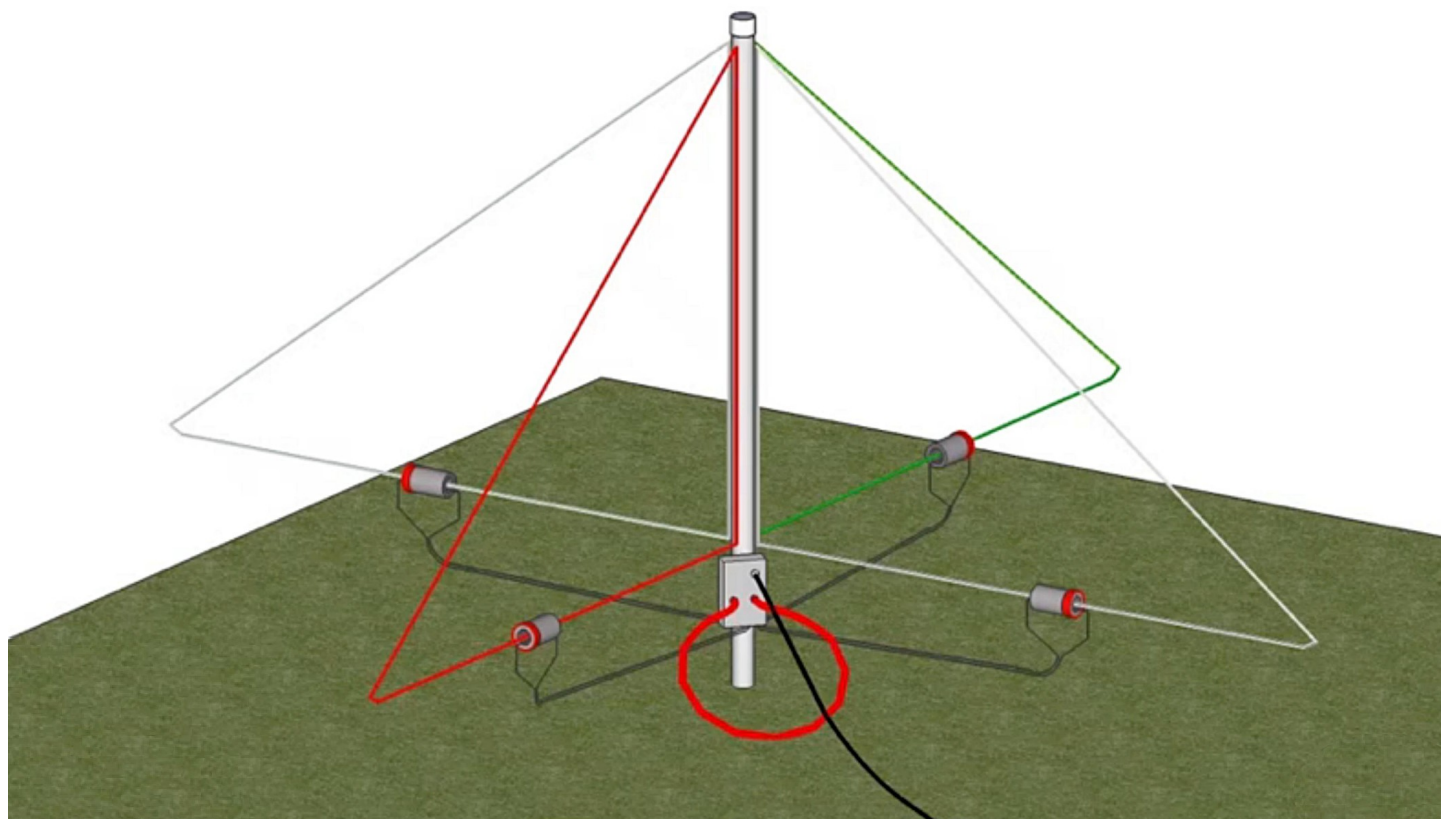


Přijímací anténa SALA home made



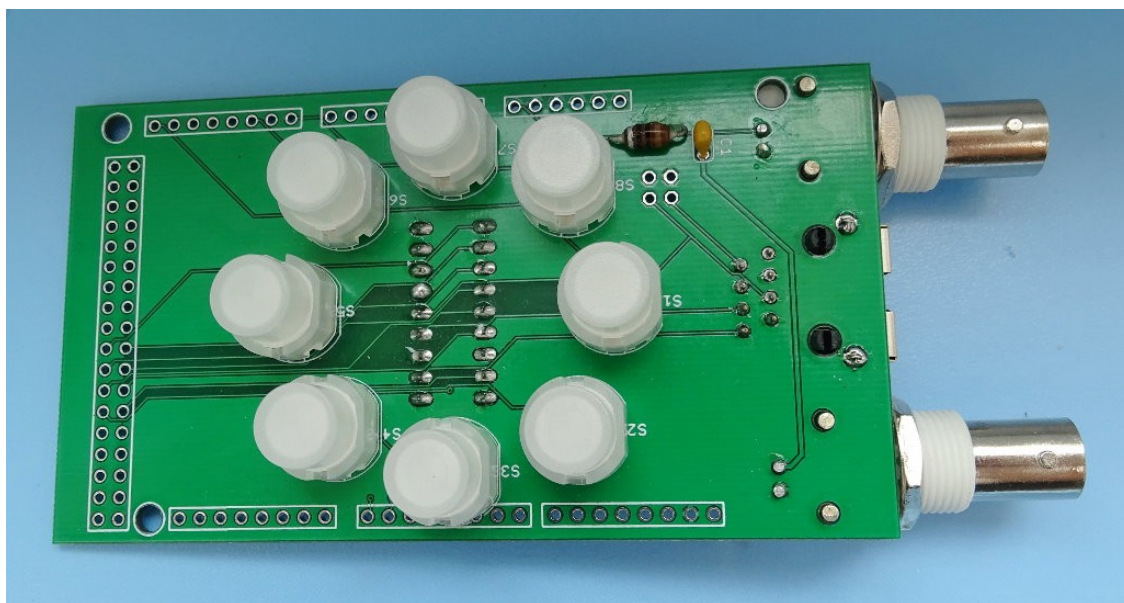
Směrová přijímací anténa **Shared Apex Loop Array** konstrukce Marka Baumana, P.E., KB7GF [1], [2] (US Pat. 8,350,776 B1 z 8. 1. 2013) v tomto popisu vychází z komerční verze Array Solutions SAL-12 - SAL-30 [3] a autorovy dokumentace, zveřejněné v diskusní skupině Yahoo Groups.

Anténa, popisovaná v tomto projektu se liší od komerční verze v několika vlastnostech:

1. Komerční verze používá pro propojení s přijímačem, přivedení napájení a řídicích signálů pro přepínání směru pouze jediný koaxiální kabel. Anténa v tomto projektu využívá koaxiální kabel pouze pro propojení s přijímačem a přivedení napájení pro zesilovač a relé, přepínající směr. Řídicí signály jsou přivedeny zvláštním 8žilovým UTP kabelem. Výhodou je podstatné zjednodušení elektroniky, umístěné v patě antény; toto uspořádání dokonce umožnilo vyloučit z boxu v patě antény jakoukoli mikroprocesorovou elektroniku, citlivou na statickou elektřinu. Box tedy obsahuje pouze relé a předzesilovač, jehož konstrukce je velmi odolná. Modulární řešení elektroniky umožňuje v případě potřeby zesilovač jednoduše vyjmout, opravit a opět vrátit na místo. Elektronika tak bude oproti komerční verzi mnohem spolehlivější.
2. Anténa, popsaná v tomto projektu umožňuje vyřadit použitý jednoduchý fázovací obvod se slučovačem (magické T) a zpožďovací linkou, přivést k přijímači signály z obou fázovaných skupin zářičů dvěma (stejně dlouhými) koaxiálními kabely a k fázování použít externí fázovací jednotku. Pokud bude použita vhodná fázovací jednotka (např. DX Engineering NCC-1 nebo diferenciální fázovací člen), lze dosáhnout mnohem lepší směrovosti, kterou lze navíc optimalizovat na libovolné frekvenci.
3. Elektronika, umístěná v boxu v patě antény má modulární konstrukci. Výhodou je nejen snadnější opravitelnost zesilovače, ale možnost zvolit si nejvhodnější vstupní filtr. K dispozici

jsou 3 možnosti: pásmový filtr pro 160 a 80 m, pásmový filtr pro 160, 80 a 40 m a středovlnná pásmová zádrž.

4. Řídicí jednotka, použitá v tomto projektu je původní konstrukce, využívající desku mikrokontroléru Arduino Mega 2560 R3. Ta obsahuje kromě mikroprocesoru všechny potřebné periferní obvody. V paměti Arduina je uložen program, obsahující mj. algoritmus přepínání smyček pro příjem z 8 směrů. Pro použití v této aplikaci je Arduino Mega velmi předimenzované, důvodem volby právě tohoto typu byl počet výstupů, který je k dispozici. S ohledem na láci desek Arduino i minimálním rozdílem v ceně jednotlivých typů lze použití velmi výkonného typu tolerovat. Řídicí jednotka je koncipována jako násuvný modul (tzv. shield). Na panelu je pouze 8 tlačítek s indikací, rozmístěných do kruhu.



Řídicí jednotka "bez kapotáže"

Nejsou použita ovládací tlačítka ve stylu UP-DOWN, ale volí se přímo požadovaný směr. Řídicí jednotka u komerční verze má navíc několik funkcí, které u této jednotky nejsou k dispozici.



Řídicí jednotka Array Solutions

Přepínání UNI/BI (tj. anténa buď pro jeden směr a nebo dvousměrová) je vynecháno. Dvousměrová anténa se jeví jako zbytečná. Této funkce lze dosáhnout zkratováním zpoždovací linky, ovládací UTP kabel však nemá potřebné volné vodiče. Funkce FLIP, tj. obrácení směru o 180 stupňů je s ohledem na přímou volbu směru zbytečná.

Verze antény

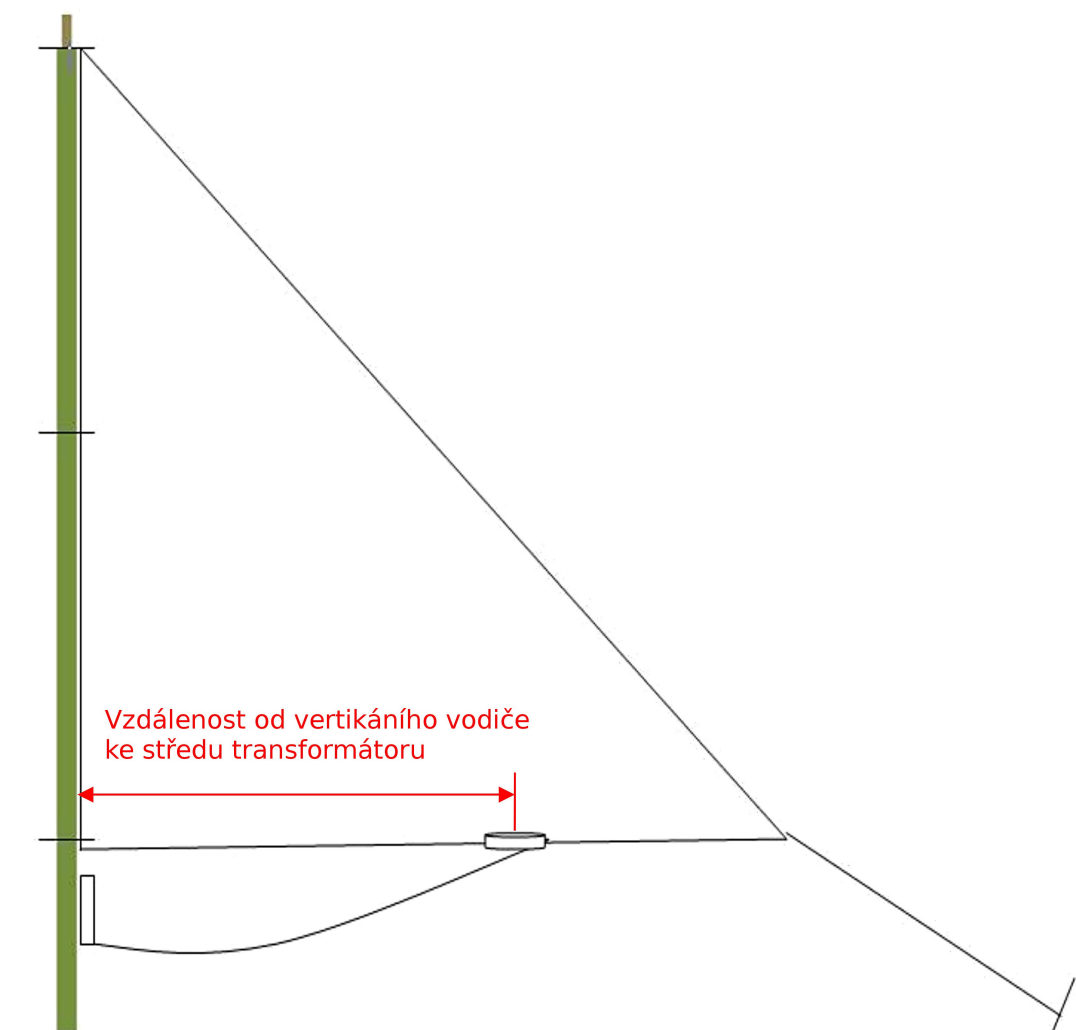
Komerční verze antény je nabízena ve třech variantách, lišících se kmitočtovou oblastí použití a velikostí.

Typ antény*	optimální do**	výška konstrukce	zastavěná plocha
SAL-30	7 MHz	1017 cm	15,2 x 15,2 m
SAL-20	14 MHz	679 cm	12,2 x 12,2 m
SAL-12	25 MHz	460 cm	6,1 x 6,1 m

* označení dle Array Solutions

** je uveden maximální kmitočet, při kterém je ještě patrný směrový účinek antény

Konstrukce smyček



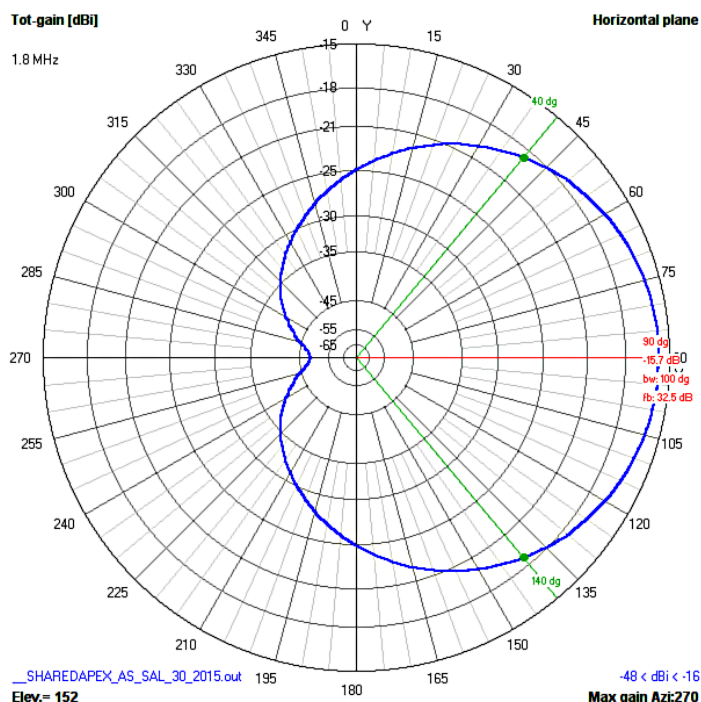
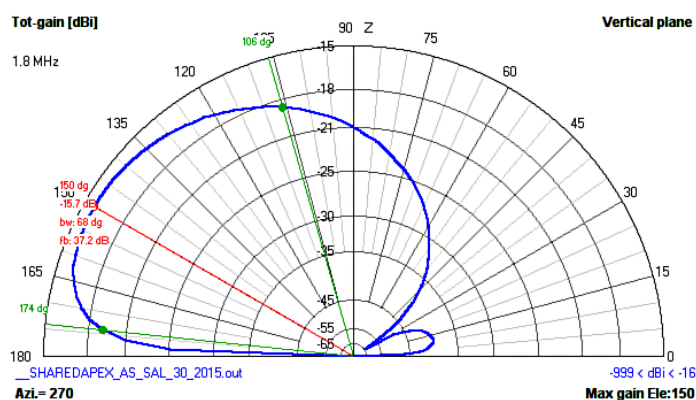
Typ antény*	SAL-30	SAL-20	SAL-12
vertikální vodič	904 cm	564 cm	347 cm
horizontální vodič	762 cm	534 cm	320 cm
celková délka smyčky	2896 cm	1890 cm	1158 cm
vzdálenost transformátoru	388 cm	218 cm	152 cm

* označení dle Array Solutions

Smyčka je uzavřená, tj. po navlečení drátu do vodičích kroužků a nasazení transformátoru je nutné konce smyčky spojit. Použitý vodič by měl mít i s vnější izolací průměr max. 3 mm s ohledem na vnitřní průměr jader transformátoru. Z vř hlediska je lepší plný Cu vodič, lépe se však pracuje s licnou (lankem). Pamatujme, že smyčka nese váhu transformátoru i s použitým napáječem, vzniklé prověšení však není na závadu.

