

QRZ ?

Kaj omogoča SDR?

Iztok, S52D

E-mail: iztok.saje@telekom.si

S53APR, 25. september 2017

Teme:

Kako dela JT65? Teorija radia

Prvi del: Amplituda in faza (pred 14 dnevi)

- Teorija o dveh signalih na isti frekvenci
- Skupine TX in RX anten
- Nekaj pogostih sprejemnih anten

Drugi del: QRZ? danes.

- uvod v SDR (ampak res uvod v uvod)
- ODMOR
- RX: kaj brez SDR ne bo šlo
- RX različnostni sprejem

S52D, Iztok

YU3DRF/APR: 1973 leta. YU3TEW 1975 leta

YU3FK: 1979, KV QRV do 1982 (1984)

APR in ZRS: izobraževanje (zajčja tačka)

WU2D, OK8ANP, (YU3FK/TA)

1987–2000+: packet radio

2017: nazaj na KV, FT-450D, spiderbeam, dipol

- 1477 challenge
- 5BDXCC LotW cfm (in WARC, 8BDXCC)

Preskočil 30 let na KV: kaj je novega?

Iztok raje čveka kot spajka ...

QRL: Mobitel/TS, Višja strokovna šola za TK (MST)

Kaj gledati:

Leif, SM5BSZ. Youtube kanal, veliko odličnih prispevkov.

- program linrad, izvorna koda in opis

ARRL serija: uvod v SDR. Preprosto.

K1LT: Beam Steering on 160m

openhpsdr.org

Opisi produktov (marketing)

Opisi odprtih SDR postaj in programov.

Kot vedno: ni vse res ...

Kaj je SDR?

Software Defined Radio

- Digitalizacija analognih funkcij

SDR brez Software?

S53MV pred 21 leti: nekaj sto SDR postaj

- packet, SSB, mikrovalovi
- brez čarunalnika, samo digitalna vezja

DSP: Digital Signal Processor

- procesor, namensko izdelan za hitro izvajanje obdelave signalov

Razvoj tehnologije v 20 letih

Mobilna telefonija: SDR do 60 GHz, velike serije, padec cene
Hitrejši procesorji (ne samo DSP)

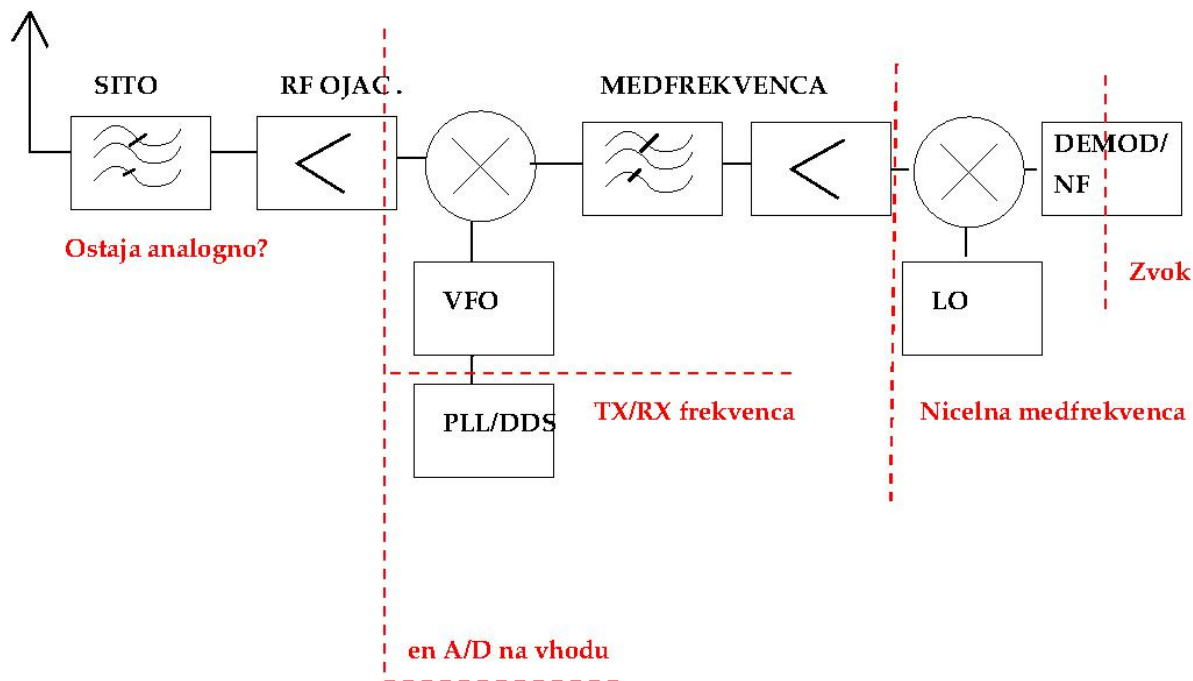
- splošni CPU
- grafične kartice: obdelava slik in signalov sta podobni)

