

VAJA 21. - MERITEV STATISTIKE PRESIHA PRI RAZŠIRJENEM SPEKTRU

1. Presih v sistemih z razširjenim spektrom

Sistemi radijskih zvez načeloma omogočajo tri različne načine multipleksiranja: frekvenčni multipleks (FDMA, vsakemu uporabniku je dodeljen določen frekvenčni pas), časovni multipleks (TDMA, vsakemu uporabniku je dodeljena časovna rezina) in kodni multipleks (spread spectrum ali CDMA, vsakemu uporabniku je dodeljena lastna razpršilna koda iz določenega nabora med sabo čimbolj ortogonalnih razpršilnih kod).

Osnova delovanja sistemov z razširjenim spektrom (kodni multipleks) je prikazana na sliki 1. Modulirani radijski signal s pasovno širino  $B_s$  razširimo s pomočjo v naprej znanega razpršilnega zaporedja z dosti večjo pasovno širino  $B_r$ . Na sprejemni strani signal množimo z enakim razpršilnim zaporedjem, ki je natančno sinhronizirano z zaporedjem oddajnika. Pri tem se frekvenčni spekter željenega signala skrči nazaj na  $B_s$ , frekvenčni spekter motenj in šuma pa se celo razširi na dvojno pasovno širino  $2 \cdot B_r$ .

Željeni signal v sprejemniku nato izsejemo s ozkim sitom s pasovno širino  $B_s$ . Ozko sito pri tem v celoti prepušča obdelani željeni signal in hkrati odstrani večino spektralnih komponent šuma in motenj. Dobitek  $S/N$  v sprejemniku je kar enak razmerju pasovnih širin razpršilnega zaporedja  $B_r$  in koristnega signala  $B_s$ .

Sistemi s kodnim multipleksom (CDMA) imajo več slabih lastnosti. Predvsem razpršilne kode ne morejo biti popolnoma ortogonalne, zato se motnje obnašajo kot šum in jih na sprejemni strani ne moremo nikoli popolnoma izločiti. Ker razpršilna zaporedja niso povsem ortogonalna, je potrebna zelo natančna kontrola moči oddajnikov vseh udeležencev v sistemu. Končno, tudi sinhronizacija sprejemnika, bolj točno izvora razpršilnega zaporedja, ni enostavno izvedljiva.

Pomembna prednost sistemov z razširjenim spektrom (CDMA) je odpornost na presih polja. Slika 2 prikazuje časovni in frekvenčni odziv radijske zveze z odboji. Če v sistemu z razširjenim spektrom izberemo dovolj veliko pasovno širino razpršilnega zaporedja  $B_r$ , lahko v sprejemniku med sabo ločimo posamezne radijske poti neposrednega in odbitih valov.

V sprejemniku se namreč skrči le spekter tistega žarka, na katerega je sprejemnikov generator razpršilnega zaporedja natančno sinhroniziran. Vsi ostali žarki imajo drugačne zakasnitve in se zato v sprejemniku obnašajo le kot motnje ali šum. Sprejemnik lahko izdelamo tudi z več neodvisnimi kanali za obdelavo različno zakasnenih žarkov in izhode posameznih kanalov na koncu optimalno sestavimo.

Izbira ustrezne pasovne širine razpršilnega zaporedja  $B_r$  je najlažje razvidna iz frekvenčnega odziva radijske zveze z odboji. Pasovna širina razpršilnega zaporedja  $B_r$  mora biti v vsakem slučaju večja od razdalje med minimumi oziroma maksimumi v frekvenčnem odzivu. Dovolj velik  $B_r$  tako omogoča *razločevanje različno zakasnenih žarkov.*

V sistemih mobilnih radijskih zvez znaša perioda presiha polja okoli 200kHz v frekvenčnem prostoru. Sistemi mobilnih zvez s kodnim multipleksom (naprimer IS-95 mobilni telefoni) imajo zato razpršilno kodo s pasovno širino nekaj MHz, informacija (govor) pa je kodirana z okoli 10kbit/s. Takšen sistem zvez je povsem odporen na običajni presih polja v mobilnih zvezah.