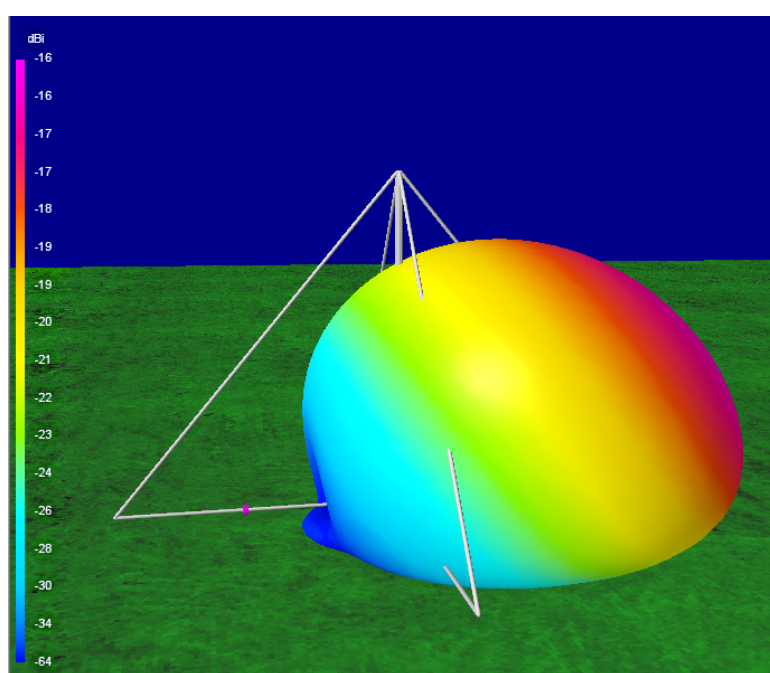
Směrování antény, orientace a přepínání do osmi směrů

Typické vyzařovací diagramy ve vertikální a horizontální rovině jsou na následujících obrázcích:



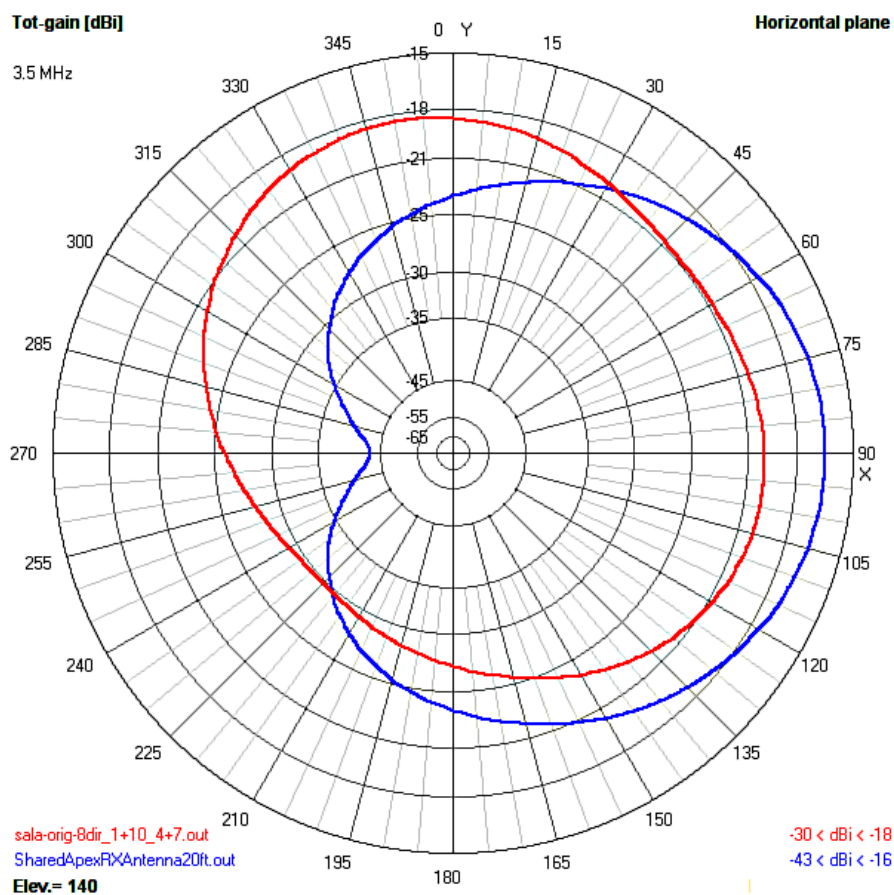
Vyzařovací diagram ve vertikální rovině

Vyzařovací diagram v horizontální rovině



3D vyzařovací diagram

Tyto diagramy platí jen v případě, že jsou napájeny protilehlé smyčky. To však pokrývá pouze 4 směry vyzařování. Možnosti přepínat do 8 směrů je dosaženo tak, že jsou pro pokrytí "mezilehlého směru" napájeny sousední smyčky. Tím se ale vyzařovací diagram poněkud změní, porovnání vyzařování v "hlavním" a "vedlejší" směru ukazuje následující obrázek:

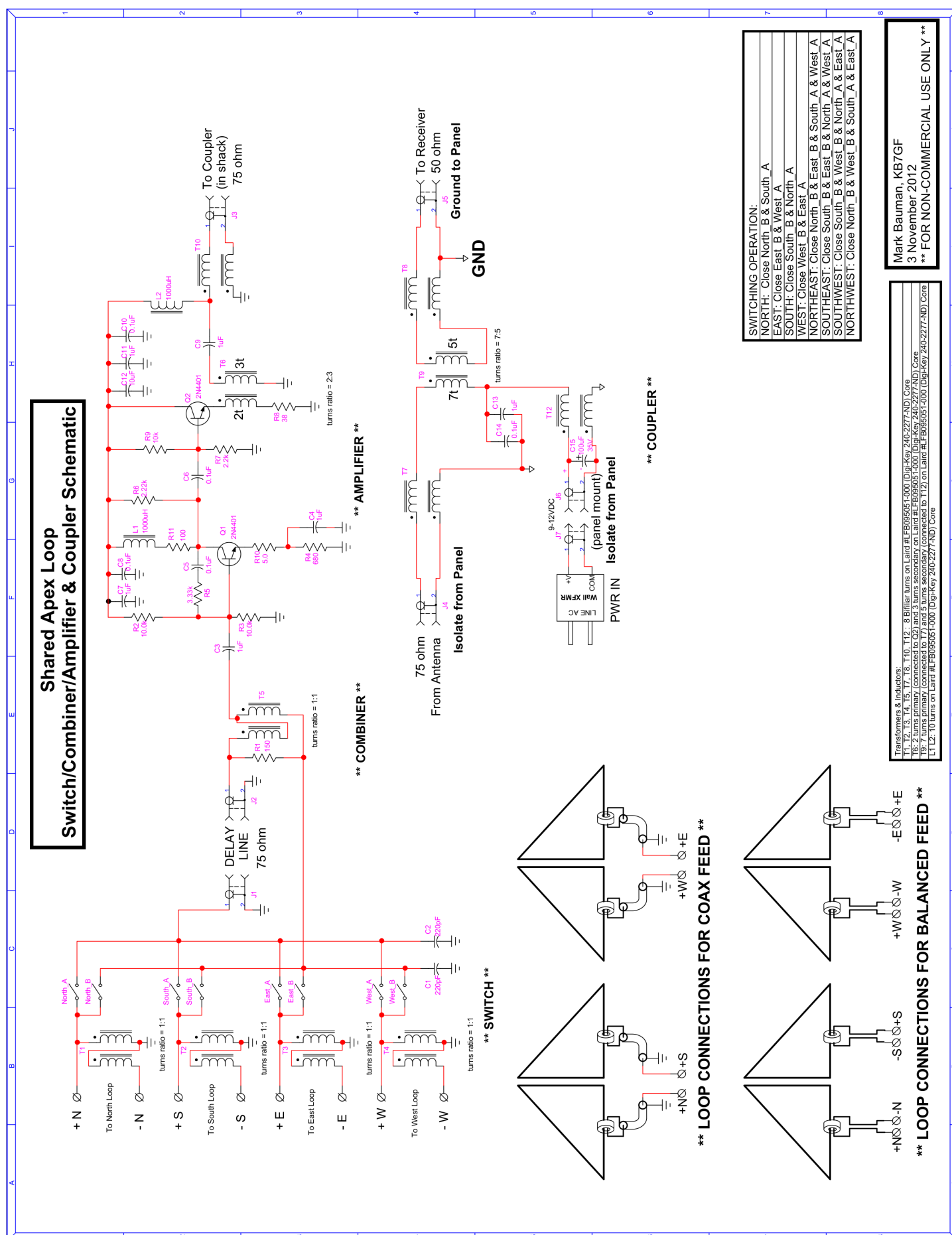


Porovnání vyzařování v "hlavním" a "vedlejší" směru

Zde je hlavní směr znázorněn modrou barvou a vedlejší červenou. Patrné je jak zhoršení předozadního poměru, tak pokles zisku a celková deformace diagramu, kde se objevují dvě maxima mimo hlavní směr vyzařování. Celková situace je znázorněna pro nejhorší případ, poměry jsou totiž silně závislé na úhlu dopadu přijímaného signálu a na poloze napájecích transformátorů na smyčce. Tento úhel však není jediný, vždy se jedná o rozmezí úhlů, které se navíc mění s časem. Situace tedy není kritická, přesto se u mnoha instalací nevolí hlavní směry sever-jih a východ-západ, ale anténa je celkově pootočená o 45 stupňů tak, aby hlavní směry byly severozápad-jihovýchod a severovýchod-jihozápad. Taková instalace bývá preferována v Evropě a USA, důvodem je směr, odkud signály přicházejí nejen s ohledem na polohu, ale i na podmínky šíření a možné anomálie (skewed path apod.). Toto pootočení zohledňuje jak software v řídicí jednotce, tak i tabulka, znázorňující přepínání do 8 směrů a akce přepínacích relé.

Rozdíly mezi hlavním a vedlejší směrem jsou patrné z dat, obsažených v **dodatku A**. Praktický důsledek bude ovšem závislý na umístění antény a bude se případ od případu lišit, data slouží pouze jako příklad. Anténu je nutné vždy nějakým způsobem doladit (volbu umístění a posouváním transformátoru po dolním horizontálním vodiči smyčky), což je otázka experimentování.

Původní schéma KB7GF



Spínání relé

Pin J1 (RJ-45)	Relé	Směr*
1	RLY1	SEVER A
2	RLY2	SEVER B
3	RLY3	JIH A
4	RLY4	JIH B
5	RLY5	VÝCHOD A
6	RLY6	VÝCHOD B
7	RLY7	ZÁPAD A
8	RLY8	ZÁPAD B

* - uvedeno je původní přepínací schéma bez pootočení antény o 45 stupňů. Koresponduje s označením směru na potisku desky plošných spojů elektroniky a s původní dokumentací.
A, B - k portům slučovače (cesta A se zpožďovací linkou)

Přepínání směrů

SMĚR**		Sepnuté relé			
315	SZ	RLY2	RLY3	-	-
45	SV	RLY6	RLY7	-	-
135	JV	RLY4	RLY1	-	-
225	JZ	RLY8	RLY5	-	-
0	S	RLY2	RLY6	RLY3	RLY7
90	V	RLY4	RLY6	RLY1	RLY7
180	J	RLY4	RLY8	RLY1	RLY5
270	Z	RLY2	RLY8	RLY3	RLY5

Uzemnění vývodů RJ-45

SMĚR**		J1 (RJ-45) uzemněný vývod			
315	SZ	2	3	-	-
45	SV	6	7	-	-
135	JV	4	1	-	-
225	JZ	8	5	-	-
0	S	2	6	3	7
90	V	4	6	1	7
180	J	4	8	1	5
270	Z	2	8	3	5

** - zohledňuje pootočení antény o 45 stupňů

Původní pravdivostní tabulka přepínání směrů (z původní dokumentace)

SWITCHING OPERATION (no shift):

NORTH: Close North_B & South_A

EAST: Close East_B & West_A

SOUTH: Close South_B & North_A

WEST: Close West_B & East_A

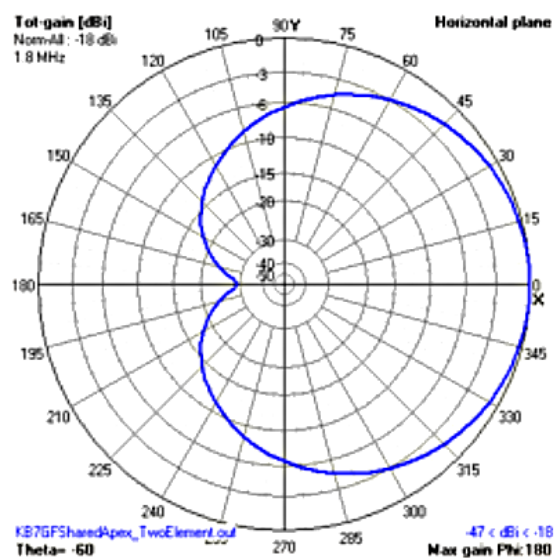
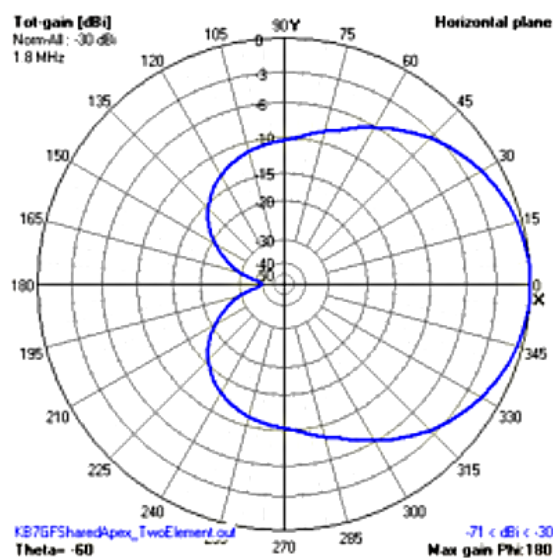
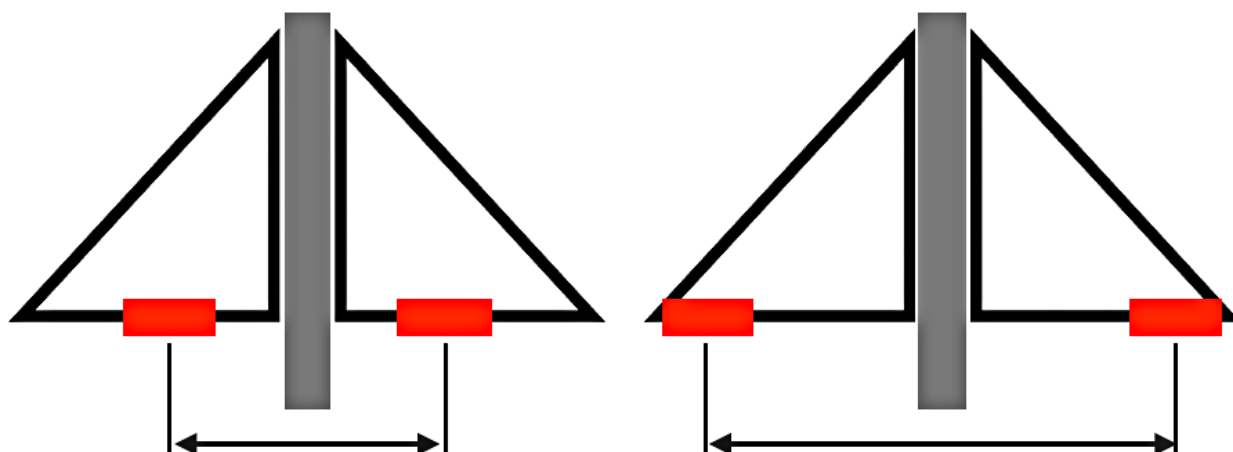
NORTHEAST: Close North_B & East_B & South_A & West_A

