

TRENDY A DŮSLEDKY



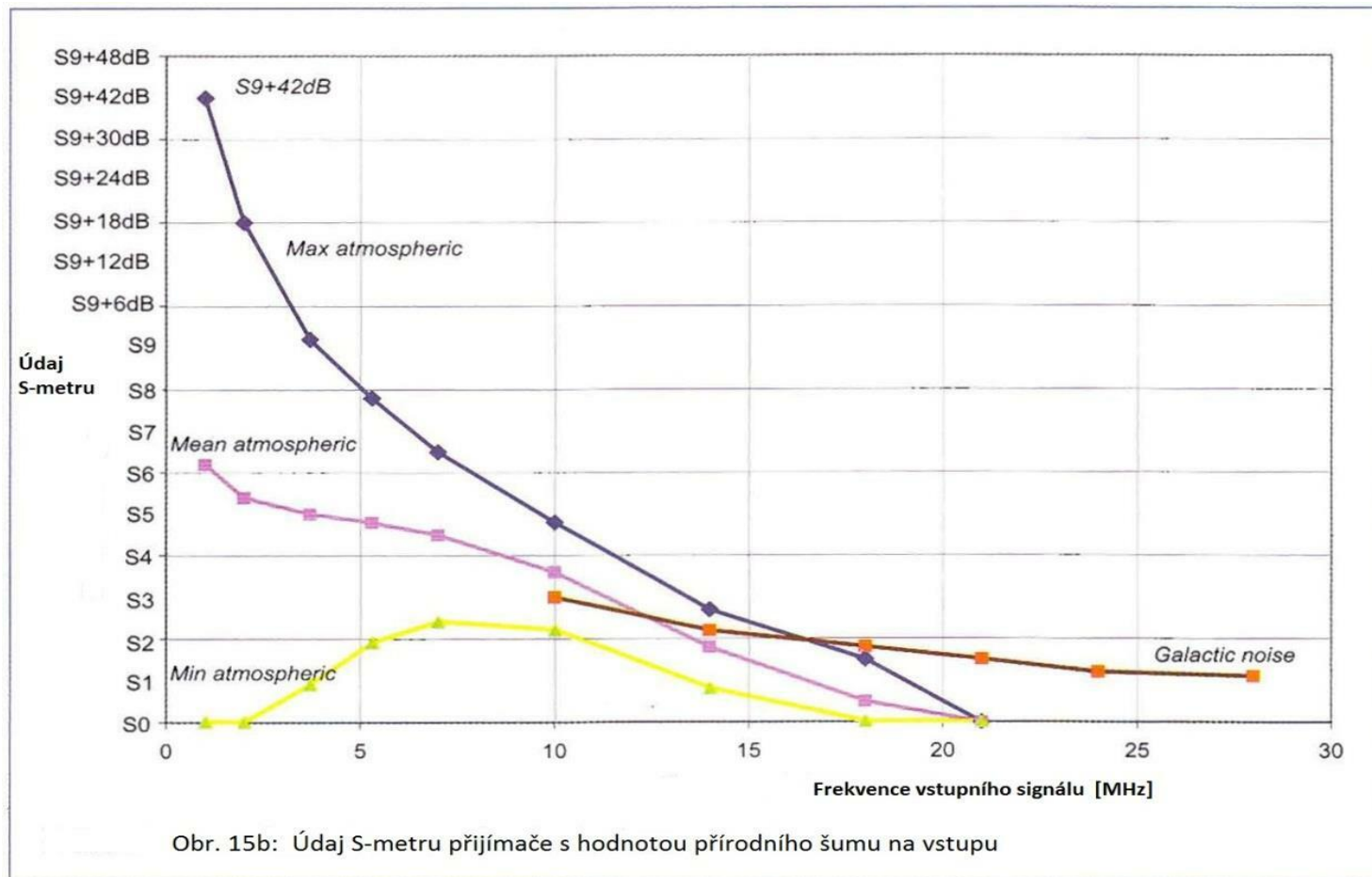
Ing. Pavel Míšek, OK7PM

Medlov 2022

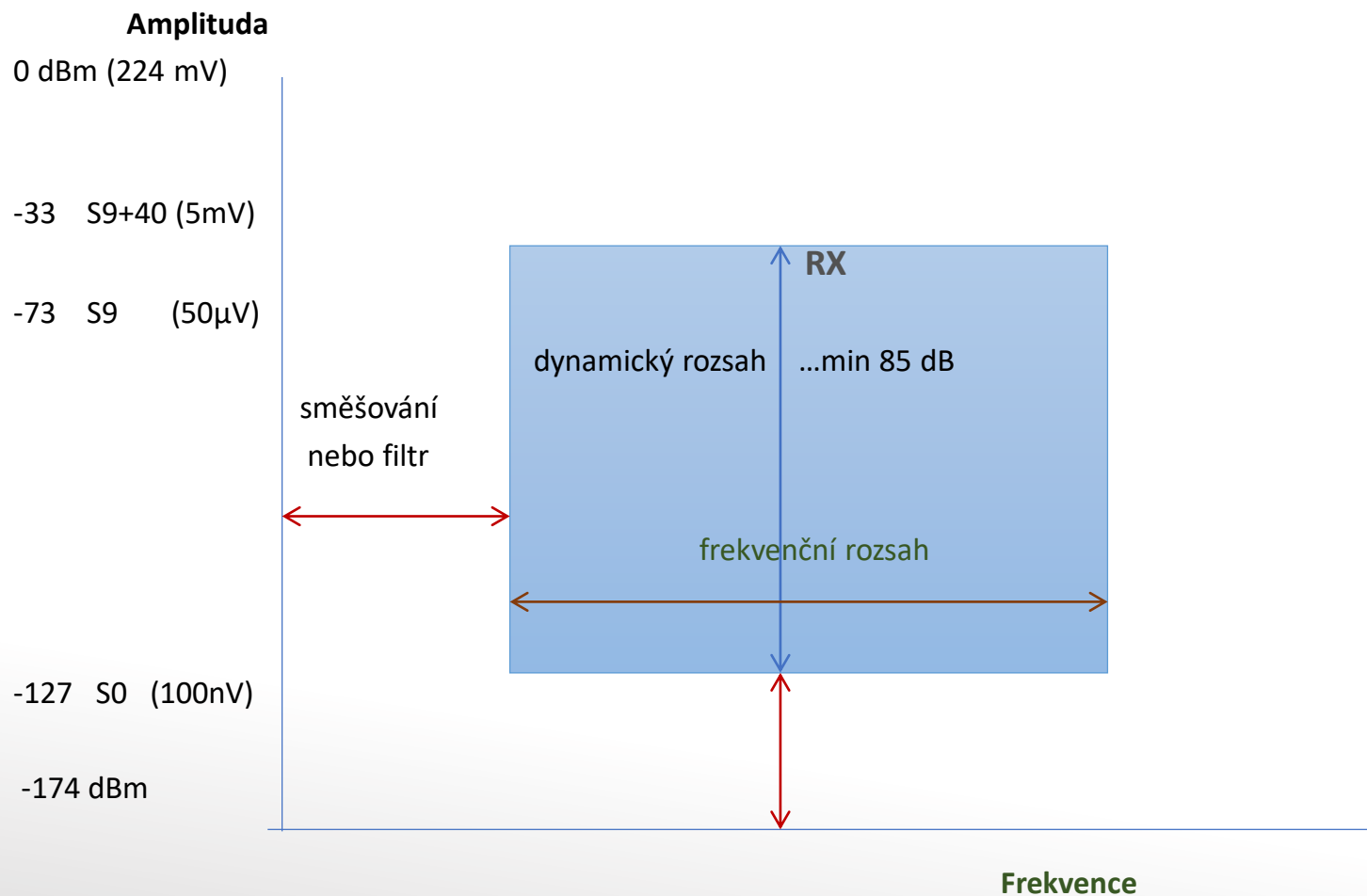
Trochu filozofie na začátek

- Přijímače celé své dějiny řeší jen základní příjmovou úlohu
- Mění se a vyvíjí se používaná pásma a modulace
- Mění se potřeby koncových uživatelů přijímané informace
- Zásadně se mění podmínky na pásmech
 - ➔ **Tlak na zlepšování parametrů nejen RX, ale i TX (??)**
- Chceme zachovat možnosti komunikace i při nepříznivých podmínkách.
- Chceme zachovat komunikační možnosti za koexistence a vymoženostmi doby.

