

# Přijímač FM 134 - 141 MHz pro zpracování signálů z meteorologických satelitů

Ing. Miroslav Gola, OK2UGS

Dnem 24. června 2002 se zájemcům o příjem „on line“ informací z meteorologických satelitů otevřelo nové, nejméně dvouleté období pro experimenty s nejnovější technologií. Toho dne úspěšně vynesla z americké letecké základny Vandenberg raketa Titan II na oběžnou dráhu nový satelit NOAA 17.

Přijem informací z meteorologických satelitů v kmitočtovém pásmu velmi krátkých vln se stal zajímavým hobby pro tisíce radioamatérů na celém světě. Kdo z vás jste zadali do některého vyhledávací informací na Internetu například hesla NOAA, 137 MHz, WEFAX, Meteosat, Meteor, APT ... potvrdíte, že jste obdrželi stovky odkazů na nejrůznější stránky výrobců zařízení, prodejců, profesionálních uživatelů a hlavně zájemců z řad amatérů.

Naleznete tam i odkaz <http://www.rig.org.uk/>, který vás zavede na stránky redakce anglického časopisu RIG, jehož obsah je plně věnován dané problematice. V České republice se rozšířil okruh uživatelů kmitočtového pásma v okolí 137 MHz hlavně díky publikacím Radka Václavíka OK2XDX, v PE [1].

Podle mých informací je z tohoto okruhu služebně nejstarším a i dnes aktivním radioamatér Jiří Borovička, OK1BI, který si sestavil přijímací zařízení již v roce 1972. To pochopitelně nemohlo mít technické parametry dosažitelné s dnešní součástkovou základnou a obraz nebyl generován za podpory kvalitních dekódovacích programů pro osobní počítače. Jiří obrázky „dekodoval“ technologií sedmdesátých let - vykresloval na osciloskopu s obrazovkou středního dořívku a zaznamenával fotografickou kamerou Polaroid [9]. Obrázek ze 17. 9. 1972 si můžete prohlédnout na adrese: [www.emgola.cz/jak\\_zacit\\_meteo.html](http://www.emgola.cz/jak_zacit_meteo.html) a uvidíte na něm oblast východního Středomoří, Kypr a Egypt. Jiří Borovička i dnes svá přijímací zařízení stále rozšiřuje a vylepšuje a kdo vlastní jeho QSL lístek, můžete na něm pochopitelně vidět i středovou parabolickou anténu pro příjem signálů ze satelitu METEOSAT.

Možná je vhodné pro úplnost dodat, že v roce 2000 jsme si připomenuli 40. výročí přenosu prvního „televizního“ obrázku z vesmírného satelitu, kterým byl TIROS 1, a stalo se tak dne 1. dubna 1960. Obrázek byl nevalné kvality, ale zahájil éru kosmického výzkumu zemského povrchu, kdy rozlišení na obrázcích dnes běžně dosahuje řádu metrů. Bližší informace naleznete na stránkách agentury NOAA: <http://www.earth.nasa.gov/history/tiros/tiros.html>.

## Podívejte se na Zemi z vesmíru...

V současné době je podle zdroje Celestrak (<http://www.celestrak.com>) na oběžných dráhách okolo Země rozmístěno asi 36 satelitů pro dálkový průzkum Země, jejichž data, která předávají pozemním stanicím, bychom mohli specifikovat jako meteorologické údaje.

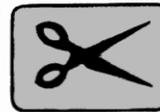
Ne všechny z nich však na Zemi předávají obrazové informace, které mohou být předmětem našeho zájmu.

Jsou to především satelity označované WXSAT (Weather satelit - satelity pro sledování povětrnostní situace). Ty jsou rozděleny do dvou základních skupin: orbitální satelity s polární dráhou (NOAA, METEOR a další) a satelity geostacionární (METEOSAT 7, GMS-5, GOES-E, GOES-W, INSAT).

Hlavním bodem našeho zájmu bude první skupina - NOAA (USA - National Oceanographic and Atmospheric Administration) METEOR, OKEAN, RESURS (Ruská federace) a další. Tyto satelity se pohybují na polárních dráhách kolem Země ve vzdálenosti 800 až 1200 kilometrů, přelétávají nad jedním místem denně v přibližně stejné době [25] a při každém obletu míjejí severní nebo jižní pól (odtud název polární). Přesnou dobu přeletu nad naším stanovištěm lze určit výpočtem z „kepleriánských prvků“, kterými je popsána aktuální dráha zvoleného satelitu. K výpočtu doby přeletu, kdy se satelit objeví na horizontu z pohledu našeho bydliště a zase zmizí za horizontem, nám dnes slouží řada programů pro osobní počítač. Sám nejčastěji používám v prostředí Windows jednoduchý program SatWin v české verzi, jehož autorem je [26, 10]. Ekvivalent programu SatWin byl napsán i pro operační systém MS-DOS, provozovaný na starších počítačích typu DX486. Oba programy si lze stáhnout i s aktuální sadou kepleriánských prvků na adrese: <http://www.emgola.cz/>, kde nalezneme i mnohé další podrobné aktuální informace o aktivitách satelitů, jejichž signály můžeme zachytit a dekódovat přijímačem, který je popsán v dalších kapitolách textu.

Předpokládaná životnost satelitů NOAA je uváděna National Oceanographic and Atmospheric Administration na období dvou let. Ne jinak je tomu i u sa-

VYBRALI JSME NA



OBÁLKU



telitu NOAA 17. To v nás může vyvolat zdání, že investice do zařízení pro příjem jejich signálů je příliš krátkodobá, avšak není tomu tak. Například satelit NOAA 12 byl instalován na oběžnou dráhu dne 14. 5. 1991 a do dnešních dnů můžeme přijímat jeho kvalitní signály na kmitočtu 137,50 MHz.

