

**Pavel Šír**

**RADIOAMATÉRSKÉ  
KONSTRUKCE  
PRO  
MIKROVLNNÁ  
PÁSMA**

Praha 2001



Pavel Šír, OK1AIY

## **RADIOAMATÉRSKÉ KONSTRUKCE PRO MIKROVLNNÁ PÁSMA**

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládaná zapojení a informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Veškerá práva vyhrazena. Praha 2001

Pavel Šír

Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Pavel Šír: Radioamatérské konstrukce pro mikrovlnná pásma

BEN – technická literatura, Praha 2001

2. vydání

**ISBN 80-7300-014-8**

<b>ÚVOD .....</b>	<b>6</b>
<b>1 KONSTRUKCE RÁDIOVÝCH OBVODŮ PRO PÁSMO 1296 MHZ – OBECNÁ PROBLEMATIKA .....</b>	<b>9</b>
1.1 Jednoduchý transvertor pro 1296 MHz .....	11
1.2 Kondenzátory .....	16
1.3 Ladicí kapacitní trimry .....	16
1.4 Transvertor pro 1296 MHz s vysokou citlivostí a výstupním výkonem až 1 W .....	18
1.5 Předzesilovač pro 1296 MHz .....	22
1.6 Mikrovlonné monolitické zesilovače .....	23
1.7 Výkonové moduly .....	30
1.8 Vyvážené směšovače .....	35
1.9 Výkonový zesilovač pro 1296 MHz s elektronkou 2C39 [23] .....	38
1.10 Anténa LOOP YAGI pro pásmo 23 cm .....	45
1.11 Použití parabolických antén pro pásmo 23 cm .....	47
<b>2 KONSTRUKCE TRANSVERTORŮ PRO PÁSMO 2320 MHZ (VLNOVÁ DÉLKA 13 CM) .....</b>	<b>51</b>
2.1 Jednoduché provedení transvertoru s varaktorovým násobičem .....	52
2.2 Funkční části zařízení .....	53
2.3 Konstrukce přijímače, uvádění do provozu .....	56
2.4 Část vysílací – varaktorové násobiče .....	58
2.5 Rekonstruované provedení umožňující provoz SSB a doplněné zesilovačem výkonu s elektronkou .....	62
2.6 Celková koncepce; příprava signálu 2160 MHz pro výkonový směšovač .....	63
2.7 Výkonový směšovač .....	66
2.8 Zesilovač výkonu pro 2304 MHz s elektronkou 2C39 .....	67
2.9 Mechanické provedení .....	69
2.10 Uvádění zařízení do provozu .....	70
2.11 Celotranzistorový transvertor pro pásmo 13 cm .....	74
2.12 Společný díl – zdroj signálu 2160 MHz pro směšovače .....	75
2.13 Část přijímací – konvertor z 2304 na 145 MHz .....	77
2.14 Část vysílací – směšovač 145/2304 MHz .....	78
2.15 Uvádění do provozu – nastavování .....	80

2.16	Transvertor pro 13 cm s velkou vstupní citlivostí a výstupním výkonem 0,3–0,5 W (budič výkonového stupně) .....	84
2.17	Příklad provedení zesilovače s tranzistory v provedení se společnou bází pro pásmo 13 cm .....	93
2.18	Stabilizace pracovních bodů pro zesilovače výkonu .....	95
2.19	Zapojení tranzistorového zesilovače pro univerzální použití .....	96
2.20	Antény pro pásmo 13 cm .....	97
2.21a	Konstrukce transvertoru pro pásmo 3400 MHz (vlnová délka 9 cm) .....	102
2.21b	Jednoduchý transvertor pro pásmo 9 cm .....	104