Šumové podmínky na HF pásmech



Umístění příjmové úlohy



Závěry z příjmové úlohy

- citlivost nebo lépe MDS dnes není parametr kvality RX.
- Většina výrobků má MDS min 10 dB pod šumem prostředí (pod 21 MHz určitě)
- Kvalitní RX musí v co nejširším rozsahu se chovat lineárně a bez vlastní tvorby parazitních produktů. (Nezvládne to v plném dyn. rozsahu)
- Design RX hledá principy, které tyto vlastnosti **zajistí za dobrou cenu**. Na trh stále vstupují nové součástky, které principy řešení přehodnocují.

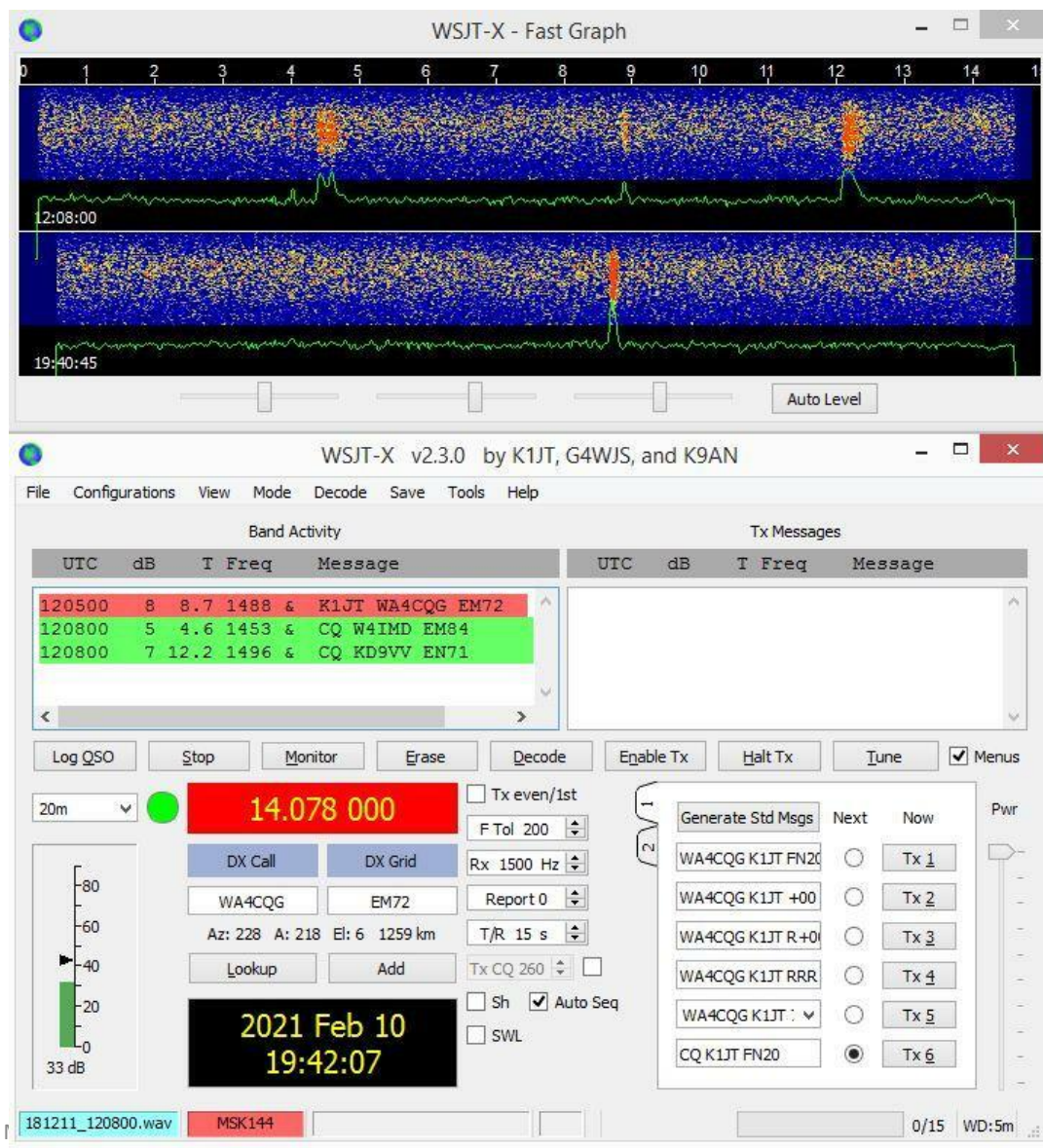
Vývoj modulace – odbočka jen pro informaci

- Pomineme jiskrovou modulaci v počátcích rozvoje rádiového přenosu
 - První typ modulace AM (50% energie má nosná, informace 25%)
 - SSB je představen patentem v roce 1915, do užívání se dostává 2.sv. válkou.
 - CESSB pro lepší využití výkonového spektra, ESSB „HiFi kvalita
 - FM, NFM...
 - CW je generován s využitím teorie informace (cos náběh a konec)
 - RTTY
 - Množství audio módů
- + fenomén módů WSJT (JT, FT) a jejich využití a vliv. V audiopásmu nastupují módy na statistických principech „vyhledávání cíle v dálce“

Trendem je využití a ochrana spektra a dosažení příjmu v šumu.

WSJT módy, jen na okraj

- Velký rozvoj dekádu.
- Módy pro EME, WSPR
- Na KV JT65 (2011),
JT9 (2012), FT8 (2017),
FT4 (2019)
- Reakce na podmínky
na slunci, pásmech
a nárůst zásahů do spektra
- Audio-módy jsou závislé
na kvalitě zvukové karty
a fázové linearitě RX