SOUTHEAST: Close South_B & East_B & North_A & West_A

SOUTHWEST: Close South_B & West_B & North_A & East_A

NORTHWEST: Close North_B & West_B & South_A & East_A

Dalším faktorem, ovlivňujícím směrovost antény je pozice transformátorů na smyčkách antény. Tento vliv znázorňuje následující obrázek:



Rozhodujícím prvkem se zásadním vlivem na směrovost je ovšem zpoždovací linka. Vliv zpoždění je patrný z následujících vztahů:

$$phaseA = (delay * 0.000000001) / ((1 / (freq * 1000000)) / 360)$$

$$Areal = \cos(phaseA)$$

$$Aimg = \sin(phaseA)$$

kde

delay - zpoždění v nanosekundách

phaseA - fázový posun ve stupních

Areal a Aimg jsou složky signálu, napájecího první (fázovaný) prvek, přičemž druhý prvek je napájen signálem, kde Areal=-1 a Aimg=0

Pokud je zpoždovací linka konstruována jako vedení z koaxiálního kabelu, platí:

$$delay = \frac{L \times 0,033358}{V_f}$$

kde

L - délka kabelu (cm)

V_f - zkracovací (rychlostní) faktor použitého kabelu

Příklad:

Vedení délky 610 cm z pěnového kabelu s V_f = 0,8133 dává

$$(610 \times 0,033358) / 0,8133 = 20,34838 / 0,8133 = 25 \text{ ns}$$

Zpoždovací linku ovšem není nutné konstruovat jako vedení z koaxiálního kabelu, ale může být tvořeno soustředěnými LC prvky ve formě dolní propusti ve tvaru π článku nebo horní propusti ve formě T článku. Tento způsob je uveden v dodatku.

Zpoždovací linka a umístění transformátoru

SAL-12

Nastavení	Umístění transformátoru (cm od stožáru)	Zpoždění (ns)	Délka zpoždovací linky (cm)	Zisk (dBi)	RDF (dB)
Kompromisní	152	8,75	213	-38	9,0
Maximální RDF	147	6,25	152	-39	9,5
Maximální zisk	320	22,5	5,49	-29	8,4

SAL-20

Nastavení	Umístění transformátoru (cm od stožáru)	Zpoždění (ns)	Délka zpoždovací linky (cm)	Zisk (dBi)	RDF (dB)
Kompromisní*	218	13,75	335	-28	8,7
Kompromisní**	254	13,75	335	-27	9,15
Maximální RDF	223	8,75	213	-30	9,54
Maximální zisk	533	40	975	-18	8,35

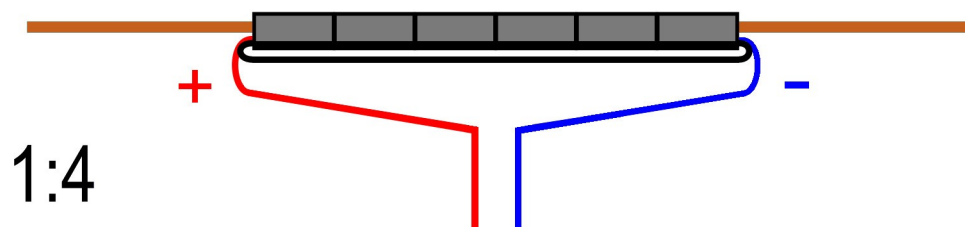
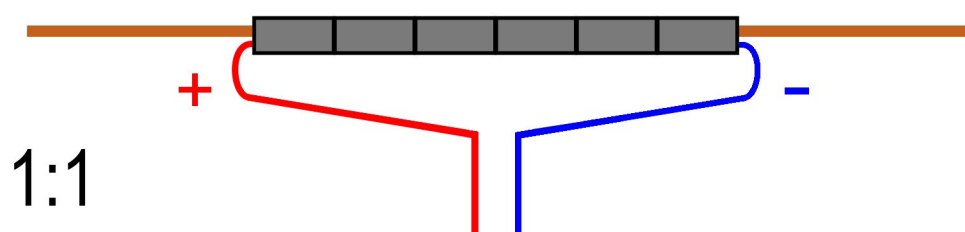
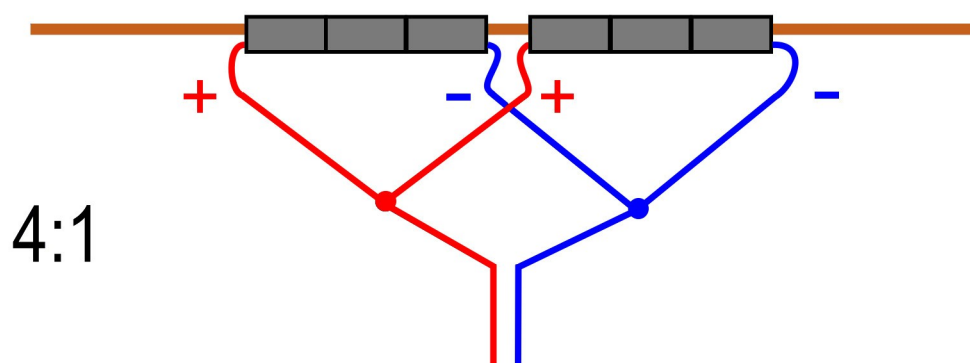
Kompromis - * mírná preference zisku, ** mírná preference směrovosti

SAL-30

Nastavení	Umístění transformátoru (cm od stožáru)	Zpoždění (ns)	Délka zpoždovací linky (cm)	Zisk (dBi)	RDF (dB)
Kompromisní*	388	26,875	655	-16	8,77
Kompromisní**	431	26,875	655	-16	8,85
Maximální RDF	305	13,75	335	-21	9,44
Maximální zisk	762	14,6304	1463	-10	8,26

Kompromis - * mírná preference zisku, ** mírná preference směrovosti

Konstrukce transformátorů



Při konstrukci různých variant antény *Shared Apex Loop Array* byly vyzkoušeny různé typy transformátorů.

Typ antény srovnání transformátorů	1 MHz	2 MHz	4 MHz	8 MHz	16 MHz
SAL-12 1:1 vs. 4:1	+12 dB	+9 dB	+5 dB	-7 dB	-18 dB
Typ antény srovnání transformátorů	0,5 MHz	1 MHz	2 MHz	4 MHz	8 MHz
SAL-20 1:1 vs. 4:1	+11 dB	+11 dB	+7 dB	-2 dB	-11 dB
SAL-30 1:1 vs. 4:1	+10 dB	+8 dB	+2 dB	-6 dB	-16 dB

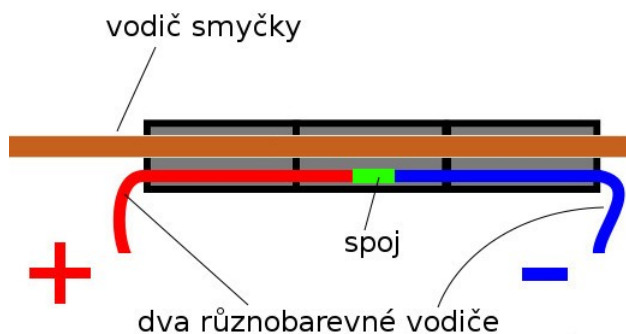
Použité transformátory:

Typ antény	SAL-12	SAL-20	SAL-30
Transformátor	1:1	4:1	4:1

Transformátor 1:1 používá 6 jader Laird LFB095051-000 v řadě za sebou, přetažených tepelně smrštivou bužírkou, transformátor 4:1 používá 2x3 jádra stejného typu, každý blok je samostatně přetažen tepelně smrštivou bužírkou. Transformátory se instalují navlečením na drát, tvořící smyčku dle obrázku v úvodu sekce.

Napájecí vedení

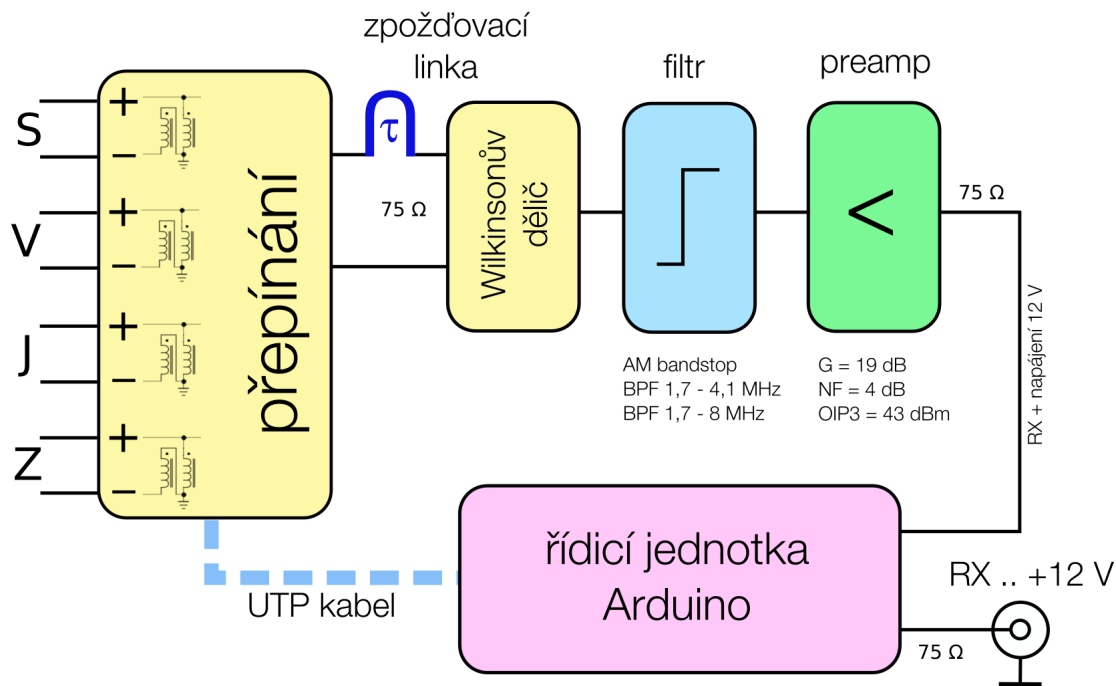
Jako napájecí vedení poslouží prakticky jakákoli nestíněná nf dvoulinka. Z dostupných typů mají prakticky všechny impedanci v rozsahu 95 - 120 Ω . Kvůli dodržení polarity použijeme "dvoubarevný" typ, tj. dva vodiče s rozdílnou barvou. Je vhodné dodržet stejné barvy i u vazebního závitu, procházejícího jádrem transformátoru - vazební zívit je ze dvou spojených vodičů. Přes spoj je vhodné přetáhnout tepelně smrštivou bužíрку. Vnitřek transformátoru pak vypadá takto:



Typ antény	SAL-12	SAL-20	SAL-30
Délka napáječe 120 Ω (m)	1,83	3,05	5,18

ELEKTRONIKA

Blokové schéma



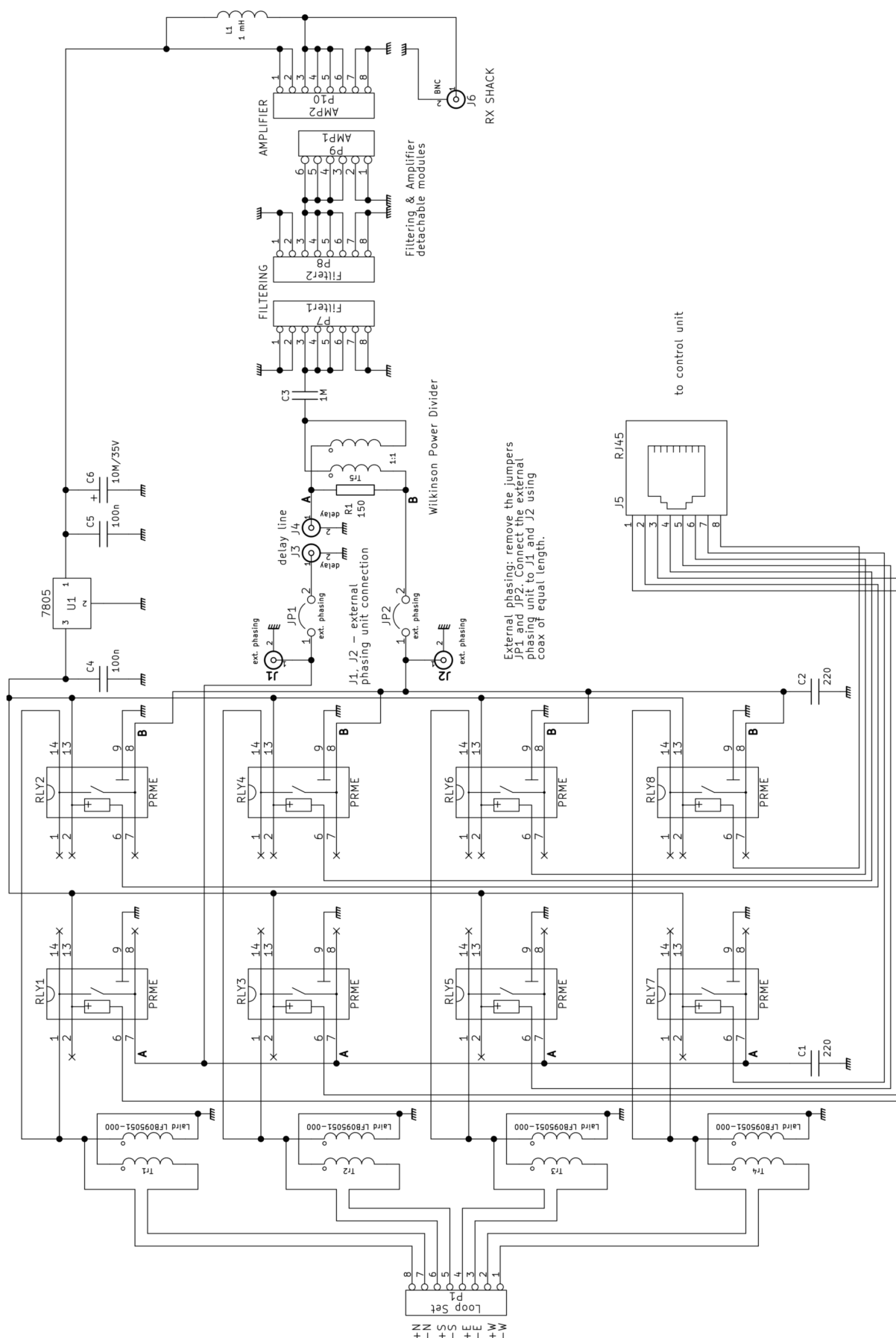
Elektronika zajišťuje otáčení směrového diagramu fázováním smyček, filtraci vstupního signálu včetně odstranění středovlnných AM signálů a zesílení výstupního signálu na úroveň, srovnatelnou s úrovní nezesíleného signálu z půlvlnného dipólu. K dispozici je vstupní pásmový filtr, pokrývající pásma buď 160 a 80 m, nebo 160 - 80 - 40 m. Další možností je zařazení pásmové zadržky, která odstraní pouze signály ze středovlnného rozhlasového pásma, signály v celém rozsahu krátkých vln jsou propouštěny bez omezení.