Vysílání snímků z polárních orbitálních satelitů neobsahuje pro uživatele v našich zeměpisných šířkách žádný začátek ani konec. Vysílání probíhá bez přestávek po celou dobu přeletu. Nejprve, kdy se satelit objeví na obzoru, je okraj přijímaného snímku zašumělý a postupně se rozlišení detailů v obraze zlepšuje. Na konci dráhy přeletu přijímaný signál slabne, obraz se začne ztrácet v šumu a satelit „zapadá“ za horizont. Inklinace (je to úhel, jenž svírá rovina dráhy družice s rovinou rovníku) družice, jež by prolétávala nad oběma póly (po takzvané polární dráze) je 90°, amerických meteosatelitů NOAA 10-16 je 98°, doba obletu přibližně 102 minut a výška obletu 820 až 850 km.

Meteosatelity „zavěšené“ na geostacionární dráze nám poskytují ze vzdálenosti kolem 35 800 km důležité snímky Země z pozic 0 degrees Longitude (METEOSAT 7), 70 degrees W Longitude (GOES-E USA), 135 degrees W Longitude (GOES-W USA), 140 degrees E Longitude (GMS-5 Japonsko), 105 degrees E Longitude (FY-2 Čína), 76 degrees E Longitude (GOMS Ruská federace), 83 degrees E Longitude (INSAT Indie), 63 degrees E Longitude (METEOSAT 6).

V našem zorném poli se vyskytují pouze satelity evropské společnosti EUMETSAT, která provozuje satelity METEOSAT 6 a 7. Meteosat vysílá dva druhy dat, data formátu WEFAX a primární data (PD) rychlostí 166 kbps. Primární data ze snímačů jsou přijímána řídicím střediskem v Darmstadtu, kde jsou zpracována a vysílána opět přes satelit ve formátu WEFAX. Přijem dat WEFAX z METEOSATU je poměrně jednoduchý. Data jsou vysílána na dvou kanálech. Na kanále A1 (1691 MHz) se ve čtyřminutových blocích vysílají snímky dané části zemského povrchu. Snímky se vysílají podle pevně daného časového harmonogramu a jsou tří typů:

- Snímky ve viditelné části spektra (500 - 900 nm), VIS.
- Snímky v infračervené části spektra (1050 - 1250 nm), IR.
- Snímky vodních par (5700 - 7100 nm), WV.

Zorné pole satelitu je rozděleno na 9 částí, označovaných číslicemi 1 až 9 za

označením spektra. Nejpoužívanější snímek Evropy a severní části Afriky v infračerveném spektru se vysílá každých třicet minut (označení D2).

Na kanále A2 (1694,5 MHz) se vysílá několik snímků ve formátu WEFAX z dalších meteosatelitů - z amerických satelitů GOES (umístěn nad východním pobřežím Ameriky a nad Pacifikem) a z japonského satelitu GMS-5 umístěného nad Austrálií. Můžete zde přijímat i složené snímky celého disku Země ve viditelné nebo infračervené části spektra a rozložení vodních par. Převážnou část doby se však na kanálu A2 vysílají primární data.

Pro úplnou automatizaci příjmu WEFAX začíná každý snímek startovacím tónem 300 Hz po dobu tří sekund, následují fázovací řádky pro synchronizaci kraje snímku (pět sekund), u satelitu METEOSAT potom digitální hlavička obsahující všechny údaje o snímku a vlastní snímek. Konec snímku označuje stop tón 450 Hz v trvání pěti sekund. Vysílací „program“ (schedule) je aktuálně uváděn na adrese <http://www.eumetsat.de/en/dps/dissemination/schedules/schedule.pdf>. Protože geostacionární satelity vysílají na kmitočtech 1691 MHz a 1694,5 MHz, je nutné před popisovaný přijímač předřadit konvertor, který převede tyto signály na kmitočty 137,5 a 141 MHz [15, 30].

## Modulace

Rádiové signály z polárních a geostacionárních satelitů jsou vysílány z oběžné dráhy na Zemi s použitím kmitočtové modulace. Signály ze satelitů budeme přijímat ve formě černobílé obrazové informace (pseudo-zabarvení obrazu vzniká až zásahem programového vybavení v osobním počítači) standardním audio-kanálem, kdy změna amplitudy subnosné 2400 Hz vyjadřuje úroveň jasu „video signálu“. Maximum modulace (černá) není nula, avšak asi 5 %, bílá potom 87 %. Tento složený audio signál je frekvenčně modulován na hlavní nosnou, např. 137,50 MHz u satelitu NOAA 15. Tento starý, ale stále užitečný systém je používán dodnes hlavně pro svoji jednoduchost a spolehlivost. Polární satelit používá APT [18], geostacionární satelit užívá WEFAX [17]. Obě tyto metody si jsou velmi podobné a obvykle je možné dekódovat obě zobrazení stejným vybavením. Jediný významný rozdíl je v tom, že příjem z polárního satelitu nemá žádný začátek ani konec, předávání signálů na Zemi je nepřetržité. Každý jednotlivý řádek si nese informaci o svém začátku a konci a programové vybavení pak skládá do paměti počítače obraz z jednotlivých řádků.

Vysílání snímků ze satelitů NOAA se skládá z řádků trvajících 0,5 s korespondujících s údaji snímačů. Ty poskytují jeden snímek zemského povrchu obsahující data ze dvou kanálů. Na kanále A se vysílá snímek ve viditelné oblasti spektra (VIS) a na kanále B snímek v infračervené části (IR). Každý řádek obsahuje data z obou kanálů (časový multiplex) a skládá se ze sekvence oddělovacích tónů proložených modulací snímku. Data v kanálu A předchází krátký puls 1040 Hz a podobně data v kanálu B předchází krátký puls 832 Hz. Každý řádek také obsahuje kalibrační sekvenci. Díky tomu dokáže program v počítači

pro dekódování zobrazit pouze zvolený typ snímku či snímek zasynchronizovat na okraj obrazovky. Celý systém je označován jako APT (Automatic Picture Transmission), automatické vysílání snímků. Další informace můžete nalézt na [www adrese: http://www.noaa.gov/](http://www.noaa.gov/).

