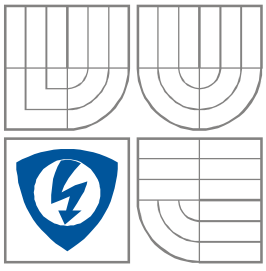
	<p>VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY</p>
	<p>FAKULTA LEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS</p>

FM vysílač APRS telemetrických dat v pásmu 144MHz

FM Transmitter of APRS Telemetry in 144MHz Band

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Jan Bohátka

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Tomáš Urbanec, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO, 2010

VLOŽIT ORIGINÁL ZADÁNÍ

(při odevzdávání více kusů závěrečné práce, obsahuje originál zadání jen jedna z nich, ostatní obsahují pouze jeho okopírovanou kopii)

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jan Bohátka
Bytem: Malinovského 961, Slavkov u Brna 684 01
Narozen/a (datum a místo): 26. března 1984 ve Vyškově

(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: FM vysílač APRS telemetrických dat v pásmu 144MHz

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Tomáš Urbanec, Ph.D.

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

V práci je popsán systém APRS, který se používá k posílání a přijímání textových zpráv. Zprávy jsou přenášeny na frekvenci 144 MHz pomocí modulace AFSK. APRS komunikuje pomocí protokolu AX.25, který vysílá a přijímá zprávy v rámcích, ve kterých jsou kromě přenášených zpráv i řídicí bity pro celou komunikaci. Téměř celou vysokofrekvenční část obsahuje jeden integrovaný obvod. Jeho obsluhu, kódování a dekódování rámců má na starost mikrokontrolér.

Klíčová slova

APRS, protokol AX.25, vysílač a přijímač na 144 MHz, ATmega164

Abstract

APRS system is described in my essay, which is used for sending and receiving text messages. The text messages are sent on 144 MHz by using the modulation scheme AFSK. APRS communicates by using the protocol AX 25, which sends and receives the text messages in the area where they are carried along with control bits as well. The whole area of the high frequency part is in one integrated circuit. The control, coding and decoding of the area is the microcontroller's job.

Keywords

APRS, the protocol AX.25, the transceiver for 144 MHz, ATmega164

Bc. Bohátka Jan *FM vysílač APRS telemetrických dat v pásmu 144MHz*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2010. 32 s., 7 s. příloh. Diplomová práce.

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Urbanec, Ph.D

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma FM vysílač APRS telemetrických dat v pásmu 144MHz 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 Ing. Tomáši Urbancovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	2
Seznam tabulek	3
Úvod	4
1 APRS	5
1.1 Obecně o APRS	5
1.2 Historie APRS.....	5
1.3 Popis sítě APRS	6
1.4 Protokol AX.25	8
1.5 Rozšíření systému v dnešní době.....	11
2 GPS	12
2.1 Systém GPS	12
2.2 Modul GPS LR9552	13
2.3 Protokol NMEA-0183.....	14
3 Hardware	16
3.1 Mikrokontrolér.....	16
3.2 Propojení s počítačem.....	17
3.3 Vysílač dat	18
3.3.1 Popis obvodu.....	18
3.3.2 Registry vysílače.....	20
4 Software	24
4.1 Příjem GPS	24
4.2 Nastavení vysílače	25
4.3 Vysílané data.....	26
4.4 Nastavení vysílání.....	26
4.5 Modulace signálu.....	27
5 Závěr	29
Literatura	30
Seznam symbolů, veličin a zkratek	31
Seznam příloh	32

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 : Schéma sítě APRS (převzato z [1]).	7
Obr. 2 : Aktuální situace APRS na Moravě (převzato z [3]).	12
Obr. 3 : GPS LR9552 modul Leadtek (převzato z [5]).	13
Obr. 4 : Obvod oscilátoru u ADF7021 (převzato z [7]).	19
Obr. 5 : Obvod CLKOUT (převzato z [7]).	19
Obr. 6 : Výstup ADF7021 (převzato z [7]).	19
Obr. 7 : Vstupní obvod (převzato z [7]).	20
Obr. 8 : Ovládací prostředí	27
Obr. 9 : Modulace AFSK (převzato z [13]).	27

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 : Používané frekvence.....	8
Tab. 2 : Pole pro U a S rámce	8
Tab. 3 : Pole pro I rámce.....	8
Tab. 4 : Popis Control pole	9
Tab. 5 : PID pole.....	10
Tab. 6 : Řídící pole S rámce	10
Tab. 7 : Řídící pole U rámce.....	11
Tab. 8 : Věta RMC.....	14
Tab. 9 : Věta GGA.....	15
Tab. 10 : Srovnání různých mikrokontrolérů.....	16
Tab. 11 : Parametry ADF7021.....	18
Tab. 12 : Register 0 - N Register	20
Tab. 13 : Register 1 - VCO /Oscillator register	21
Tab. 14 : Register 2 - Transmit Modulation Register	22
Tab. 15 : Register 3 - Transmit / Receiver Clock Register.....	22
Tab. 16 : Register 4 - Demodulator Setup Register	23

ÚVOD

V první části je popsán systém APRS, který našel uplatnění k přenosu krátkých textových informací na delší vzdálenost. Informace, které budeme přenášet mohou být třeba meteorologická informace či nějaké soukromé zprávy. Pokud vysílač zpráv doplníme i o přijímač GPS, tak je možné k posílaným zprávám přidat i přesnou polohu vysílače. S takto vybaveným zařízením můžeme sledovat polohu např. služebního auta. Informace o poloze je periodicky vysílána v textové podobě. Pokud máme na počítači potřebný software je možné aktuální polohu zakreslovat přímo do mapy.

1 APRS

1.1 Obecně o APRS

Zkratku APRS je zkratka čtyř slov : Amateur Position Reporting Service. Do češtiny se překládá jako amatérská služba o zpravodajských pozicích. APRS pracuje v reálném čase a přenáší v digitální podobě informace o dané oblasti. Uživatel na svém monitoru počítače vidí mapu, na které se mu zobrazují ikony stanic, umístěných on-line v reálném čase do mapy. Stanice se zobrazují přesně podle svých vysílaných souřadnic. Uživatel musí mít inicializovanou mapu, tzn., že mapa má definovány souřadnicemi levý horní a pravý dolní roh. Program pak spočítá a zanese stanici přesně do mapy. Stanice a jejich ikony jsou dány standardní nabídkou. Jsou zobrazovány např. stanice uživatelské, což jsou většinou ikony HOME a nebo CAR. Jedná se logicky o stanici statickou (pevnou) a stanici mobilní (pohyblivou). Každá taková stanice může ve svém "majáku" vysílat o sobě libovolné informace. Lze třeba zadat informaci o názvu obce, jméno operátora, případně kontaktní email, telefon nebo značku převáděče i direktní kmitočet, na kterém HAM poslouchá fone.

Na mapě pak uživatel může sledovat např. pohyb vozidla s radioamatérem. Nejenom, že zde radioamatér získá informace o ostatních radioamatérech, ale navíc zde zjistí informace o počasí z tzv. WX stanic. Některé jsou vybavené dokonale a podají informace o rychlosti větru, teplotě, směru větru, rychlosti větru v nárazech, rosném bodě, tlaku, teplotě vzduchu, srážkách atd.. Pro příjem APRS® jsou vyráběny radiostanice, na jejichž display se zobrazují veškeré informace přímo, bez potřeby počítače. Další využití APRS® záleží na každém uživateli. Např., když se stane dopravní nehoda či havárie v chemické továrně, může se HAM, který se to dozví, o takto vzniklou krizovou situaci podělit s ostatními. Jednoduše vyšle údaje o havárii se souřadnicemi a ostatní můžou být během pár chvil ve velkém okruhu varování. Lze informovat o náledích na silnicích, větrných smrštích atd. [1]

1.2 Historie APRS

První předchůdce systému APRS vytvořil Bob Bruninga na počítači Apple II v roce 1982. O dva roky později předělal systém na počítač Commodore VIC-20 a používal ho pro hlášení polohy na závodu koní na 100 míl. Bruningen rozvíjel systém dál pod názvem Connectionless Emergency Traffic System (CETS). Pak začal tento systém na cvičení používat FEMA a systém byl předělán na platformu IBM. Na začátku 90 let byl systém znám jako funkce automatických systémů a je nadále vyvíjen do dnešní podoby.

1.3 Popis sítě APRS

V principu je APRS komunikační protokol paketového typu a je určen pro vysílání dat v reálném čase ke všem uživatelům sítě. Jeho hlavní charakteristika je kombinace systému paket radio (PR) se satelitní sítí Global Positioning System (GPS), což dovoluje radioamatérům automaticky zobrazovat na počítači mapu terénu a na ní sledovat polohu stanice.