V radijskih zvezi s kodnim multipleksom zato ne potrebujemo dodatne rezerve moči zaradi presiha polja, pač pa lahko računamo, da je stalno na razpolago neka povprečna moč na vhodnih sponkah sprejemnika. Odpornost na presih polja na ta način približno odtehta slabe lastnosti sistemov z razpršenim spektrom v primerjavi z običajnimi sistemi s frekvenčnim (FDMA) ali časovnim (TDMA) multipleksom.

## 2. Seznam potrebnih pripomočkov

-----  
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Izvor TTL takta z nastavljivo frekvenco (generator impulzov).
- (2) Binarni polinomske generator z napajalnikom.
- (3) BPSK oddajnik za 2.36GHz z nastavljivo izhodno močjo, z napajalnikom.
- (4) Reverberančno komoro z napajalniki za elektromotorje.
- (5) Dve anteni za frekvenčno področje 2.36GHz.
- (6) -20dB smerni sklopnik za 2.36GHz.
- (7) Spektralni analizator za frekvenčno področje 2.36GHz.
- (8) Merilni sprejemnik za statistiko polja, z napajalnikom.
- (9) Števec (nizkofrekvenčni digitalni frekvencometer).
- (10) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 3.

## 3. Obrazložitev in opis poteka vaje

-----  
Resnične meritve statistične porazdelitve jakosti sprejemanega polja so lahko zelo dolgotrajne in zato zelo drage. V laboratoriju si za šolski zgled pomagamo z reverberančno komoro, kjer lahko hitrost sprememb močno povečamo z vrtenjem ustreznih mešalnikov rodov. V zaprto reverberančno komoro namestimo dve anteni za dano frekvenčno področje, da dobimo Rayleigh-ovo statistiko presiha polja.

Kot oddajnik uporabimo BPSK izvor, ki ga moduliramo z izvorom psevdo-naključnega zaporedja. Kot izvor zaporedja uporabimo binarni polinomske generator. Širino signala, se pravi širino razpršilnega spektra  $B_r$ , nastavljamo s taktno frekvenco polinomskega generatorja. Na samem polinomske generatorju izberemo dovolj dolgo zaporedje, naprimer polinom  $1+X^{12}+X^{17}$ , ki daje zaporedje dolžine 131071 taktov.

Sprejete signale merimo na dva načina. Manjši del sprejetega signala vodimo preko -20dB smernega sklopnika na spektralni analizator, kjer opazujemo širino in obliko spektra oddajnika ter popačenje, ki ga vnaša radijska pot, se pravi reverberančna komora. Taktno frekvenco polinomskega generatorja odčitamo kar iz izmerjene širine spektra oziroma priključimo digitalni števec neposredno na izhod izvora takta (generator impulzov).

Glavnino signala peljemo na sprejemnik za merjenje statistike presiha polja. Sprejemnik vsebuje visokofrekvenčni ojačevalnik, detektor ter primerjalnika za zgornjo in spodnjo mejo jakosti signala. Ko se jakost signala nahaja v določenih mejah, IN vrata v sprejemniku pošljejo takt 8MHz na števec. Zaradi omejenih zmožnosti števca je v sprejemnik vgrajen še predelilec z 800. Na ta način ustreza pogostnosti 100% izmerjena frekvenca impulzov 10kHz na števcu.

Pri vaji merimo pogostnost izpada zveze v odvisnosti od širine razpršilnega signala Br. Moč izvora nastavimo ustrezno merilniku statistike presiha. Potenciometer MIN na sprejemniku nastavimo na nič, potenciometer MAX pa na visoko vrednost (800). Na visokofrekvenčnem BPSK izvoru izključimo modulacijo tako, da preklopimo stikalo v CW način delovanja. Jakost visokofrekvenčnega izvora spreminjamo toliko časa, da na frekvenčnem odčitamo približno 5kHz (verjetnost 50% ali medianska vrednost na vrednosti 800). Potenciometer MAX nato nastavimo na takšno vrednost, da postane verjetnost izpada zveze enaka 1% (odčitek 100Hz na števcu) in si to vrednost pribeležimo.