A/D in D/A pretvorniki nad 100 MHz

Programirljiva vezja: FPGA (Field-programmable gate array)
MHz štejejo:

- od zvočnih frekvenc do radia (20 kHz pa do GHz)
- cel KV naenkrat: 30 MHz.

Klasični sprejemnik



80ta leta

PLL in prikaz frekvence

- CPU v postaji, Kenwood TS-180 iz leta 1980

DSP tehnologija v zvočnih sitih

- CW filter brez zvonjenja
- TX kompresor dinamike

Osvajanje MHz

SDR tehnologija na zvočnih frekvencah

- ničelna medfrekvenca (S53MV)
- danes ima večina postaj, celo moj FT-450D
- značilno: I in Q naredimo analogno, dva A/D pretvornika
- enostavni RX, če vzamemo stereo zvočno kartico v PC

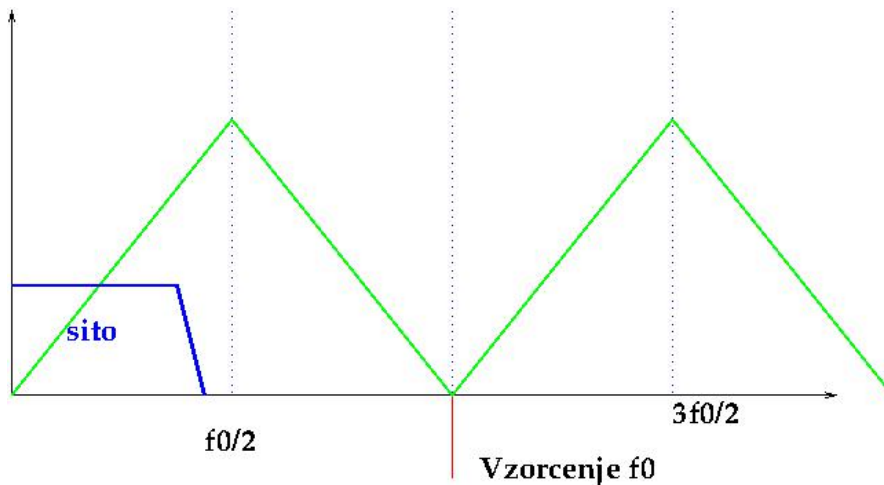
pravi SDR: vzorčenje na pravih MHz

- I/Q digitalno: en A/D pretvornik
- USB TV vmesniki za nič denarja
- KV postaje: ICOM 7300

A/D pretvornik

Nyquist: frekvenca vzorčenja določa pasovno širino

- dvakrat višje vzorčenje
- zrcalne frekvence: pasovna sita (filtri)
- oversampling: pasovna širina narekuje frekvenco vzorčenja



A/D razlike

Frekvenca vzorčenja določa frekvenčni pas

- KV pogosto: dvakrat 30 MHz in še malo: nad 100 MHz.
- zvočne kartice: 48 kHz, 192 kHz ...

Število različnih vrednosti: koliko bitov?

