' 47,38" S 16° 23' 16,62" V
Nadmořská výška	306 m n.m.
Vzdálenost od opakováče	399 m
Kvalita	opakováč opakoval pouze šum, žádné známky vysílaného zvuku
Označení místa na mapě	„C“
Souřadnice	49° 10' 38,65" S 16° 23' 13,97" V
Nadmořská výška	304 m n.m.
Vzdálenost od opakováče	570 m
Kvalita	opakováč opakoval pouze šum, žádné známky vysílaného zvuku

Tab. 13b Mista testování kvality a dosahu opakovače

Označení místa na mapě	„D“
Souřadnice	49° 10' 21,98" S 16° 23' 13,50" V
Nadmořská výška	347 m n.m.
Vzdálenost od opakovače	986 m
Kvalita	téměř přímá viditelnost, proto kvalita výborná, pouze malé zkreslení
Označení místa na mapě	„E“
Souřadnice	49° 10' 20,69" S 16° 23' 24,41" V
Nadmořská výška	348 m n.m.
Vzdálenost od opakovače	944 m
Kvalita	téměř přímá viditelnost, ale kvůli hustotě stromů byl signál lehce zašuměn, kvalita dobrá



Obr. 14 Mapa okolí testování opakovače – zdroj www.mapy.cz; Turistická mapa

6.2 Porovnání kvality zvuku

Kvalita zvuku u radiostanic v pásmu PMR je ovlivněna použitými radiostanicemi a prostředím, kde jsou provozovány. Bohužel i v přímé viditelnosti a v krátké vzdálenosti je signál například ve srovnání s mobilními telefony poměrně nekvalitní.

U zkonstruovaného opakováče lze pozorovat mírné zvýšení šumu v signálu a tím zhoršení kvality zvuku oproti kvalitě zvukového signálu při vysílání a příjmu mezi dvěma samostatnými radiostanicemi.

Pro zvukový signál mezi stanicí PMR a opakovacím modulem jsem použil stíněný kabel a mezi výstupem stabilizátoru, který napájí jak opakovací modul, tak stanicí PMR je umístěna tlumivka jako filtr vyšších frekvencí. Proto s největší pravděpodobností k nárůstu mírného šumu dochází v samotném opakovacím modulu. Určitý šum bude způsoben cínovými spoji na opakovacím modulu a připojením pomocí koncovky JACK ke stanicí PMR.

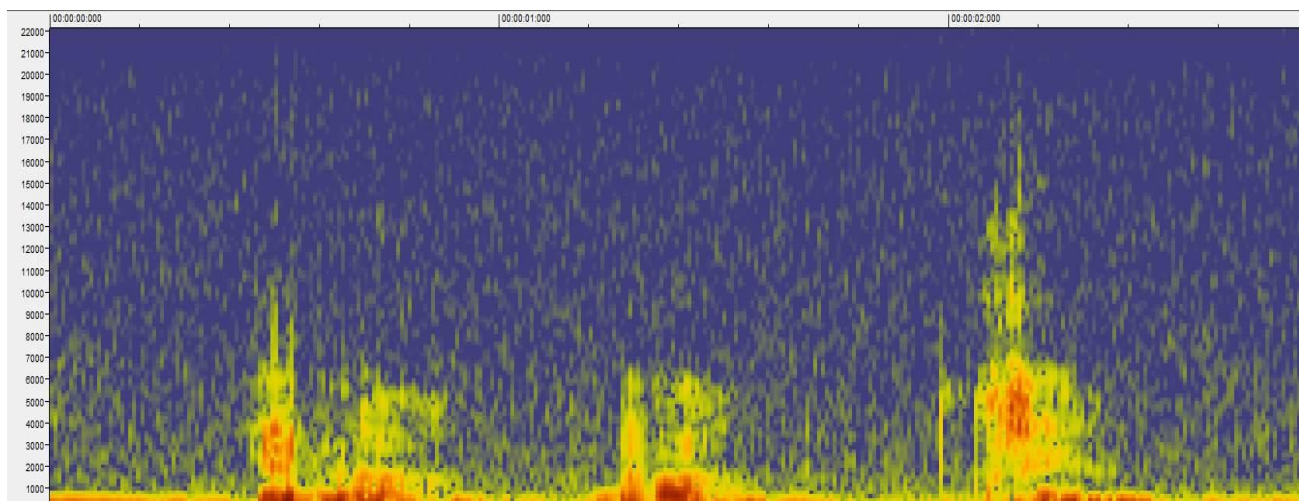
Odstranění šumu a zvýšení kvality zvuku by se pravděpodobně dalo provést při použití preciznější technologie výroby desky plošného spoje opakovacího modulu a to například odstraněním drátových propojek a použitím dvojstranného plošného spoje nebo kvalitnějšími součástkami.