Elektronika má modulární konstrukci - řídící jednotka je složena z modulu AVR Arduino a ovládací části s tlačítky pro přepínání směru. Řídící jednotka zajišťuje i napájení VF části, umístěné v patě antény antény a oddělení výstupního signálu, který je přiváděn ke vstupu přijímače. VF část se skládá se základní desky s přepínáním směru a fázování signálu smyček. Volitelné vstupní filtry a předzesilovač jsou řešeny jako násuvné moduly.

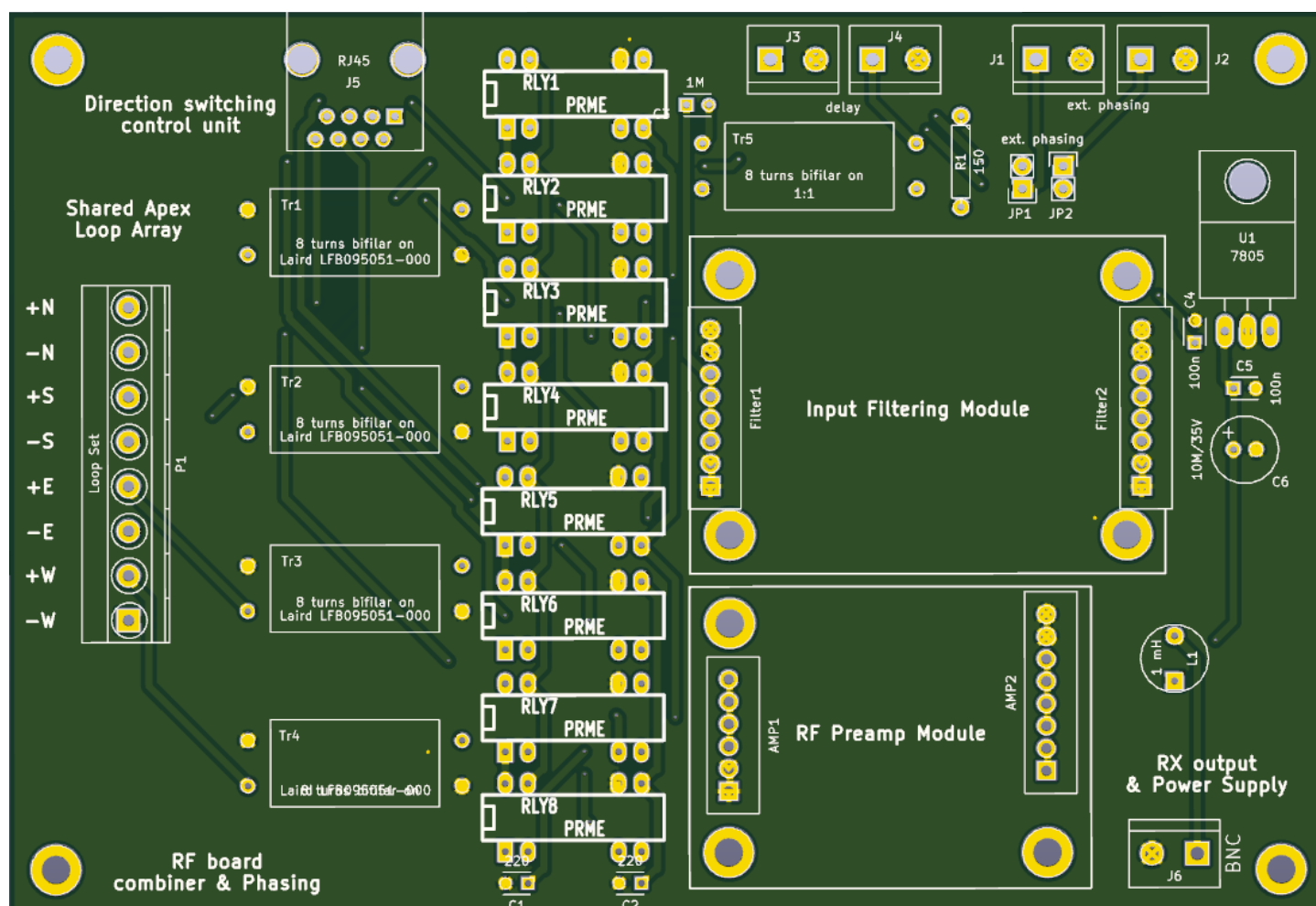
Z původního schématu, navrženého KB7GF je patrná snaha o dodržení systémové impedance 75 Ω. Námi navrhovaná elektronika na tuto snahu svým způsobem rezignuje, např. byl vypuštěn transformátor na výstupu, transformující 75 Ω na 50 Ω. Zdůvodnění a další poznámky najdete v **dodatku B**.

Základní deska

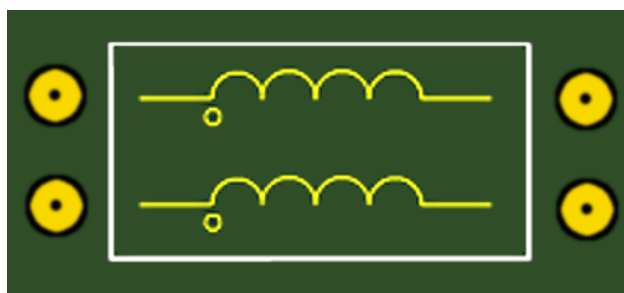
Schéma



Osazovací plán



Zapojení transformátorů



Pozice náčrtku je stejná, jako v osazovacím plánu. Začátky vinutí jsou na jedné straně a konce vinutí na druhé. Bifilární schéma "konec jednoho vinutí spojit se začátkem druhého" je realizován na plošném spoji.



Výroba transformátorů je poměrně nepříjemná práce. K vinutí je vhodná miniaturní dvoulinka, kterou získáme roztržením 40 žilového plochého kabelu, který se používal v počítačích k připojení pevného disku. Materiál kabelu je velmi kvalitní, pravděpodobně se silikonovou izolací a dobře pájitelný. K navinutí transformátoru je třeba 40 cm této dvoulinky.

Na plošném spoji základní desky jsou u modulů (vstupní filtry a zesilovač) použity zásuvky, pinové lišty jsou na deskách modulů. Moduly jsou z důvodu mechanické stability po nasunutí přitaženy k základní desce pomocí distančních sloupků. Stabilizátor 7805 je použit bez chladiče, zemní plocha plně dostačuje. Konektory nejsou montovány na plošném spoji z důvodu variability, jsou na skříňce elektroniky a s deskou propojeny drátem. Kondenzátory C1 a C2 jsou z hmoty NP0, C3 z X7R, C4 a C5 z X7R nebo Y5V. Kondenzátor C6 je vhodnější použít tantalový, vyhoví však i obyčejný hliníkový elektrolytický kondenzátor.

Deska je navržena tak, aby umožňovala i připojení jiné fázovací jednotky. Tato možnost je vhodná zejména pro experimenty nebo v případech, kdy se často vyskytuje lokální zdroj silného rušení, který není ovlivněn únikem ani změnami fáze. Vždy je nutné zvážit, jestli má smysl investovat do dvou napáječů apod. Vhodná jednotka je např. DX Engineering NCC-1 nebo diferenciální fázovací člen. Podmínkou je možnost točit vektorem jednoho ze signálů v rozsahu 360 stupňů a při otáčení nesmí docházet k zásadním změnám amplitudy žádného ze signálů. Tím jsou prakticky vyřazeny veškeré jednoduché amatérsky zhotovené jednotky (VK5BR, DL2KQ/EU1TT, G4LNA, G4WMX apod.) i většina jednodušších komerčních výrobků (MFJ-1025, MFJ-1026, Timewave ANC-4). Vyhovují DX Engineering NCC-1, diferenciální fázovač PA0SIM* a fázovací jednotka N7ZWY**. Externí fázovací jednotku lze připojit pomocí dvou koaxiálních kabelů stejné délky ke konektorům J1 a J2, slučovač a vše, co za ním následuje je pak zbytečné a je vyřazeno rozpojením jumperů JP1 a JP2. Pokud neplánujeme použití externí fázovací jednotky, není třeba osazovat J1 a J2 a jumperů JP1 a JP2 lze "natvrdo" propojit drátem.

* Jan M. M. Simons, PA0SIM: A Two-Transistor Phaser for 80 – 10 meters,
<http://www.pa0sim.nl/Phaser 80 - 10 meters.htm>

** Chris Trask, N7ZWY: Noise Canceller Design (via G8JNJ)
<http://webzoom.freewebs.com/g8jnj/Antenna%20Canceller%20Prototype%2002.pdf>

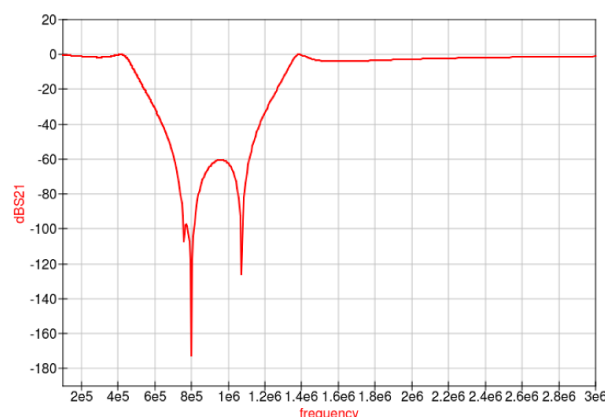
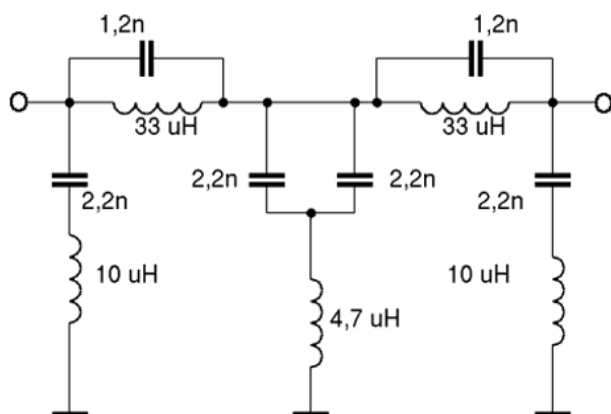
Rozpis součástek

Položka	Popis	Hodnota	Počet
C1, C2	C Disc RM 2,5	220 pF	2
C3	C Disc RM 2,5	1M	1
C4, C5	C Disc RM 2,5	100n	2
C6	Elko vert 11,2x7,5 mm RM2,5	10M/35V	1
J1, J2	konektor dle volby		2
J3, J4	konektor dle volby		2
J5	RJ45		1
J6	konektor dle volby		1
JP1, JP2	Lišta 2 pin RM 2,5		2
L1	Tlumivka vert. RM 5	1 mH	1
P1	Svorkovnice do PCB 8 pol.		1
P7, P8	Zásuvka 8 pin RM 2,5		3
P9	Zásuvka 6 pin RM 2,5		1
R1	0,5 W	150	1
RLY1, RLY2, RLY3, RLY4, RLY5, RLY6, RLY7, RLY8	Molded 8 pin	PRME 15005	8
Tr1, Tr2, Tr3, Tr4, Tr5	Laird LFB095051-000*		5
U1	TO-220	7805	1

*Transformátory Tr1 - Tr5 - 2x 8 závitů na trubičce Laird LFB095051-000.

Vstupní filtry

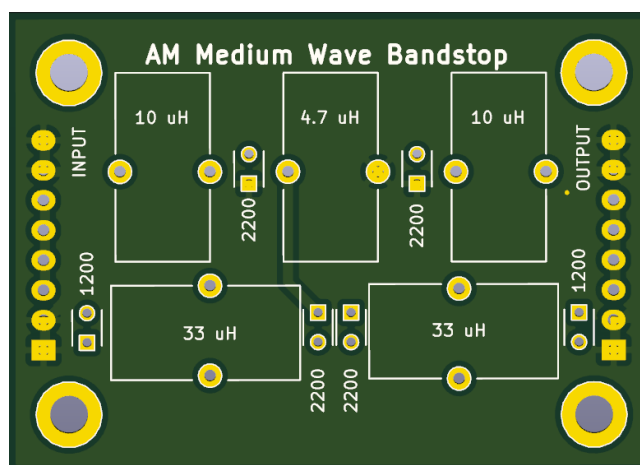
Středovlnná zádrž



SV zádrž je jednou z variant vstupních filtrů. Použije se tehdy, pokud je třeba přijímat celý rozsah KV a je nutné pouze odstranit rušení, pocházející od SV vysílačů. Filtr je konstruován jako modul a lze ho pouhým nasunutím zaměnit za pásmové filtry.

Na místě cívek lze použít běžně prodávané tlumivky. S ohledem na jejich Q (bývá kolem 70) lze očekávat o cca 1 dB vyšší průchozí útlum a 10 dB horší potlačení v nepropustném pásmu.

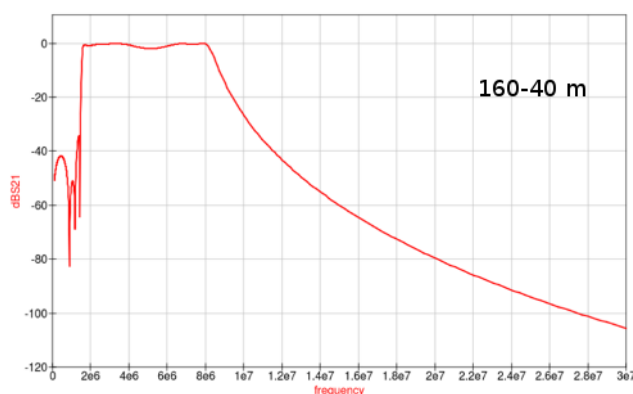
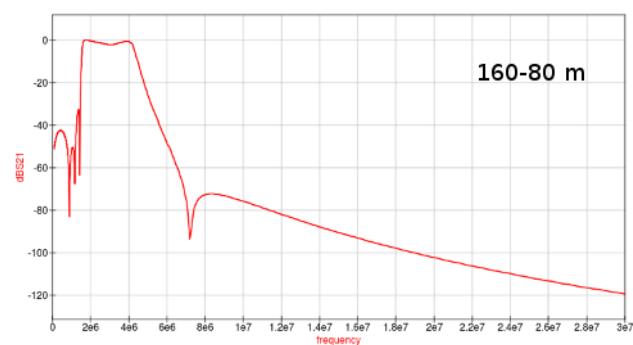
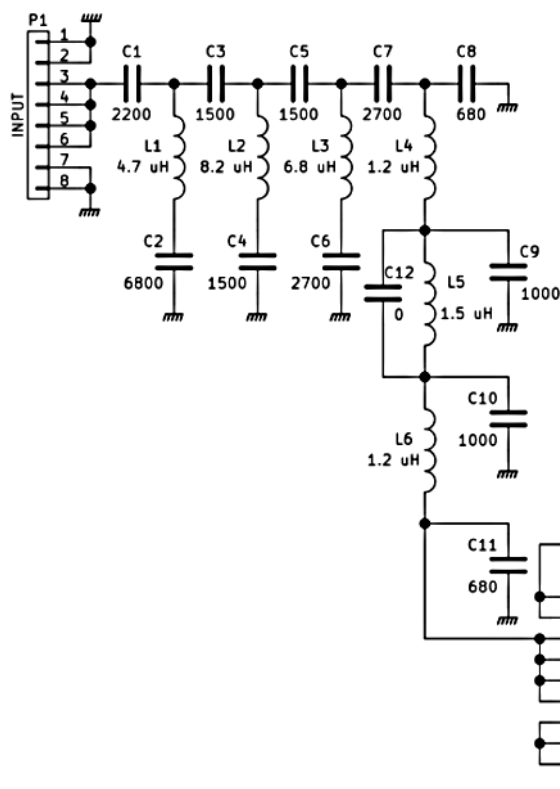
Osazovací plán



Rozpis součástek

Položka	Popis	Hodnota	Počet	Vinutí cívek	
C1, C3, C4, C6	C Disc RM 2,5	2200 pF	4	--	
C2, C5	C Disc RM 2,5	1200 pF	2	počet záv.	délka drátu (cm)
L1, L5	Toroid Amidon FT50-61	10 uH	2	12	19
L2, L4	Toroid Amidon FT50-61	33 uH	2	22	34
L3	Toroid Amidon FT50-61	4,7 uH	1	8	13
P1, P2	Lišta 8 pin RM 2,5		2	-	-