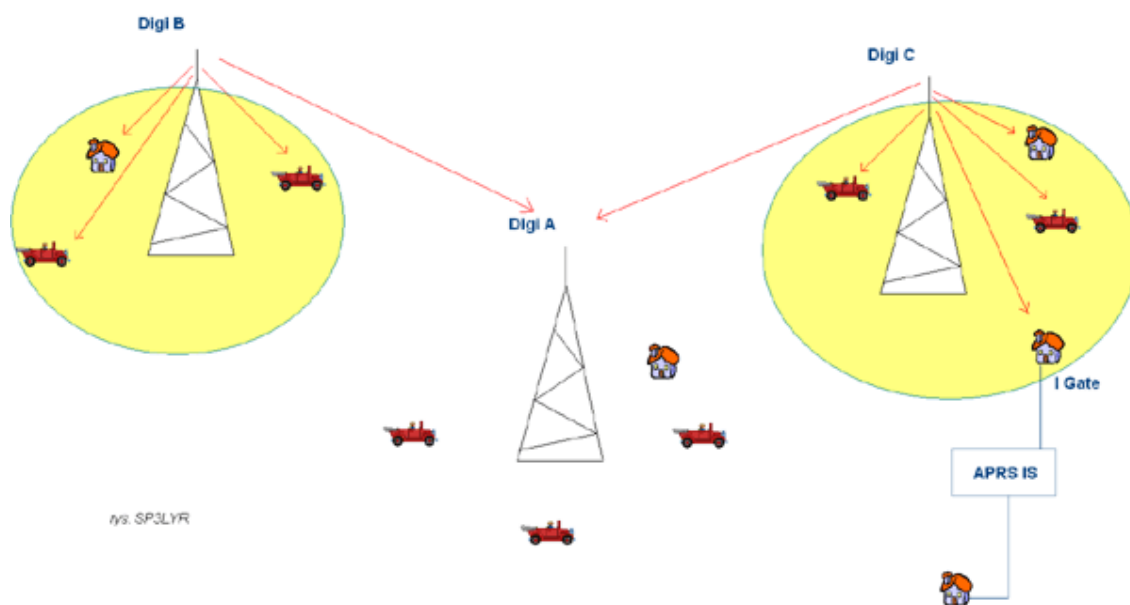
APRS se od klasického paket radia liší v několika aspektech

- dovoluje zobrazení map a ostatních dat a údajů o poloze pohybujících se vozidel a osob v reálném čase a o aktuální meteorologické situaci
- uskutečňuje okamžitou aktualizaci uživatelů jediným paketovým rámcem
- používá generický převaděč (opakovač) s identickými volacími znaky, aby byla možná standardizace na mezinárodní úrovni a nebyla nutná znalost klasifikace sítě
- umožňuje inteligentní opakování včetně substituce volacích znaků v zájmu snížení objemu přenášených dat
- používá rámců Unproto AX-25 dovoluje dvoustranný přenos zpráv, distribuci oběžníků a oznámení

Klasické packet radio je použito pouze pro přenos objemnějších zpráv mezi dvěma body. Tradičně je totiž známo, že je dosti obtížné používat packet radio v reálném čase pro přenos dat mající krátkou životnost. APRS tudíž transformuje packet radio na vizuální systém s taktickou komunikací v reálném čase poskytující služby v urgentních případech i pro všeobecné použití.

System APRS univerzálně dovoluje spojení a přenos informací mezi všemi stanicemi v síti, vylučuje zablokování, systém není limitován co do počtu spojení. Kterákoliv stanice v síti může snadno a rychle rozeslat informaci ostatním účastníkům sítě.

APRS poskytuje velké možnosti při řešení mimořádných a naléhavých událostí tím, že indikuje polohu hlavních účastníků. Např. „Kde se právě nachází záchranky první pomoci...?“ - „Jaké je počasí v různých místech regionu...?“ [2]



Obr. 1 : Schéma sítě APRS (převzato z [1]).

Na obr. 1 vidíme v síti Digi B jednu pevnou stanici, která zasílá informace o počasí a dvě mobilní stanice, které se dají použít na sledování polohy automobilu. Můžeme posílat i zprávy i přes jiné sítě, takže mohou spolu komunikovat stanice v síti Digi B a stanice v síti Digi C.

S sítí Digi C je i HamNET. Je to zařízení, které se začalo používat v době nástupu internetu a protokolu TCP/IP. Radioamatéři měli zájem propojit tyto dvě sítě. Bohužel i přes velké snahy se nepodařilo v tomto systému plně zajistit provoz packet radio a to především z těchto důvodů.

- Potíže s provozem serveru
- protokol TCP/IP ↔ packet radio měl teoreticky umožnit i přenos dat mezi servery TCP/IP, které nejsou dostupné pro radiové spojení packet radia, ale tento typ přenosu není možný
- v oblasti internetu představuje silnou konkurenci rádiovému provozu packet radio. Množství www stránek svědčí o tom, že radioamatéři sice využívali internet ale bez součinnosti s packet radiem

Nejčastěji jsou data v síti APRS přenášena pomocí protokolu AX.25 s rychlostí 1200 baud. Vysílací frekvence jsou pásmech

Tab. 1 : Používané frekvence

Země / Světadíl	kmitočet
Severní Amerika	144,390 MHz nebo 144,990 MHz
Evropa	144,800 MHz
Austrálie	145,175 MHz nebo 144,990 MHz
Japonsko	144,640 MHz
Jižní Afrika	144,800 MHz

1.4 Protokol AX.25

Protokol AX.25 definuje tři typy rámců

- a. Information frame (informační rámce) – I rámce
- b. Supervisory frame (dohlížecí rámce) – S rámce
- c. Unnumber frame (nečíslované rámce) – U rámce

Tab. 2 : Pole pro U a S rámce

První bit na poslán				
Návěští	Adresní pole	Řídící pole	FCS	Návěští
01111110	112/560 Bitů	8 Bitů	16 Bitů	01111110

Tab. 3 : Pole pro I rámce

První bit na poslán						
Návěští	Adresní pole	Řídící pole	PID	Informační	FCS	Návěští
01111110	112/560 Bitů	8 Bitů	8 Bitů	N*8 Bitů	16 Bitů	01111110

Flag field (návěští pole) - Toto pole se vyskytuje na začátku a konci každého rámce. Dva po sobě jdoucí rámce mohou mít jedno návěští pole sdílené. Jeho délka je vždy jeden oktét a jeho hodnota je 01111110 binárně nebo 7E hexa

Address field (adresní pole) - V tomto poli jsou obsaženy volací značky volaného, volajícího a případně taky značky repeater (opakovačů)

Control field (řídící pole) – obsahuje odpovědi nebo příkazy, případně čísla rámců

Tab. 4 : Popis Control pole

Typ řídicího pole rámce	Bity							
	7	6	5	4	3	2	1	0
I rámeček	N(R)			P	N(S)			0
S rámeček	N(R)			P/F	S	S	0	1
U rámeček	M	M	M	P/F	M	M	1	1

- N(S) je číslo vysílaného rámce (bit 1 je LSB)
- N(R) je číslo přijímaného rámce (bit 1 je LSB)
- S jsou bity supervizoru
- M modifikační bity pro nečíslované rámce
- P/F pool / final bit pro příkaz / odpověď

PID pole – je použit v I a UI rámcích, délka pole je jeden oktét a ten určuje, zda je použita třetí úroveň protokolu

Tab. 5 : PID pole

Hexa	MSB LSB	Popis
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
**	yy01yyyy	AX.25 layer 3 implemented.
**	yy10yyyy	AX.25 layer 3 implemented.
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
0xCE	11001110	FlexNet
0xCF	11001111	NET/ROM
0xF0	11110000	No layer 3 protocol implemented.
0xFF	11111111	Escape character

V řádku yy01yyyy a yy10yyyy není hodnota hexa, protože nezáleží na hodnotě ostatních bitů.

FCS Pole (Frame check sequence) – obsahuje ve dvou oktetech cyklické zabezpečení rámce.

Tab. 6 : Řídící pole S rámce

Typ příkazu	Bity řídicího pole							
	7	6	5	4	3	2	1	0
RR	N(R)		P/F	0	0	0	0	1
RNR	N(R)		P/F	0	1	0	0	1
REJ	N(R)		P/F	1	0	0	0	1

RR – připravenost na příjem

RNR – stanice nemůže přijmout další rámeček

REJ – požadavek na opětovné vysílání rámečků od N(R) výše

- a. Unnumber frame (nečíslované rámečky) – jsou používány při navazování komunikace nebo pokud během komunikace došlo hrubým nebo neopravitelným chybám

Tab. 7 : Řídící pole U rámeček

Typ rámeček	Druh	Bity U rámeček							
		7	6	5	4	3	2	1	0
SABM	příkaz	0	0	1	P	1	1	1	1
DISC	příkaz	0	1	0	P	0	0	1	1
DM	odpověď	0	0	0	F	1	1	1	1
UA	odpověď	0	1	1	F	0	0	1	1
FRMR	odpověď	1	0	0	F	0	1	1	1
UI	oboje	0	0	0	P/F	0	0	1	1

SABM – Set Asynchronous Balanced Mode (nastavuje asynchronní režim)

DISC – Disconnect (ukončení spojení)

DM – Disconnect Mode (režim ukončeného spojení)