Pro teoretické srovnání kvality zvuku mezi samotnými radiostanicemi a kvalitou přehrávání opakováče jsem zvolil zobrazení signálů pomocí spektrogramů. Ty barevně zobrazují závislost slyšitelného kmitočtu na čase.

K testování jsem použil stanicí Topcom TwinTalker 1300 [27], která má velice podobné vlastnosti jako radiostanice použitá v opakováči. Jednotlivé signály jsem si nahrál do počítače pomocí mikrofону a jejich spektrogramy zobrazil v programu Nero WaveStudio [28]. Při komunikaci byly radiostanice ve vzdálenosti asi 3 m a z důvodu dosažení nejlepší kvality byly stanice ve stejné (vertikální) poloze, a tedy signály měli shodnou polarizaci.

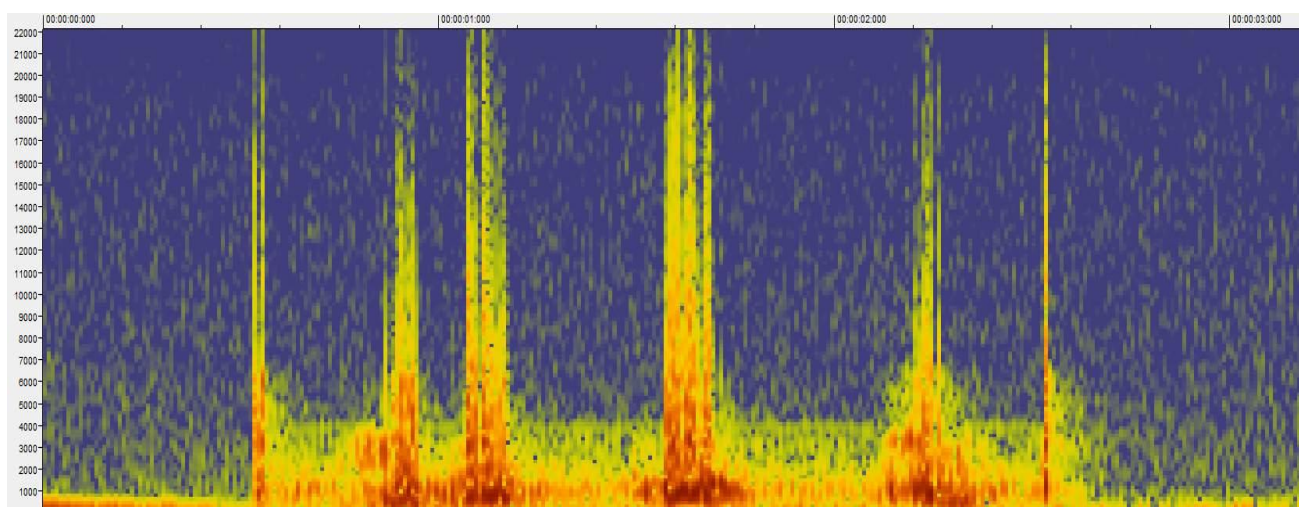
Jako testovací zvuk jsem zvolil řečový signál, který bude v praxi při používání opakováče využíván určitě nejčastěji. Ten obsahuje tři slova s mezerami a má délku okolo 3 s. Pro srovnání jsem zobrazil spektrogramy pro „čistý“ řečový signál, který jsem nahrál přímo mikrofónem bez použití opakováče nebo radiostanice PMR. Dále signál přijatý mezi dvěma radiostanicemi PMR bez použití opakováče ve vzdálenosti 3 m. A nakonec přijatý signál radiostanicí ze zkonstruovaného opakováče.