Pásmový filtr

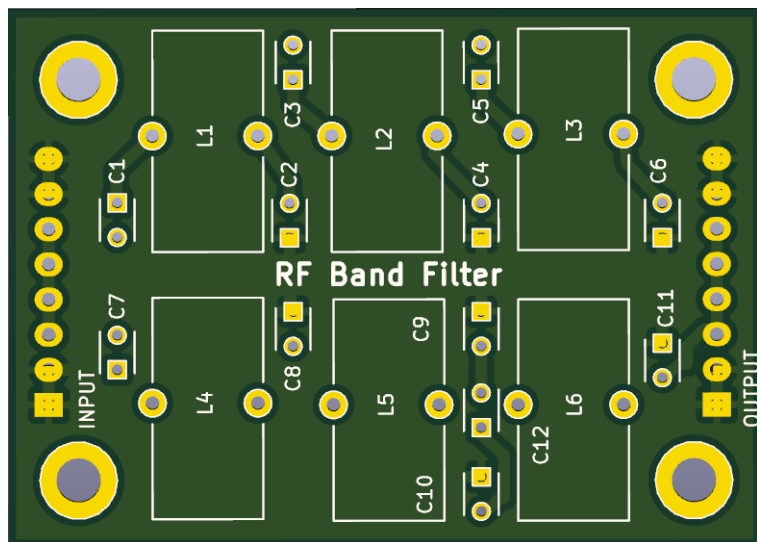


Hodnoty součástek pásmových filtrů

Součástka	Filtr 160 - 80 m	Filtr 160 - 40 m
C1 (pF)	2200	2200
C2 (pF)	6800	6800
C3 (pF)	1500	1500
C4 (pF)	2700	2700
C5 (pF)	1500	1500
C6 (pF)	2700	2700
C7 (pF)	2700	2700
C8 (pF)	1200	680
C9 (pF)	1800	1000
C10 (pF)	1800	1000
C11 (pF)	1200	680
C12 (pF)	180	-
L1 (μH)	4,7	4,7
L2 (μH)	8,2	8,2
L3 (μH)	6,8	6,8
L4 (μH)	2,2	1,2
L5 (μH)	2,7	1,5
L6 (μH)	2,2	1,2

Součástky jsou v řadě E12, lze tedy použít běžně dodávané kondenzátory a cívky (tlumivky). Na těchto kmitočtech mívají $Q \sim 70$, což se projeví mírným zvýšením průchozího útlumu filtrů ($\sim 0,5$ dB) a zhoršením potlačení v nepropustném pásmu (~ 12 dB) oproti cívám, vinutým na toroidech Amidon T68-2 (červený), kde lze předpokládat Q kolem 200. Charakteristiky filtrů platí pro cívky, vinuté na toroidech s $Q=200$.

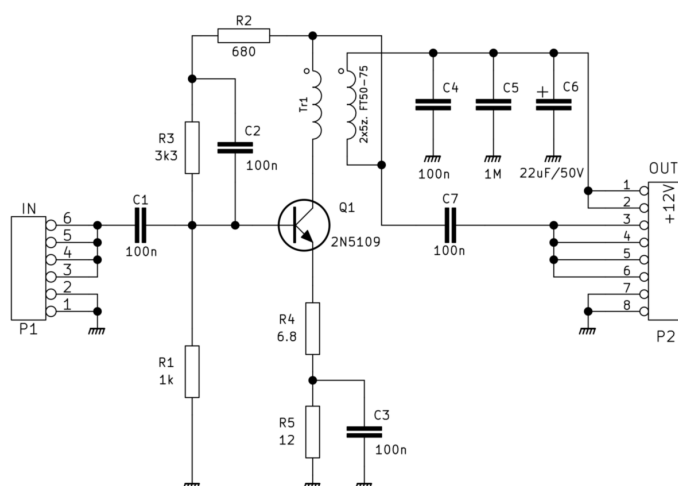
Osazovací plán



Vinutí cívek

Indukčnost (μH)	počet záv. (T68-2)	délka drátu (cm)
1,2	15	27
1,5	16	29
2,2	20	36
2,7	22	40
4,7	29	52
6,8	35	63
8,2	38	68

Vf zesilovač



Poznámky ke konstrukci

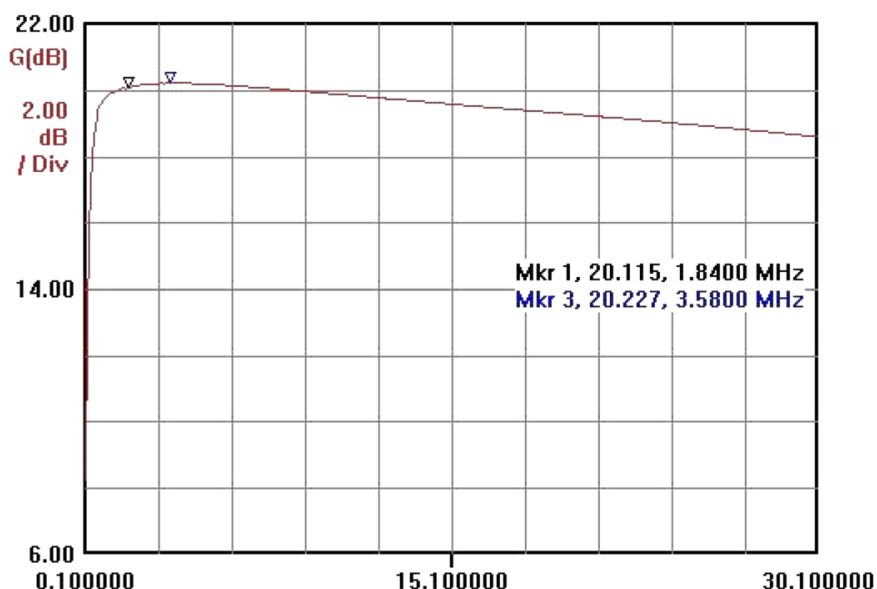
Je použito osvědčené zapojení podle W7IUV verze 6.0, tj. poslední publikovaná verze. Byly u něj optimalizovány především intermodulační parametry i za cenu nepatrného zhoršení šumového čísla..

Dosažení potřebného zisku je poměrně snadné. Zisk 20 dB plně vyhovuje, anténu *Shared Apex Loop Array* totiž tvoří nezakončené smyčky, jejichž útlum je o 20 dB nižší, než obvyklý útlum antén Flag, Pennant apod. Vliv šumového čísla bývá na krátkých vlnách přeceňován. U mnoha komerčních výrobků je uváděno neuvěřitelně nízké šumové číslo, které se při měření nepotvrdí - je buď vyšší, nebo má předzesilovač velmi špatné intermodulační parametry (OIP3) a kmitočtový průběh vstupní

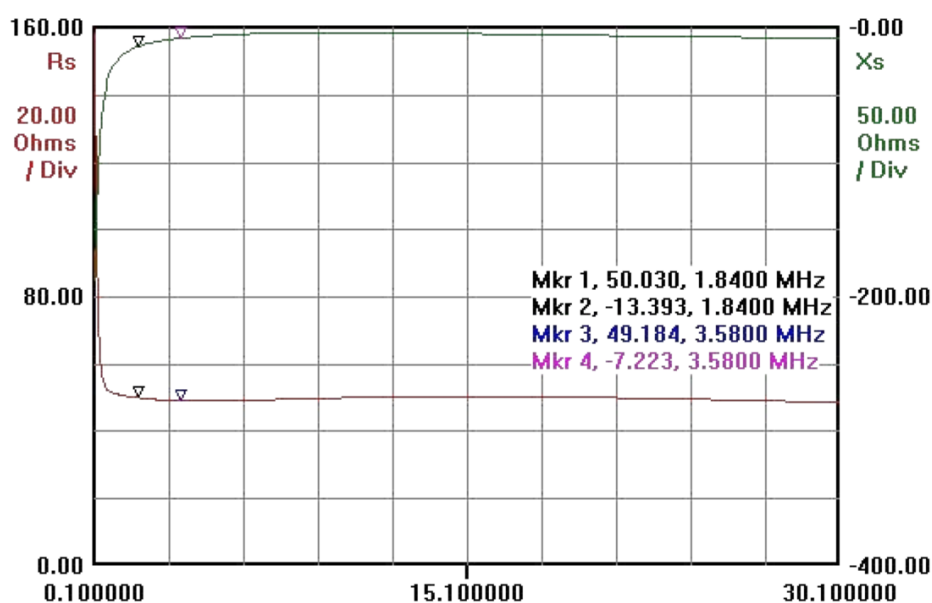
impedance je nepříznivý. Ve skutečnosti má být šumové číslo jen takové, aby nedocházelo ke zhoršení celkového šumu, tj. převažuje součet lokálního a vzdáleného QRN. I tak je absolutní šumové číslo zesilovacího stupně s 2N5109 kolem 4 dB.

Velmi kritický je OIP3 (zvláště na 160 a 80 m), který je s 2N5109 v tomto zapojení kolem 43 dBm. Při této hodnotě prakticky nezpůsobí žádné problémy ani případné pronikající signály z středovlnného pásma. Je však prakticky nemožné této hodnoty dosáhnout při napájecím napětí 12,0 V. Vyšší napájecí napětí **12,6 až 13,6 V je tedy nutností**. IP3 se obtížně měří, proto bylo použito zapojení, u kterého je zaručená co nejvyšší hodnota. Kritická je rovněž spolehlivost, W7IUV však uvádí, že jeho předzesilovač pracoval v režimu 24/7 v místě, kde se vysílá a navíc jsou velmi časté bouřky (výboje) a zatím vydržel přes 60 000 provozních hodin bez jakékoli závady.

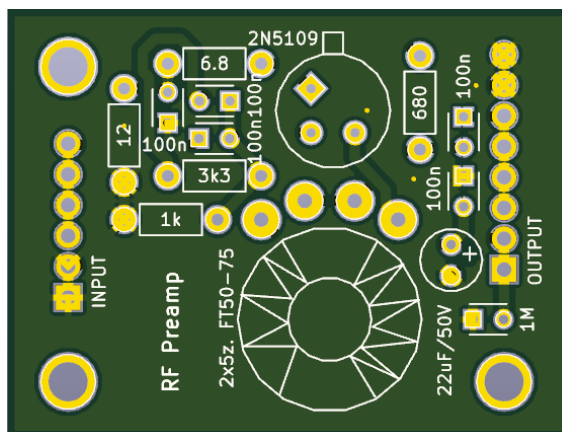
Průběh zisku:



Průběhy obou složek vstupní impedance:



Osazovací plán



Součástky:

C1, C2, C3, C4, C7 = 0.1 uF 50 V diskový keramický kondenzátor, vhodná je hmota X7R, v nouzi i Y5V.

C5 = 1.0 uF 50 V buď diskový keramický kondenzátor, vhodný je i fóliový kondenzátor nebo tantalová kapka.

C6 = 4,7 - 22 uF 50 V, hodnota není kritická. Nejlépe tantalový, v nouzi vyhoví i běžný elyt.

Odpory R1 - R5 jsou kovové na 1/4 W s tolerancí 1%, vyhoví však i uhlíkové.

R1 = 1 k Ω , součást obvodu předpětí. Méně kritické, měřit je nutné pouze pokud máme odpory v toleranci 5%.

R2 = 680 Ω , součást obvodu zpětné vazby i předpětí. Velmi kritický, **hodnotu je nutné dodržet**, lépe vždy předem změřit. Má vliv jak na intermodulační parametry, tak na šumové číslo a zisk!

R3 = 3,3 k Ω , součást obvodu předpětí, slouží k nastavení kolektorového proudu. Hodnota není kritická, měřit je nutné pouze pokud máme odpory v toleranci 5%.

R4 = 6,8 Ω , součást obvodu zpětné vazby i předpětí. Velmi kritický, **hodnotu je nutné dodržet**, lépe vždy předem změřit. Má vliv jak na intermodulační parametry, tak na šumové číslo a zisk!

R5 = 12 Ω , součást obvodu předpětí. Velmi kritický, **hodnotu je nutné dodržet**, lépe vždy předem změřit.

Q1 - 2N5109 nebo MRF517, příp. o něco horší 2N3866, v nouzi vyhoví i 2N2219A. **Vždy je nutný chladič**, bez něj zesilovač raději ani nezapínejte - tranzistor je během několika vteřin horký a můžete ho zničit! Šumové číslo s 2N2219A je o cca 2 dB horší, než s 2N5109. Správný kolektorový proud dle typu se nastavuje změnou R3.

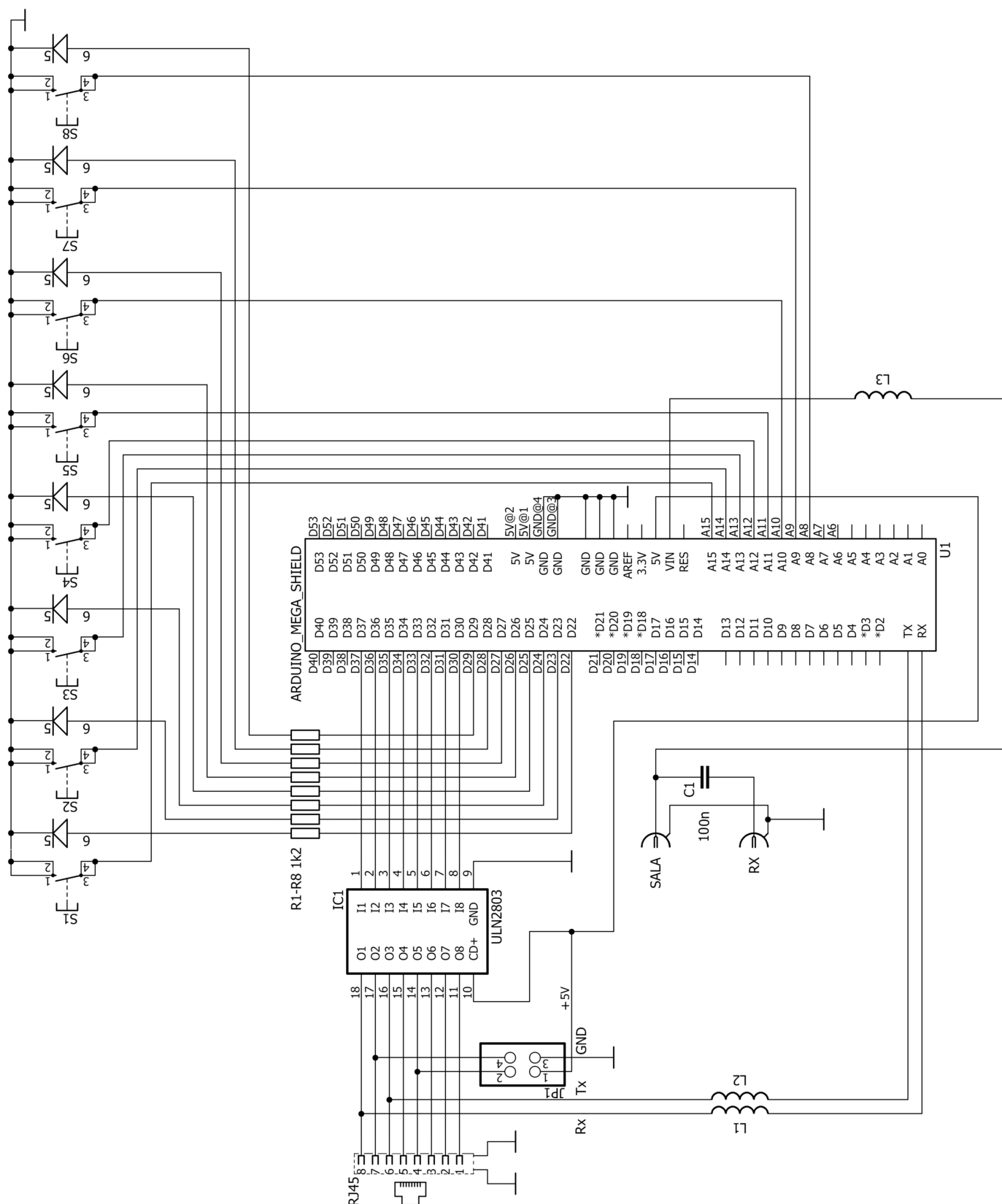
T1 - 5 závitů bifilárně na 1/2" (průměr 12,7 mm) jádru FT50-75 (označení Amidon - občas je mívá GES), jinak 5975000301 (označení Fair-Rite). Lze použít i jádro 35T0501-10H (Steward, DigiKey # 240-2524-ND) nebo menší 3/8" (průměr 9,5 mm) jádra 35T0375-10H (Steward, DigiKey # 240-2522-ND). Průměr drátu není nijak kritický, W7IUV používá AWG #28 (0,32 mm).