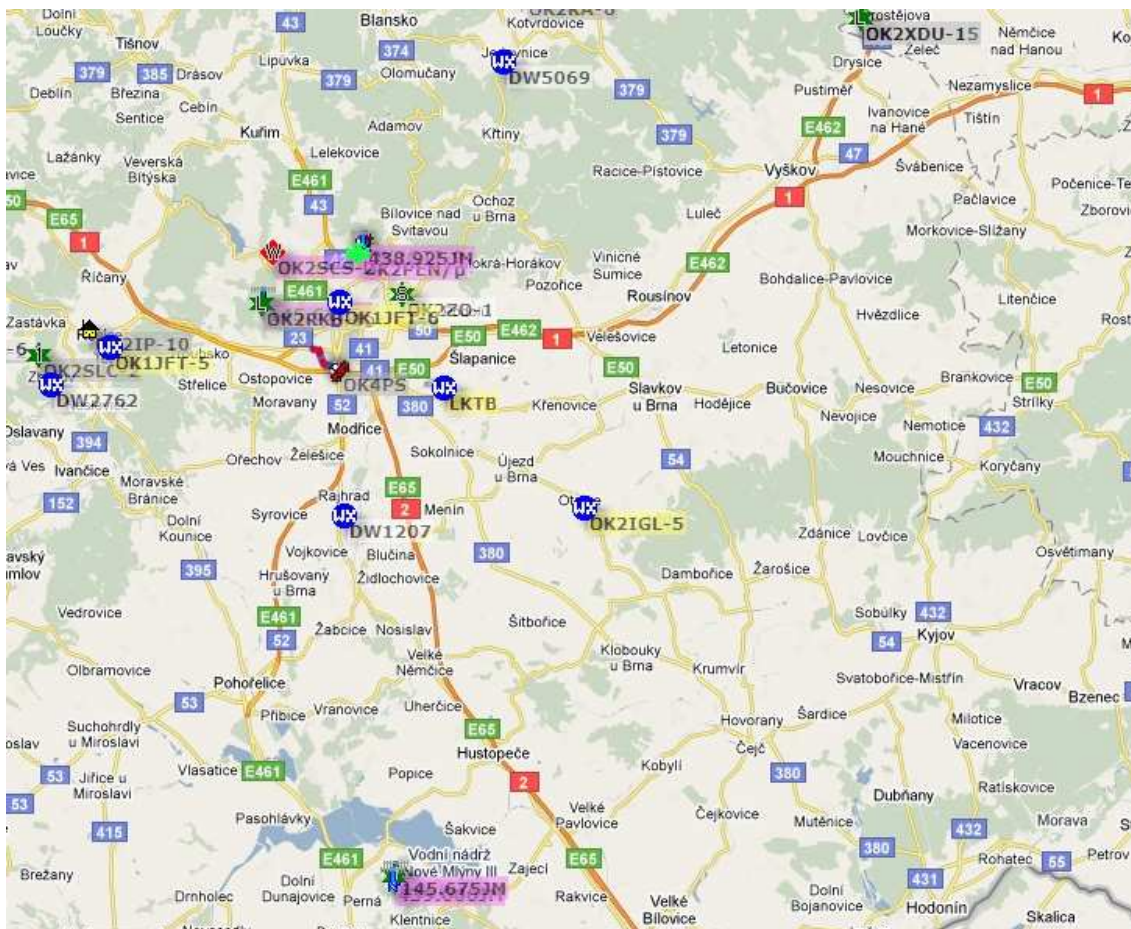
UA – Unnumbered Acknowledge (nečíslované potvrzení)

FRMR – Frame Reject (odmítnutí rámeček)

UI – Unnumbered Information (nečíslovaný rámeček s informacemi)

1.5 Rozšíření systému v dnešní době

V dnešní době díky internetu není problém zjistit množství stanic v okolí i když nevlastníme žádný přijímač. Je to možné pomocí speciálních stránek, které zobrazují stanice na mapě v téměř reálném čase. Mapy se aktualizují během nízkých jednotek minut.



Obr. 2 : Aktuální situace APRS na Moravě (převzato z [3])

Na obr. 2 je mapa Moravy se zakreslenýma stanicemi ve 10:12 ze dne 13.05.2010

2 GPS

2.1 Systém GPS

Kosmický segment GPS představují družice umístěné na šesti kruhových drahách se sklonem 55° k rovině rovníku, vzdálené 20 190 km od povrchu Země a pohybující se rychlostí 11 300 km/h. Za jeden den uskuteční každá družice dva oběhy kolem Země (jeden oběh trvá 11 h 58 min). Každá ze šesti drah má pět pozic pro umístění družic a to znamená, že za současné konfigurace je maximální možný počet družic GPS na oběžné dráze roven třiceti. Pozice č. 5 je u každé dráhy záložní, pro dosažení plné operační způsobilosti systému stačí 24 funkčních družic.

2.2 Modul GPS LR9552



Obr. 3 : GPS LR9552 modul Leadtek (převzato z [5])

TECHNICKÁ DATA:

Čipová sada SiRFstarIII jednočip (GSC 3f)
Hodnota vysílací frekvence L1, 1575.42 MHz (C/A code 1.023 MHz chip rate)
Počet kanálů 20
Citlivost -159 dBm

Přesnost

Pozice 10 metrů, 2D RMS

Time to First Fix (TTFF) - čas prvního uzamčení pozice
(při přímém přístupu k obloze a při nepohyblivém stavu)

Reaktivizace 0.1 sec., průměr
Snap start 1 sec., průměr
Hot start 1 sec., průměrná typická TTFF
Warm start 38 sec., průměrná typická TTFF

Cold start 42 sec., průměrná typická TTFF

Napájení

Napájecí napětí 3,2 – 5,0 V DC
Napájecí proud 55 mA

2.3 Protokol NMEA-0183

V NMEA-0183 formátu jsou data posílána po řádcích. Každý řádek začíná znakem '\$', následuje dvoj písmenná zkratka zařízení (GP = GPS) a dále troj písmenný kód určující formát zprávy. Každý řádek pak končí hvězdičkou a hexadecimálně zapsaným kontrolním součtem (XOR všech znaků na řádku mezi '\$' a '*'). Délka řádku je omezena na maximálně 80 znaků a jednotlivé položky jsou od sebe odděleny čárkami. [8]

\$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>*HH

Tab. 8 : Věta RMC

#	formát	příklad	komentář
1	hhmmss.sss	204936.000	Čas (UTC)
2	c	A	Status (A=OK, V=varování)
3	ddmm.mmmm	4909.3810	Zeměpisná šířka
4	c	N	Indikátor sever/jih (N=sever, S=jih)
5	ddmm.mmmm	01652.6337	Zeměpisná délka
6	c	E	Indikátor východ/západ (E=východ, W=západ)
7	d.d	0.00	Vodorovná rychlost (Speed Over Ground, v uzlech)
8	d.d	101.90	Kurz pohybu ve stupních
9	ddmmyy	301209	Datum ddmmyy
10	d.d	-	Magnetická deklinace ve stupních
11	c	-	Indikátor východ/západ (E=východ, W=západ)
12	*xx	6B	Kontrolní součet

\$GPGGA,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,M,<10>,M,<11>,<12>*HH

Tab. 9 : Věta GGA

#	formát	příklad	komentář
1	hhmmss.sss	204936.000	Čas (UTC), pro který platí údaje o vypočtené pozici
2	ddmm.mmmm	4909.3810	Zeměpisná šířka
3	c	N	Indikátor severní/jižní šířka (N=sever, S=jih)
4	dddmm.mmmm	01652.6337	Zeměpisná délka
5	c	E	Indikátor východní/západní délky (E=východ, W=západ)
6	d	1	Indikátor kvality: 0 — nebylo možno určit pozici 1 — pozice úspěšně určena 2 — pozice úspěšně určena (diferenční GPS)
7	dd	4	Počet viditelných satelitů 00 — 12
8	d.d	2,4	Vliv rozestavení družic na určení polohy HDOP (Horizontal Dilution of precision)
9	d.d	184.1	Výška antény nad geoidem
10	c	M	Jednotka pro předchozí údaj (č.9) (M=metr)
11	d.d	43.3	Geoidal separation, rozdíl mezi WGS-84 zemským elipsoidem a střední úrovní moře (geoid). Znaménko mínus znamená, že střední úroveň země je pod elipsoidem.
12	c	M	Jednotka vzdálenosti pro předchozí položku (č.11) (M=metr)
13	d.d	0.0	Stáří poslední aktualizace DGPS. Údaj je uváděn v sekundách. Jestliže údaj chybí, nepoužívá se DGPS.
14	dddd	0	Identifikační číslo referenční stanice pro DGPS (0000 — 1023)
15	*xx	7D	Kontrolní součet

3 HARDWARE

3.1 Mikrokontrolér

Mikrokontroléry od firmy Atmel /starší řada 51 a novější řada AVR/ jsou u nás v amatérské sféře hodně rozšířeny. Pro řešení jsem použil procesory řady AVR. Mezi jejich hlavní vlastnosti patří

- 8bitová AVR RISC architektura
- 130 instrukcí (120 pro Attiny), většina jedno taktových
- rychlost až 20 MIPS (při hodinovém kmitočtu 20MHz)
- Harvardská architektura (paměti programu a dat je oddělena)
- programovatelná FLASH paměti (až 10 000 mazacích / zapisovacích cyklů)
- integrovaná EEPROM (100 000 mazacích / zápisových cyklů)
- 32 pracovních registrů
- napájecí napětí 1,8 – 5,5 V, nízká spotřeba
- jednoduché programování
- software zdarma

V mikrokontrolérech AVR je velký výběr a je možné si pořídit typy s redukováným jádrem a omezeným počtem I/O funkcí (Attiny) nebo plným jádrem a množstvím I/O (Atmega). Mezi nejmenší typy patří Attiny 7, 13 mezi nejobsáhlejší Atmega128, Atmega 2561.