Aktuální informace o ruských satelitech METEOR, OKEAN, RESURS naleznete na adrese: <http://sputnik.info-space.ru/>. Tyto satelity mají vyšší orbitu než satelity NOAA (1200 km). Například inklinace satelitů METEOR je 82 ° a doba obletu 115 min. Systém vysílání snímku je kompatibilní, ale poněkud odlišný od vysílání satelitů NOAA. Modulace je podobná, avšak snímek obsahuje pouze jeden obrazek ve vyšším rozlišení. Okraje řádků obsahují sady rozsvícených čar (střídají se černá a bílá), čáry označující konec obrázku a stupnici šedi. Snímky v infračerveném spektru potom neobsahují na okrajích řádků stupnici šedi. Navíc jsou tyto snímky proti snímkům z NOAA invertované. Na snímcích ze satelitů NOAA jsou teplejší místa zobrazena tmavším odstínem a chladnější místa jsou světlejší. U snímků ze satelitů METEOR je to naopak, teplá moře jsou bílá a chladná oblačnost je černá.

Po demodulaci přijímačem FM APT/WEFAX dostaneme amplitudově modulovaný tón 2400 Hz. Signál zavedeme do vstupu standardní zvukové karty v osobním počítači a pak jej dále zpracováváme softwarovým dekódérem JVComm32 (<http://www.jvcomm.de/>). Program JVComm32 si poradí i se zhoršenou kvalitou demodulovaného signálu díky účinným digitálním filtrům a na jeho výstupu obdržíme obraz na monitoru počítače. Obrazovou informaci z přijímače můžeme zpracovávat okamžitě, nebo dekódovat i později - odložené, kdy zapíšeme modulovaný signál 2400 Hz do zvukového souboru wav na kvalitním záznamníku (nejlépe se mi osvědčil Minidisk SONY).

Pokud odjíždíme na dovolenou do vzdálených zemí, vybavíme se přenosnou a snadno demontovatelnou anténou Quadrifilar Helix podle [11], k popisovanému „rádiu“ si přibalíme Minidisk a na místě samém můžeme snímat pro nás exotické obrazy z libovolných meteosatelitů. Po návratu zvukové záznamy WEFAX ve formátu wav dekódujeme opět stejným způsobem jako při přímém příjmu. Signál přivedeme do zvukové karty PC a spustíme program JVComm32.

Jen pro upřesnění je nutné dodat, že systém vysílání meteorologických snímků označovaný jako APT/WEFAX není kompatibilní s FAX systémem používaným na krátkých vlnách [27]! U systému FAKSIMILE se přenáší jasová informace frekvenční modulací (FM). To znamená, že vysílač (např. v Evropě kvalitně slyšitelný DDK3 - na 7880 kHz) je naladěn mezi dvěma kmitočty změnou kmitočtu, z nichž jeden odpovídá černé barvě (modulační kmitočet 1500 Hz) a druhý bílé barvě (modulační kmitočet 2300 Hz). Při přenosu polotónových obrázků se kmitočet vysílače plynule posouvá mezi kmitočty pro černou a bílou barvu. Poloviční rozdíl mezi kmitočtem pro černou a bílou barvu se nazývá odchylka signálu (signal deviation). Pro krátkovlnný přenos je standardně používána odchylka 400 Hz a 150 Hz pro pře-

nos na dlouhých vlnách. U systému APT/WEFAX se informace o jasu obrazu přenáší změnou amplitudy (AM) subnosného kmitočtu 2400 Hz. První prakticky použitelné experimenty v tomto oboru byly uskutečněny již před 75 lety, kdy si předávali „obrazovým rádiem“ C. Francis Jenkins z Washingtonu a Max Dieckmann z Mnichova jednoduché obrázky povětrnostních map pro námořní dopravu.

## Popis přijímače RX-137-141

Přijímač RX-137-141 MHz je určen pro kvalitní příjem signálů z polárních meteosatelitů NOAA, METEOR a dalších. Po doplnění o konvertor z 1691 MHz na 137,50 MHz je vhodný i pro příjem geostacionárního satelitu METEOSAT 7 [16]. Výstupní nízkofrekvenční signál APT/WEFAX je zaveden do zvukové karty osobního počítače. Kmitočtový syntezátor PLL a displej LCD je řízen mikropočítačem ATMEL.

Pohledem do tab. 1 zjistíme, že polární satelity vysílají signály v rozsahu 137,30 až 137,85 MHz. Proto vystačíme s úzkým kmitočtovým rozsahem. Z praktických důvodů byl zvolen dolní kmitočet 137,00 MHz a horní kmitočet 141 MHz. Nad 137,85 MHz již nezachytíme žádný vysílání z meteorologických satelitů, avšak kmitočet 141 MHz nám umožní pozdější připojení konvertoru pro METEOSAT 7 a zpracování informací z obou kanálů na 1691 MHz (první kanál po konverzi na kmitočet 137,50 MHz) a 1694,5 MHz (druhý kanál po konverzi na kmitočet 141,00 MHz).