Transformátor Tr1 je poměrně nekritický, není však vhodné vinout ho krouceným dvoudrátém. Je to obyčejný autotransformátor 1:4, tedy žádný linkový transformátor ani balun. Jeho úkolem je pouze transformovat impedanci. Vineme dvěma vodiči současně, ty mohou (ale nutně nemusí) tvořit dvoulinku. Pokud se podržíme "bifilárního principu", navineme na jádro 5 závitů a začátek jednoho vinutí spojíme s koncem druhého. Plošný spoj je již navržen tak, aby bylo možné obě vinutí jen zapájet do kontaktních plošek. Transformátor má však vliv na OIP3 a proto **je nutné použít předepsané jádro** (materiál Fair-Rite 75). **Nepoužívejte materiál 43**, výsledný OIP3 by pak byl mnohem nižší!

Starší tranzistory 2N5109 měly zesilovací činitel (betu) v rozmezí 40 - 60, kousky novější výroby ji mohou mít až 160. Zesilovač proto může mít sklony ke kmitání na kmitočtech kolem 1 GHz, což způsobí zásadní zhoršení OIP3 i šumového čísla. Proto je vhodné před zapájením tranzistoru navléknout na vývod báze feritovou perličku (materiál 43 nebo 61). Po zapájení tranzistoru perličku zafixujeme např. horkým lepidlem.

Řídicí jednotka

Schéma

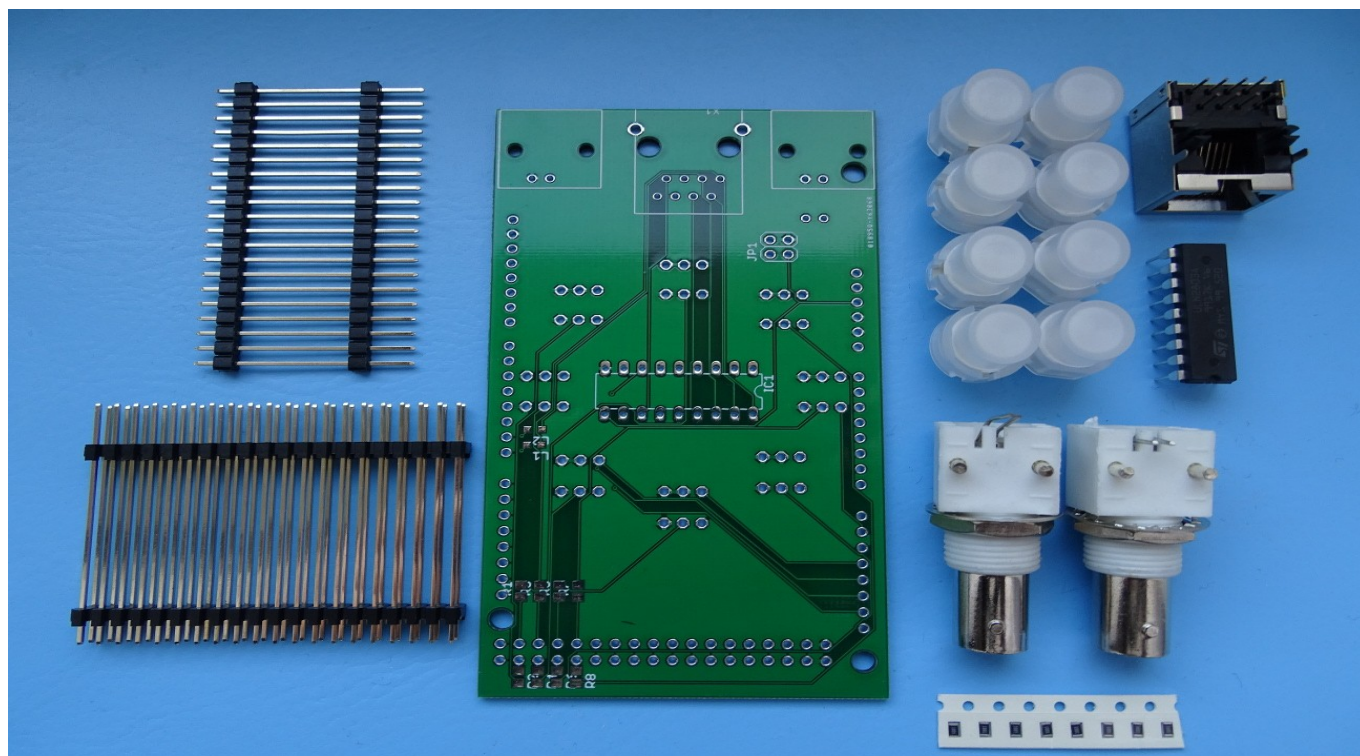


Jsou použity tři osmibitové porty Arduina Mega. Port A na pinech D22 – D29 rozsvítí LED na příslušném tlačítku. Port B na pinech D30 – D37 kombinuje relé anténních smyček do požadovaných směrů. Konečně na portu C na pinech A8 - A15 jsou připojena tlačítka. Ovládání antény je pomocí UTP kabelu. Pro budoucí využití je připravena možnost ovládat anténu dálkově přes Ethernet. Pro tento účel se odstraní ze soklu obvod spínačů ULN2803, zapájí se dvě tlumivky L1, L2 a osadí jumper JP1. Tím máme na konektoru RJ45 signály RX a TX a 5V a GND potřebné k připojení ethernetového převodníku. Napájení antény je provedeno pomocí BNC konektoru, označeného SALA. TRX, resp. jeho konektor RX ANT se pak připojí na BNC RX.

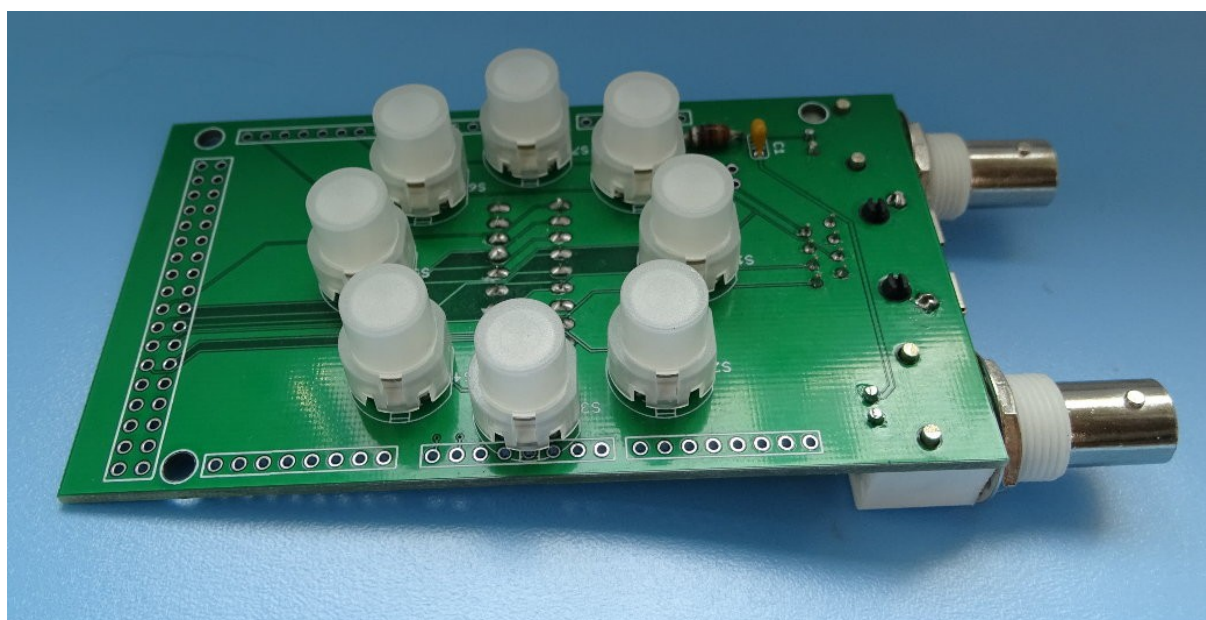
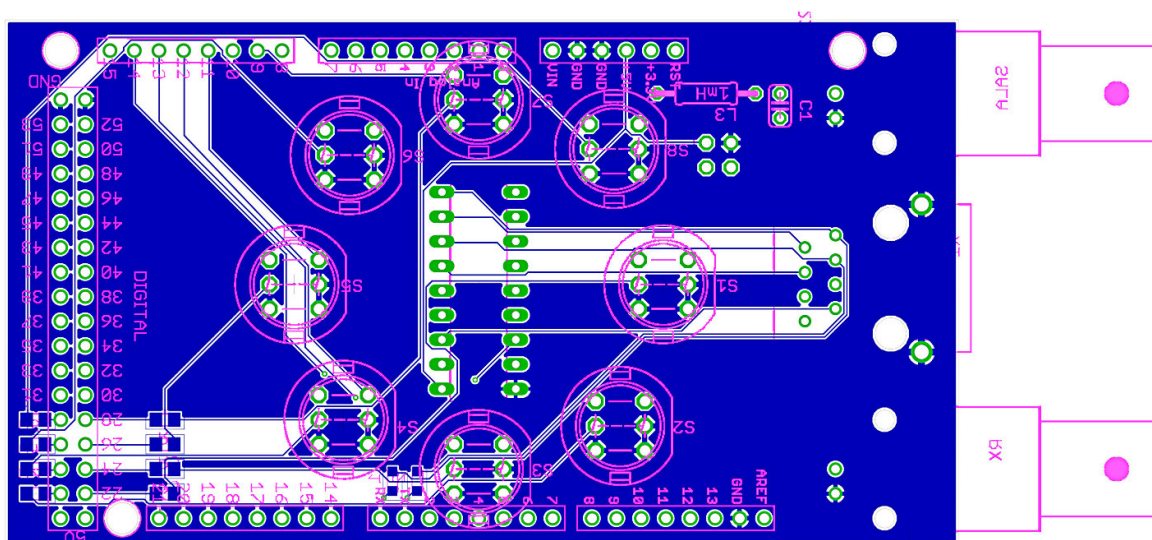
Nyní k vlastní stavbě:

Rozpis součástek

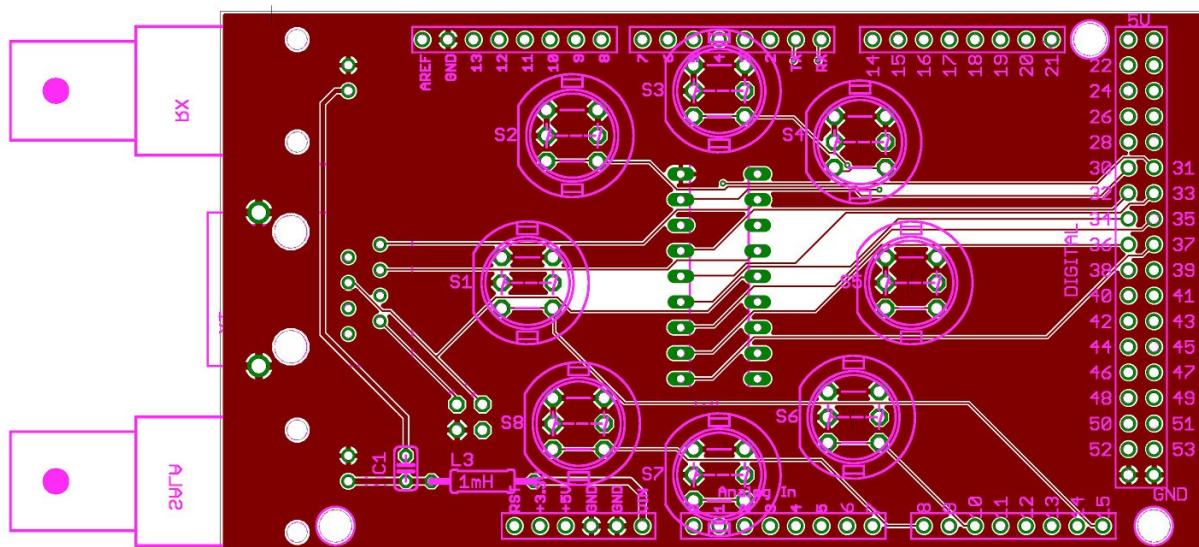
Položka	Hodnota	Popis	Pouzdro	Počet
C1	100n	C025-024X044	C025-024X044	1
IC1	ULN2803A	DRIVER ARRAY	DIL18	1
JP1	2X02	PIN HEADER-2X2		1
L1, L2	100uH	Inductor (choke)	L2012C	2
L3	1000uH	Inductor (choke)	SMCC Fastron, 0,130A, Rdc (max) = 15 Ohm	1
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8	1k2	R SMD 0805	R0805	8
RX, SALA	BNC-206	JACK, RIGHT ANGLE, 50 OHM, PCB, BNC	AMP_227161	2
S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8	KS01-BL-3	ITT SWITCH	DT6	8
U1	ARDUINO MEGA 2560 R3	ARDUINO	ARDUINO MEGA SHIELD	1
X1	RJ45GE	GLX-S-88M	Mod. Jack, Right Angle, 8 position, 8 contacts, RJ45	1

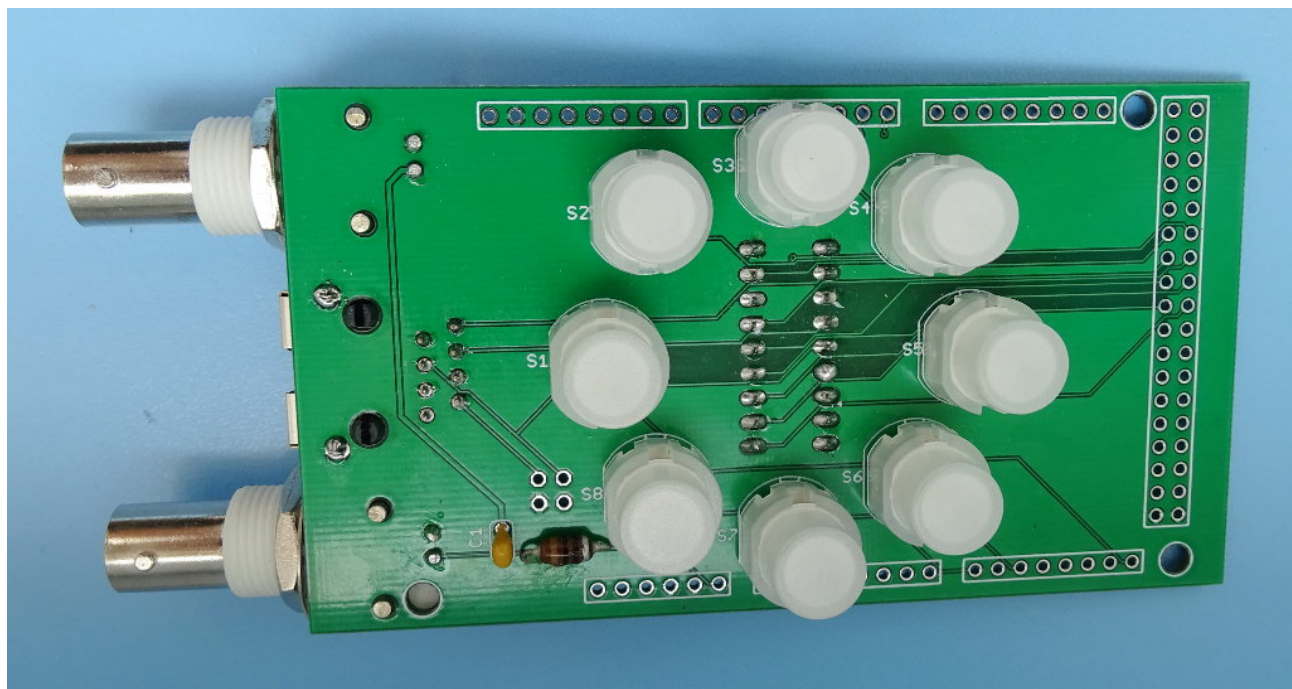


Nejprve osadíme spodní stranu PCB a to, SMD odpory, BNC konektory, RJ45 a sokl ULN2803.