Na obrázku Obr. 15 je zobrazen spektrogram krátkého řečového signálu, který je nahrán mikrofónem bez použití radiostanic PMR. Z obrázku je patrné, že mezi zaznamenanými slovy je velice mírný šum, který se vyskytuje maximálně do kmitočtu 1 kHz. Tento šum je způsoben citlivostí mikrofónu.



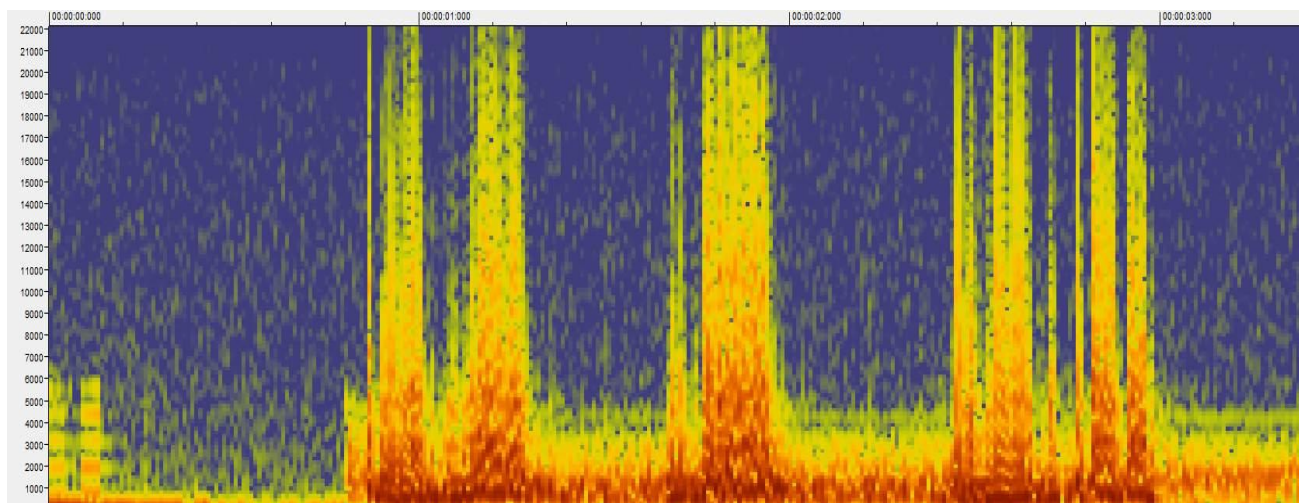
Obr. 15 Spektrogram řečového signálu nahraný mikrofonem bez radiostanic PMR

Na obrázku Obr. 16 lze vidět spektrogram signálu přijatého mezi dvěma samostatnými stanicemi PMR. Lze zde pozorovat zvýšení šumu, ale také „špiček“, které zasahují do vysokých frekvencí. Zaznamenaný šum zde dosahuje kmitočtu až 4 kHz.



Obr. 16 Spektrogram řečového signálu mezi samostatnými PMR stanicemi

Spektrogram řečového signálu přijatého radiostanicí PMR z opakováče je na obrázku Obr. 17. Viditelné zhoršení signálu je ještě patrnější jak mezi samotnými radiostanicemi. Šum zde dosahuje kmitočtů 5 až 6 kHz. Také je zde mnohem více patrné protažení signálu do vyšších kmitočtů nad 22 kHz.



Obr. 17 Spektrogram řečového signálu přijatý radiostanicí z opakovače

Ze zobrazených spektrogramů signálů lze vidět, že k největšímu zhoršení kvality dojde už při použití PMR stanic. Oproti samostatně nahranému zvukovému signálu došlo k nárůstu kmitočtu šumu z 1 kHz na 4 kHz, a také zde vznikly „špičky“ zasahující do vyšších frekvencí až okolo 20 kHz. Při použití opakovače byla kvalita ještě o něco horší. Úroveň šumu vzrostla o zhruba 1 – 2 kHz a došlo k rozšíření a zvýšení „špiček“, které zasahují nad 22 kHz.

7 Závěr

V úvodu této práce jsou sepsány a shrnuty veškeré informace o pásmu PMR, seznámení s parametry, které se v tomto pásmu vyznačují a s pravidly, které se musí dodržovat. Dále jsem zde vypracoval přehledovou studii komerčně vyráběných opakovaců pro toto pásmo a jejich srovnávací tabulku.