Tab. 10 : Srovnání různých mikrokontrolérů

	ATtiny13	ATtiny2313	ATmega8	Atmega164
F _{MAX}	20 MHz	20 MHz	16 MHz	20 MHz
Flash	1 kB	2 kB	8 kB	16 kB
SRAM	64 B	128 B	1024 B	1024 B
EEPROM	64 B	128 B	512 B	512 B
Pouzdro	DIL 8 SOIC 8	DIL 20 SOIC 20	DIL 28 TQFP/MLF 32	DIL 40 TQFP/QFN/MLF 44
Hodiny	Externí vstup RC oscilátor	Externí vstup RC oscilátor krystal	Externí vstup RC oscilátor krystal	Externí vstup RC oscilátor krystal

V práci je použit mikrokontrolér ATmega164. Tento mikrokontrolér má podobné vlastnosti jako ATmega16, ale obsahuje některé periférie navíc. Hlavní výhodou je to že obsahuje dva samostatné UARTy. Na jeden UART je připojen

přijímač GPS a přes druhý UART je možno ovládat modul z počítače.

Mikrokontrolér ATmega164 je umístěn na samostatné desce plošných spojů. K připojení desky vysílače jsou použité dva deseti pinové konektory. Na prvním pinu obou konektorů je napájecí napětí a na posledním pinu je GND. Ostatní piny jsou připojeny na Port A a Port C. Na stejné desce je umístěn i převodník USB / UART pro ovládání modulu z počítače. Schéma a podklady pro výrobu desky jsou v příloze.

3.2 Propojení s počítačem

Na většině počítačů už dneska nenajdeme sériový port, který se používal dřív. Dneska je potřeba připojovat zařízení k počítači pomocí USB, sSATA, Ethernet. K jednoduchému ovládní je nevhodnější USB rozhraní.

Universal Serial Bus je standard organizace USB Implementers Forum. Definuje průmyslový standard Univerzální sériové sběrnice a popisuje její vlastnosti, protokol, typy přenosů, hospodaření s prostředky, potřebnou programovou podporu, elektrické a mechanické vlastnosti hardwaru. Existují čtyři verze specifikací: USB 1.0, USB 1.1, USB2.0 a nejnovější USB 3.0.

Nejvhodnější je asi v dnešní době koupit obvod od firmy FTDI a doplnit ho několika externími součástkami. Na trhu jsou k dispozici dvě verze těchto obvodů. Starší FT232 BM a nebo novější FT232 RL.

Parametry:

- Rozhraní UART podporuje 7/8 datových bitů, 1/2 stop bity a několik druhů parity
- Přenosová rychlost 300 bit/s až 3 Mbit/s
- Vstupní buffer o velikosti 384 Bytů, výstupní buffer 128 Bytů
- Možnost plně hardwarového řízení přenosu - signály RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, RI
- Možnost práce s 5V i 3,3V logikou
- Integrovaný obvod Power-On-Resetu
- Napájecí napětí 4,35 - 5,25V - možno napájet přímo z USB
- Kompatibilní s USB 1.1 i 2.0

3.3 Vysílač dat

3.3.1 Popis obvodu

V obvodu ADF7021 je zaintegrovaný téměř celý přijímač a vysílač. Dál bude používána pouze část vysílače. Tento obvod umožňuje využívat modulace 2FSK, 3FSK, 4FSK na kmitočtech od 80 MHz do 650 MHz a od 862 MHz do 950 MHz. Na obr. 3 je typické zapojení obvodu.

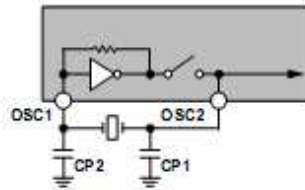
Vysílač obsahuje dva napětím řízené oscilátory (VCO) s výstupní chybou < 1 ppm. Protože obvod obsahuje 2 samostatná VCO je možné využít dvou-pásmový provoz, kde uživatel může na jedné frekvenci přijímat a druhé frekvenci vysílat.

V datasheetu jsou uvedeny tyto parametry, které platí pro $V_{DD} = 3\text{ V}$ a $T_A = 25\text{ °C}$

Tab. 11 : Parametry ADF7021

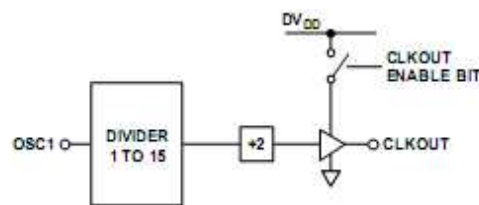
Parametr	Min	Typ	Max	Unit	Comments
RF Characteristic					
Frequency Ranges (Direct Output)	160		650	MHz	External inductor VCO
	862		950	MHz	Internal inductor VCO
Frequency Ranges (RF Divide-by-2 Mode)	80		325	MHz	External inductor VCO
	431		475	MHz	Internal inductor VCO
Reference Input					
Crystal Reference	3,625		26	MHz	
External Oscillator	3,625		30	MHz	
Crystal Start-Up Time		0,930		ms	10 MHz XTAL, 33pF load capacitors
XTAL Bias = 20 uA		0,438		ms	10 MHz XTAL, 33pF load capacitors
Input Level for External Oscillator					
OSC1		0,8		V p-p	Clipped sine wave
OSC2		CMOS levels		V	
Data Rate					
2FSK, 3FSK	0,050		25	kbps	
4FSK	0,050		32,8	kbps	
Transmit Power					
Maximum Transmit Power		13		dBm	
Transmit Power Variation vs. Temperature		+ - 1		dBm	- 40 ° C to + 85 ° C
Programmable Step Size		0,3125		dBm	- 20 dBm to +13dBm

Externí krystal by měl mít frekvenční toleranci < 10 ppm. Pro kmitání na správné frekvenci jsou potřeba dva paralelní rezonanční kondenzátory. Jejich hodnoty jsou závislé na parametrech krystalu a také na parazitních kapacitách na PCB. Typické hodnoty jsou v rozsahu 12 pF až 20 pF. Je výhodné použít kondenzátory s velmi nízkým teplotním koeficientem. Proud tekoucí do oscilátoru je možné měnit v rozsahu 20 uA až 35 uA pomocí nastavení bitů v registru R1_DB(13:14).



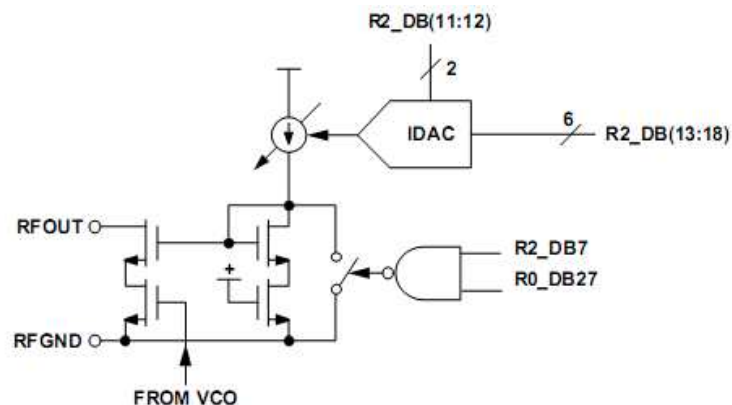
Obr. 4 : Obvod oscilátoru u ADF7021 (převzato z [7])

Obvod ADF7021 obsahuje i referenční hodinový výstup. Na výstupu je obdélníkový signál se střídou 1:1. Frekvence signálu je dána frekvencí oscilátoru vydělenou děličkou. Z výroby je dělička nastavena na dělení 8. Hodnotu děličky lze měnit pomocí bitů v registru R1_DB(7:10).



Obr. 5 : Obvod CLKOUT (převzato z [7])

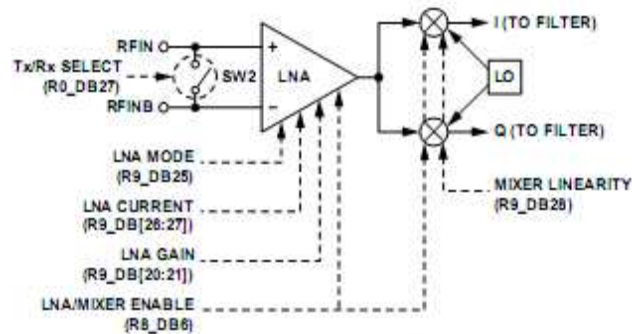
Výstup vysílače je obvod s otevřeným drainem (kolektorem), který byl navržen tak, aby do zátěže 50Ω na frekvenci 950 MHz dodal výkon + 13 dBm. Výstupní výkon se nastavuje pomocí bitů v registru R2_DB(13:18).



Obr. 6 : Výstup ADF7021 (převzato z [7]).

Obvod obsahuje i obvody přijímače. Pokud by se signál z výstupu vysílače dostal

na vstup přijímače, mohl by způsobovat chybný příjem a také poškodit vstupní obvody. Proto je vstup přijímače chráněn tak, že je v době vysílání obvodu zkratován.



Obr. 7 : Vstupní obvod (převzato z [7])

Vysílač dat je postaven na samostatné desce plošných spojů. Deska je oboustranná, součástky jsou osazeny pouze z jedné strany. Schéma a výkresy desky plošných spojů jsou v příloze.