- USBjčki 8 bitov, HAM: (10),12,14, (16) bitov
- zvočne kartice: od 16 do 24 ...

Kakovost: monotonost, vpliv zadnjega bita

- triki (dodajanje/odvzemanje naključnih vrednosti)

Šum

Ali virtualna vezja šumijo?

Šum kvantizacije pri A/D in D/A pretvornikih.

- ne more zajeti vseh vrednosti, samo 1024/4096/16392
- takt oscilatorja: drhtenje, fazni šum
- zaokrožitve pri izračunu (integer ali plavajoča vejica)

In kaj, ko SW izgubi en cikel?

- real time linux, garantirani čas izvanja programa

Dinamika

Razmerje med najmočnejšim in najšibkejšim signalom.

- tudi: odpornost na bližnje močne signale

pri A/D: napetost, $20 \log_2$ razmerja.

Astronomija: en bit zadošča (S57UUU)

- ni zelo močnih marsovecv, vse približno enako močno

Dinamika KV RX

Zajamemo cel KV, tudi neamaterske postaje
8 bitov, 256 vrednosti, 40 dB. USB TV ključki res niso uporabni.
10 bitov, 1023 vrednosti: 60 dB? premalo?

- s siti se dinamika poveča

Prekrmljenje in SDR: štala, popačenje, napačni vzorci

- podkrmljenje: če ne izkoristimo vseh vrednosti, pade dinamika.

Rabimo dober AGC na analognem delu sprejemnika. Ali dobro nastavljeno ojačanje.

- in seveda, predojačevalnik, če ni dovolj signala.

Analogna sita

Nyquist: band pass za željeni pas. Zrcalne frekvence ne smejo do A/D.

Izboljšanje sprejema: pasovna sita za posamezno področje

- kaj pa sprejem vseh pasov? Več vzporednih sit?

160 m: Domžalski oddajnik je QRT, ne rabimo več sesalnih sit.

Obstoječa postaja

Zakaj ne bi uporabili dobrih sit in predojačevalcev?

Izhod pred prvim mešanjem: ohranja se frekvenca in pasovna širina.

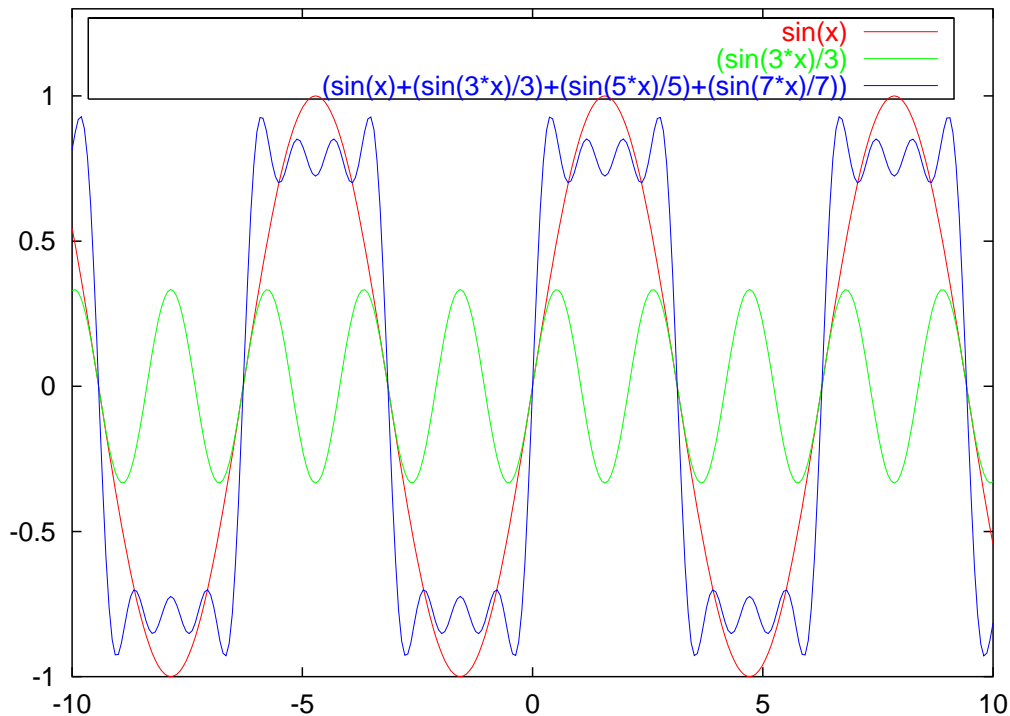
Izhod za mešanjem: vsi pasovi na isti medfrekvenci, pasovna sita?