Hlavním cílem a také výsledkem je jednoduchý opakováč fungující v pásmu PMR, který je složený z funkční PMR stanice a opakovacího modulu, který je realizován pomocí zařízení pro záznam a přehrávání zvuku a je řízen mikrokontrolérem Atmel řady AVR. Tento opakovací modul je připojen ke stanici PMR přes JACK_3.5 pro handsfree sadu. Do stanice PMR nezasahuji proto, abych neporušil všeobecné ustanovení č. VO-R_03_07_2007-13 k využívání radiových kmitočtů a k provozování zařízení PMR 446 podle českého telekomunikačního úřadu [1], kde se píše, že stanice nesmí být elektricky ani mechanicky měněna.

Opakováč pracuje na následujícím principu: pokud řídicí procesor vyhodnotí příjem signálu, spustí nahrávání do paměti audiomodulu. Po skončení příjmu přepne řídicí procesor PMR stanici do vysílacího režimu a dá audiomodulu pokyn pro přehrání obsahu paměti. Po ukončení přehrávání přejde zařízení zpět do přijímacího režimu.

Celý opakováč včetně PMR stanice lze napájet pomocí univerzálního transformátoru (síťového zdroje) nebo pomocí šesti baterií typu AA, s kterými je provozní doba asi 250 h.

Zařízení si samo aktualizuje přesné datum a čas pomocí přijímače DCF, který má ve střední Evropě dosah téměř všude. Je vybaveno teplotním čidlem a každou hodinu provádí kontrolu maximální a minimální teploty, kterou ukládá do paměti EEPROM. Také zaznamenává počet použití opakováče.

K dispozici jsou tři režimy, v kterých může opakováč pracovat: zaznamenává každý přijatý signál, pro spuštění záznamu čeká na kód tónové volby a režim, ve kterém je opakování vypnuto. Tyto režimy lze přepínat pomocí tónové volby DTMF. Dále lze pomocí DTMF nechat „vypípat“ aktuální teplotu Morzeovou abecedou.

Všechny naměřené údaje lze vyčíst pomocí počítače. K tomu lze opakováč připojit přes rozhraní RS-232 (sériová linka). Při nedostupnosti DCF signálu, je možné pomocí příkazů datum a čas nastavit ručně.

Zařízení jsem také testoval v reálném provozu. Ten trval zhruba 8 hodin. Po zapnutí se během pár minut aktualizoval datum a čas. Opakováč fungoval celou dobu stabilně. Dosah příjmu opakováče záleží hlavně na členitosti terénu a na překážkách mezi opakováčem a uživatelem. Tyto parametry ovlivňovali nejen kvalitu zvuku, ale také schopnost přijmout a následně odvysílat signál. Při velice snížené schopnosti přijímat signál docházelo pouze k detekci, která spustila nahrávání, a zařízení vysílalo pouze šum.

Nevýhoda opakováče je, že při změně režimu musí uživatel čekat zhruba 2,5 s, než se ustálí PMR stanice. To je způsobeno funkcí „VOX“, která musí být na PMR stanici aktivní, a která je blíže popsána v kapitole 4.3. Další nevýhodou je také snížení kvality zvukového signálu opakováče, které je způsobeno nárůstem šumu na opakovacím modulu. Testování kvality je popsáno v kapitole 6.2.

V případně dalším řešení této problematiky by bylo možné k opakováči připojit solární články, díky kterým by se velice zvýšila výdrž provozu celého zařízení při napájení z baterií. K rozšíření o další funkce nebo obvody bude také potřeba použít minimálně o řadu vyšší mikrokontrolér, například ATmega16, protože je aktuálně využito 99,9 % programové paměti.