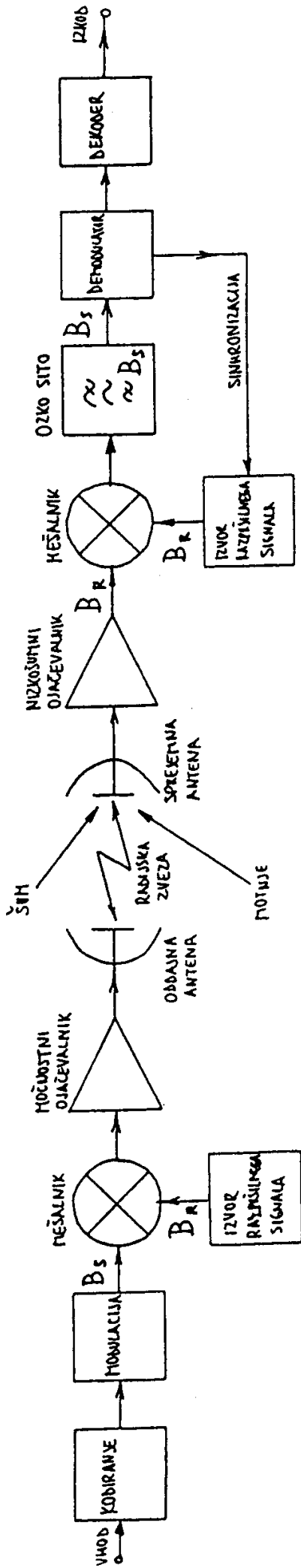
Nato vključimo BPSK modulacijo in nastavimo taktno frekvenco na 10kHz. S potenciometrom MAX ponovno poiščemo vrednost, ko postane verjetnost izpada zveze enaka 1%. Nato taktno frekvenco zvišamo na 20, 50, 100, 200, 500kHz, 1, 2, 5, 10 in 20MHz in vsakokrat poiščemo s potenciometrom tisto jakost signala, ko postane verjetnost izpada zveze enaka 1% oziroma ko odčitamo 100Hz na frekvenčnem odčitku.

#### 4. Prikaz značilnih rezultatov

-----  
Za vajo izmerimo in narišemo jakost signala, ki je potrebna za pogostnost izpada zveze 1% kot funkcijo širine razpršilnega spektra Br. Kot merilo za širino spektra vzamemo kar taktno frekvenco polinomskega generatorja. Jakost signala preračunamo v razmerju do medianske vrednosti Emed za nemonuliran izvor signala, na diagram pa izpišemo rezultat v linearnih enotah za električno polje, kar tudi ustreza skali na potenciometru MAX.

Končno dobljeni rezultat primerjamo s popačenjem radijske poti, se pravi s povprečno razdaljo med maksimumi oziroma minimumi, ki jih opazimo v spektru. To zadnjo sliko najlažje dobimo tako, da ustavimo elektromotorje reverberančne komore in povišamo takt polinomskega generatorja na 20MHz, da so ničle spektra razpršilnega signala dosti bolj razmaknjene od minimumov in maksimumov same radijske poti skozi reverberančno komoro.

\*\*\*\*\*



$$B_R \gg B_s$$

$$\text{Celotni } B = B_s + B_R \approx B_R$$

$$\text{Dobitek } S/N \text{ v sprejemniku} : \frac{B_R}{B_s}$$

Kodni multipleks (CDMA):

- vsi uporabniki v istem pasu  $B (B_R)$
- različni (ortogonalni) razpršilni signali