### **3 KONSTRUKCE TRANSVERTORŮ PRO PÁSMO 5760 MHZ (VLNOVÁ DÉLKA 6 CM)..... 107**

3.1	Dvě rozdílné konstrukce transvertorů pro pásmo 5760 MHz .....	107
3.2	Popis jednodušší verze transvertoru pro 6 cm .....	109
3.3	Oscilátor 5616 MHz .....	111
3.4	Složitější verze transvertoru se subharmonickým směšovačem podle DC0DA .....	118
3.5	Anténní relé .....	123
3.6	Praktické provedení a nastavování zesilovačů .....	124
3.7	Vstupní dvoustupňový zesilovač přijímací cesty .....	124
3.8	Praktická srovnání obou typů .....	131

### **4 KONSTRUKCE TRANSVERTORŮ PRO PÁSMO 10 368 MHZ (VLNOVÁ DÉLKA 3 CM)..... 133**

4.1	Základní úvahy pro konstrukce jednoduchého transvertoru .....	133
4.2	Popis oscilátoru .....	134
4.3	Výkonové úrovně .....	147
4.4	Konečné seřízení transvertoru .....	148
4.5	Hrubá kontrola kmitočtu vysílače .....	149
4.6	Kontrola činnosti přijímače .....	149
4.7	Anténa a její napájení .....	150
4.8	Zesilovač pro pásmo 3 cm .....	154
4.9	Dvě praktická provedení zesilovače .....	154
4.10	Konečná montáž a seřízení zesilovače .....	164
4.11	Další zlepšení transvertoru pro 3 cm .....	165
4.12	Anténní relé .....	170
4.13	Vhodné antény pro 3 cm .....	171

<b>5</b>	<b>KONSTRUKCE TRANSVERTORU PRO PÁSMO 24 GHZ (VLNOVÁ DÉLKA 1,25 CM) .....</b>	<b>173</b>
5.1	Součástky vhodné pro použití v pásmu 24 GHz .....	174
5.2	Vysílací a přijímací části transvertoru pro 24 GHz (bez využití GaAs tranzistorů) .....	174
5.3	Zhodnocení výsledků .....	189
5.4	Antény pro 24 GHz .....	189
5.5	Další zlepšení transvertoru pro 24 GHz .....	190
<b>6</b>	<b>POMŮCKY PRO PRÁCI NA MIKROVLNÁCH .....</b>	<b>193</b>
6.1	Jednoduchý indikátor VF – měřicí sonda .....	193
6.2	Vlnovody pro mikrovlny .....	195
6.3	Měření kmitočtu (vlnové délky) .....	195
6.4	Digitální měření kmitočtu na mikrovlnách .....	196
6.5	Měřič vysokofrekvenčního výkonu pro mikrovlny .....	200
6.6	Zdroje testovacího signálu pro pásma 6 a 3 cm .....	203
6.7	Radiomajáky na mikrovlnných pásmech .....	205
<b>7</b>	<b>METODIKA PROVOZU V PÁSMECH 6 A 3 CM .....</b>	<b>207</b>
7.1	Přesné směřování parabolických antén .....	207
<b>8</b>	<b>VLIV ATMOSFÉRY NA ŠÍŘENÍ MIKROVLN .....</b>	<b>211</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>216</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>218</b>
	<b>UŽITEČNÉ INTERNETOVÉ ADRESY .....</b>	<b>222</b>
	<b>Třetí generace transvertorů (DB6NT).....</b>	<b>223</b>
	<b>Kontaktní adresy BEN – technická literatura.....</b>	<b>224</b>

## ÚVOD

Mikrovlnami jsou nazývány rádiové vlny kratší než 30 cm. Vlně této délky odpovídá kmitočet 1000 MHz, takže kmitočty vyšší než 1000 MHz (1 GHz) označujeme jako mikrovlnná pásma.

Kmitočtové spektrum mikrovln je velmi široké a již několik desítek let je rozděleno do jednotlivých úseků s ohledem na vhodné použití. Určitá kmitočtová pásma zabírá například radiolokační a zabezpečovací technika, televizní, rozhlasové a telefonní trasy, satelitní televize a komunikace s kosmickými sondami.