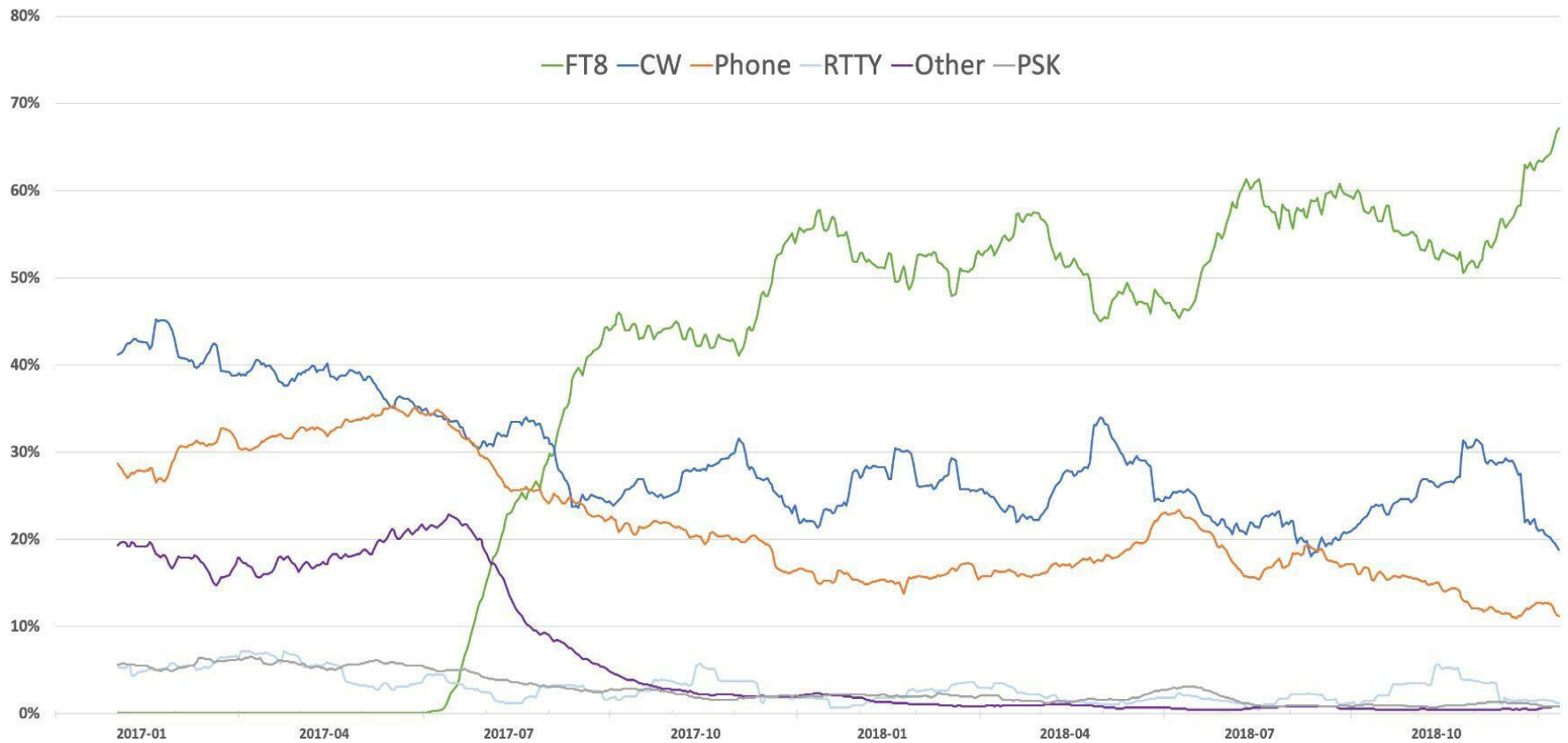
Důsledek existence WSJT módů

- Mimo kontest klesá aktivita na pásmech v jiných digi módech
 - Naštvaní hamové, kteří se dřeli pro diplomy. Chyba ARRL.
 - Radioamatérství nestojí na diplomech, ale na osobní zálibě.
 - FT8 je jedním atributů snadnějšího financování expedic sponzory.
 - WSJT módy umožňují DX spojení i v minimu slunečního cyklu.
 - WSJT módy zapojují do provozu i ty, kteří nemají velké vybavení.
 - WSJT módy zabírají na pásmu jednu hovorovou šířku pásma.
 - Módy WSJT vložili do radioamatérského poznání teorii informace, a to bude mít v budoucnosti důsledky.
-
- Módy WSJT a principy SDR masívně přitáhli nové zájemce mezi radioamatéry. Podívejme se na vývoj ARRL členství

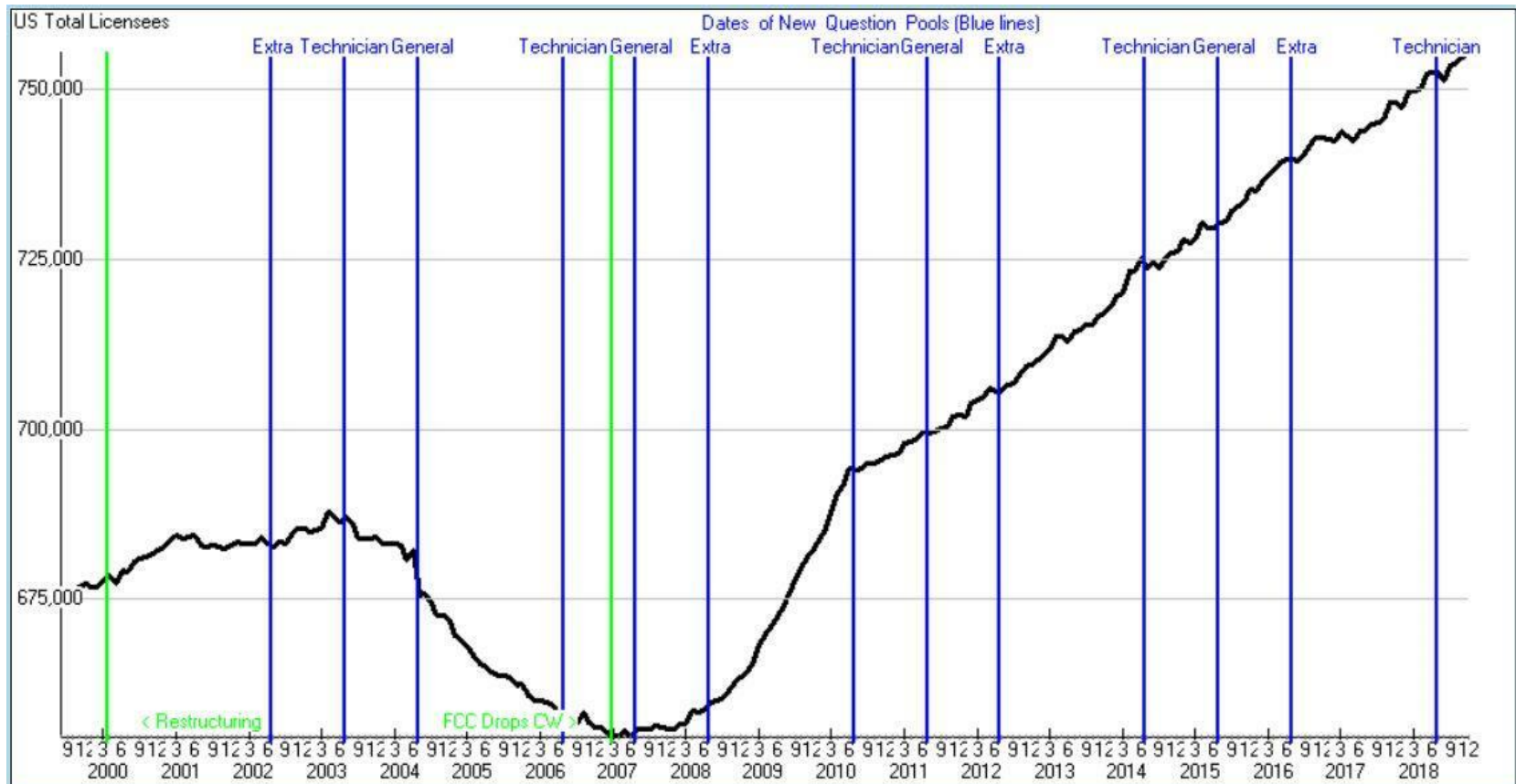
Vývoj použití módů



% Share of Modes Stored in Club Log from 2017 to 2019



Členská základna ARRL (dnes 777 839 členů)



FAKTA o superhetu a SDR principu

- Fakt: Superhet (Armstrong 1928) má ustálenou topologii
- Superhet může dosáhnout špičkových parametrů, je ale ve své podobě u konce rozvoje. **Zničující je cena za kvalitu.**
- Topologie SDR dosáhla zřejmě optima v DDC principu
- SDR v současnosti řeší dvě zásadní výzvy:
 - Ergonomii provozu
 - Nezávislost na počítači
- Na trhu existují všechny verze SDR
 - Prodejci je nerozlišují a zákazníkovi to nepoví
- **Testovací laboratoře neříkají celou pravdu**
- **Poslechové vlastnosti testy se nekomentují a je málo možností srovnání**
- A jen povzdech: ...TX parametry řeší málokdo

HDR není a nebude SDR

- Superheterodyn = Hardwarově Definované Rádio (HDR)
- Superhet s vícenásobným směřováním přináší více problémů než výhod
- Superhet jako up-convertor, down-convertor
- HDR těžkopádně řeší konektivitu s okolím

- SDR sleduje svým vývojem návrat k jednostupňovému optimálnímu přijímači s dobrou amplitudovou, fázovou linearitou a spektrální čistotou.
- Dosahuje dnes kvality snadněji a levněji než superhet (Moorův zákon)
- Některé RX parametry SDR nejsou ekvivalentní s HDR, úskalí se srovnáváním parametrů
- SDR přináší operátorovi dokonalejší provozní interface.