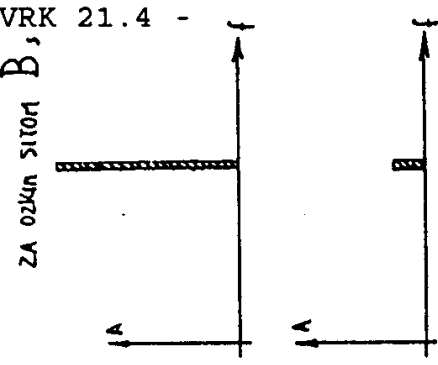
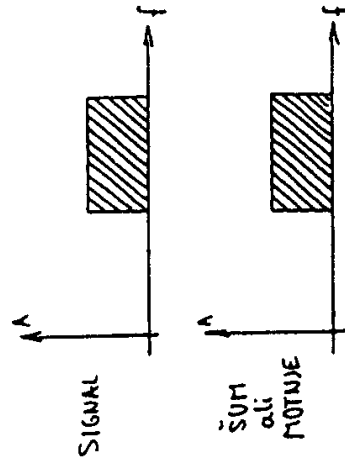
Težave CDMA:

- ortogonalnost razpršilnih kod?
- kontrola moči oddajnika?
- sinhronizacija sprejemnika?

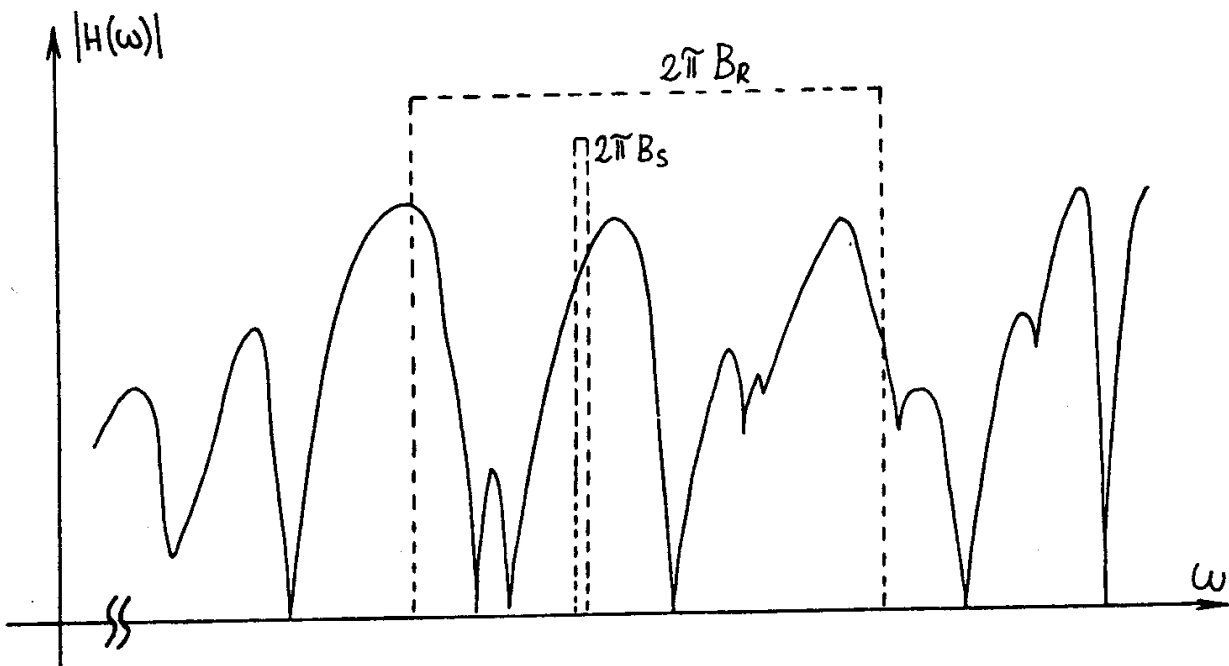
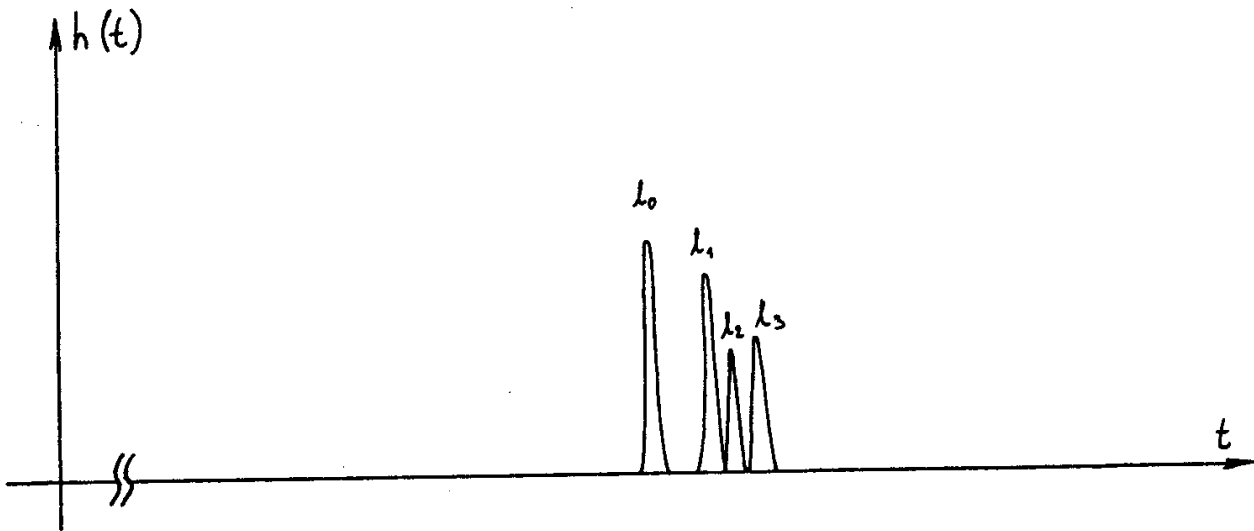
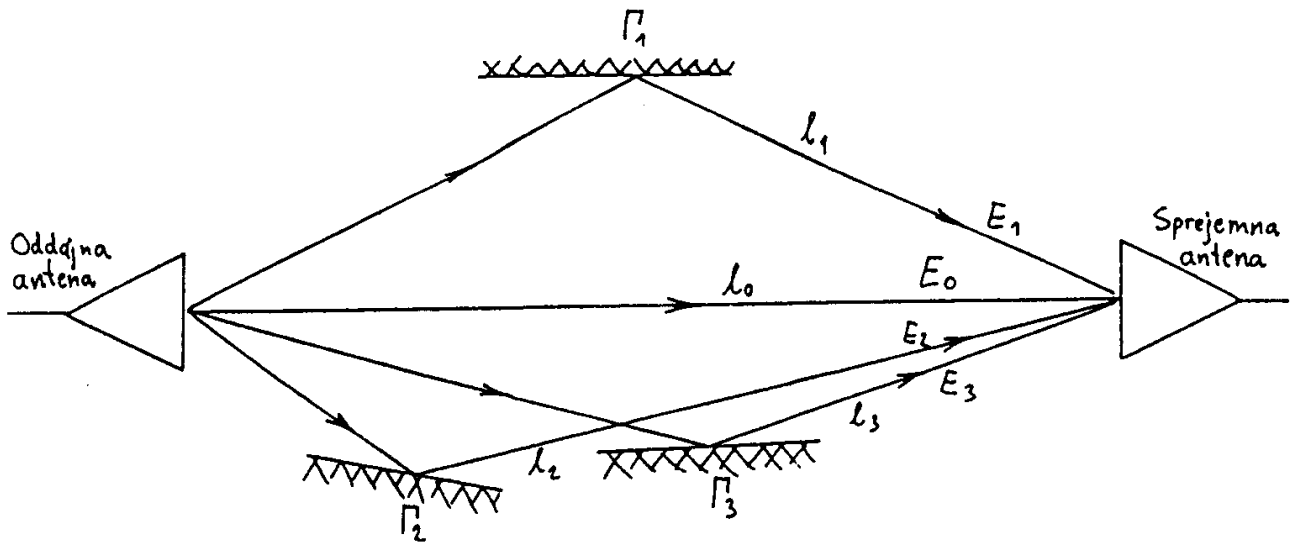
- LVRK 21.4 -