Tab. 1

NOAA 10	137,500 MHz, není aktivován
NOAA 11	137,620 MHz, není aktivován
NOAA 12	137,500 MHz
NOAA 13	137,620 MHz, je neaktivní
NOAA 14	137,620 MHz
NOAA 15	137,500 MHz
NOAA 16	137,620 MHz, není aktivován pro APT
NOAA 17	137,620 MHz
NOAA majáky	136,770 a 137,770 MHz
METEOR 2-21	137,400 MHz
METEOR 3-5	137,300 MHz
METEOR 3-6	137,850 MHz
RESURS 01	137,85 MHz, 137,400 MHz
RESURS 01.3	137,850 MHz
OKEAN-O	137,400 MHz
FY 1B	137,795 MHz

Ne všechny satelity uvedené v tab. 1 jsou vždy aktivní (<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/status.html>). Některé z nich stále obíhají na polárních dráhách, avšak jejich vysílače jsou přechodně vypnuty. Jiné zase pro poruchu nevysílají, například moderní NOAA 16, který ru závalu pracuje pouze v režimu HRPT - na kmitočtu 1,698 GHz. Inu, je to osud všech kosmických těles, umělých satelitů Země, které lze v případě poruchy opravit jen velmi nákladnými metodami.

## Technické údaje přijímače

Kmitočtový rozsah:	137 až 141 MHz, plynule v kroku 10 kHz.
Funkce SCAN:	137,00 - 137,30 - 137,40 - 137,50 -



137,62 - 137,85 - 141,00 MHz.  
**Mezifrekvenční kmitočty:**  
 10,7 MHz a 455 kHz.  
**Vstupní citlivost:** 0,6  $\mu$ V (rms-typ.)  
 pro 12 dB SINAD.  
**Výstupní signál:** tón 2400 Hz  
 s amplitudovou modulací  
 (černá 5 % a bílá 87 %).  
**Displej:** LCD jednořádkový,  
 16 zobrazovaných míst.  
**Proudový odběr:** 70 mA, (s konvertorem  
 250 až 500 mA).  
**Zdroj napájení:** externí stabilizovaný  
 adaptér (9 až 12 V/500 mA  
 - příprava pro připojení konvertoru).

Schéma zapojení je na obr. 1. Zapojení přijímače bylo původně vyvinuto pro radioamatérské pásmo 144 až 146 MHz a bylo popsáno v příloze časopisu PE Electus 1999 [3]. Přijímač byl řešen jako superheterodyn s dvojitým směřováním. Celková konstrukce přijímače byla zjednodušena volbou integrovaného obvodu MC3362P (IC1) firmy Motorola [5], který v sobě obsahuje všechny potřebné prvky moderního přijímače FM, včetně kapacitní diody. K obvodu stačí připojit rezonanční obvod oscilátoru pro 1. směřování, dva keramické filtry, krystal pro oscilátor 2. směřování, demodulační rezonanční obvod, několik málo dalších pasivních součástek a na vstup připojit pásmovou propust. Při napájecím napětí min. 2 až 5 V získáte vynikající a jednoduchý přijímač [2, 8].

## Vstupní obvody

Signál z antény (nebo později i konvertoru Meteosat) je pro impedanční přizpůsobení vstupu přiváděn na kapacitní dělič C2, C3. Dělič ve spojení s L1 tvoří první laděný obvod, jehož „horký konec“ je připojen na T1 - dvoubázový tranzistor MOS-FET, nejlépe „nízkošumový“ typ BF982. T1 zajišťuje dostatečné zesílení vstupního signálu. Rezistor R3 účinně potlačuje sklon vstupního zesilovače ke kmitání, avšak zmenší se tím celkové zesílení. Rezistor R3 můžete pro zvětšení vysokofrekvenčního zesílení zaměnit za drátovou propojku a na vývod D tranzistoru T1 navléct feritovou perličku z „nf“ materiálu. Moje pokusy nebyly patrně pro nedostupnost vhodných feritů úspěšné. Vyměnil jsem několik druhů nf feritů, avšak žádný oscilace zcela neutlumil. Signál za rezistorem R3 je dále filtrován v pásmové propusti L2, C5; L3, C8; L4, C11+C12 s šířkou pásma propustnosti přibližně 4 MHz. Kritická vazba mezi obvody propusti je nastavena kondenzátory SMD C6 + C7 a C9 + C10. Přes kapacitní dělič C11 + C12 signál postupuje na vstup prvního směšovače v IC1, kam je přivedena i injekce signálu z oscilátoru (L5, C33).

## Oscilátor PLL

Kmitočet oscilátoru pro první směšovač je stabilizován kmitočtovým syntézátorem Philips SAA1057 (IC4). Jedná se o jednočipový syntézátor určený pro ladění rozhlasových přijímačů v pásmech VKV a středních vln [6]. Pravda, je již vyráběn od roku 1983, ale kupodivu je stále běžně dostupný na trhu a hlavně za přijatelnou cenu. V zapojení na obr. 1 s ladicím napětím max. 4,5 V se dokáže syntézátor přeladit od 110 do 150 MHz. Na vývod 7 obvodu IC4 je přivedeno

z napájecího zdroje ladicí napětí (max. 5,5 V). R14, C25 a C26 jsou pasivní součástky fázového detektoru, C27 slouží k filtraci vnitřního stabilizovaného napětí. Stabilita PLL je určena filtrem, zapojeným na vývody 5 a 6 obvodu IC4. R15, R16, C28, C31, C56, C57 určují časovou konstantu aktivní dolní propusti, která je součástí čipu. Zde je vhodné věnovat zvýšenou pozornost doporučeným hodnotám součástek. Na vývod 23 IC1 je pro vnitřní kapacitní diodu přivedeno ladicí napětí z obvodu PLL. Signál z prvního oscilátoru obvodu v IC1 (oscilátorového bufferu) je přiveden přes odělovací kondenzátor C35 na vstup 8 (FFM) do vstupního předděliče syntézátoru IC4. Zde je také možné kontrolovat kmitočet čítačem. Ve většině aplikací obvodu SAA1057 určuje referenční kmitočet interní oscilátor 4 MHz, řízený zvnějšíku připojeným krystalem na vývod 17 (X). Ve schématu přijímače bylo zvoleno úsporné zapojení se společným krystalem referenčního kmitočtu pro PLL i mikropočítač. Krystal X1 je součástí zapojení oscilátoru v IC3 a pro obvod IC4 je referenční kmitočet přiveden přes kondenzátor C24 a rezistor R11.