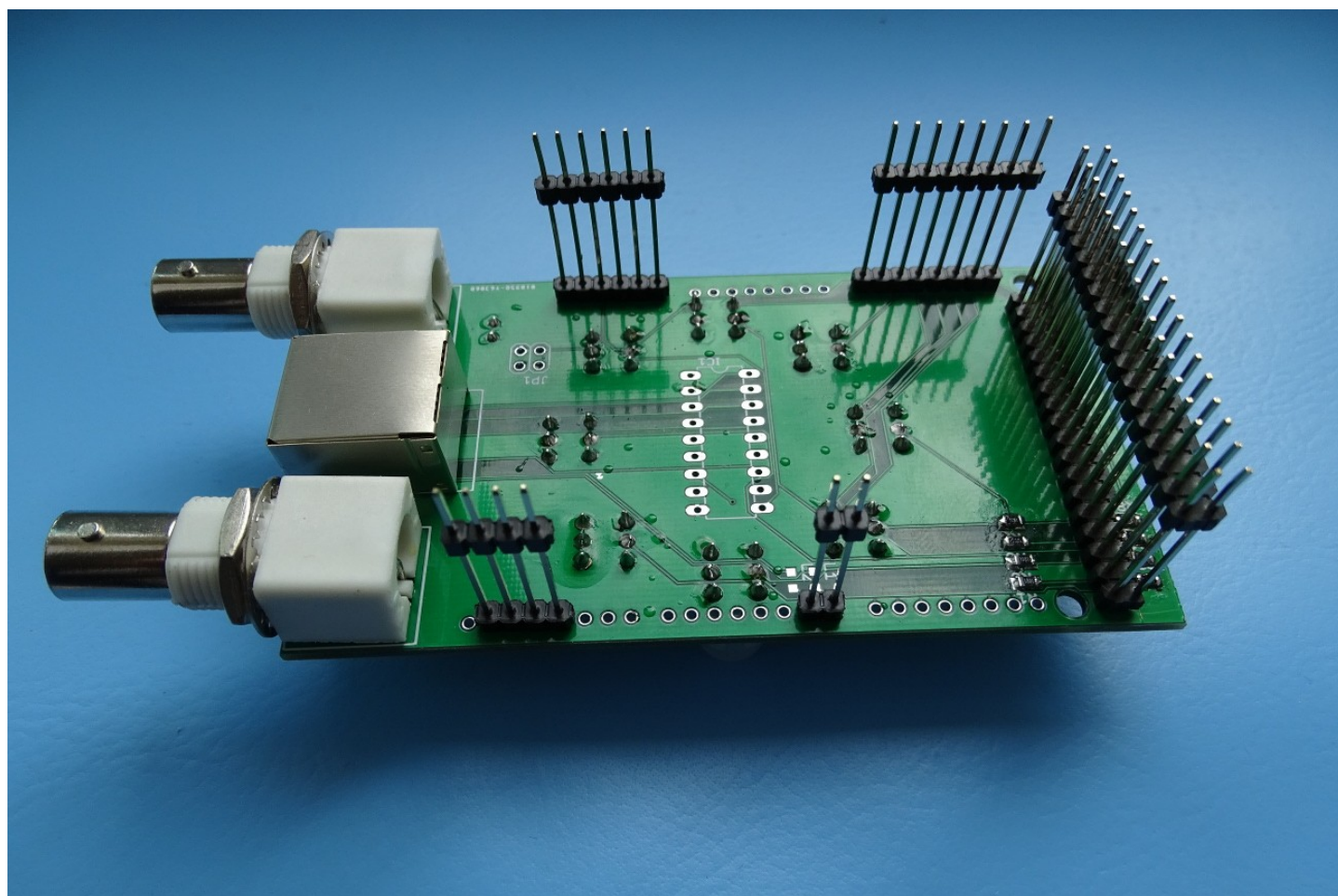


Poté na horní straně PCB osadíme tlačítka (pozor na orientaci, jinak nebudou svítit), tlumivku L3 a kondenzátor C1.





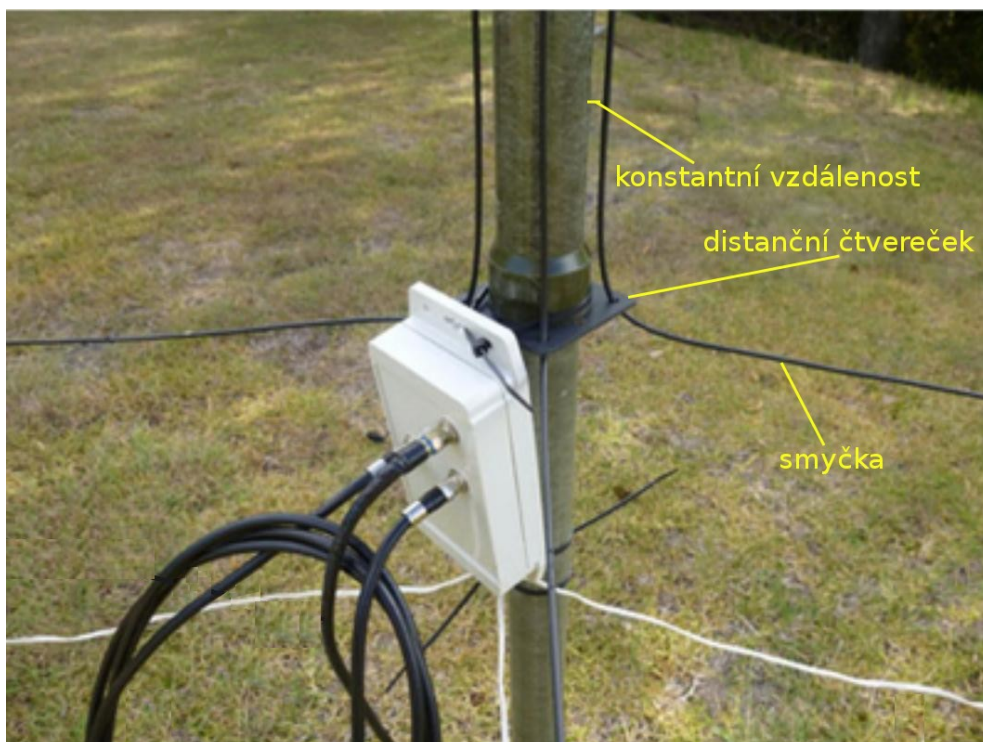
Nakonec zapájíme prodloužené piny, které předem ostrým nožem naporcujeme. Z dvacetipinové lišty oddělíme postupně 8, 6, 4 a 2 piny. Osmipinovou zapájíme na A8 - A15, šestipinovou na POWER, čtyřpinovou na D11 - GND a nakonec dvoupinovou na TX0 a RX0. Dvojité lišty má 2x 18 pinů. Vodítkem budiž fotografie.



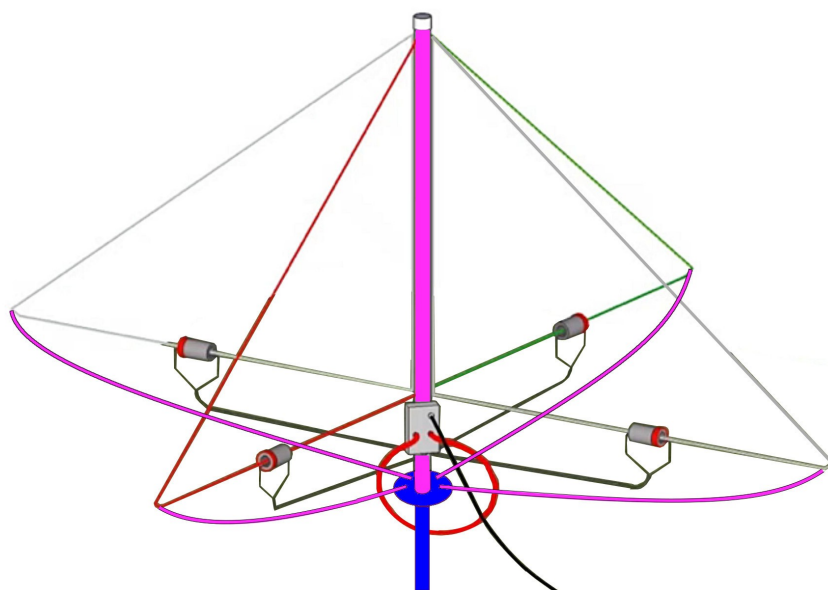
Desku omyjeme lihem a nasuneme na naprogramované Arduino.

Mechanická stavba

Základem původní konstrukce je patní část, nesoucí elektroniku, do které je upevněn laminátový nosný stožár. Trojúhelníkové drátové smyčky jsou drženy v konstantní vzdálenosti od nosného stožáru pomocí distančních čtverečků a do svého tvaru a směru taženy kotvami.

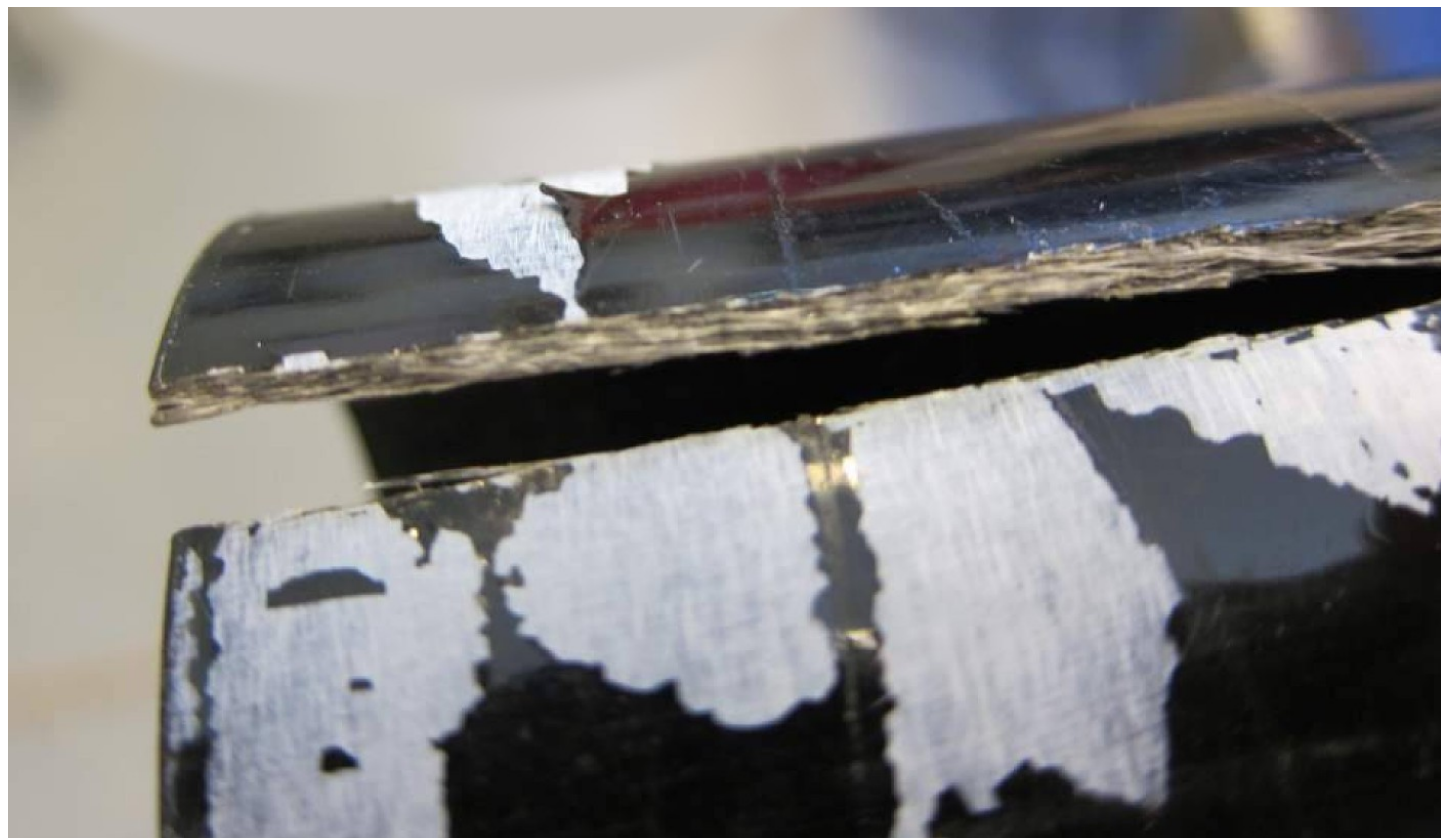


Vzdálené konce smyček jsou kotveny pomocí dakronových (kevlarových) šňůr ke kolíkům, zatlučeným v zemi. Tuto konstrukci však často není možné realizovat, zejména ve městech, kde nelze zatlučet kolíky ani zabrat několik desítek metrů čtverečních pozemku, kde pak není možné ani chodit kvůli výšce antény nad zemí. Pokud je k dispozici pouze jeden podpěrný bod, bude nutné vytvořit nosnou laminátovou konstrukci. Možný návrh je zde:



(nosná laminátová konstrukce je naznačena fialovou barvou, kovové části modrou)

Poměrně problematický je samotný nosný laminátový stožár. Většina komerčně nabízených variant končí velmi tenkým průměrem, často pouhých 4 mm. Zřejmě jde o rybářské pruty, přeprodávané s přírazkou jako "stožáry". Použitelný stožár by měl být tlustostěnný s nejtenčím průměrem v horní části 15 mm. Tyto stožáry, označované jako "heavy duty" (HD) jsou drahé a zárukou kvality není bohužel ani výrobce, ani rozměr. Následující obrázek ukazuje, jak dopadl Fiberglass Pole od firmy Spiderbeam (foto K9YC).



Podélně prasklý Fiberglass Pole firmy Spiderbeam.

Na obrázku je vidět, že vlákna skelné tkaniny jsou uspořádána podélně, což je důvodem menší pevnosti. Vinutí křížem (cikcak) je mnohem vhodnější. Stožár nemusí ani praskat, známé jsou např. problémy s nedostatečným zajištěním teleskopických segmentů, které zajižďejí do sebe buď samovolně, nebo při malé zátěži na vrcholu. U komerční verze antény SAL jsou problémy i s distančními čtverečky, které nedrží v pozici a mají tendenci se posunovat. U antény Array Solutions lze pochybovat, že bude vhodná k permanentní instalaci. Je tedy zřejmé, že mechanickou konstrukci antény, která má být na místě delší dobu bude nutné dořešit.

Vlastní anténa a elektronika

Nezakončená, poměrně velká smyčka je poměrně výhodná ve srovnání se zakončenými smyčkami v tom, že její "zisk" je kolem -20 dBi, což je o 30 dB lepší, než u smyček, zakončených odporem. Podstatnou nevýhodou je však "divoká" impedance, jejímž důsledkem jsou mj. různé možnosti nastavení (na max. zisk, max. RDF apod). Použité transformátory z trubkových jader, navlečených přímo na smyčce s "vazebním závitem" jsou novým a technicky vtipným zlepšením.

