

VAJA 8. - UMERJANJE ŠUMNEGA IZVORA S PLAZOVNO DIODO

=====

1. Jakost in krmiljenje ENR merilnih izvorov šuma

-----  
Kot izvor šuma lahko uporabimo vsak upor, ki se nahaja na temperaturi, različni od absolutne ničle. Pri meritvah šumnih temperatur in šumnih števil seveda potrebujemo vsaj dva različna izvora šuma. Povsem jasno moramo pri meritvi natančno poznati šumno temperaturo obeh izvorov, vhodne sponke merjenja pa moramo preklapljati med obema izvoroma.

Kot dva različna izvora šuma lahko uporabimo dva upora, od katerih se eden nahaja na sobni temperaturi, drugega pa ohlajamo oziroma segrevamo. Jakost takšnih izvorov šuma in razmerje vroče/hladno ali s kratico ENR (Excess Noise Ratio) sta običajno zelo majhni, ker si ne moremo privoščiti niti zelo visokih temperatur niti velikega razmerja med temperaturo vročega in temperaturo hladnega upora. Končno predstavlja tehnično težavo tudi preklapljanje med vročim in hladnim izvorom, še posebno pri zelo visokih frekvencah.

Kot merilni izvori šuma se zato pogosto uporabljajo različni elektronski izvori šuma, katerih delovanje običajno ne temelji na toplotnem sevanju. Kot izvor šuma lahko na primer uporabimo vakuumsko diodo (elektronko), kjer vsebuje anodni tok natančno določeno šumno komponento zaradi zrnatosti enosmernega toka, sestavljenega iz posamičnih elektronov. V mikrovalovnem področju uporabljamo kot izvor šuma plinsko diodo, kjer je šumna temperatura točno določena s temperaturo ioniziranega plina.

Večina pojavov v polprevodnikih ne proizvajajo bistveno več šuma od toplotnega sevanja na sobni temperaturi. Izjema je plazovni preboj v zaporni smeri diode, ki proizvajajo zelo močen šum. Žal ne obstaja nobena enostavna fizikalna povezava, iz katere bi lahko izračunali jakost plazovnega šuma. Izvor šuma s plazovno diodo moramo zato pred uporabo vedno najprej umeriti.

V vseh polprevodniških diodah imamo vedno dva fizikalno različna mehanizma preboja: tunelski pojav in plazovni preboj. Tunelski pojav prevladuje pri diodah z nižjimi prebojnimi napetostmi, plazovni preboj pa prevladuje pri diodah z višjimi prebojnimi napetostmi, kot je to prikazano na sliki 1. V silicijevih diodah sta oba pojava približno enako močna pri prebojni napetosti okoli 6V, kar pa močno zavisi tudi od tehnologije izdelave diode.

Ker imata tunelski pojav in plazovni preboj nasproten predznak temperaturnega koeficienta prebojne napetosti, lahko pojav izkoristimo za izdelavo zelo stabilnih napetostnih izvorov. Tunelski pojav sicer ne proizvajajo kaj dosti več šuma od navadnega upora. Dioda proizvajajo zelo močen šum le s plazovnim prebojem, a tudi jakost tega šuma močno zavisi od tehnologije izdelave diode.

Jakost plazovnega šume seveda zavisi tudi od toka  $I_z$  skozi plazovno diodo. Pri večanju toka skozi diodo se širi frekvenčni pas, v katerem dioda proizvajajo šum. Hkrati s

širjenjem frekvenčnega pasu pa upada jakost šuma na zelo nizkih frekvencah, kot to prikazuje slika 2. Plazovno diodo zato običajno uporabljamo pri dovolj velikem toku  $I_z$ , da je jakost šuma čimbolj neodvisna od frekvence.

S spreminjanjem toka  $I_z$  skozi diodo se seveda spreminja tudi visokofrekvenčna impedanca diode. Impedanco šumnega izvora bi lahko popravili s cirkulatorjem kot v slučaju uporabe vročega upora (nitke žarnice). Ker pa je plazovni šum res zelo močen (tudi 40dB močnejši od toplotnega šuma na sobni temperaturi), bo za prilagoditev impedance poskrbel že uporovni slabilec, ki ga vstavimo med šumni izvor in merjenec.

Umerjeni šumni izvori s plazovno diodo imajo zato v notranjosti že vgrajen slabilec 20dB ali več. Na ta način je izhodna impedanca skoraj neodvisna od toka skozi diodo. Ko tok povsem izključimo, je izhodna šumna moč takšenaga izvora seveda enaka toplotnemu sevanju uporov v slabilcu na sobni temperaturi.