Je tu ale i několik malých úseků vyčleněných pro radioamatérské experimentování, kterým říkáme amatérská pásma. Uvedme alespoň ta, která připadají v úvahu pro praktickou práci a jsou obsahem této publikace. Prvním je pásmo 23 cm, pak 13 cm, 6 cm, 3 cm a pásmo 1,25 cm.

Zhotovit amatérsky přijímací a vysílací zařízení pro tato pásma není lehké, dokonce lze říci, že je to velmi obtížné a s každým vyšším pásmem problémů přibývá. Technologie mikrovln je odlišná od řešení elektronických obvodů. Je zde tedy pole působnosti pro všechny ty, kteří se nespokojí s lacinou zábavou a hledají v trpělivé práci i kus dobrodružství. A to všechno mikrovlny přinášejí. Tady se nedá nic odšvindlovat nebo udělat jenom „jako“. Výsledkem úmorné práce udělané doopravdy jsou pak nakonec unikátní zařízení a mnohdy první neopakovatelná rádiová spojení. A právě tato průkopnická práce dělá z techniky mikrovln ten nefalšovaný „radioamatérský sport“, přinášející správnou radost, kus romantiky a uspokojení.

Vše, co je v této publikaci popsáno, bylo prakticky zhotoveno a vyzkoušeno při radioamatérských soutěžích. Konstrukce jsou provedeny s ohledem na skromné možnosti, která valná většina zájemců bude mít. Protože je předpoklad, že hodně konstruktérů bude z řad mládeže, je i popis samotných zařízení podrobnější. Dále je popsáno, jak je možné zhotovit jednoduchá, ale funkční zařízení ve skromných podmínkách za předpokladu alespoň základních znalostí a řemeslné zručnosti. Nechává ale i prostor pro použití špičkových součástek, které jsou na současné světové úrovni. V jednotlivých statích jsou postupně rozvedeny základní myšlenky pro návrh jednodušších i složitějších konstrukcí, pak jejich mechanické i elektrické provedení. Popis obsahuje i nastavení všech jednotlivých dílů a praktické zhodnocení dosažených výsledků. Konstrukce základních transceiverů pro pásma 2 m a 70 cm ani rozsáhlé teoretické úvahy zde uvedeny nejsou.

Náročnou pracovní část, kterou představuje alespoň skromné měření na mikrovlnách zachycuje poslední stat – „Pomůcky pro práci na mikrovlnách“. Zde je popsána nejen řada přípravků a pomůcek, se kterými lze obejít nedostatek speciálních měřicích přístrojů, ale i metodika práce vedoucí k úspěchům na pásmech.

A na závěr ještě poděkování všem spolupracovníkům, kteří se na vzniku podíleli.

Mnohdy nečitelnému rukopisu vdechla život Lenka Hlavová. Na ověřování konstrukcí a antén spolupracovali: Jiří Koukol OK1MWD, Miloslav Skála OK1UFL, Ján Skála OK1UFP a Miloslav Pavelka OK1DGI.

Nechť je tato publikace dobrou pomůckou pro ty, kteří mají o práci na mikrovlnách opravdový zájem.

## NĚKOLIK SLOV KE DRUHÉMU VYDÁNÍ

Od vzniku prvního vydání knihy uplynulo již dvanáct let. Dvanáct let, v kterých se hodně změnilo nejenom ve světě, ale i u nás.

Velké změny doznala nejenom technika, ale i myšlení lidí, rozhodující mezník byl bezesporu rok 1989. Z okolního světa sem rychle přispěchala spojovací technika nevídaných vlastností, která pohotově zaplnila mezery, které tu před tím byly.

A velmi podobně tomu bylo i s radioamatérskými přístroji. Rázem se dala koupit zařízení, která by se po domácku opravdu těžko stavěla. Je to jen otázka peněz, radioamatérem se může stát okamžitě každý ...