Pro první směřování se používá signál s kmitočtem o 1. mezifrekvenci (10,7 MHz) nižší. Pro základní rozsah příjmu od 137,0 do 141 MHz tedy generuje syntézátor kmitočet od 126,3 do 130,3 MHz s krokem 10 kHz. Výsledný kmitočet oscilátoru PLL je možné jemně doladit kapacitním trimrem C21. Řídící slovo a slovo pro nastavení děličové poměru dostává syntézátor IC4 přes vstupy CLB, DLEN, DATA z mikroprocesoru IC3 po třívodičové sběrnici C-BUS, která je vyvedena i na konektor PC-BUS pro další experimenty.

## Mezifrekvenční stupeň

Oscilátor kmitá o mezifrekvenční kmitočet 10,7 MHz níže. Rozdílová složka ( $f_{IN} - f_{OSC}$ ) prvního mezifrekvenčního kmitočtu 10,7 MHz je zesílena ve vnitřním zesilovači IC1 a je přivedena na keramický filtr F1. Byl zvolen běžný typ muRata 10,7 MHz/180 kHz. Po vyfiltrování je signál přiveden do 2. směšovače, ve kterém je směšován se signálem o kmitočtu 10,245 MHz (oscilátor s krystalem X2), výsledná rozdílová složka (455 kHz) je filtrována v keramickém filtru F2, jehož šířka pásma propustnosti by vzhledem ke kmitočtovému zdvihu modulace signálů z NOAA ( $\pm 17$  kHz) měla být okolo 40 až 50 kHz. Na trhu je dostupný pouze keramický filtr 30 kHz (muRata/455/B), ukázalo se však, že na výsledném obraze je toto zúžení nerozpoznatelné. Zásadní vliv na kvalitu dekódovaného obrazu mají parazitní modulace 1. oscilátoru, které se pak uplatní v nosném kmitočtu 2,4 kHz (výstup APT/WEFAX signálu z demodulátoru) a vytvářejí moaré ve výsledném obraze. Zvýšenou pozornost musíme věnovat návrhu zpětnovazební smyčky PLL tohoto oscilátoru (potlačit fázový šum).

Za filtrem F2 je signál zesílen ve vnitřním omezovači, s výstupem na kvadrurní demodulátor, který pracuje s rezonančním obvodem L6, C19, zatlučeným rezistorem R6. Pro nezkreslenou demodulaci je potřeba, aby měla lineární charakteristika demodulátoru šířku nejméně 40 kHz, proto byla zvolena hodnota tlumivého rezistoru 39 k $\Omega$ .

Při příjmu pouze WEFAX signálu z METEOSAT stačí šířka okolo 20 kHz (kmitočtový zdvih  $\pm 9$  kHz).

## Nf koncové stupně

Z vývodu 13 obvodu IC1 prochází demodulovaný nízkofrekvenční signál - tón 2,4 kHz jednoduchým filtrem, tvořeným R19, C37, C38, který potlačí nežádoucí produkty. Za filtrem je signál rozdělen do dvou větví - na potenciometr P2, z něhož postupuje signál na nízkofrekvenční zesilovač IC2 s výstupem na reproduktor a na předzesilovač IC6 pro dekodér tónu 2,4 kHz s obvodem IC7 a také na výstup pro zvukovou kartu PC.

## Dekodér tónu 2400 HZ

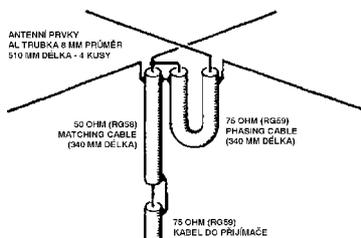
Tónový dekodér [14] byl do přijímače zařazen po úvahách o možných úpravách programového vybavení pro původní přijímač z [3, 12]. Pohledem do tabulky přeletových časů jednotlivých satelitů a kmitočtů, na kterých vysílají, zjistíme, že je nutné, aby přijímač v režimu APT automaticky prohledával pásmo 137 až 141 MHz a zastavil se jen na signálu na anténě, který po demodulaci obsahuje tón 2400 Hz, a nikoliv na náhodném rušení. Byl zvolen jednoduchý algoritmus: přijímač po zapnutí uskuteční test a zastaví se na prvním kanálu, jehož signál je modulován tónem 2400 Hz. Po západu satelitu za obzor se signál modulovaný tónem ztratí v šumu a přijímač je opět přeladován po pásmu a zastaví se až na signálu s očekávanou modulací tónem 2400 Hz.

Spolehlivě požadovanou funkci splnil pouze integrovaný obvod NE(SE)567 (IC7). Jakmile se na vstupu tónového dekodéru objeví signál, je porovnáván s kmitočtem vnitřního oscilátoru, při shodě se výstup 8 obvodu IC7 nastaví na úroveň L a dioda D1 se rozsvítí. Logický signál z výstupu 8 je veden alternativně přes přepínač JP3 na vstup mikroprocesoru SQ-OUT, kterým je ovládán režim automatického vyhledávání signálů v přijímaném pásmu (SCAN). Kmitočet vnitřního oscilátoru nastavíme hrubě kondenzátorem C55 a přesně na hodnotu 2400 Hz trimrem R25.

## Šumová brána

Průvodním jevem poslechu slabých FM signálů nebo provozu přijímače mimo naladěnou stanicí je nepřijemný šum v reproduktoru. Proto je nedílnou součástí každého přijímače šumová brána (squelch - SQL), která přerušuje cestu nf signálu do zesilovače za nepřítomnosti dostatečné úrovně vf signálu na vstupu.