Izhod za kristalnim sitom: nekaj kHz širok signal.

Enostavno je dodati preprost SDR in s tem stari postaji omogočiti SDR funkcije.

I in Q veji

Poljuben ponavljajoč signal lahko opišemo kot vsoto sinusnih in kosinusnih signalov. 90 stopinj zamik. Fourier, harmonska analiza.



FFT, DFFT

Fourierjeva transformacija, harmonska analiza

Hitra FT: domišljeni algoritmi za hitro izvajanje (FFT)

Z diskretnimi vrednostmi z A/D: DFFT

- tudi inverzna transformacija seveda

Poljubni periodični signal razbijemo v vsoti sinusov in kosinusov (I/Q veji)

- cela vrsta sit z enako fazno zakasnitvijo
- to gledamo v sprektrogramu ali slapu, waterfall

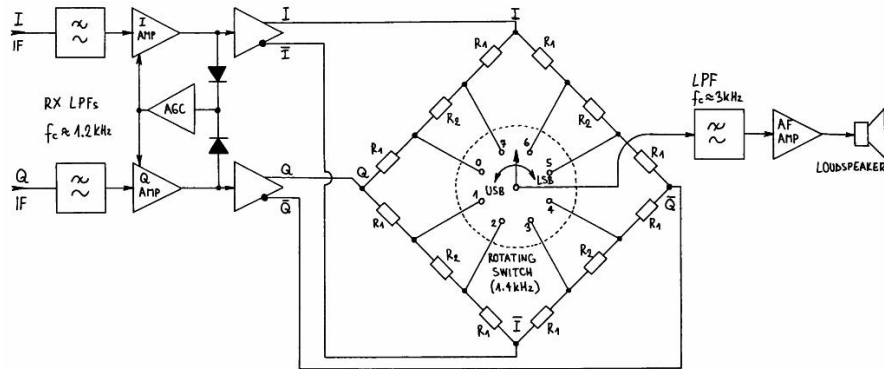
Digitalna sita

Ni toleranc, ni medsebojnih vplivov tuljav, ni ugleševanja

- željena amplituda in zakasnitev faze
- kompleksnost izračuna (CPU ali FPGA) ter karakteristike sita
- pogosto vzporedno s pasovnim sitom tudi zmajšamo število vzorcev (decimacija)
- vrsta formul, katero izbrati?

SSB demodulator

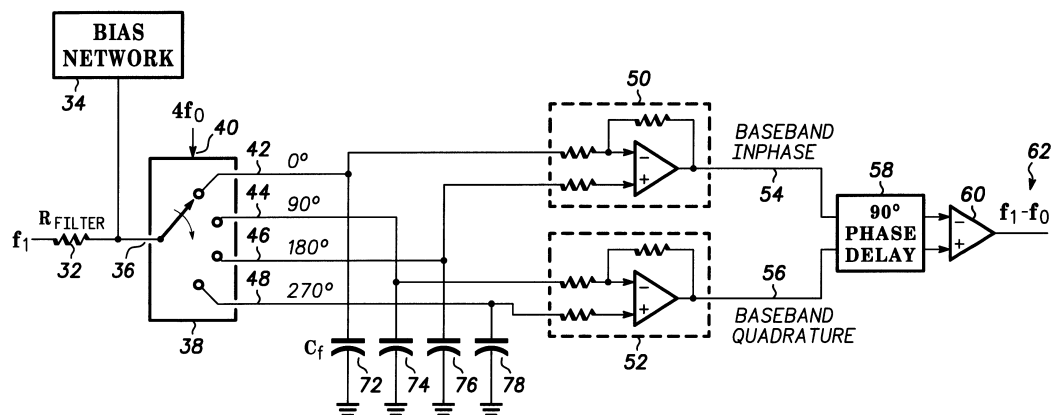
USB/LSB: seštevanje, odštevanje I/Q:



Taylor mešalnik

Dan Taylor, N7VE. Preprost mešalnik, ki naredi I/Q na zvočnih frekvencah.

slika iz patenta:



Zvočna kartica

Dekodiranje RTTY (CQ WW), JT65, FT8, PSK in podobno.

Prekrmljenje: pomeni, da samo nekaj signalov sprejmemo

Podkrmljenje:

- šibki signali izginejo

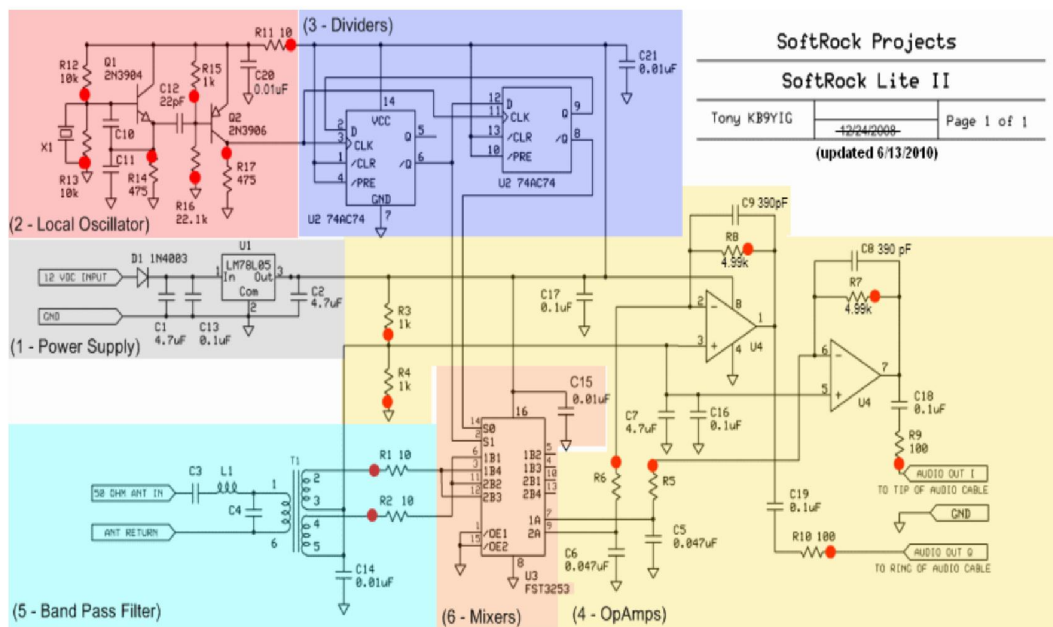
Pozor: niso vse kartice enake.

Leif, SM5BSZ ima primerjavo na www in [youtube](https://www.youtube.com).

Softrock

Kit za en pas stane 22 USD.

Preprost RX: sito, Tayloe mixer, analogni ojačevalnik.



SR 2

I/Q veji: 20 kHz, 48 kHz vzorčenje.

- +/- 20 kHz okoli srednje frekvence: 40 kHz pasovne širine.
- 96 itd kHz kartice: več, če nimajo pasovnih sit na vhodu.

Odličen radio, enostaven. Ne obremenjuje CPU. Veliko ham SW.

- večina enostavnih SDR RX je podobnih, za SW je vseeno.

Softrock Ensemble 3: Si570 VCO, vsi pasovi, USB krmiljenje.

Mbit/s

Kaj pa, ko sprejemamo cel KV? 100 MHz, 16 bit: 1.6 Gbit/sec

- tega ne moremo spraviti v PC. Obdelava z grafično kartico?
- USB2, 100 Mbit/s.