Nic proti kvalitním přístrojům, po kterých leckdo toužil celý život a které bezesporu přinesou zkvalitnění práce na pásmech, ale celá ta nádhera má i stinné stránky. V lesku drahých koupených přístrojů se vytrácí to pravé kouzlo, které náš sport přinášel, totiž udělat spojení s něčím, co jsme si vlastníma rukama zhotovili a v čem je především kus umění a mnoho hodin stráveného času. To vlastní spojení, které pak s napětím a mnohdy s notnou dávkou dobrodružství děláme – to už je „jen ta třešnička na dortu“, jak se nyní často říká.

A v této atmosféře přichází druhé vydání publikace. Nebylo lehké rozhodnout co ponechat a co nahradit něčím novým – vždyť všechny konstrukce ve „své době“ vznikaly se stejným pracovním nasazením a nakonec pomocí nich byla udělána daleká spojení a dobré výsledky v soutěžích.

Ke konstrukcím budou přistupovat hlavně mladí zájemci, kteří se ve školách již se starší technikou nesetkali a zde je příležitost rychle získat přehled. Ostatně nadarmo se neříká, že: „Abychom správně pochopili současnost, musíme znát dobře minulost“.

Proto je většina popisů i starších konstrukcí ponechána. Díl pro 23 cm s elektronkami je nahrazen statí o monolitických zesilovačích pro mikrovlny, které vhodně doplní konstrukce pro všechna mikrovlnná pásma.

Rovněž stať o výkonových modulech pro pásmo 23 cm naznačuje cestu k pronikavému zlepšení. Pro pásmo 13 cm byla konstrukce zesilovače s elektronkou záměrně ponechána, protože poskytuje možnost levně – jen s dávkou šikovnosti se dopracovat většího výkonu. Není na závadu, že elektronka HT323 nebo-li 2C39BA je již inkurant. Sloužila ve statisícových množstvích po celém světě desítky let a mnoho radioamatérů ji dodnes používá dokonce i v zařízeních pro provoz EME, kde slouží stále velmi dobře.

Podobně je ponechána stať popisující konstrukce s varaktory. Tato součástka byla v minulosti přímo klíčová ve všech profesionálních zařízeních, kde v násobičích sloužila k získání dostatečného výkonu i na těch nejvyšších kmitočtech. Až příchod GaAs tranzistorů varaktory definitivně zatlačil do pozadí, ale na vysokých kmitočtech nad 50 GHz se používají stále.

V publikaci je i zmínka o vyvážených směšovačích (balančních modulátorech), které se již desítky let používají a jejich české provedení pod názvem UZ07 je v mnoha po domácku zhotovených zařízeních. Pro ilustraci jsou uvedeny některé nejužívanější starší typy a pak několik nových – pro použití až do 26 GHz.

V červenci roku 2000 bylo pro naše radioamatéry uvolněno 10 MHz široké pásmo v oblasti 9 cm. Je popsán velmi jednoduchý transvertor pro 3400 MHz vyrobený OK1UFL, který poslouží hlavně začátečníkům.

Na dalších vyšších pásmech k zásadním změnám nedochází, snad jen díky SMD součástkám se nabízí dělat zařízení menší, s lepšími parametry a na jednu desku. Některé světové firmy vyrábějí GaAs tranzistory pro velké výkony. Výkonu odpovídají i ceny. Žel – toto po domácku asi neobejdeme, takže kdo musí velký výkon mít, nezbude, než takový tranzistor koupit ... Doporučuji jej koupit už v hotovém zesilovači, abychom ho nezničili dřív, než ho zapojíme.

Ve stati o pomůckách pro měření je několik informací o majácích pro mikrovlnná pásma, která jsou i u nás v provozu a poskytují dobré služby.

Jejich prostřednictvím se dovídáme, co se v troposféře děje při některých meteorologických situacích např., když se vytvoří podmínky pro použití tzv. Raining scatteru. Podrobně je toto téma rozvinuto ve stati: „Vliv atmosféry na šíření mikrovln“. Zde je i několik nových důležitých údajů o šíření v různém prostředí.

Jako autor doufám, že tato publikace bude dobrým vodítkem pro ty, kteří rádi tvoří a těší se i ze skromných dobrých výsledků.

Pavel Šír