- **Oba principy se v ovládání i měřenými parametry sbližují a prolínají**

Závěr o podstatných kriteriích

- RMDR, tedy kvalita oscilátoru. Nejlepší řešení mají fázový šum -150 dBc @ 1 kHz . RMDR je určující dynamický parametr.
- IMD DR2 a DR3. Dnes se měří za přítomnosti 2 signálů, nejlépe s odstupem šířky příjmového filtru. Norma ARRL je 2kHz, 20 kHz.
- BDR. Co nejširší dynamický rozsah. Studie z prostředí kontestmanů udávají jako minimum alespoň 85 – 90 dB

Detailnější pohled

- V následujícím výkladu se podíváme na jednotlivé struktury RX
- Superhet není zatracen, využívá principy SDR
- SDR se stále vyvíjí, ale hlavně v programovém vybavení, nikoliv v topologii, i když výjimky existují
- Oba principy se sbližují

Dnešní superhet

- Up-convertor řešení pro přehledové přijímače
- Down-convertor řešení s preferencí filtrace
- Poslední mezifrekvence je zpracovaná DSP a obvykle všichni výrobci používají stejné typy procesorů (TMS320) a stejné aplikační knihovny
- Existují špičková řešení krátkovlnných přijímačů (HF7070), a ty ukazují, že:
- Dobré řešení je obvykle drahé a nekonkurenceschopné

Problémy HDR – historické důsledky

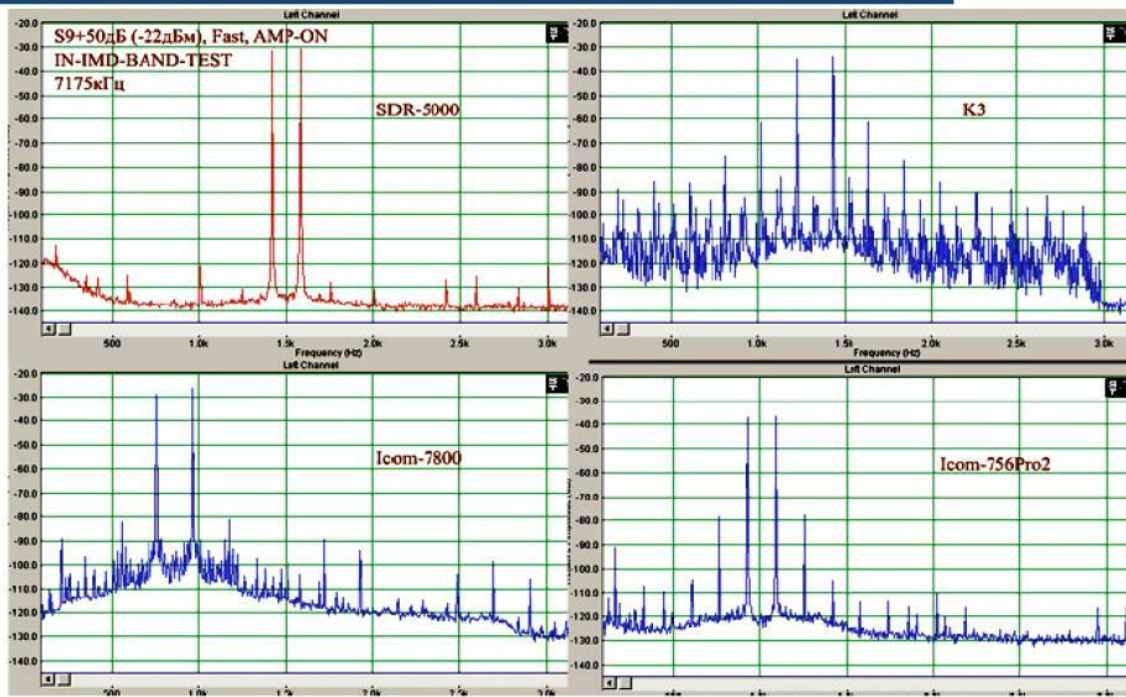
- Kvalita, šířka, fázový přenos, stop band a stabilita roofing filtrů je silné a limitující téma
- Klíčovou nekomentovanou vlastností je pronikání parazitních produktů konstrukcí (případ K3)
- Nositelem dynamických parametrů a kvality RX je 1. směšovač, pásmové filtry a fázový šum VFO
- Harmonické zkreslení koncových stupňů pro audio je problém (zcela zbytečný)
- AGC podstatně ovlivňuje poslechové vlastnosti
- Obtížné vylepšování prodaných zařízení

Důsledek heterodynního zpracování

S9+50 (-22dBm)

Sherwood Engineering

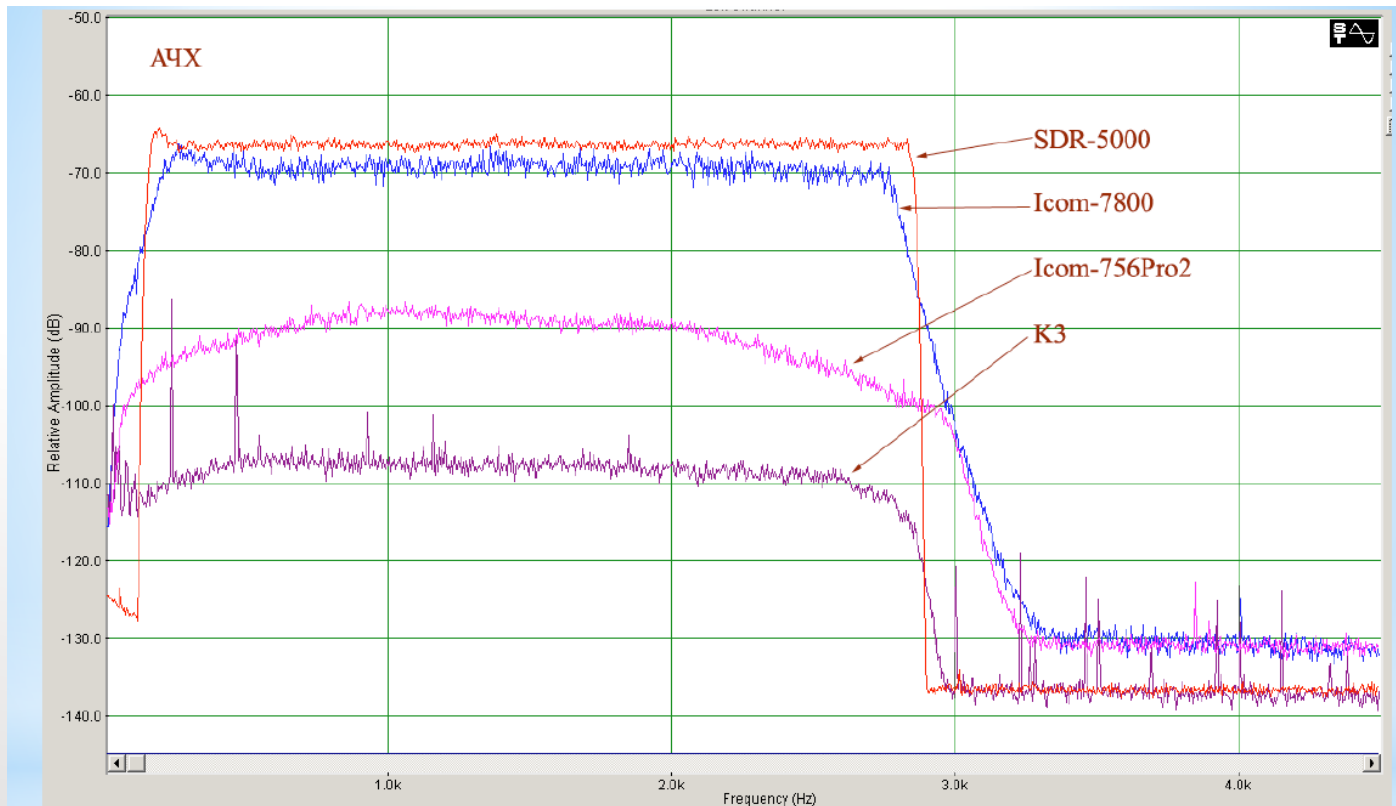
Data from UR5LAM on 4 Transceivers



* Modern vs Legacy

54

Důsledek tvaru filtru a konstrukce



* Brick Wall Filters

Kumulace charakteristiky filtru a konstrukce přenosové cesty !

Důsledek vlastností VFO

- **Stabilita**
- **Přesnost**
- **Fázový šum a spektrální čistota**

Slabinou RX je digitální syntéza VFO. Přináší fázovou nestabilitu signálu. Tento šum ovlivňuje DR a generuje produkty parazitního a recipročního směšování jak v cestě RX, tak i TX.

VFO syntéza..... -120 až -130 dBc...../2kHz offset
LC VFO -140 dBc
GHz PLL smyčka...- 160 dBc
OCXO -145 dBc, DOCXO až -160 dBc
GPSDO -145 dBc stabilita 10-exp11
Stabilizace Rb..... -150 dBc

S šumícím oscilátorem nedosáhne RX dobré citlivosti ani dynamického rozsahu či odstupu IMD. DR je omezen zpětným směšováním (RMDR)

Důsledek činnosti AGC

- **AGC má vážný dopad na chování přijímače a uživatelský komfort.**
- Vzhledem k tomu, že na posledním stupni bývá DSP pro zpracování šumu a dodatečnou filtraci, je nutnou podmínkou ADC nepřebudit.
- Výrobci používají AGC s nepřiměřeně rychlým attack time a velmi nízko posazeným prahem. (Uživatelské nastavení AGC ovlivňuje obvykle jen časové parametry).
- Na činnosti AGC velmi závisí omezovače poruch a šumu. Tyto obvody by měly být zahrnuty ve smyčce AGC.