Naprave z A/D za cel KV potrebujejo zmanjšanje števila podatkov.

- FPGA napravi LO, mixer, sita: 192 kHz na enem pasu je OK

Kaj dela FPGA?

Lokalni oscilator: SW DDS (Direct digital synthesizer) in mešalnik.

Pasovno sito, I/Q veja, zmanjšanje frekvence vzorčenja (decimacija).

Razlika med napravami: zmogljivost FPGA

- zahtevnost algoritmov
- število vzporednih sprejemnikov

Lokalni CPU: konfiguriranje FPGA, nadzor nivojev, ethernet/USB vmesniki.

- naš PC pošilja nastavitve

Standardi

Če rabiš, narediš pač nov standard.

Aplikacija: gledanje slikic, nastavitve. Upravljanje s postajo.

- iztok: linrad (linux in windowsi)

gonilniki: kako I/Q podatki (in koliko anten) pridejo do aplikacije?

- zvočna kartica z analognimi vhodi
- nastavljanje frekvence, ojačanja ipd
- I/Q podatki po USB, Ethernet

GNUradio: univerzalni SW za SDR, ni samo za radioamaterje

HPSDR

Visoko zmogljiva SDR radijska postaja, open HW in SW. Skupina okoli TAPR.

Komericalno dostopna kot ANAN (Indija, Wimo).

Kakovosten SW, protokoli za povezavo med bloki

- ostali oponašajo, kolikor se le da

<http://openhpsdr.org/>

Kaj pa TX?

Lažje kot RX. DDS, modulacija CW/SSB/date, močnostna stopnja, sita.

- predistorzija: meri izhod ojačevalnika, prilagodi generator tako, da minimizira motnje. Impresivni rezultati, čistost TX.
- rabi senzor (en A/D, ki dela med oddajo, tudi vmesnik za odjem izhodnega signala)

drugače je 100 W enako 100 W.

Škatlice

Veliko produktov.

- ali je kritična masa uporabnikov?
- sta SW in HW odprta?
- skladnost s pogosto programsko opremo?
- kaj imajo kolegi? Servis?

Kako je s vhodnimi siti? Predojačevalniki? Koliko bitna sta A/D in D/A? Zmogljivost FPGA?
(koliko stane, kdaj je izdelan prototip).

Iztok:

Rabim več (2,4) RX vhodov. in I/Q v računalniku.

Zvočne kartice: problem jih je najti z 8 A/D vhodi za 4 kanale

- brez sit in efektov za mikrofone

Problem večih softrock: ali so sita usklajena?

- zamik faze med I/Q?
- enaki analogni ojačevalniki, tolerance uporov?

ne, to ne bo rešitev.

AFEDRI

Znosno poceni, lepo narejeno. Ethernet/USB.

- vhodno nizkoprepustno sito in predojačevalnik
- dva ali 4 RX vhodi

vendar: omejena zmogljivost FPGA, 10 bitni A/D.

Lepo se obnaša za EME (406EME ekspedicija)

Danes edini HAM produkt s 4 RX vhodi, ki dela z linrad.

Red Pitaya

(tropski sadež)

Slovenska firma: startup v Ljubljani.

- naprava namenjena šolam in razvojnim oddelkom
- kot inštrument (dvokanalni osciloskop, vektorski analizator ipd)
- vhod 1V, brez sit. Zunanja site in predojačevalnik.

dva 14 bitna A/D in 14 bitna A/D (cenejša verzija 10 bitov)

Dovolj zmogljiv FPGA, da lahko teče 6 sprejemnikov po 192 kHz

Odprt SW, zaprt HW. Zanimiva skupnost okoli produkta.

HAMLAB

Red Pitaya za HAM eksperimentatorje

- 10/100 W TX in sita
- radijska ostaja, tudi merilni instrument

HAMlab



Swiss Army Knife for HAM Radio Operators

PREMOR

drugi del po pavzi:

- kaj SDR zna, z analognim RX je prezapleteno?
- različnostni sprejem

Gremo dalje.