Končno se moramo zavedati, da je plazovni preboj marsikdaj tudi nezaželen pojav v vezju. Plazovni šum iz stabilizatorja napetosti lahko naprimer zaide v vhodne stopnje sprejemnika oziroma fazno modulira oscilator, kar predstavlja resne težave za načrtovalca naprave. Marsikdaj je takšen šum zelo težko izločiti, še posebno, če je plazovna dioda sestavni del integriranega vezja, ki opravlja še druge naloge.

## 2. Seznam potrebnih pripomočkov

-----

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Nastavljivi enosmerni napajalnik za plazovno diodo 0-30V, z ampermetrom in voltmetrom.
- (2) Šumni izvor z več različnimi plazovnimi diodami.
- (3) -10dB uporovni slabilec.
- (4) Nizkošumni ojačevalnik ( $F=3\text{dB}$ ,  $G=40\text{dB}$  ali več).
- (5) 12V napajalnik za ojačevalnik.
- (6) Merilni sprejemnik ali spektralni analizator.
- (7) Priključne kable za vse povezave.

Razporeditev in povezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 3.

## 3. Obrazložitev in opis poteka vaje

-----

Pri merjenju šumne moči se moramo zavedati, da je merjeni signal povsem naključen. Dosegljiva točnost meritve zato zavisi od časa meritve (integracijski čas merilnika) in od pasovne širine sita B. V slučaju uporabe spektralnega analizatorja zato uporabljamo čim širše MF sito (velik B) in čim ožje video sito (dolg čas integracije). V merilnem sprejemniku ustrezno nastavimo faktor povprečenja.

Pri merjenju naključnih signalov moramo hkrati paziti, da ne prekrmlimo ojačevalnika oziroma drugih nelinearnih sestavnih delov v merilnem vezju. Jakost naključnih signalov mora biti zato vsaj 10dB manjša (10-krat manjša moč) od meje zasičenja oziroma največje izhodne moči za sinusne signale. V vsakem slučaju moramo seveda paziti, da sprejemamo le željene šumne signale in ne kakršnihkoli motenj.

Ker je ojačenje nizkošumnih ojačevalnikov močno odvisno od vhodne impedance, vstavimo med šumni izvor in vhod

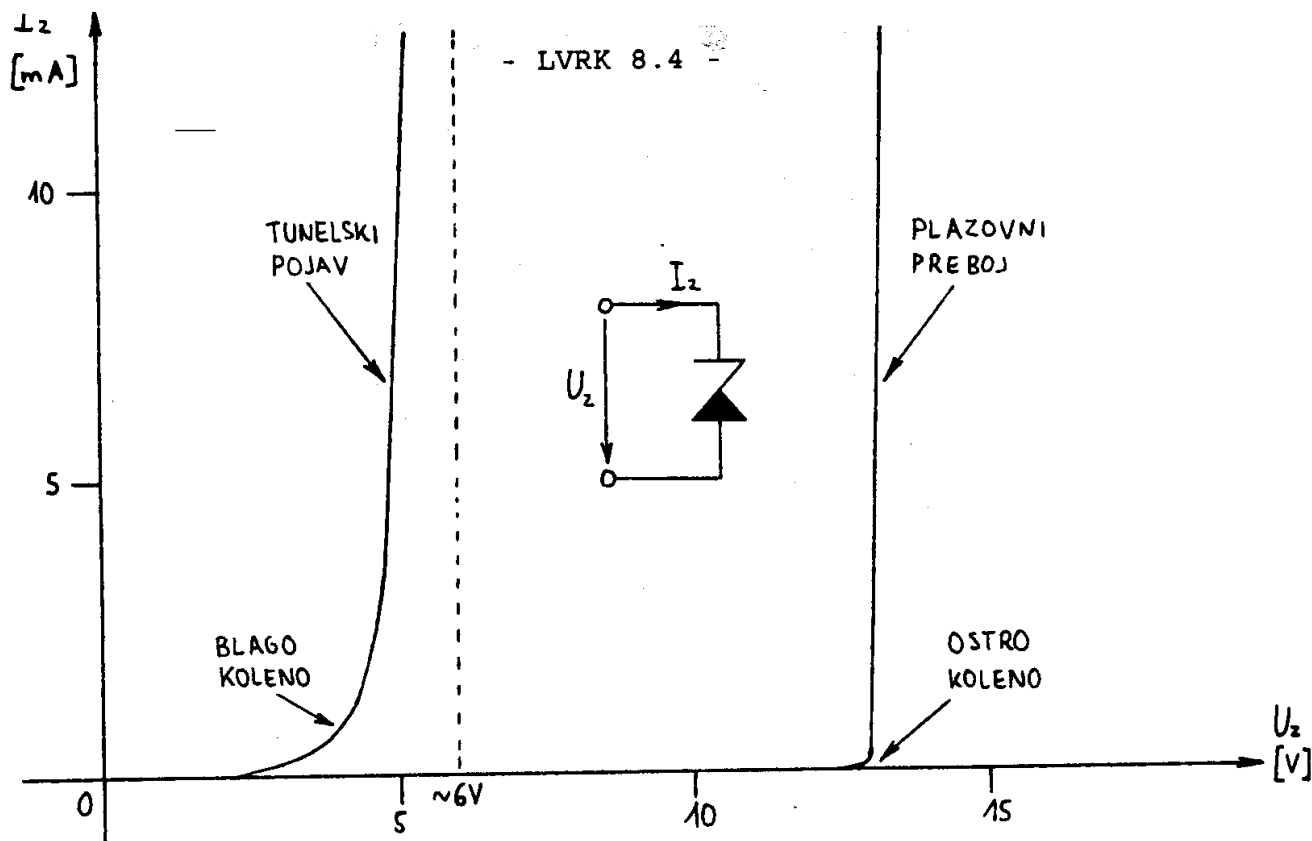
ojačevalnika slabilec -10dB. Slabilec zagotavlja prilagoditev vhodne impedance ojačevalnika, a s tem se zmanjša občutljivost merilnega sistema. Ker je šum plazovnega preboja dosti močnejši od toplotnega šuma na sobni temperaturi, to zmanjšanje občutljivosti ne predstavlja nobene omejitve za samo meritev.