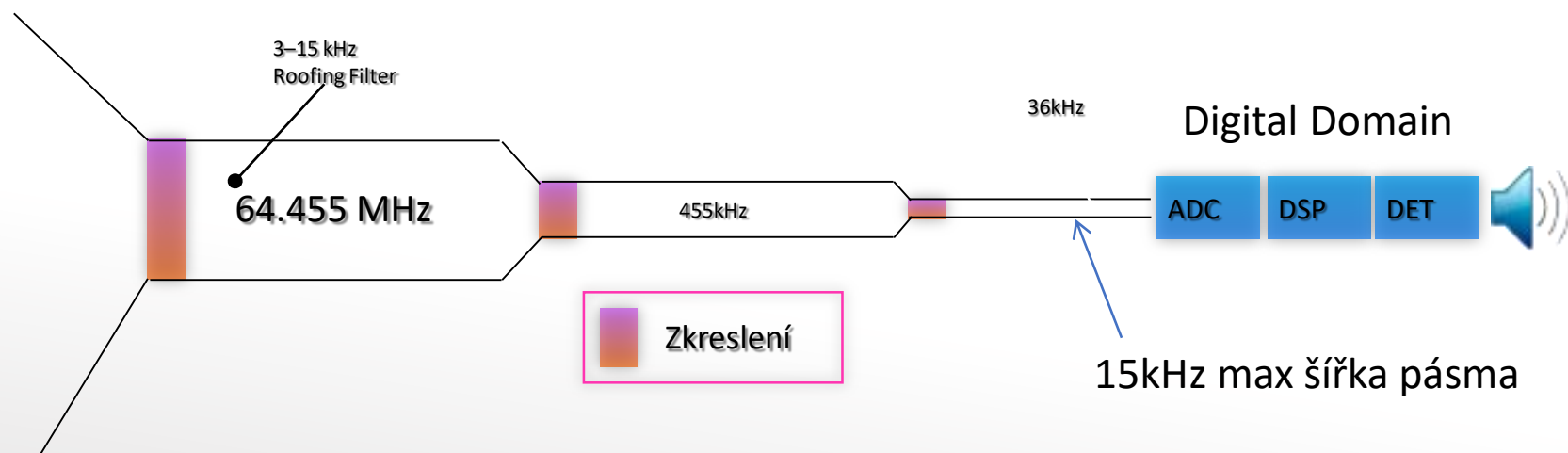
Důsledky:

Zkreslení

Šum pozadí.....únavný poslech

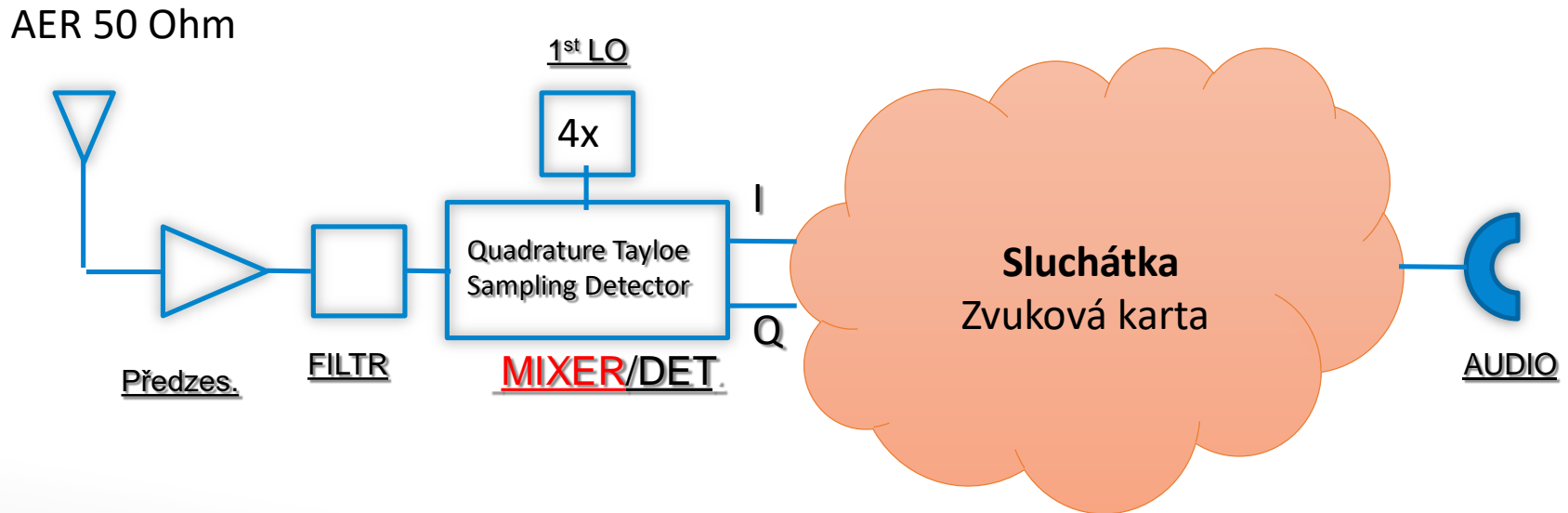
- SDR používá jiné principy AGC, kdy je podstatnou vlastností možnost řídit úroveň nasazení, která odpovídá šumu pozadí.

Typický tok dat a konverze v HDR (up-convertor)



- Použití DSP z něho SDR neudělá, a to ani díky panadaptéru
- Kvalita 1. roofing filtru a VFO je naprosto určující
- Obvykle nelze dosáhnout stejné šířky pásma v celém toku zpracování

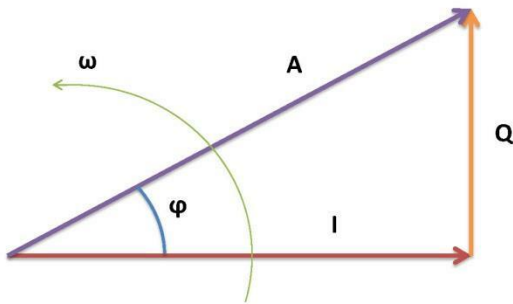
SDR 1. generace – jak to začalo



- Experimenty s výsledky od roku 2000
- Principem je převod na I/Q signál a jeho komplexní obsah
- Zpracování sluchátky a hlavou operátora
- Zpracování audiokartou v PC a vznik software

Zastavení u kvadraturní reprezentace signálu I/Q

- $s(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$ (amplituda, nosná frekvence, fázový úhel)
- Trigonometrickým rozkladem tohoto vztahu dostaneme:
- $A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) = I \cdot \cos(\omega \cdot t) - Q \cdot \sin(\omega \cdot t) = A \cdot e^{-j\omega \cdot t}$