PO PONOJNEM MEŠANJU Z RAZPRŠILNIM SIGNALOM

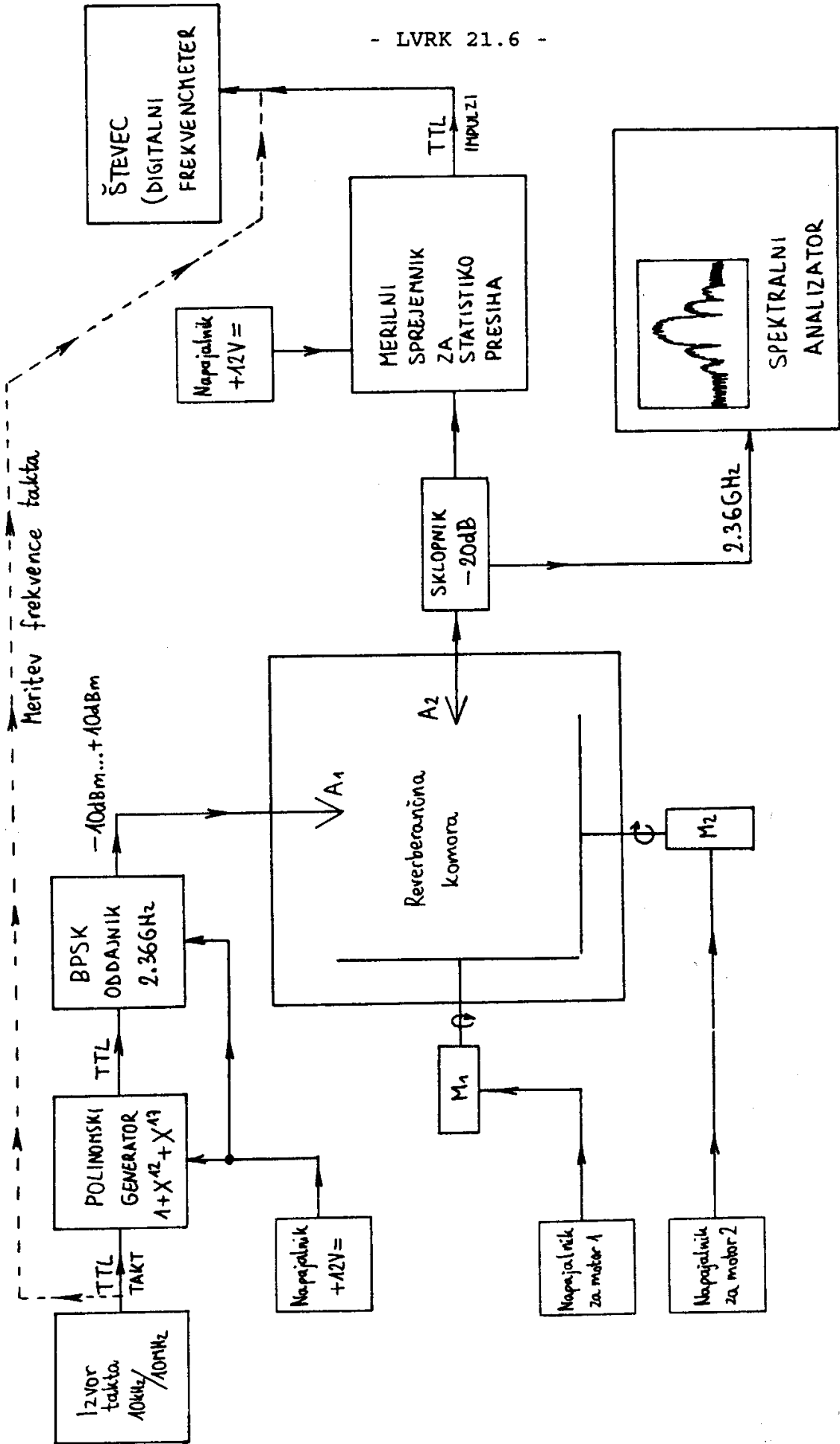
NA ANTENI



Slika 1 - Radijska zveza z razširjenim spektrom (spread spectrum).



Slika 2 - Časovni in frekvenčni odziv radijske zveze z odboji.



Slika 3 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.