Pred samo meritvijo moramo seveda poznati oziroma izmeriti šumno število uporabljenga ojačevalnika. Pri računanju šumne temperature delujoče plazovne diode in ENR izvora moramo seveda upoštevati slabilec na vhodu.

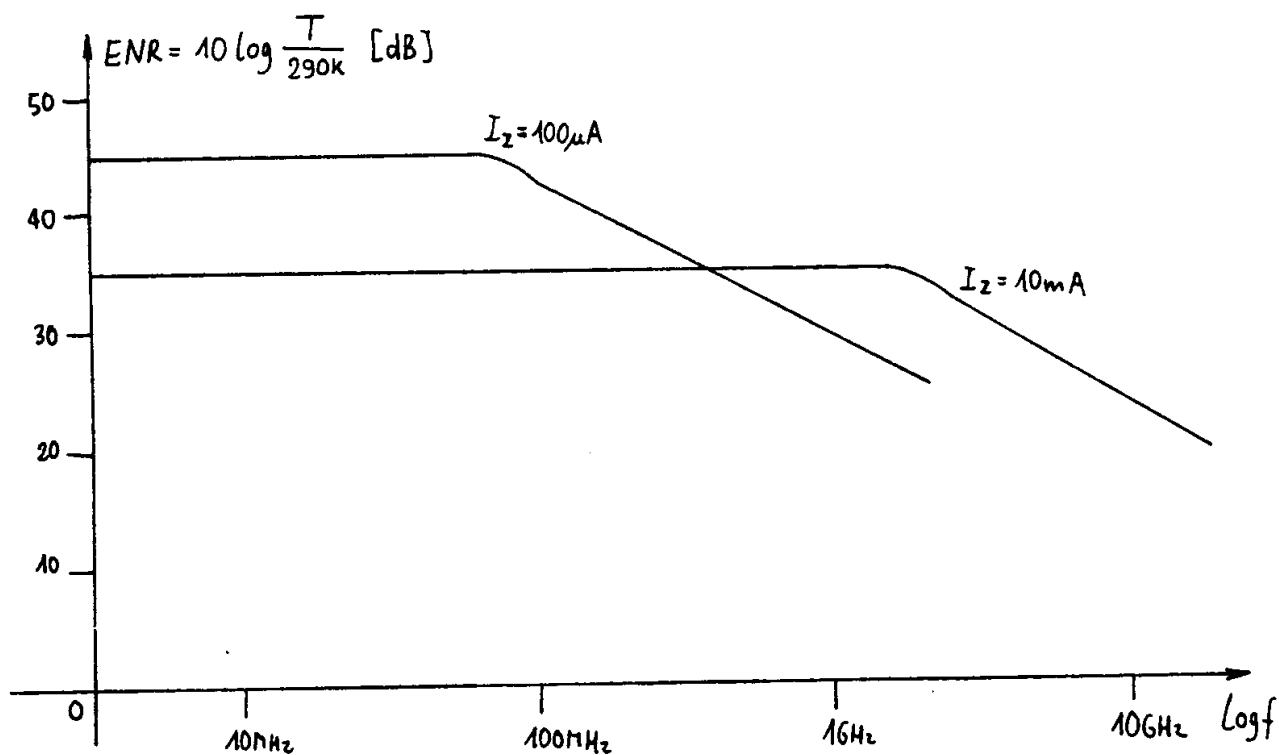
#### 4. Prikaz značilnih rezultatov

-----  
Vezje šumnega izvora vsebuje šest različnih plazovnih diod z nazivnimi prebojnimi napetostmi 4.7V, 5.6V, 7.5V, 10V, 13V in 18V. Željeno diodo izberemo s preklopnikom. Za vsako diodo izmerimo potek jakosti šuma v odvisnosti od toka  $I_z$  v mejah