Dodatek A

SAL-20

Kmitočet (MHz):

1,8

Výška základny nad zemí (cm):

113,0

Délka základny (cm):

533,4

Orientace základny:

horizontální

Výška vrcholu trojúhelníku (cm):

678

Primární směr vyzařování (buzeny protilehlé smyčky)

Umístění transformátoru (cm od stožaru)	Zpoždění (ns)	Délka zpožďovací linky (cm)*	RDF (dB)	Zisk (dB)	Předozadní poměr pod malými úhly (dB)	Předoboční poměr (dB)	Předoboční poměr (dB)	Vyzařovací úhel (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)	Max. kmitočet (MHz)
188,0	6	147,3	9,58	-33	20	9	10	30	80	60	15
193,0	3	73,7	10,00	-35	8	10	10	25	65	60	15
218,4	11	269,2	9,34	-28	30	11	30	30	90	75	15
218,4	13	317,5	9,02	-28	23	10	30	30	90	75	15
233,7	15	365,8	8,96	-27	25	10	20	30	95	90	13
279,4	20	487,7	8,78	-24	30	8	12	30	105	90	7
355,6	30	731,5	8,47	-20	30	7	9	30	115	105	6
457,2	44	1071,9	8,25	-17	30	6	8	30	120	105	5
520,7	55	1341,1	8,16	-16	30	6	8	30	125	105	5
pozn.				celkový zisk	celkový zisk	celkový zisk	vertikální zisk		celkový zisk	vertikální zisk	

*RG-6, Vf=0,79

Sekundární směr vyzařování (buzeny sousedící, na sebe kolmé smyčky)

Umístění transformátoru (cm od stožaru)	Zpoždění (ns)	Délka zpožďovací linky (cm)	RDF (dB)	Zisk (dB)	Předozadní poměr pod malými úhly (dB)	Předoboční poměr (dB)	Předoboční poměr (dB)	Vyzařovací úhel (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)
74	6	58	7,39	-36	10	6	15	35	120	120
76	3	29	7,76	-39	30	6	6	30	150	120
86	11	106	7,73	-29	18	6	6	30	135	120
86	13	125	7,65	-28	15	6	6	30	135	120
92	15	144	7,73	-27	18	6	8	30	135	120
110	20	192	7,76	-23	30	7	6	30	135	120
140	30	288	7,71	-19	20	5	5	30	150	120
180	44	422	7,66	-16	16	5	5	30	150	135
205	55	528	7,69	-14	20	5	5	30	150	135

SAL-20

Kmitočet (MHz): 3,5
 Výška základny nad zemí (cm): 113,0
 Délka základny (cm): 533,4
 Orientace základny: horizontální
 Výška vrcholu trojúhelníku (cm): 678

Primární směr vyzařování (buzeny protilehlé smyčky)

Umístění transformátoru (cm od stožáru)	Zpoždění (ns)	Délka zpoždovací linky (cm)*	RDF (dB)	Zisk (dB)	Předozadní poměr pod malými úhly (dB)	Předobochní poměr (dB)	Předobochní poměr (dB)	Vyzařovací úhel (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)
188,0	6	147,3	9,48	-18	16	8	14	35	90	65
193,0	3	73,7	9,87	-20	8	10	10	30	70	60
218,4	11	269,2	9,17	-13	30	9	30	35	95	75
218,4	13	317,5	8,89	-13	20	8	30	35	95	75
233,7	15	365,8	8,83	-11	22	8	20	35	95	75
279,4	20	487,7	8,65	-9	30	8	13	35	105	90
355,6	30	731,5	8,35	-6	30	7	9	35	120	105
457,2	44	1071,9	8,13	-3	30	6	8	30	125	115
520,7	55	1341,1	8,02	-2	30	5	7	35	135	120
pozn.				celkový zisk	celkový zisk	celkový zisk	vertikální zisk		celkový zisk	vertikální zisk

*RG-6, Vf=0,79

Sekundární směr vyzařování (buzeny sousedící, na sebe kolmé smyčky)

Umístění transformátoru (cm od stožáru)	Zpoždění (ns)	Délka zpoždovací linky (cm)	RDF (dB)	Zisk (dB)	Předozadní poměr pod malými úhly (dB)	Předobochní poměr (dB)	Předobochní poměr (dB)	Vyzařovací úhel (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)
74	6	58	7,46	-20	12	5	6	40	150	120
76	3	29	7,73	-23	20	6	5	35	150	120
86	11	106	7,69	-14	17	5	5	35	140	120
86	13	125	7,59	-13	14	5	8	35	140	120
92	15	144	7,66	-11	16	5	6	35	150	120
110	20	192	7,7	-8	30	4	4	35	150	120
140	30	288	7,67	-5	20	4	5	30	150	120
180	44	422	7,63	-2	16	4	5	30	150	135
205	55	528	7,65	-1	16	4	5	30	150	135

SAL-20

Kmitočet (MHz): 7,0

Výška základny nad zemí (cm): 113,0

Délka základny (cm): 533,4

Orientace základny: horizontální

Výška vrcholu trojúhelníku (cm): 678

Primární směr vyzařování (buzeny protilehlé smyčky)

Umístění transformátoru (cm od stožáru)	Zpoždění (ns)	Délka zpoždovací linky (cm)*	RDF (dB)	Zisk (dB)	Předozadní poměr pod malými úhly (dB)	Předoboční poměr (dB)	Předoboční poměr (dB)	Vyzařovací úhel (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)
188,0	6	147,3	8,73	-2	20	5	15	45	120	70
193,0	3	73,7	9,42	-4	10	8	20	30	105	60
218,4	11	269,2	8,41	0	15	4	30	35	135	75
218,4	13	317,5	8,11	0	10	4	30	50	150	75
233,7	15	365,8	8,14	0	14	4	20	45	150	90
279,4	20	487,7	8,08	0	20	5	8	50	150	105
355,6	30	731,5	5,69	x	x	x	x	x	x	x
457,2	44	1071,9	6,91	x	x	x	x	x	x	x
520,7	55	1341,1	6,9	x	x	x	x	x	x	x
pozn.				celkový zisk	celkový zisk	celkový zisk	vertikální zisk		celkový zisk	vertikální zisk

*RG-6, Vf=0,79

Sekundární směr vyzařování (buzeny sousedící, na sebe kolmé smyčky)

Umístění transformátoru (cm od stožáru)	Zpoždění (ns)	Délka zpoždovací linky (cm)	RDF (dB)	Zisk (dB)	Předozadní poměr pod malými úhly (dB)	Předoboční poměr (dB)	Předoboční poměr (dB)	Vyzařovací úhel (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)	Šířka svazku pro 3 dB pokles (st.)
74	6	58	7,31	-3	6	3	15	55	210	105
76	3	29	7,75	-7	20	3	5	50	165	120
86	11	106	7,42	-1	12	4	8	50	180	105
86	13	125	7,3	-1	8	2	10	50	180	105
92	15	144	7,41	-1	12	3	8	45	175	120
110	20	192	7,35	-1	12	3	5	35	175	150
140	30	288	5,44	x	x	x	x	x	x	x
180	44	422	6,95	x	x	x	x	x	x	x
205	55	528	7,28	x	x	x	x	x	x	x

Dodatek B

Poznámky k impedanci

V dokumentaci byla zmíněna snaha o dodržení systémové impedance 75Ω i zjednodušení, které na tuto snahu svým způsobem rezignuje. Více vysvětlí rozbor, pro který byl použit aktuální model antény SAL-30 firmy Array Solutions.

CM Model written by Mark, KB7GF for Shared Apex Loop Array.

CM Original dimensions in FEET.

CM Updated May, 2015

CM

CM Notes:

CM <Hit F6 to open the editor>

CM <Select the "Symbols" tab>

CM - Enter frequency in "Symbols" tab

CE

SY freq = 1.8 'operating frequency (in MHz)

SY W= 300/12 'Base Width each loop

SY HBase = 44.5/12 'Base height of loop

SY HApex= 356/12+44.5/12 'Apex loop height above ground

SY delay = 21.5*1.25 'delay line difference (in nSec)

SY LinkDist = 170/12 'Link Distance from mast

SY S=4/12 'Spacing between loops

SY phaseA = (delay*0.000000001)/((1/(freq*1000000))/360) 'CALC: DO NOT CHANGE (phase angle in deg)

SY Areal = cos(phaseA) 'CALC: DO NOT CHANGE

SY Aimg= sin(phaseA) 'CALC: DO NOT CHANGE

SY Dia=0.079/12 'Wire Diameter (in feet)

SY SEGS = 39 'Number of segments.

SY Tap = (LinkDist/W)*SEGS 'CALC: DO NOT CHANGE

GW	1	SEGS	W+S/2	0	HBase	S/2	0	HBase	DIA/2
----	---	------	-------	---	-------	-----	---	-------	-------

GW	2	SEGS	W+S/2	0	HBase	S/2	0	HApex	DIA/2
----	---	------	-------	---	-------	-----	---	-------	-------

GW	3	SEGS	S/2	0	HApex	S/2	0	HBase	DIA/2
----	---	------	-----	---	-------	-----	---	-------	-------

GW	4	SEGS	-S/2	0	HBase	-W-S/2	0	HBase	DIA/2
----	---	------	------	---	-------	--------	---	-------	-------

GW	5	SEGS	-W-S/2	0	HBase	-S/2	0	HApex	DIA/2
----	---	------	--------	---	-------	------	---	-------	-------

GW	6	SEGS	-S/2	0	HApex	-S/2	0	HBase	DIA/2
----	---	------	------	---	-------	------	---	-------	-------

GW	11	SEGS	0	W+S/2	HBase	0	S/2	HBase	DIA/2
----	----	------	---	-------	-------	---	-----	-------	-------

GW	12	SEGS	0	W+S/2	HBase	0	S/2	HApex	DIA/2
----	----	------	---	-------	-------	---	-----	-------	-------

GW	13	SEGS	0	S/2	HApex	0	S/2	HBase	DIA/2
----	----	------	---	-----	-------	---	-----	-------	-------

GW	14	SEGS	0	-S/2	HBase	0	-W-S/2	HBase	DIA/2
----	----	------	---	------	-------	---	--------	-------	-------

GW	15	SEGS	0	-W-S/2	HBase	0	-S/2	HApex	DIA/2
----	----	------	---	--------	-------	---	------	-------	-------

GW	16	SEGS	0	-S/2	HApex	0	-S/2	HBase	DIA/2
----	----	------	---	------	-------	---	------	-------	-------

GS	0	0	0.3048						
----	---	---	--------	--	--	--	--	--	--

GE	1								
----	---	--	--	--	--	--	--	--	--

LD	5	0	0	0	58000000				
----	---	---	---	---	----------	--	--	--	--

GN	2	0	0	0	15	0.01			
----	---	---	---	---	----	------	--	--	--

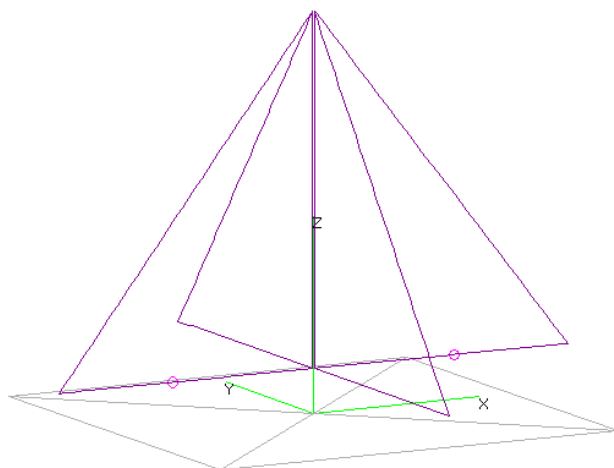
EK									
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

EX	0	1	SEGS-Tap+1	0	Areal	Aimg	0	'1 is on end	
----	---	---	------------	---	-------	------	---	--------------	--

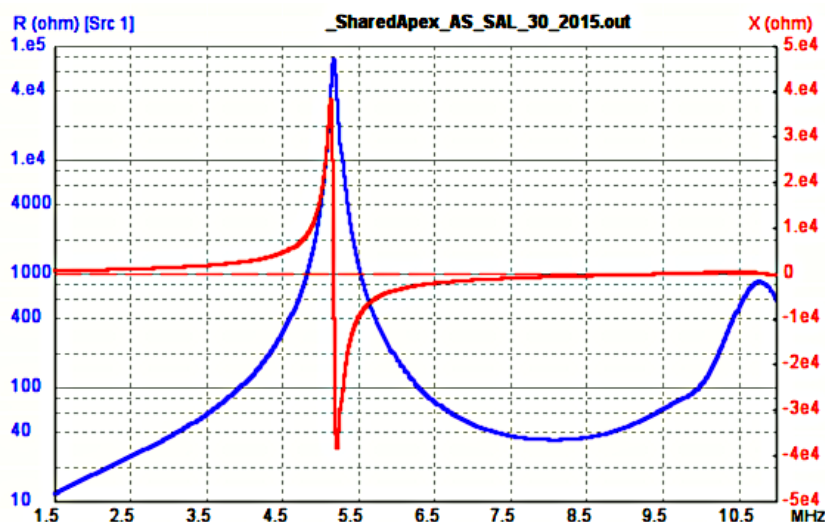
EX	0	4	Tap	0	-1	0	0	'1 is at center	
----	---	---	-----	---	----	---	---	-----------------	--

FR	0	0	0	0	freq	0			
----	---	---	---	---	------	---	--	--	--

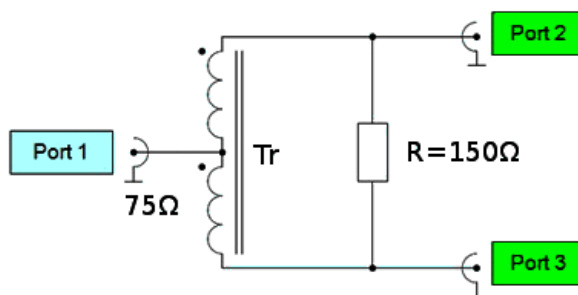
EN									
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Průběhy impedance v rozsahu 1,5 - 11 MHz, který zahrnuje všechna pásma, na kterých má použití této antény smysl jsou na následujícím obrázku:



Z obrázku je patrný velmi "divoký" průběh se značnými změnami (stupnice R a X jsou logaritmické!). Tato impedance, transformovaná délkou napáječe a "symetrizovaná" vstupním transformátorem se pak objevuje na portech 2 a 3 slučovače, tvořeného známým "magickým T" (obdobá Wilkinsonova děliče výkonu).



Magické T

Je známým faktem, že magické T pracuje nejlépe, pokud jsou impedančně přizpůsobené všechny tři porty, což u takto zapojené přepínací (fázovací) jednotky neplatí ani náhodou. Situaci by značně zjednodušil oddělovací zesilovač (sledovač) s vysokoimpedančním vstupem a výstupem s konstantní, malou a reálnou impedancí. Podobné oddělovací stupně se používají např. u Hi-Z antén. Jejich konstrukce však bývá problematická a drahá, používají se např. nízkošumové výkonové FETy CP666 firmy Crystallonics [4], které jsou velmi drahé a obtížně dostupné, lze je však nahradit ruskými typy řady KP903. Náhrady, využívající např. několik paralelně spojených J-FETů J310 fungují uspokojivě jen v místech, kde nejsou silné rozhlasové vysílače v SV pásmu.

Impedance 75 Ω bývá volena proto, že lze použít levné, tzv. "televizní" koaxiální kabely (zpravidla RG-6), které mají 75 Ω. Magické T je navrženo na tuto impedanci, porty 2 a 3 zde slouží jako vstupní, port 1 je pak výstupem. Za ním následují volitelné filtry - buď pásmový filtr pro 160 - 80 m, nebo 160 - 40 m, příp. SV pásmová zadrž. Změna zatěžovací impedance z 50 na 75 Ω se neprojeví, jde o kompromisní návrhy, využívající součástky v řadě E12. Použitý zesilovač W7IUUV má v rozsahu KV vstupní impedanci kolem 50 Ω, pokud by měl výstupní port 1 magického T impedanci 75 Ω, způsobíme tím ČSV 1,5 a ztrátu nepřizpůsobením 0,177 dB. Závěrem budiž zjištění, že zjednodušení vypuštěním transformace ze 75 na 50 Ω se nedopustíme žádného vážnějšího prohřešku. Tento závěr je navíc podpořen skutečností, že vstupní impedance většiny přijímačů (transceiverů) nebývá 50 Ω, ale pohybuje se mezi 20 - 120 50 Ω.

73, OK1RR, OK1AU

Odkazy:

[1] Mark Bauman, KB7GF: The Shared Apex Loop Array, QST (ARRL), October 2012, str. 44 - 48

[2] Mark Bauman, P.E., KB7GF: Introducing the Shared Apex Loop Array , QEX (ARRL), September/October 2012, str. 3 - 10

[3] Array Solutions, AS-SAL-Manual_R1.12

[4] Frank Gentges, K0BRA: The AMRAD Active LF Antenna, QST (ARRL), September 2001, str. 31 - 37