3.3.2 Registry vysílače

Tab. 12 : Register 0 - N Register

Funkce	MUXOUT			UART MODE		Tx/Rx	8-Bit Integer_N								15-Bit Fraction_N										Address Bits															
bit	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
jméno	M3	M2	M1	U1	TR1	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1	M15	M14	M13	M12	M11	M10	M9	M8	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1	C4	C3	C2	C1								

MUXOUT 0b000
 UART Mode 0b1 → UART Mode Enable
 Tx/Rx 0b0 → Transmit
 8-Bit Integer N 0b0001 1010 26D
 15-Bit Fraction N 0b000 0101 0101 0101 1365D
 Address Bits 0b000

Příklad výpočtu

$$PFD = \frac{XTAL}{R_Conter} = \frac{11,0592MHz}{1} = 11059200$$

$$RF_{OUT} = PFD * 0,5 * \left(Integer_N + \frac{Fraction_N}{2^{15}} \right)$$

$$RF_{OUT} = 1105928 * 0,5 * \left(26 + \frac{1365}{2^{15}} \right) = 143,99MHz$$

Tab. 13 : Register 1 - VCO /Oscillator register

				VCO Inductor	VCO ADJUST				VCO_BIAS				RF Divide By 2	VCO Enable	CP Current			XTAL Bias		XOSC Enable	XTAL Doubler	CLOCKOUT Divide			R Counter			Address Bits			
				5	4	3	2	1	0	9	18	7	6	5	4	3	2	1	1	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
				VLC1	VA2	VA1	VB4	VB3	VB2	VB1	RFD1	VE1	CP2	CP1	XB2	XB1	.X1	D1	CL4	CL3	CL2	CL1	R3	R2	R1	C4	C3	C2	C1		

VCO Inductor	0b1 → Externí L VCO
VCO Adjust	0b0 → Norminal
VCO Bias	0b0011 → VCO Bias current 0,75 mA
RF Divide By 2	0b1 → RF Divide by 2 ON
VCO Enable	0b1 → LOOP Condition VCO On
CP Current	0b10 → Icp = 1,5mA
XTAL Bias	0b10 → XTAL Bias = 30 uA
XOSC Enable	0b1 → XTAL OSC ON
XTAL Doubler	0b0 → XTAL Doubler Disable
CLOCKOUT Divide	0b0011 → CLOCKOUT Divide 6
R Counter	0b001 → RF 1 Counter Divide Ratio
Address Bits	0b0001

Tab. 14 : Register 2 - Transmit Modulation Register

R-Cosine Alpha		TxDATA Invert		Tx Frequency Deviaton									Power Amplifier					PA Bias		PA Ramo		Pa Enable	Modulati on Scheme			Address Bits				
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
NRC1	DI2	DI1	TFD9	TFD8	TFD7	TFD6	TFD5	TFD4	TFD3	TFD2	TFD1	P6	P5	P4	P3	P2	P1	PA2	PA1	PR3	PR2	PR1	PE1	S3	S2	S1	C4	C3	C2	C1

- R-Cosine Alpha 0b0 → Raised Cosine Alpha 0,5 (Default)
- TxDATA Invert 0b00 → TxData Invert Normal
- Tx Frequency Deviaton 0b0 0001 1000 24D
- Power Amplifier 0b10 1110 46D
- PA Bias 0b10 → PA Bias 9uA
- PA Ramo 0b000 → No Ramp
- PA Enable 0b1 → Power Amplifier ON

Tab. 15 : Register 3 - Transmit / Receiver Clock Register

Agc Clk Divide			Sequencer Clk Divide					Cdr Clk Divide						Dem Clk Divide				Bbos Clk Divide		Address Bits											
3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
GD6	GD5	GD4	GD3	GD2	GD1	SK8	SK7	SK6	SK5	SK4	SK3	SK2	SK1	FS8	FS7	FS6	FS5	FS4	FS3	FS2	FS1	OK4	OK3	OK2	OK1	BK2	BK1	C4	C3	C2	C1

- Modulation Scheme 0b000 → 2FSK
- Address Bits 0b0010
- Agc Clk Divide 0b00 1010 10D
- Sequencer Clk Divide 0b0110 1111 111D
- Cdr Clk Divide 0b0001 1101 29D
- Dem Clk Divide 0b0011 3D
- Address Bits 0b0011

Příklad výpočtu

$$FreqDev = 0,5 * \frac{Tx_Freq_Dev * PFD}{2^{16}} = 0,5 * \frac{24 * 11059200}{2^{16}} = 2025Hz$$

Tab. 16 : Register 4 - Demodulator Setup Register

IF BW		Post Demod BW										Discriminator BW								Rx Invert		Dot Product	Demo Scheme			Address Bits					
3	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
IFB2	IFB1	DW10	DW9	DW8	DW7	DW6	DW5	DW4	DW3	DW2	DW1	TD10	TD9	TD8	TD7	TD6	TD5	TD4	TD3	TD2	TD1	RI2	RI1	DPI	DS3	DS2	DS1	C4	C3	C2	C1

IF BW 0b10 → IF Filter BW 25 KHz
 Post Demod BW 0b00 0000 0110 6D
 Discriminator BW 0b01 1100 0100 452D
 RxInvert 0b10 → Invert Data
 Dot Product 0b1 → DDT Product
 Demo Scheme 0b001 → 2FSK Linear Demodulator
 Address Bits 0b0100

4 SOFTWARE

4.1 Příjem GPS

Data jsou z přijímače GPS posílány pomocí UARTu. Nebylo potřeba měnit rychlost vysílání dat, takže je možné připojit přijímač pouze pomocí 3 vodičů. V takovém případě jsou data vysílána rychlostí 4800 bit/s. Data z přijímače jsou přivedena na PORT D pin 0, jedna z alternativních funkcí tohoto pinu je příjem dat na UART0. V mikrokontroléru je povoleno přerušení od přijímače UART0. Během přerušení je volána funkce NMEA(), která dekoduje zprávu z GPS.

```
switch(Temp)
{
    case '$':
        commacount = 0;
        bufferindex = 0;
        line = 0;
        gprmc = FALSE;
        gpgga = FALSE;
        break;
    case ',':
        commacount = 0;
        bufferindex = 0;
        pointcount = 0;
        line++;
        memset(buffer, ' ', 6);
        break;
    case '.':
        pointcount++;
        commacount++;
        bufferindex = 0;
        break;
    default:
        commacount++;
        if(bufferindex < 6)
        {
            bufferindex++;
            buffer[bufferindex] = Temp;
        }
}
```

Pokud přijímač přijme znak \$, je vysílána nová věta. Počítáním znaku , je určováno jaká je právě vysílána informace.

```
case 2:
    Hours_gps = (atoi(buffer)+2);
    bufferindex = 0;
    break;
case 4: Minutes_gps = atoi(buffer);
    bufferindex = 0;
    break;
```

Když je vysílána požadovaná informace, tak program vyhodnocuje podle počtu znaků od čárky, jaká je právě vysílána hodnota. U hodnoty Hours je nutné přičíst hodnotu 2, pokud chceme mít středoevropský čas.

4.2 Nastavení vysílače

Pro nastavení vysílače je potřeba nastavit první 4 registry. Tyto registry musí být nastaveny v určitém pořadí a časové posloupnosti.

```
dd_adf7020_chip_sel(1); //ADF7020 CE high
_delay_ms(2);
dd_write_7020_reg(21); //Write to register R1 Tx 1 + 20 = 21
_delay_us(700);
dd_write_7020_reg(3); //Write to register R3 Rx 3 + 00 = 03
dd_write_7020_reg(20); //Write to register R0 Tx 0 + 20 = 20
_delay_us(40);
dd_write_7020_reg(22); //Write to register R2 Tx 2 + 20 = 22
_delay_us(40);
dd_write_7020_reg(4); //Write to register R4 Rx 4 + 00 = 04
```

Každý registr může obsahovat až 32 bitů. Řídící mikrokontrolér je pouze 8bitový a použití 32bitového čísla by bylo výpočetně náročné. Proto byla zvolena cesta, kdy se postupně zapíše 2 čísla o délce 16 bitů.

```
for (i = 0; i < 2; i++)
{
    switch(i)
    {
        case 0: {byte = byte_a;} break;
        default : {byte = byte_b;} break;
    }

    for (j=16; j > 0; j--)
    {
        PORTA |= ADF7020_SCLK ; //ADF7020_SCLK = 1;
        if (byte & 0x8000)
        {
            PORTA |= ADF7020_SDATA; //ADF7020_SDATA = 1;
        }
        else
        {
            PORTA &= ~ADF7020_SDATA; //ADF7020_SDATA = 0;
        }
        _delay_us(500);
        PORTA &= ~ADF7020_SCLK; //ADF7020_SCLK = 0;
        byte = (byte<<1); // left shift 1
        _delay_us(500);
    }
    PORTA |= ADF7020_SCLK ; //ADF7020_SCLK = 1;
}
_delay_us(500);
PORTA |= ADF7020_SLE; //ADF7020_SLE = 1;
_delay_us(500);
PORTA &= ~ADF7020_SLE; //ADF7020_SLE = 0;
```

4.3 Vysílané data

Vysílaná data jsou také dostupná na UART1 a jsou v tomto formátu

```
2010-05-15 13:57:16 UTC:xbohat03>APRS,4909.380N/01652.62E
2010-05-15 13:57:21 UTC:xbohat03>APRS,4909.380N/01652.62E
2010-05-15 13:57:26 UTC:xbohat03>APRS,4909.380N/01652.62E
2010-05-15 13:57:31 UTC:xbohat03>APRS,4909.380N/01652.62E
```

- datum ve formátu rok-měsíc-den
- čas ve formátu hodina:minuta:sekunda a časové pásmo
- identifikace vysílače
- typ vysílání
- zeměpisná šířka 49 stupňů a 09,380 minut N-sever / S-Jih
- zeměpisná délka 16 stupňů a 52,62 minut E-východ / W- západ

4.4 Nastavení vysílání

Z počítače je možné měnit parametry vysílače. Jedná se hlavně o frekvenci, výstupní výkon a periodu vysílání zpráv. Modul se připojí k počítači pomocí USB. V počítači se po nainstalování driverů pro obvod FT232RL ukáže nový sériový port. Nastavení portu je