Literatura

- [1] Všeobecné ustanovení č. VO-R/3/07.2007-13 k využívání radiových kmitočtů a k provozování zařízení PMR 446, Dostupné z: <http://www.ctu.cz>
- [2] ČTÚ [online].: Český telekomunikační úřad, Dostupné z: <http://www.ctu.cz/>
- [3] Přehled kanálů PMR, Dostupné z: <http://www.volny.cz/cb16/pmr.htm>
- [4] PMR466, Otevřená encyklopedie v anglickém jazyce, Dostupná z: <http://en.wikipedia.org/wiki/PMR446>
- [5] Tabulky kanálů a kódů CTCSS a DCS, Dostupné z: http://www.luxus.cz/dokumenty/navod_tlkr_t5.pdf
- [6] Katalog opakovačů PMR Kenwood, Dostupné z: <http://www.kenwood.eu>
- [7] Katalog opakovačů PMR ICOM, Dostupné z: <http://www.icomuk.co.uk>
- [8] Katalog opakovačů PMR Patriot, Dostupné z [http://www: aglservices.com](http://www.aglservices.com)
- [9] Katalog opakovačů PMR Vertex, Dostupné z: <http://www.rfwiz.com/VertexStandard/Repeaters>
- [10] Dosah PMR, Dostupné z: http://bredy.novacisko.cz/?Stripky_z_pasma_PMR/115
- [11] Datasheet k mikrokotroléru ATmega8, Dostupný z: [http://www..atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf)
- [12] Datasheet k obvodům ISD1700, Dostupný z: <http://www.vla.com.br/news/I1700%20Design%20Guide%20Rev%201.1.pdf>
- [13] Datasheet k obvodu DS1302, Dostupný z:
- [14] Datasheet k obvodu DS18B20, Dostupný z: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [15] Datasheet k přijímači DCF od firmy Conrad, Dostupný z: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/625000-649999/641138-an-01-cs-DCF_Empfaengerplatine.pdf
- [16] Datasheet k obvodu MT8870D, Dostupný z: http://www.datasheetcatalog.com/_datasheets_pdf/M/T/8/8/MT8870D.shtml
- [17] Datasheet k obvodu MAX232CPE, Dostupný z: http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/433/433-100/dsh.433-100.1.pdf
- [18] Manual k PMR stanici Datavox Premium 1(Hoffer 103), Dostupný z [http://2324.elektrocoleti.cz/Files/103\(CZ\).pdf](http://2324.elektrocoleti.cz/Files/103(CZ).pdf)
- [19] Datasheet k obvodu LF50CV, Dostupný z: http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-142/dsh.330-142.1.pdf
- [20] Datasheet k obvodu L7805, Dostupný z: http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-149/dsh.330-149.1.pdf
- [21] Datasheet k obvodu 09P-331K, Dostupný z: http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/611/611-055/dsh.611-055.1.pdf
- [22] Freeware program Terminal v1.9b, Dostupný z: <http://www.sensorsportal.com/DOWNLOADS/Terminal.exe>
- [23] Morzeova abeceda, Dostupná z: <http://www.amazonkystopa.wz.cz/sifry.htm>
- [24] Vývojový program Atmel AVR Studio 4, Dostupný z: http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card_v2.asp?tool_id=2725&source=redirect
- [25] Kód pro čtení DCF informace, Dostupný z: <http://www.captain.at/electronic-atmega-dcf77.php>
- [26] Kód pro čtení teploty z čidla DS1820, Dostupný z: <http://walda.starhill.org/elektronika-avr-gcc-stripky.html>