Stejnoseměrná složka nf signálu z vývodu 10 (MetDriv) obvodu IC1 je přivedena přes R4 na potenciometr P1, kterým lze nastavit práh citlivosti šumové brány (squelch - SQL). Hladina, kdy SQL vypíná, je určena polohou potenciometru P1, který je přes rezistor R4 připojen na vývod 10 (MetDriv) obvodu IC1. V levé krajní poloze jezdce potenciometru P1 je SQL vyřazena a natáčecím hřídelem potenciometru doprava se zvyšuje hladina, kdy SQL vypíná, až do stavu, kdy je SQL zcela uzavřena. Na vývodu 11 (Carrier Detect) IC1 je přítomen řídicí signál pro spínač šumové



Obr. 2. Anténa Turnstile  
(celkový pohled na fázování pro  
pravotočivou kruhovou polarizaci)

brány v úrovni 2,8 V (bez signálu, nebo nosná se šumem) nebo okolo nuly (signál bez šumu) s vazbou na nastavení P1. Hladina sepnutí je nastavena polohou potenciometru P1.

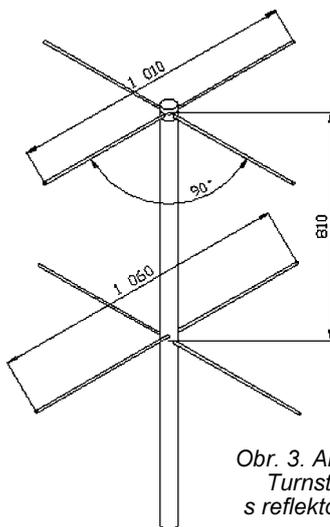
Rídicí signál je po inverzi přiveden z kolektoru tranzistoru T2 na vývod 8 obvodu IC2. Cesta nf signálu přes IC2 (zesilovač nf koncového stupně) je při nulové úrovni řídicího napětí na vývodu 11 obvodu IC1 uvolněna a tranzistor T3 v závislosti na nastavené hladině šumové brány generuje logický signál L pro SQ OUT.

Při vypnuté SQL je na kolektoru tranzistoru T2 a na vývodu 8 obvodu IC2 napětí 1,25 V a nf signál prochází bez přerušení. Když budeme při konstantním vf napětí na anténních svorkách otáčet řídicí potenciometru P1 doprava, dosáhneme stavu, že SQL překlopí a na kolektoru T2 se objeví napětí v okolí nuly, nf cesta se uzavře (MUTE). Mírným zvětšením vf napětí na vstupu se SQ opět překlopí a uvolní nf cestu a na kolektoru T2 naměříme opět 1,25 V. Tato vlastnost zapojení SQ byla využita i pro realizaci automatického vyhledávání signálů v přijímaném pásmu (SCAN). Byl přidán tranzistor T3, který invertuje signál SQL, a z jeho kolektoru je vedena změna logické úrovně L/H na vstup P3.0 (SQ OUT) mikroprocesoru IC3. Rídicí program procesoru pak zařídí zbývající (viz kapitola Nastavení přijímače).

## Experiment s obvodem AFC

Zapojení přijímače bylo oproti původnímu pramenu v literatuře [2, 3, 12] experimentálně doplněno o AFC, jehož působení doladovalo kmitočty referenčního oscilátoru s krystalem X1. Odchylna stejnosměrné složky napětí na kvadraturním demodulátoru z vývodu 13 obvodu IC1 byla přivedena do invertujícího vstupu operačního zesilovače TL071 a z jeho výstupu na dvojici kapacitních diod KB105G, kterými byl nahrazen kapacitní trimr C21 v obvodu referenčního oscilátoru s X1. Vzhledem k velmi dobré stabilitě PLL nebyla při aplikaci AFC pozorována jakákoliv změna kvality výsledného obrazu, a proto při požadavku na co nejjednodušší konstrukci byl obvod AFC ze zapojení vypuštěn. Pro zájemce o zapojení s AFC je schéma zapojení dostupné na webových stránkách autora.

V souvislosti s aplikací AFC je vhodné upozornit na Dopplerův posun kmitočtu: jev lze pozorovat, přibližuje-li se k vám zdroj, který vyzařuje vf energii, v našem případě meteosatelit, vnímáte jeho kmitočty jako vyšší, vzdaluje-li se od vás, pak vnímáte jeho kmitočty jako nižší, než ve skutečnosti kmitočty vyzařovaného signálu je. Velikost Dopplerova



Obr. 3. Anténa  
Turnstile  
s reflektorem

posunu kmitočtu je pro orbitální satelity maximálně 5 kHz (což při použití dostatečně širokých mf filtrů leží stále v jejich propustném pásmu), takže malý posun stejnosměrné složky demodulovaného signálu nepůsobuje viditelné zkreslení výsledného obrazu.

## Anténa

Základním požadavkem pro jakostní příjem signálů z meteorologických satelitů je použití kvalitní všesměrovou anténu. Polární meteosatelity jsou stabilizovány rotací a vysílají s pravotočivou kruhovou polarizací, takže běžnou anténu Yagi nebo GP nelze použít. Signál při poslechu v reproduktoru bude sice přijíman bez šumu, ale při sledování obrazu po dekódování zjistíte jeho naprostou nepoužitelnost.

Avšak postavit kvalitní anténu je v možnostech každého z nás. Jsou používány dva základní typy: Turnstile a Quadrifilar Helix. První z použitelných antén jsou vlastně jen dva zkržené dipóly (viz obr. 2), sfázované pro pravotočivou kruhovou polarizaci. Turnstile anténa je zpravidla sestavována ve dvou variantách. Základní typ antény je sestaven pouze ze dvou dipólů délky  $\lambda/2$  (nejlépe použijte hliníkové nebo duralové trubky tloušťky 8 až 12 mm), vzájemně orientovaných v úhlu  $90^\circ$ . Oba dipóly jsou propojeny smyčkou, tvořenou koaxiálními kabely RG58 a RG59, zapojenou podle obr. 2.