- Rychlost 57600 bit/s
- Data bits 8
- Parity None
- Stop Bits 1

Zasílané zprávy mají formát

\$ začátek dat

PER příkaz a mezera

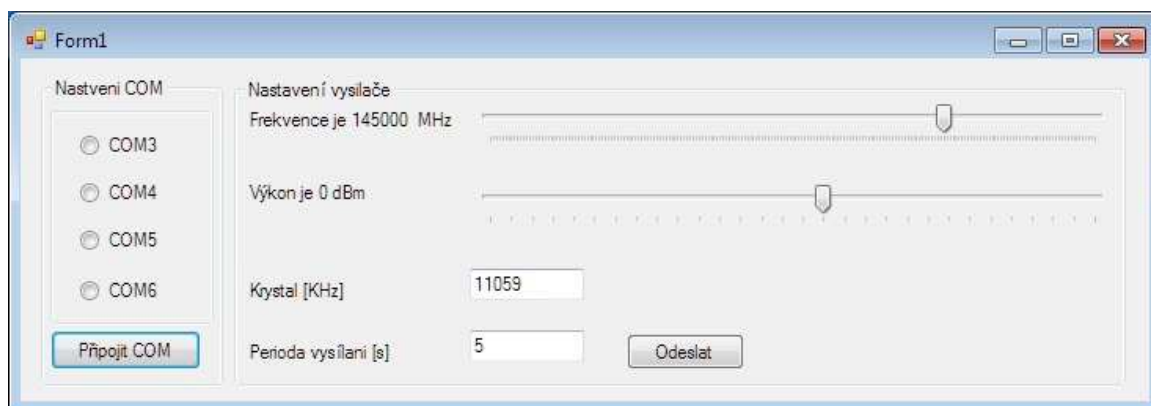
10 hodnota

; konec

\$PER 10; změni periodu vysílání zpráv na 10 sekund

Nastavení modulu je možné provádět z terminálu nebo pomocí ovládacího prostředí. Program byl psán ve prostředí z roku 2008, toto prostředí využívá .NET Framework 3.5, který obsahuje vylepšení jako například Windows CardSpace, Windows Presentation Foundation, Windows Workflow Foundation a mnoho další novinek. NET Framework je to rozhraní (platforma), které podporuje několik jazyků (AC# (C Sharp), VB.NET, J# a managed C++) a obsahuje knihovny, které jsou všem

jazykům společné. Pokud používáte stejnou funkci v C# a VB.NET, voláte tu samou knihovnu a to samé místo v ní.

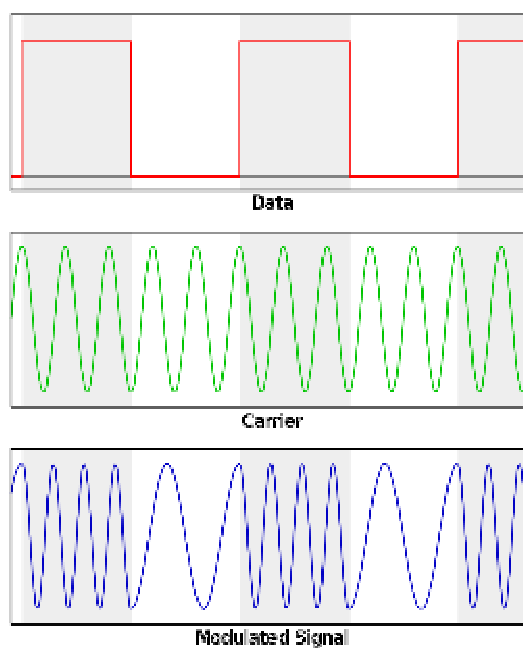


Obr. 8 : Ovládací prostředí

4.5 Modulace signálu

Vysílané data je potřeba modulovat, pomocí modulace AFSK. Rychlost modulace 1200 bit/s a použité frekvence

- pro 0 je 2200 Hz
- pro 1 je 1200 Hz



Obr. 9 : Modulace AFSK (převzato z [13])

K modulaci jsou použité 2 časovače s přerušením. Jedním časovačem se odměřuje doba pro vysílání bitu a pomocí druhého časovače se generuje frekvence o kmitočtu 1200 Hz nebo 2200 Hz.

```

if (!(data & 0b00000001)==1)          //Tcor=2,44us
{
  if (LastBit==1) { Counter1 = 112;} // 1200 Hz
  else
  {
    bb = (((Counter2 - 177) << 1) + 112);
    Counter1 = 112; // 1200 Hz
    TCNT2 = bb;
    LastBit = 1;
  }
}
else
{
  if (LastBit == 0){Counter1 = 177;} // 2200 Hz
  else
  {
    bb = (((Counter2 - 112) >> 1) + 177);
    Counter1 = 177; // 2200 Hz
    if (bb>=254)
    {
      bb=254;
    }
    TCNT2 = bb;
    LastBit = 0;
  }
}
data=(data >> 1);
IndexMod++;

```

V této části kódu je nastavována délka čítání čítače pole toho jestli je vysílána 0 nebo 1. Pokud došlo od posledního vysílání ke změně vysílané hodnoty je potřeba dopočítat hodnotu do které má být čítač nastaven.

5 ZÁVĚR

Na začátku práce je popsán protokol AX.25 a systém APRS. Pomocí tohoto protokolu a systému je možné posílat jednoduché textové zprávy. Obsahem těchto zpráv mohou být např. souřadnice získané ze systému GPS. Příjem signálu GPS je pomocí modulu LEADEK. Mikrokontrolér ATmega164 obsluhuje veškeré periférie a vykonává mezi nimi vzájemnou komunikaci. Na UART0 jsou přivedena data z GPS. Tyto data jsou dekodována a část je jich vložena do zprávy, která se vysílá. Nastavení a ovládání vysílače je také řízeno tímto obvodem.

LITERATURA

- [1] Něco málo o APRS®, BBS: OK0PHL, - , [cit. 25.04.2009]. Dostupné na www: < <http://ok1teb.wz.cz/aprsk.html> >
- [2] Má PACKET RADIO budoucnost?, Ing. Ján Grečner, OK1VJG, [cit. 26.04.2009]. Dostupné na www: < http://www.grecner.cz/astro/PR/Budoucnost_PR_OQI_70_26-37.pdf >
- [3] Live APRS v OK, - , [cit. 29.04.2009]. Dostupné na www: < http://www.hamradio.cz/aprs_new/index.php?str=aprslive >
- [4] X.25 Amateur Packet-Radio Link-Layer Protocol, ©2007 Tucson Amateur Packet Radio Corp. [cit. 26.04.2009]. Dostupné na www: < http://www.tapr.org/pub_ax25.html >
- [5] Frejtlach Karel, Paket rádio, České Budějovice: PVT – reprografická sekce, 1994. ISBN 80-900046-3-6
- [6] -, GPS LR9552 TTL modul Leadtek, [online], -, [cit. 30.12.2009]. Dostupné na www: < <http://www.sectron.cz/produkty/31-gps-leadtek/32-gps-oem-moduly/810-gps-lr9552-ttl-modul-leadtek.html> >
- [7] ADF7021: High Performance Narrowband ISM Transceiver IC, [online] © 1995-2009 Analog Devices, [cit. 29.04.2009]. Dostupné na www: < <http://www.analog.com/en/rfif-components/short-range-transceivers/adf7021/products/product.html> >
- [8] EVAL-ADF70XX: Development Platform for ADF702X family of ISM band Transceivers, [online], © 1995-2009 Analog Devices, [cit. 29.04.2009]. Dostupné na www: < http://www.analog.com/Analog_Root/static/techSupport/designTools/evaluationBoards/hardwareDocumentation_ISM.html >
- [9] Bergmann, Jak funguje GPS?, [online] . 21.6.2006, [cit. 30.12.2009]. Dostupné na www: < http://www.svethardware.cz/art_doc-DDEBD99691258B70C12573EC003C1259.html >
- [10] -, The WhereAVR, -, cit. [15.05.2005]. Dostupné na www : < <http://www.garydion.com/projects/whereavr/> >
- [11] Atmel Corporation, ATmega164P, © 2010, [cit. 15.05.2005]. Dostupné na www : http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=3887
- [12] Future Technology Devices International Ltd., 2010, [cit. 15.05.2005]. Dostupné na www : < <http://www.ftdichip.com/Products/FT232R.htm> >
- [13] Frequency-shift keying, - , 19.dubna 2010, , [cit. 15.05.2005]. Dostupné na www : < http://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying >

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

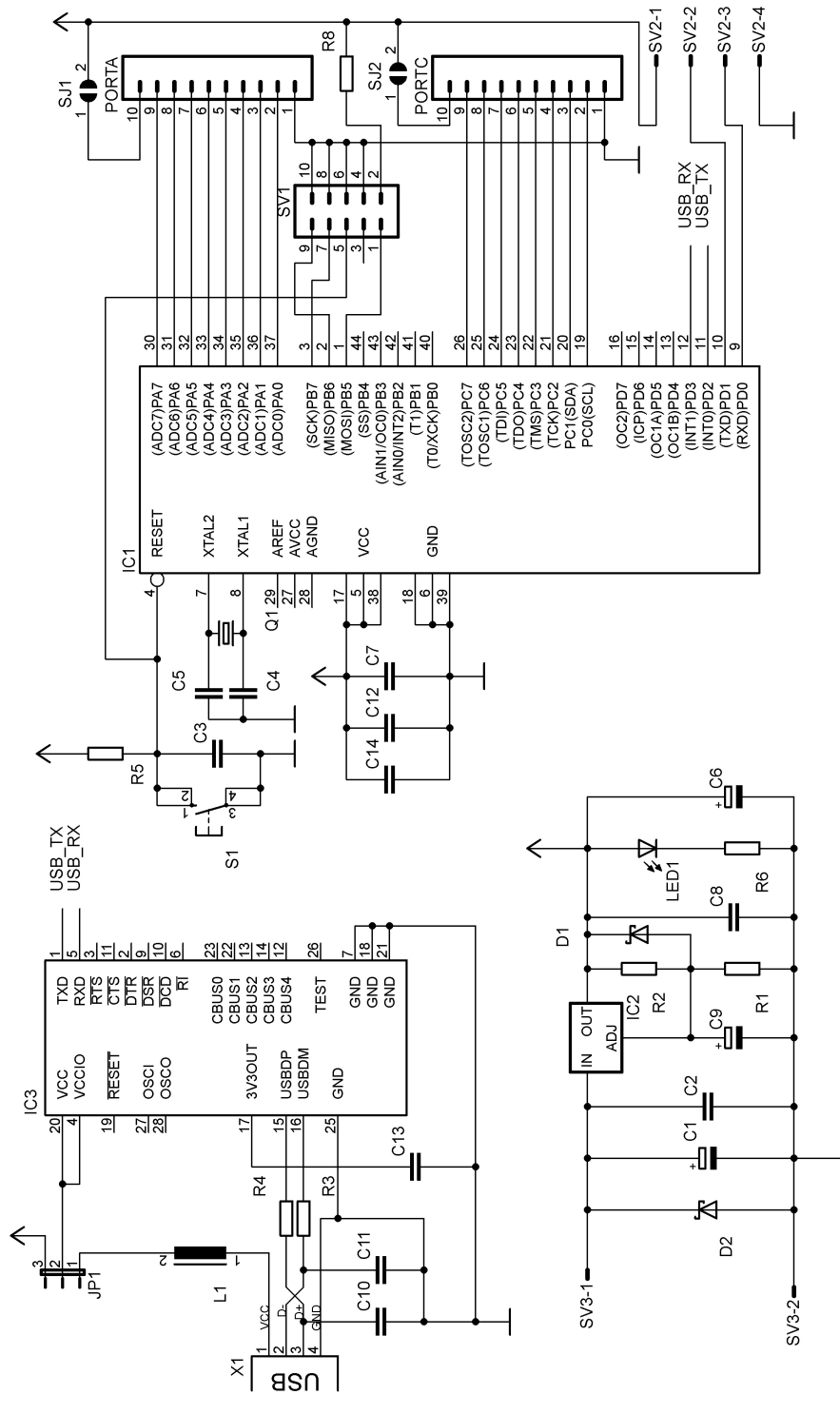
APRS	Amateur Position Reporting Service
RISC	Reduced Instruction Set Computer
FSK	Frequency-shift keying
FEMA	Federal Emergency Management Agency (Federální agentura pro řízení záchranných prací)
GPS	Global Positioning system
FSK	Frequency-shift keying
SPI	Serial Peripheral Interface
UART	Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter
NMEA	National Marine Electronics Association (národní asociace pro námořní elektroniku)
RMC	Recommended minimum specific GPS/Transit data (základní informace o pozici)
GGA	Global Positioning System Fix Data (rozšířené informace o pozici)
GSA	GPS DOP and Active Satellites
GSV	GPS Satellites in View

SEZNAM PŘÍLOH

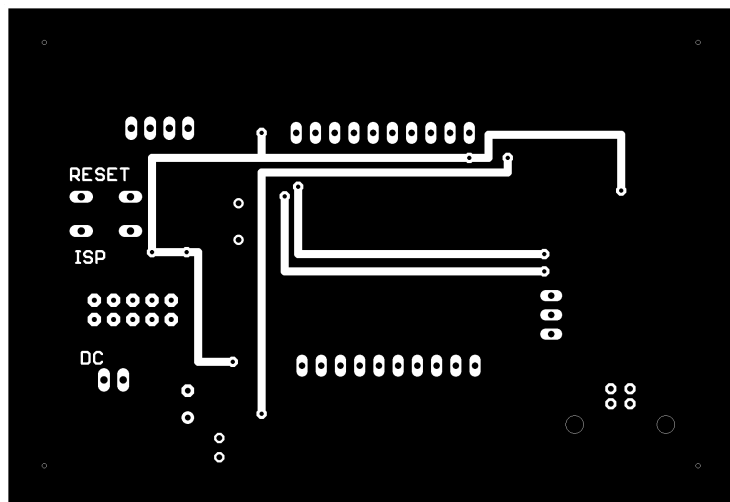
A	Řídící deska	33
A.1	Schéma.....	33
A.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek).....	34
A.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	34
A.4	Osazovací výkres strana top	35
A.5	Osazovací výkres strana bottom	35
B	Modul vysílače	36
B.1	Schéma.....	36
B.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek).....	37
B.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	37
B.4	Osazovací výkres strana top	38
C	Seznam součástek	39
C.1	Řídící deska.....	39
C.2	Modul vysílače.....	40

A ŘÍDÍČÍ DESKA

A.1 Schéma

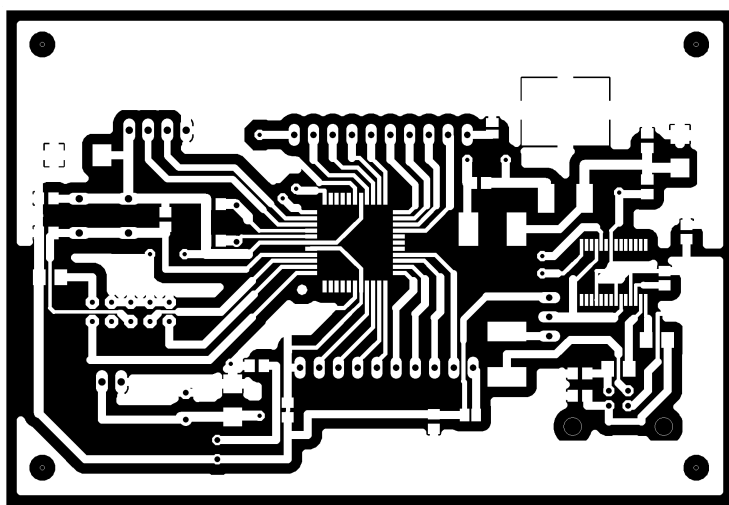


A.2 Deska plošného spoje – top (strana součástek)



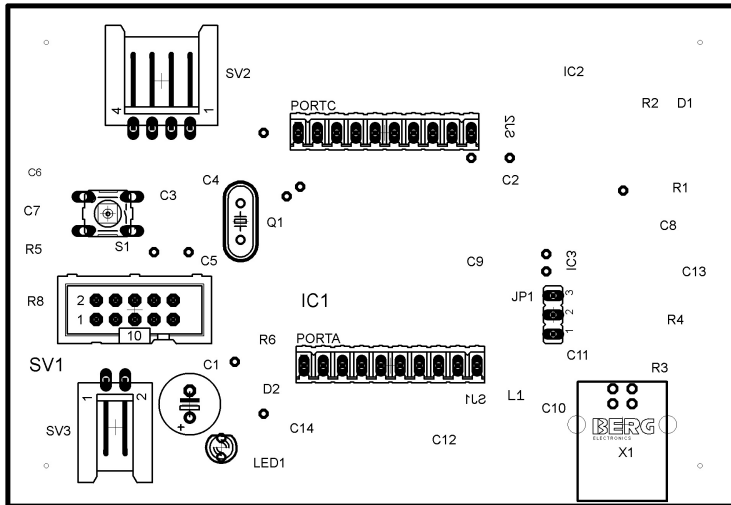
Rozměr desky 96 x 65 [mm]

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

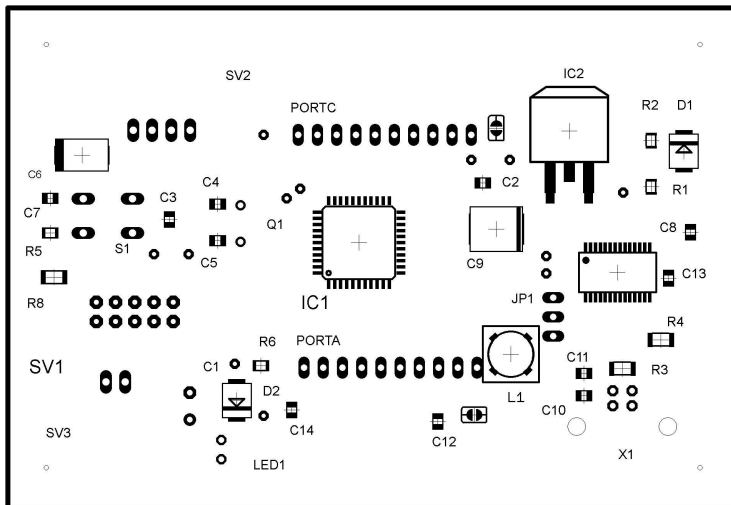


Rozměr desky 96 x 65 [mm]