Kaj vemo: približno, kaj je SDR

Malo o signalih (zadnjič).

S SDR lahko počnemo vse, kar z analognimi RX/TX.

- pa tudi marsikaj, kar je pretežko brez SDR

Propagacije

Ko imamo RX čez cel KV:

- poišči, kako testni oddajniki preiskujejo ionosfero
- pa3fwm spremlja znane oddajnike

CW/RTTY skimmer: dekodira CW in RRTY za cel pas

- 6 logičnih sprejemnikov: 6 HAM pasov z istoim SDR

Skimmer HW

Dai Nagakura - JF2IWL (tnx S53A za link)

10 bitna Ret Pitaya, predojačevalci in sita (in antene)

Odličen skimmer.

http://59925.org/misc/SkimServ_SDR_comparison/

WebSDR

Veliko sprejemnikov po svetu. Ko imamo I/Q za posamezen pas:

- vsakemu obiskovalcu lahko izračuna njegov sprejemnik
- nastavimo frekvenco, širino, modulacijo in poslušamo

Slap

Spektrogram ali waterfall.

Najbolj vidni del SDR: prikaz aktivnosti na frekvenčnem pasu.

Za izbran pas:

- kako se s časom spreminja jakost (barva) signalov
- za cel izbran pas

Nujno za pile up, iskanje CQ frekvence, občutek, kaj se na pasu dogaja.

Tudi: prikaz drugih pasov. Kdaj je 28 odprt?

Različnostni sprejem

Zadnjič smo si pogledali: TX antena ni nujno dobra za sprejem. Preklop TX/RX antene je običajen na spodnjih pasovih. Dva sprejemnika, dve anteni: izberemo s stikalom. To ni čisto pravi diversity, čeprav rešuje marsikak QSO.

- primerno za dve polarizaciji

Dva RX hkrati?

Zelo malo postaj zna.

Za istočasni sprejem z dvema antenama/RX mora:

- isti lokalni oscilator/frekvenca
- znana/primerljiva zakasnitev
- enaka sito: fazni zamik glede na frekvenco
- SDR: isti oscilator za A/D vzorčenje, FPGA DDS ipd.

K3: ko kupiš drugi RX, moraš zamenjati kristalno sito v prvem.
Najlepše: dve anteni razmaknjeni, različni smeri/višine, ista polarizacija?

Rešitev za reveže:

Rick, KK7B. QST 1999: Binaural I-Q receiver
vsak SDR za zvočno kartico omogoča:

- ločeno poslušamo I/Q vejo v stereo slušalkam.
- slišimo fazno razliko, prostorska razpršenost signala

KK7B pravi: ni za tekmovanja in zelo zasedene pasove.

Lokalne motnje

MFJ-1026 (MFJ-1025 nima predojačevalnika)

Sešteva signala dveh anten:

- nastavitve faze in amplitude, izločanje QRM/QRN



Faziranje s kabli

Napaka odštevanje (od zadnjič)

RX: dva signala, napaka v napetosti v % in stopinjah za zamik

U/stop	0.0	0.10	0.25	0.50	1.0	2.5	5.0	10	12.5	50
0.0 %		-58	-50	-44	-38	-30	-24	-18	-16	-4
0.1 %	-63	-57	-50	-44	-38	-30	-24	-18	-16	-4
0.3 %	-55	-53	-49	-44	-38	-30	-24	-18	-16	-4
0.5 %	-49	-49	-47	-43	-38	-30	-24	-18	-16	-4
1.0 %	-43	-43	-42	-41	-37	-30	-24	-18	-16	-5
2.5 %	-35	-35	-35	-35	-33	-29	-24	-18	-16	-5
5.0 %	-29	-29	-29	-29	-29	-27	-23	-18	-16	-5
10.0 %	-23	-23	-23	-23	-23	-22	-21	-17	-16	-5
25.0 %	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-15	-14	-13	-5
50.0 %	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-5

RX F/B nad 20 dB je zgolj izjema.