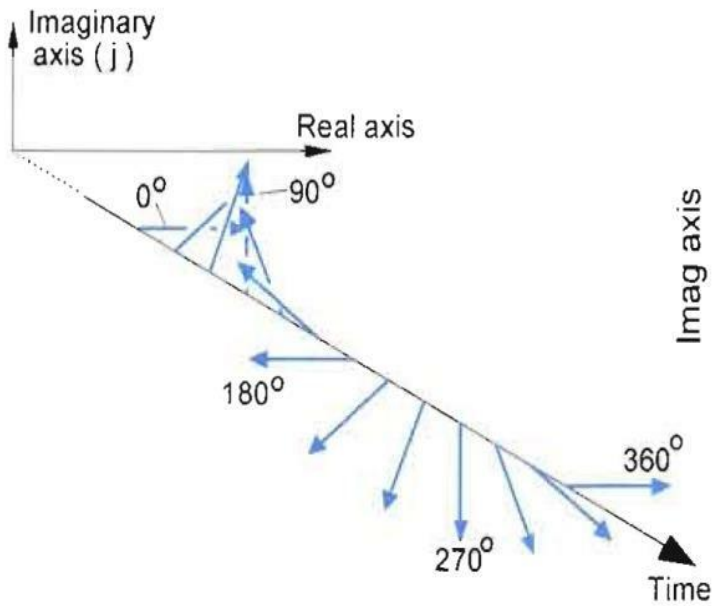


$$I = A \cdot \cos \varphi$$
$$Q = A \cdot \sin \varphi$$

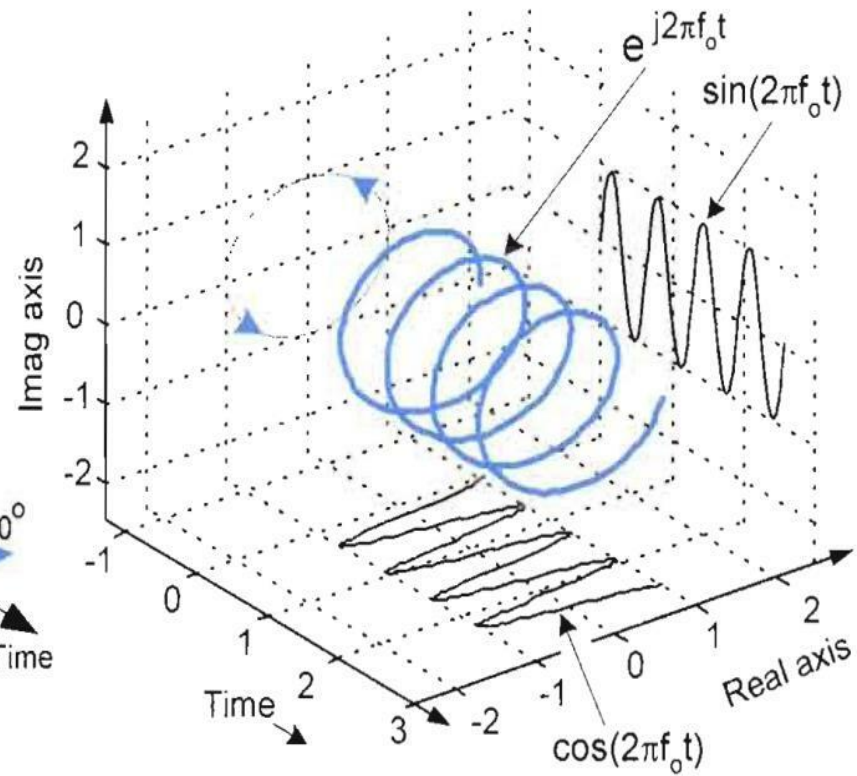
IQ forma signálu je komplexní reprezentace periodického signálu.

Obr 7: I/Q složky jako modulační komponenty A a φ . Celá soustava rotuje frekvencí nosné ω .

Abstraktnější pohled na komplexní rovinu signálu

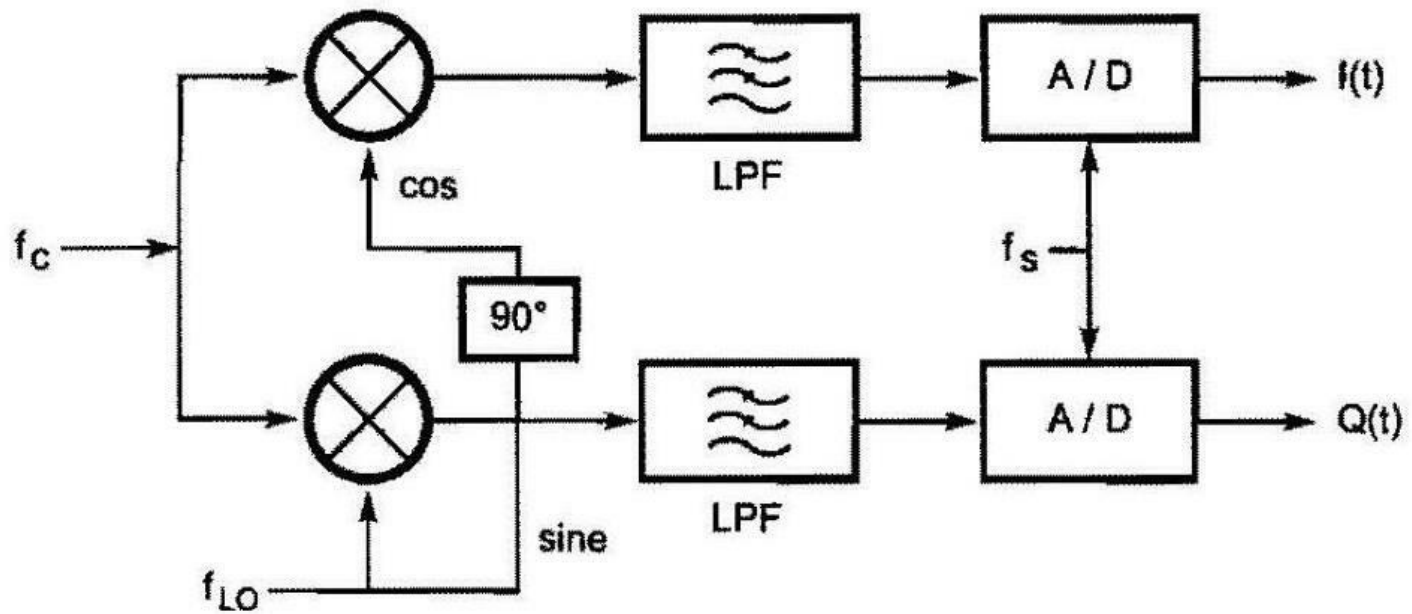


(a)

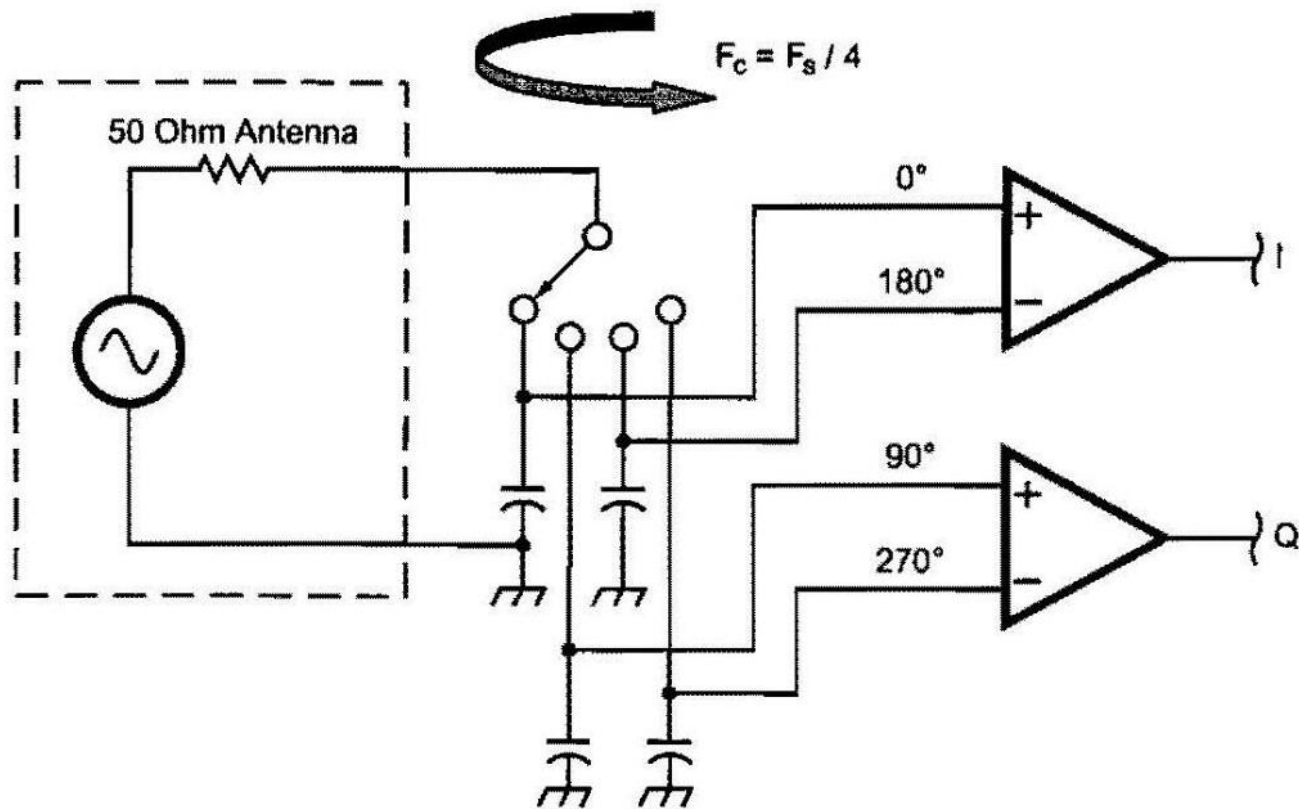


(b)