A.4 Osazovací výkres strana top

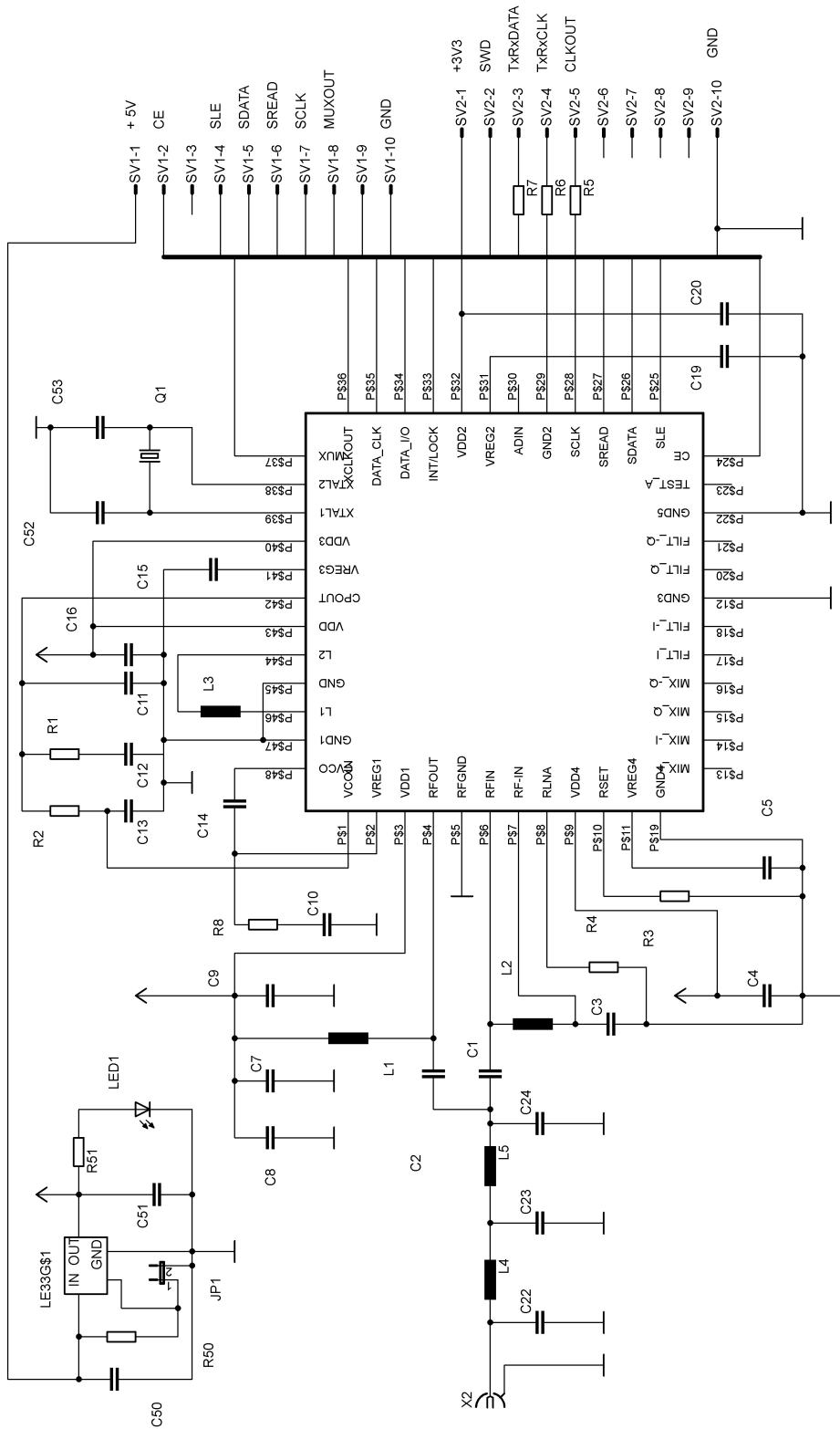


A.5 Osazovací výkres strana bottom

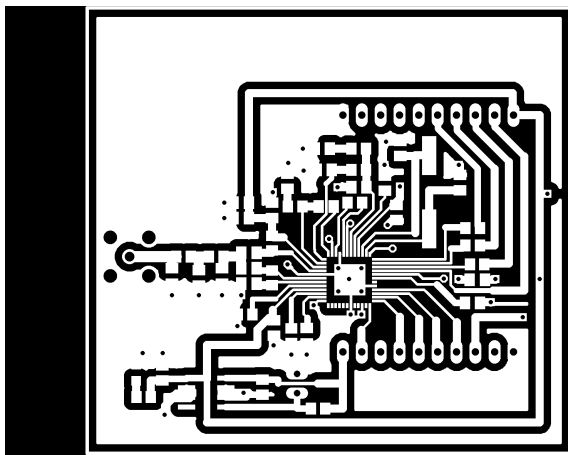


B MODUL VYSÍLAČE

B.1 Schéma

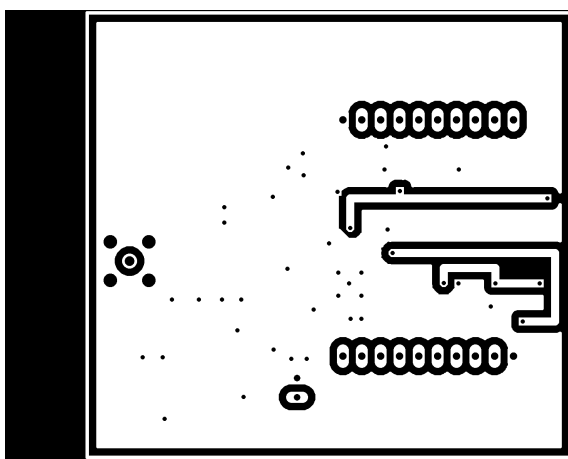


B.2 Deska plošného spoje – top (strana součástek)



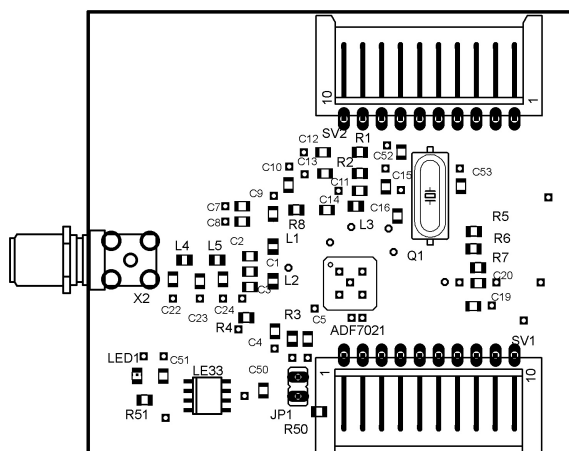
Rozměr desky 64 x 58 [mm]

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



Rozměr desky 64 x 58 [mm]

B.4 Osazovací výkres strana top



C SEZNAM SOUČÁSTEK

C.1 Řídící deska

Part	Value	Package	Part	Value	Package
C1	100uF/40V	E3,5-8	LED	LED3MM	led
C2	100nF	C0805	PORTA	M10	con-amp-quick
C3	10nF	C0805	PORTC	M10	con-amp-quick
C4	27pF	C0805	Q1	11,0592MHz	crystal
C5	27pF	C0805	R1	1K8	M0805
C6	470uF	CPOL-EUSMCE	R2	1K0	M0805
C7	100nF	C0805	R3	27R	M1206
C8	100nF	C0805	R4	27R	M1206
C9	10uF/20V	E/7260-38R	R5	10K	M0805
C10	47pF	C0805	R6	1K0	M0805
C11	47pF	C0805	R8	47R	M1206
C12	100nF	C0805	S1	10-XX	switch-omron
C13	100nF	C0805	SJ1	SJ	jumper
C14	100nF	C0805	SJ2	SJ	jumper
D1	MBRS140T3	SMB	SV1	ISP	ML10
D2	MBRS140T3	SMB	SV2	L04P	con-amp-mt
IC1	ATmega164	TQFP44	SV3	L02P	con-amp-mt
IC2	LM317BD2T	D2PACK	X1	PN61729	con-berg
IC3	FT232RL	SSOP28			
JP1	JP2E	jumper			
L1	10uH	DR73			

C.2 Modul vysílače

Part	Value	Package	Part	Value	Package
ADF7021	ADF7021	LFCSP_VQ-48	L1	100nH	L0805
C1	12pF	C0805K	L2	100nH	L0805
C2	18pF	C0805K	L3	100nH	L0805
C3	10pF	C0805K	L4	150nH	L0805
C4	100nF	C0805K	L5	130nH	L0805
C5	100nF	C0805K	Q1	11,0592MHz	SM49
C7	10nF	C0805K	R1	390R	R0805
C8	10nF	C0805K	R2	1K0	R0805
C9	10nF	C0805K	R3	3K6	R0805
C10	100nF	C0805K	R4	1K1	R0805
C11	1nF	C0805K	R5	1K0	R0805
C12	15nF	C0805K	R6	1K0	R0805
C13	470pF	C0805K	R7	1K0	R0805
C14	22nF	C0805K	R8	1K0	R0805
C15	100nF	C0805K	R50	10K	R0805
C16	100nF	C0805K	R51	560R	R0805
C19	100nF	C0805K	SV1		L10P
C20	100nF	C0805K	SV2		L10P
C22	15pF	C0805K	X2		BU-SMA-G
C23	15pF	C0805K	JP1		JP1
C24	15pF	C0805K	LE33	LE33	SO-08
C50	100nF	C0805K			
C51	100nF	C0805K			
C52	33pF	C0805K			
C53	33pF	C0805K			