Z dvema antenama:

Ustrezna kombinacija jakosti in faznega zasuka:

- lahko izločimo eno postajo
- lahko merimo, iz katere smeri prihaja signal (kot med dvema signaloma)

Dva RX, podprto v linrad in drugih HAM programih.

- malo HW. AFEDRI, Red Pitaya in še nekaj.

Programsko faziranje: možnost hitrega nastavljanja in menjavanja smeri.

- signali ne prihajajo iz konstantne smeri in z isto jakostjo

Več anten:

Teorija pravi: število anten vpliva na število možnih minimumov v diagramu.

4 antene: lahko izločimo 3 motilce, bolj ali manj.

4 antene in 4 RX: različna geometrija, fazne zakasnitve.

- kalibracija z znanimi signali
- programska nastavaitev smernega diagrama
- klasični programi za sprejem, nastavljanje frekvence, širine ipd.

Zakaj tega še ni?

- zahteven HW. Kaj pa SW?

K1LT

Leto 2009: Beam Steering on 160m članek v QST

Zmaguje v 160m tekmovanjih, objavlja: nihče mu ne sledi?

- 2009 je bil minimum prejšnjega sončnega cikla
- kmalu bo 160m zopet zanimiv.

K1LT RX antene

Štiri antene s po dvema vertikalkama, preklop smeri naprej/nazaj.

Namesto klasičnega faziranja uporablja SDR.

- veliko dela s kalibracijo (fazni zasuki, smeri)

Softrock z istim VFO, zvočna kartica: 4 krat I/Q veja.

K1LT SW

Program phasor, ki spreminja zakasnitve in s tem premika glavni snop.

Izhod: en I/Q signal, aplikacija vidi samo eno smer.

SW: veliko dela na kalibraciji. Ali je potrebno?

Kaj pa po K1LT?

Linrad že danes zna delati z dvema antenama in iskati najboljše razmerje signal šum ter meriti kot med signaloma.

iztok: z večjo količino meritev kotov pravih signalov:

- izračun geometrijskega središča vsake antene
- izračun faznih zakasnitev v kabljih, predojačevalcih, sitih

Kar rabimo za izračun poljubnega (možnega) smernega diagrama.

Seštevanje:

Fazni zasuk I/Q je preprost: 4 množenja in dve seštevanji za vsak I/Q vzorec

- pri 200 kHz to enostavno naredi vsak boljši PC

Kako nastaviti, kaj želimo?

- več smeri glavnega snopa
- nekaj tipičnih smeri motilcev (EA, DL, UA3, S51A)
- nekaj tipičnih motenj

Lepo za DXanje, prezapleteno v tekmovanju?

K1JT in EME

JT65 in MON64 program: dva RX, sprejem EME signalov z dvema polarizacijama

- 4 dekoderji za 4 polarizacije
- najboljši dekoder se uporabi za zvezo

Kaj pa SDR s 4 sprejemniki na KV?

8 ali več smeri istočasno

- cw skimmer, FT8, JT65: dekodiranje najmočnejšega
- ter šibkejših na isti frekvenci

S52D RX načrti:

Oddajna antena, morebiti samo kot generator šuma.

3 do 5 k9AY zank s preklopom smeri.

SDR s 4 sprejemniki:

- dva kosa Red Pitaya z izvedeno HW sinhronizacijo.
- 9A4QV LNA4HF predojačevalniki in vhodno sito
- skupaj 12 sprejemnikov, oziroma 3 bandi po 4 RX
- cat6/cat7 S/FTP kabel za povezavo s SDR

SW: S52D + linrad

Prvo: dva RX, test v CQ WW CW letos. In FT8, seevda.

Na koncu

kaj manjka: HW demo, poslušanje v živo.

- nekaj tega na youtube, ampak ne S52D
- keyword diversity, linrad

Morebiti čez leto poročam, kaj je nastalo?

Vsekakor SDR tehnologija omogoča marsikaj, česar še nismo počeli.