od 10 $\mu$ A do 10mA pri dveh frekvencah 30MHz in 300MHz. Točno frekvenco seveda izberemo tako, da nimamo motenj drugih naprav.

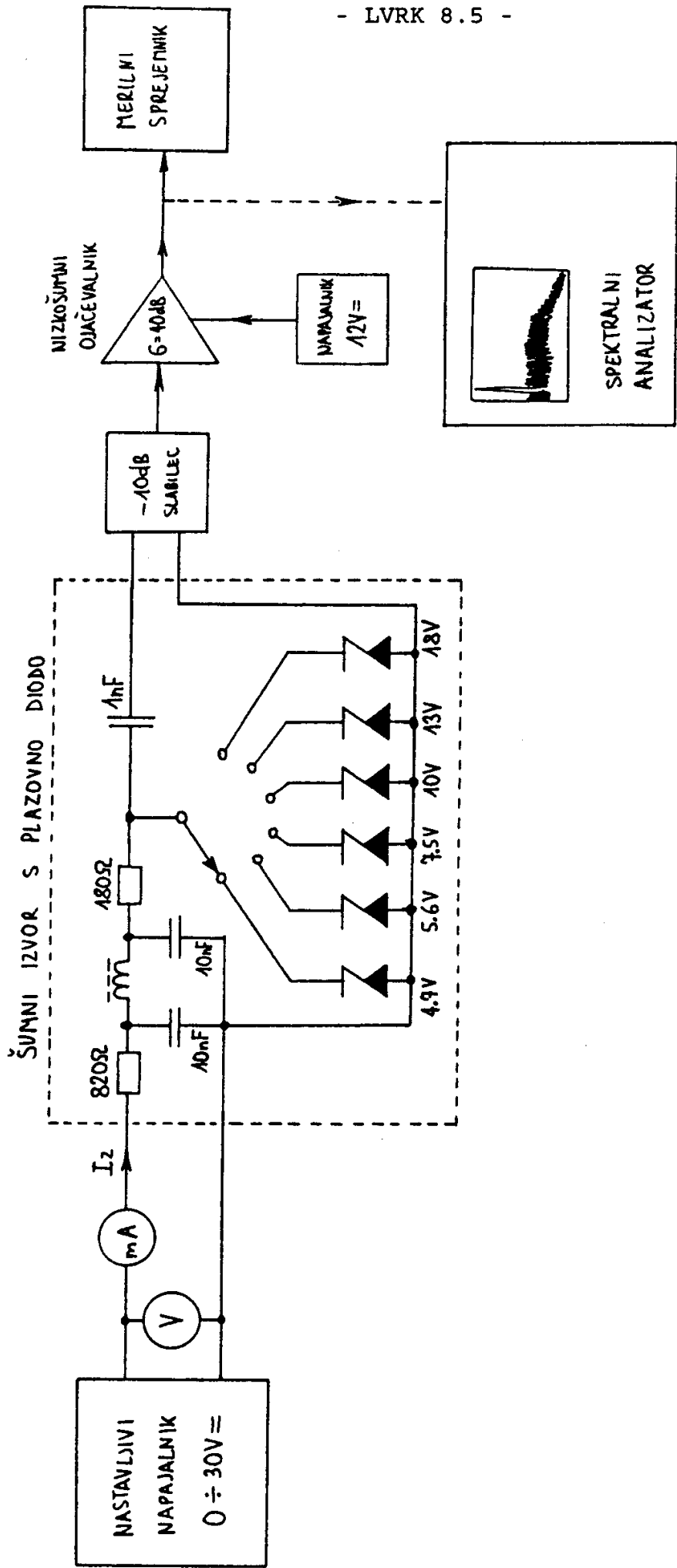
Rezultate meritve preračunamo v ENR in izrišemo v dveh diagramih, za vsako frekvenco posebej. Na vsakem diagramu izrišemo potek jakosti šuma v odvisnosti od toka  $I_z$  za vseh šest različnih plazovnih diod.



Slika 1 - Preboj v silicijevih diodah v zaporni smeri.



Slika 2 - Jakost šuma plazovnega preboja



Slika 3 - Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.