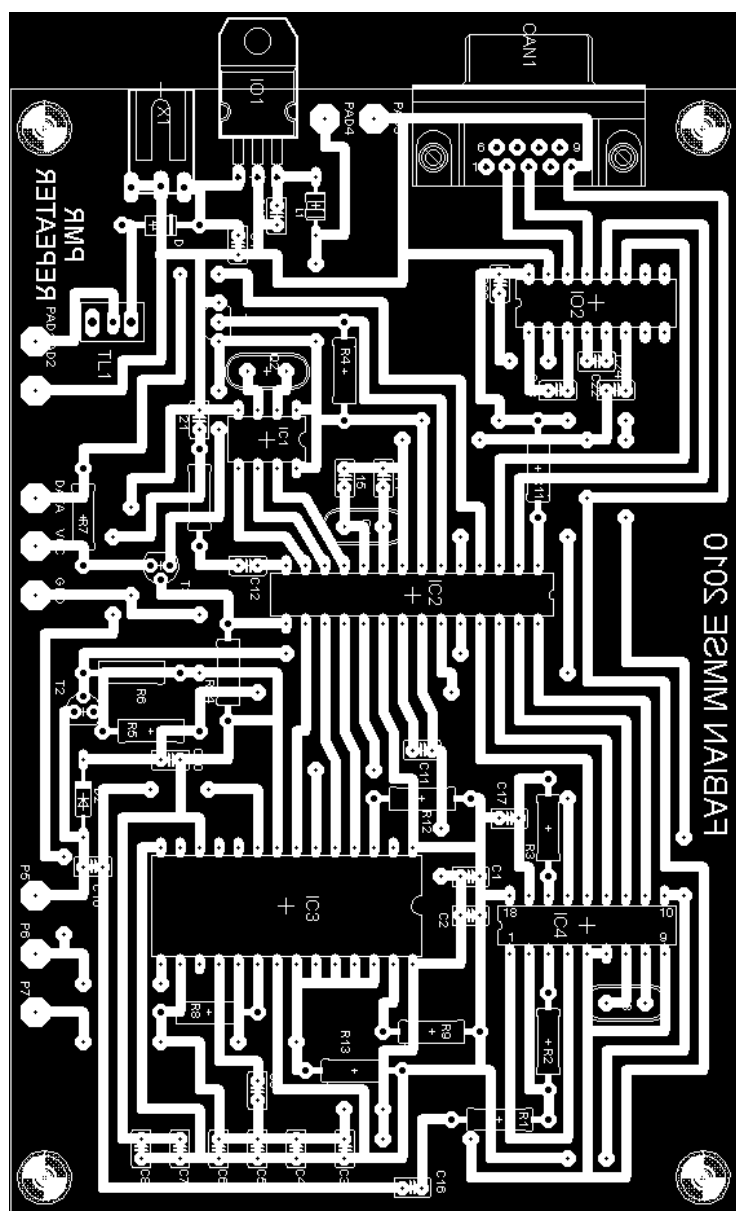
- [27] Specifikace ke stanici Topcom TwinTalker 1300, Dostupný z:
<http://vysilacky.heureka.cz/topcom-twintalker-1300/specifikace/>
- [28] Demo programu Nero WaveStudio, Dostupné z: www.nero.com

Seznam použitých zkratek

PMR	Personal Mobile Radio
FRS	Family Radio Service
CB	Citizen Band
CTCSS	Continuous Tone-Coded Squelch System
UHF	Ultra High Frequency
PTT	Push To Talk
RTL	Release To Listen
DCS	Distributed control system
ISP	In-System Programming
USART	Addressable universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
SPI	Serial Peripheral Interface
DCF	D = <i>Deutschland</i> (Germany), C = long wave signal, F = Frankfurt

Přílohy

Příloha č. 1 Deska plošného spoje (bottom) - Opakovací modul



Rozměry desky 146 x 97 mm, měřítko M 1:1

Příloha č. 2 Části zdrojového kódu řídicího programu

main.c – hlavní funkce, obsahuje inicializace jednotlivých částí a nekonečnou smyčku

ad.c – funkce pro AD převodník

ad.h – hlavičkový soubor pro AD převodník

clock.c – funkce pro ovládání obvodu reálného času DS1302

clock.h – hlavičkový soubor pro ovládání obvodu reálného času DS1302

dcf77.c – funkce pro obvod DCF77

dcf77.h – hlavičkový soubor pro obvod DCF77

ds18b20.c – funkce pro ovládání teplotního čidla DS18B20

ds18b20.h – hlavičkový soubor pro ovládání teplotního čidla DS18B20

dtmf.c – funkce pro obvod DTMF MT8870D

dtmf.h – hlavičkový soubor pro obvod DTMF MT8870D

eeeprom.c – funkce pro zápis do paměti EEPROM

eeeprom.h – hlavičkový soubor pro zápis do paměti EEPROM

global.c – funkce obsahující časovač watchdog a funkce pro zpoždění

global.h – hlavičkový soubor obsahující globální proměnné

opakovac.c – funkce opakovače

opakovac.h – hlavičkový soubor pro funkci opakovače

pipak.c – funkce pro „pípák“ Morzeovy abecedy

pipak.h – hlavičkový soubor pro „pípák“ Morzeovy abecedy

spi.c – funkce pro komunikaci s obvodem ISD1760 pomocí SPI

spi.h – hlavičkový soubor pro komunikaci s obvodem ISD1760 pomocí SPI

usart.c – funkce pro komunikaci USART

usart.h – hlavičkový soubor pro komunikaci USART