Druhá varianta antény je rozšířena o reflektor, tvořený dvěma trubkami délky 1060 mm, vzájemně pootočenými o  $90^\circ$ , orientovanými ve shodě s dipóly (zářiči), viz obr. 3. Vzdálenost reflektoru a zářiče zvolíme experimentálně. Na obr. 4 si prohlédněte směrové diagramy příjmu pro vzdálenosti  $1/4 \lambda$  a  $3/8 \lambda$ . Z obrázku je patrné, že anténa se směrovým diagramem pro vzdálenost prvků  $3/8 \lambda$  má příznivější vlastnosti pro příjem signálů ze vzdálených satelitů, (které se nám objevují na horizontu pod malým elevačním úhlem). Naopak, pro satelity prolétávající po dráze s elevačním úhlem nad  $70^\circ$  se jeví jako vhodnější anténa s prvky vzdálenými pouze  $1/4 \lambda$ . Sám používám variantu „ $3/8 \lambda$ “ a chystám se postavit si anténu Quadrifilar Helix. Tu si můžete prohlédnout na obr. 5 a výrobní postup prostudovat na adrese <http://website.lineone.net/~askrlc/main.html> nebo také na adrese:

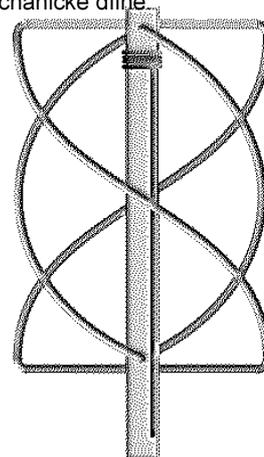
Obr. 4. Anténa Turnstile s reflektorem  
(polární charakteristiky)

[ntlworld.com/phqfh1/qfh\\_diy\\_guide.htm](http://ntlworld.com/phqfh1/qfh_diy_guide.htm). Tato anténa má rovnoměrnější směrový diagram příjmu a vykazuje o poznání kvalitnější příjem meteosignálů a hlavně ji lze provozovat i na pohyblivých objektech, například jachtách, brzdících Středozemním mořem. V literatuře je uvedena řada stavebních popisů na jednodušší mechanické provedení (avšak pro krátkodobé sezónní použití [21]) nebo na výrobu z měděných topenářských trubek [22, 23].