Taylor detektor



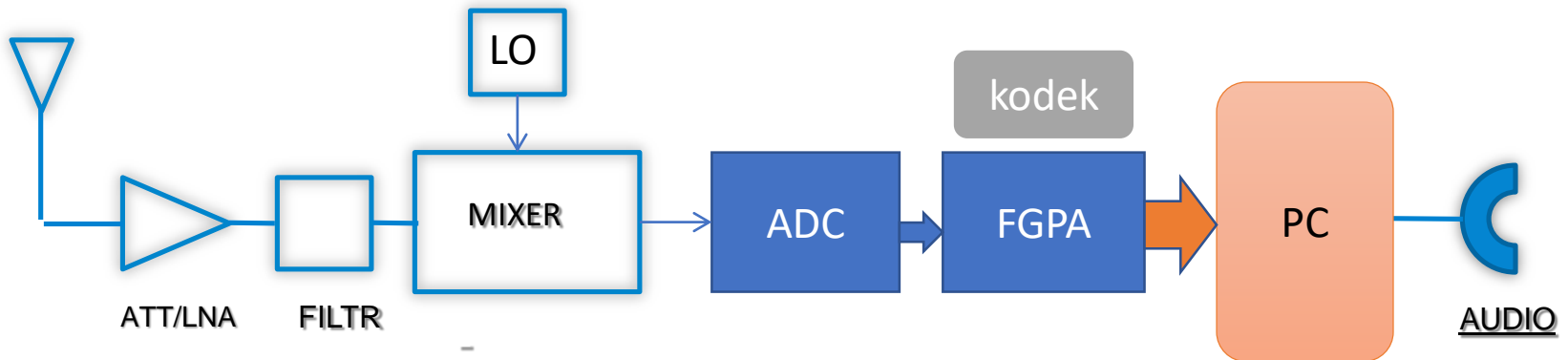
Taylor detektor



SDR 1. generace - rekapitulace

- Výhody: jednoduchost, nízká cena, překvapivě čistý signál, vysoký dynamický rozsah.
- Nevýhody: nízká šířka pásma toku dat, omezený nebo žádný pohled na spektrum.
- Příklady: konstrukce z nabídky Funkamateur (např. FiFi SDR) a QST, Flex SDR-1000, Elecraft KX3, Alinco DX SR9T....a mnoho dalších konstrukcí

SDR 2. generace



- mezifrekvence 0 – 45 kHz
- ADC 14, 16, 18, 24 bitů
- kodek pro připojení pracovních periférií
- PC komunikace USB, FireWire, LAN – podle toku dat

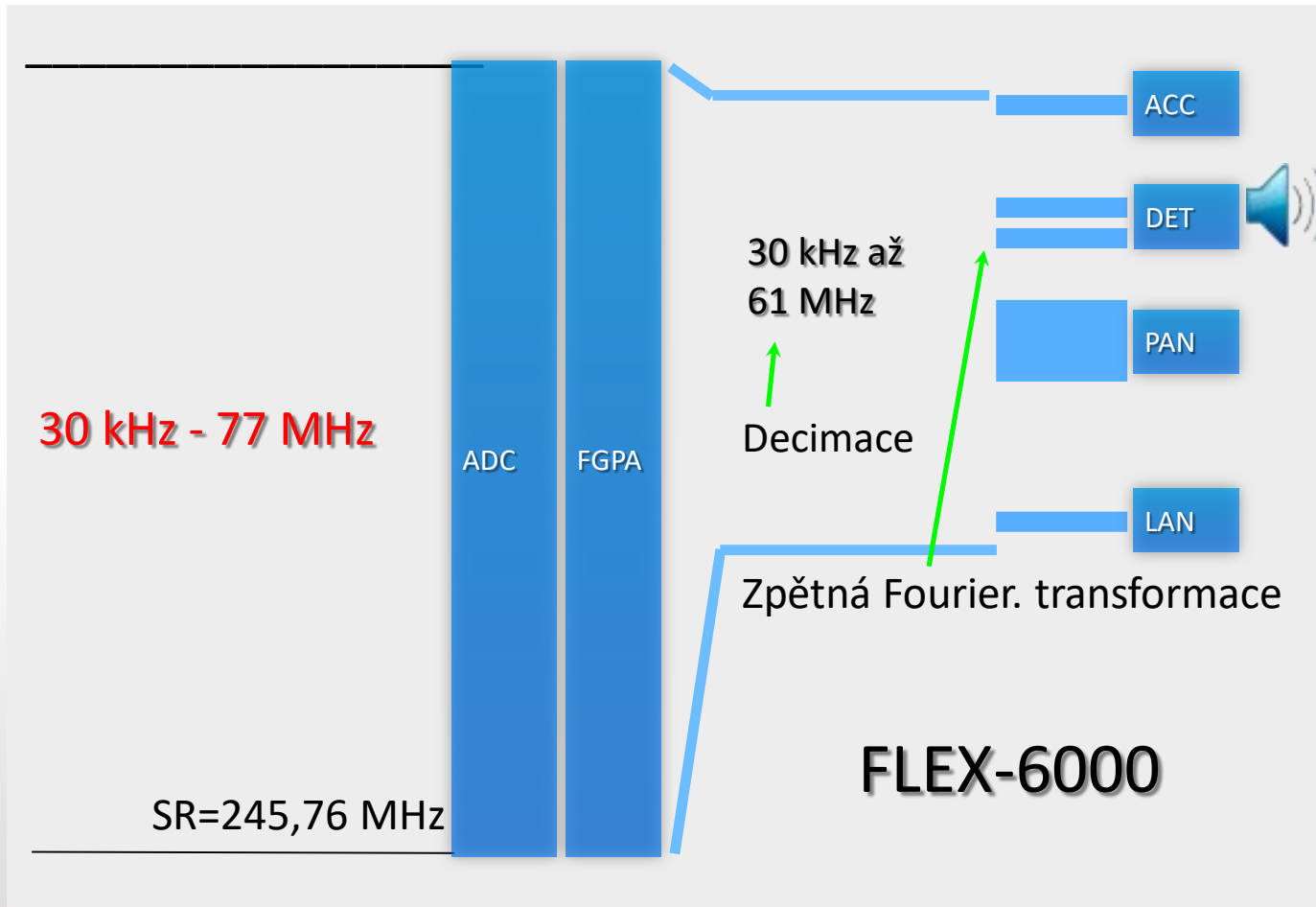
SDR 2. generace - rekapitulace

- Výhody: signál zkreslen pouze jedním směšovačem, možnost zobrazit podle typu rádia, např. 96 až 192 kHz široké spektrum v plném dynamickém rozsahu, vysoký dynamický rozsah, bezkonkurenční filtrace v plném dynamickém rozsahu, digitální AGC s výbornými vlastnostmi, šumové filtry v dobré kvalitě, trvalé vylepšování novými verzemi software (ref. PowerSDR).
- Nevýhody: pronikání kombinačních kmitočtů ze směšování, omezený pohled na spektrum, omezený počet přijímačů
- Příklady:
Flex-1500, 3000, 5000, FunCube Dongle Pro+, AirSpy HF+, ale i Yaesu FT-DX 101 („hybrid-SDR“ dle Yaesu)

SDR 3. generace

- Nejčistší forma SDR Je to topologie přímé digitální konverze (DDC – Direct Digital Conversion) signálu antény. Stojí na kvalitě A/D převodníku a vst. filtru.
- Signál musí být v celé šíři spektra zpracován anti-aliasing filtrem a převeden na souvislou časovou číselnou řadu. Zpracování signálu probíhá v digitální formě a netvoří se parazitní procesní produkty, pokud jsou dodrženy podmínky digitalizace.
- Veškeré zesílení signálu poskytuje A/D převodník
- Řešení rozlišuje místo zpracování digitálních dat