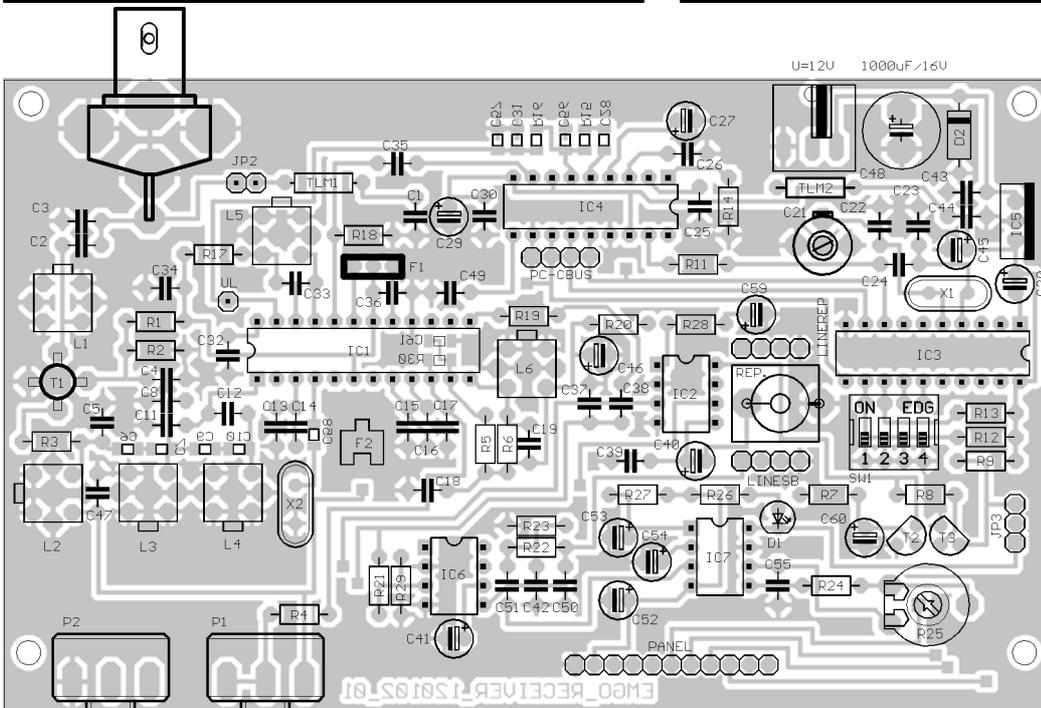
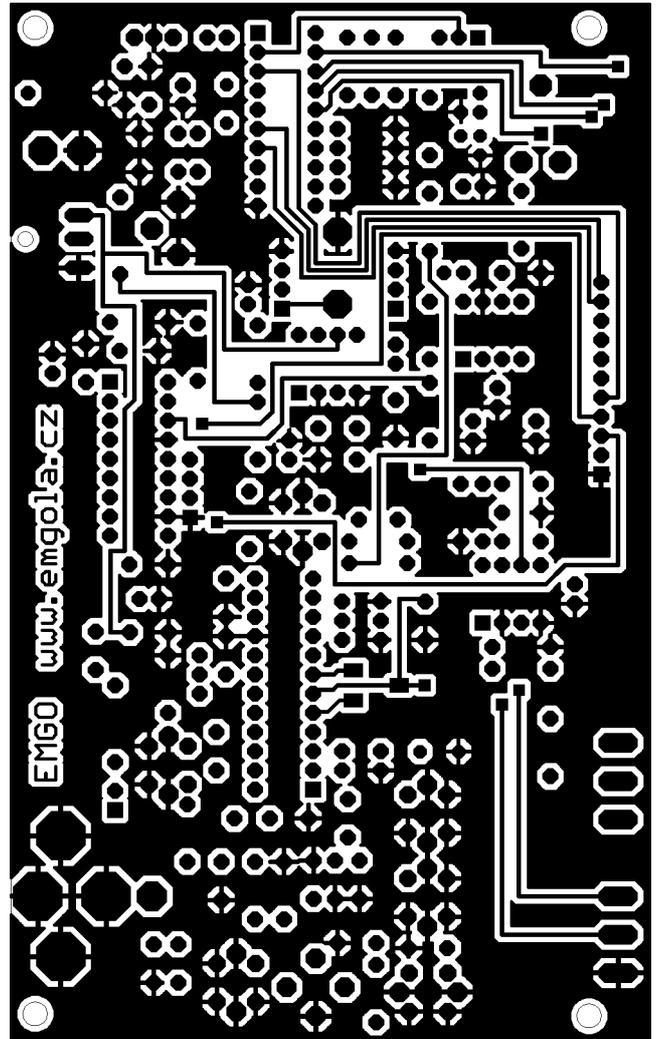
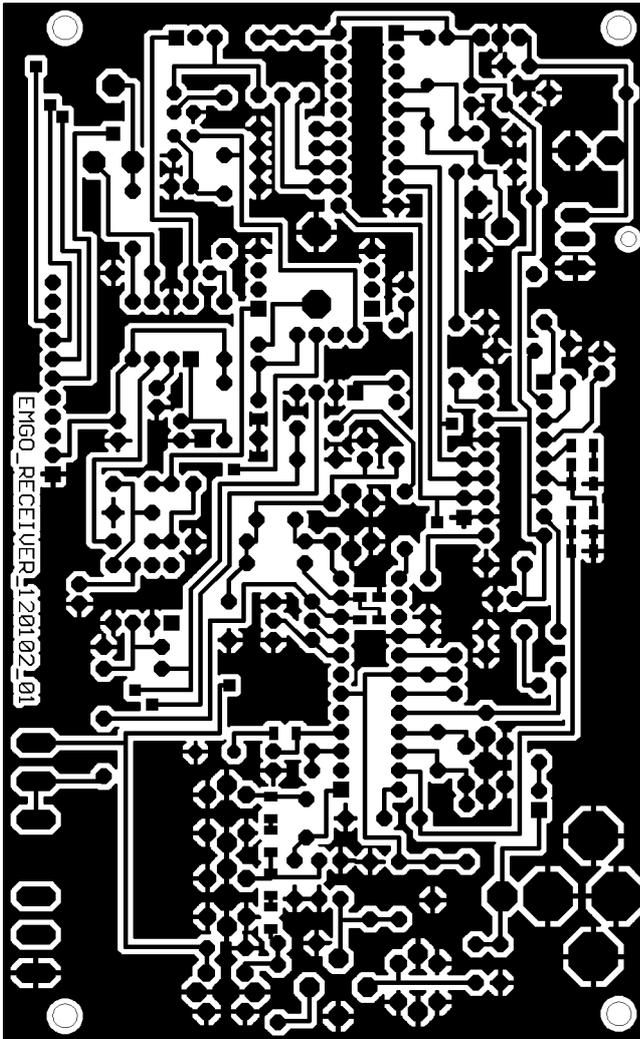
Anténa bývá umístěna co nejvýše nad horizontem, nejlépe nad střechou domu nebo na volném prostranství. Byly prováděny i experimenty s Turnstile anténou, umístěnou na balkóně panelového domu. Příjem byl však omezen a satelity prolétávající pod nízkým nebo vysokým elevačním úhlem by byly stíněny budovou nebo balkónem. Zkrátka: lze přijímat jen signály, na které anténa „vidí“.

Ve spojení s popisovaným přijímačem byla prakticky vyzkoušena anténa Turnstile, která je nainstalována na ploché střeše budovy vysoké 40 metrů a umožňuje velmi kvalitní příjem signálů ze všech směrů. Pokud máme sedlovou střechu, krytou nekovovými materiály, můžeme anténu umístit rovnou dovnitř budovy. Nejkratší délky kabelu dosáhneme, když anténu prostě zavěsíme do vhodného místa půdního prostoru a koaxiální napáječ svedeme k přijímači přes vhodný technologický otvor uvnitř domu.

Stavební návody na výrobu několika typů Turnstile antén si aktuálně vyhledávejte na webových stránkách autora. Výkres na stavbu jednoduché antény ze zbytku novodurové trubky a kovových prvků z hliníkové trubky byl uveden v literatuře [20]. Její stavbu zvládne i začátečník. Naopak stavbu antény Quadrifilar Helix lze zvládnout pouze v dobře vybavené mechanické dílně.



Obr. 5.  
Quadrifilar  
Helix  
(celkový  
pohled)



**Anténní svod  
koaxiálním kabelem**

Tady je každá rada doslova drahá. Ceny koaxiálních kabelů strmě rostou s jejich kvalitou, takže musíme zvolit vhodný kompromis a pořídit si buď kvalitní kabel, ve kterém budou ztráty na trase v únosné výši, nebo kabel s větším útlumem signálu a ztráty kryt zesílením vhodným předzesilovačem. Pro ilustraci uvedu, že v pásmu 137 MHz

s koaxiálním kabelem RG58 nebo RG59 budou na délce 100 m už neakceptovatelné ztráty 17 až 18 dB, kabel RG213U je vhodným kompromisem se ztrátou 7,9 dB/100 m a s kabelem ECOFLEX nebo AIRCOM PLUS dosáhneme na 100 m kabelu útlum pouze 3 až 4 dB.

(Pokračování příště)

*Obr. 6.  
Deska  
s plošnými  
spoji  
přijímače*