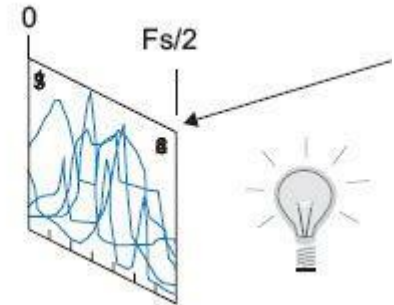
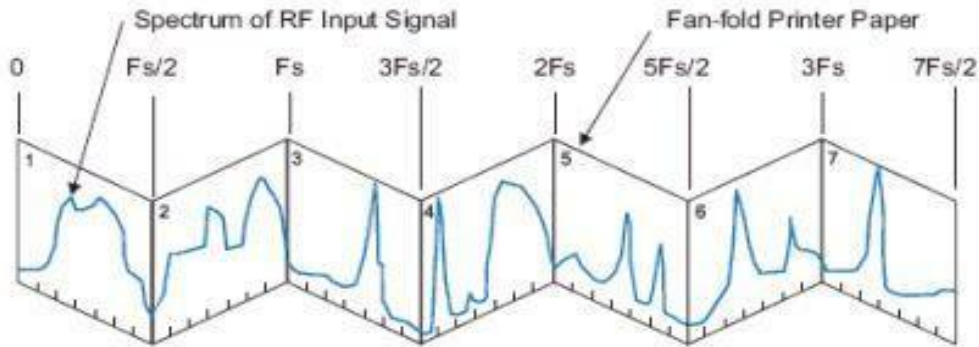
SDR - příklad decimace toku dat



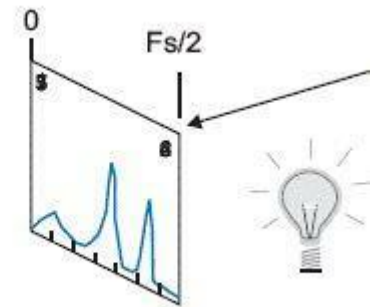
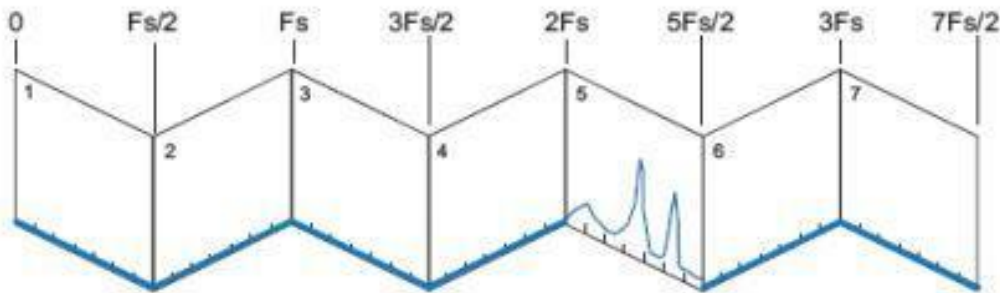
SDR - A/D převodníky

- LTC 2208-16 16 bit, SR 130 MS/s, SFDR 83 dBc, BW do 700 MHz (IC-7610, K4)
- LTC 2208-14 14 bit, SR 130 MS/s, SFDR 77 dBc, BW do 700 MHz (IC-7300)
- LTC 2209 16 bit, SR 160 MS/s, SFDR 84 dBc, BW do 700 MHz (SunSDR)
- LTC2165 16 bit, SR 125 MS/s, SFDR 90 dBc, BW do 550 MHz (Elad FDM Duo)
- AD9266 16 bit, SR 65 MS/s, SFDR 87 dBc, BW do 700 MHz (IC-705)
- AD9467 16 bit, SR 250 MS/s, SFDR 92 dBc, BW do 900 MHz (Flex-6000)

Sampling – Undersampling - Aliasing



Vložíme příslušný anti-aliasing filtr k výběru požadovaného spektra



Základní vlastnosti DDC

- Šířka ADC a rychlost vzorkování určují dosažený dynamický rozsah za předpokladu správného omezení spektra na vstupu.
- Při vhodné konstrukci nejsou před převodníkem žádné nelineární prvky
- SDR se neladí, ale vybírá se konkrétní část spektra k zobrazení a poslechu.
- VFO řídí frekvenci vzorkování ADC a spektrální úlohy. Odpadá směšování a jeho produkty. Jitter VFO ovlivňuje celé spektrum.
- Panoramatický adaptér (panafall) pracuje s daty převodníku, tj. má identický dynamický rozsah a může mít i identické binové rozlišení.
- V celém spektru RX lze umístit teoreticky libovolný počet přijímačů se stejnými vlastnostmi a různých provozních módech.
- Vlastnosti přijímačů ovlivňuje rychlost a kvalita zpracování dat.
- Rychlý převodník umožní podvzorkováním pracovat do UHF frekvencí.

SDR 3.generace - rekapitulace

Výhody: Velmi kvalitní signál po digitalizaci dobrým převodníkem, výborné příjmové vlastnosti dotváří kvalitní software zpracování, libovolný počet identických přijímačů v okně panadapteru, možnost vylepšování novými verzemi firmware a software, snadný remote přístup.

Nevýhody: mohutný tok dat do PC versus složitější hardware, latence příjmu závisí na kvalitě decimačních algoritmů

Není snadné srovnávání technických parametrů s klasickými HDR

Příklady: Anan, HPSSDR, Perseus, WinRadio, SunSDR2, Flex-6000, Icom IC-7300, IC-7610, SDRplay, Elad Duo.

Paradigma HDR a SDR

- Obě mohou poslouchat stejně
- Obě řešení mohou mít knoflíky
- Obě řešení mohou mít panadaptér
- Obě řešení mohou mít dokonalou konektivitu, ale nemají. HDR ji podceňuje. SDR ji zajišťuje na nižší úrovni snadněji a samozřejmě.
- Obě řešení pro kvalitní práci potřebují přítomnost počítače pro operátora. V principu ale dnes PC nevyžadují.
- SDR snadněji dosahuje remote provozu.
- Každé z řešení marketingově těží z přirozené zvyklosti operátora
- SDR ve stejné kvalitě je (mnohem) levnější
- SDR snadno dává uživateli novou kvalitu průběžnými update

Kde je tedy rozdíl ??

- Subjektivní rozdíl představují filtry, jejich kvalita a hlavně AGC.
- Současné HDR mají horší zobrazení spektra. Nemohou ho (data) zaznamenat a reprodukovat.
- HDR za kvalitní filtr platí vysokou cenu, deformovaný přenos fáze a konečně i časovou stabilitu filtru
- SDR za bezkonkurenční filtr může platit vyšší absolutní latenci
- U obou je klíčem ke kvalitě oscilátor s nízkým šumem
- Zpracování AGC je klíčem ke klidnému poslechu
- Některé parametry (např. IMD DR) nelze přímo srovnávat (NPR)

Koncepce TX u HDR a SDR ?

- Generování signálu se liší
- Řešení je ve výpočtu modulačního signálu a jeho převodu v D/A
- Pozor: D/A převodník musí být velmi rychlý (proč?)
- Pozor: za převodníkem musí být rekonstrukční filtr
- Problematický je samotný koncový stupeň
- Někteří výrobci nevěnují dostatečnou pozornost výstupním filtrům
- Kvalita TX se poslední roky spíše zhoršuje

QUO VADIS HAM RADIO ?

Využití TECHNOLOGIE

- radiový server
- digitalizace spektra, poskytování spektra klientům, rozpoznání, dekódování i převodu na text signálů včetně SSB,
- spojitě nahrávání spektra a jeho přehrávání / sdílení
- současné dekódování spektra (nikoliv jen CW skimmer)
- omezení rušení příjmu statistickými matematickými metodami
- zlepšení čistoty spektra vyzařovaného vysílači
- zlepšení celkové energetické účinnosti

QUO VADIS HAM RADIO ?

Vliv REMOTE

- Ovládání zařízení odkudkoliv
- Ovládání zařízení čímkoliv (mobil, tablet, konzola, počítač)
- Sdílení zařízení s dalšími osobami
- Sdílení zařízení nebo jeho části s ostatními radioamatéry

INTEGRACE

- odstranění datových kabelů, propojení na síťovém principu
- připojení k dalšímu zařízení kdekoliv

BUDOUCNOST JIŽ ZAČALA...

DĚKUJI ZA POZORNOST

ok7pm@email.cz