

Radiofrekvencijska i mikrovalna mjerenja

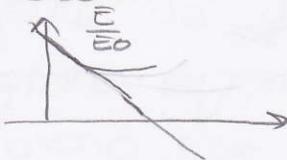
bilješke s predavanja

Jelena Mirosevic

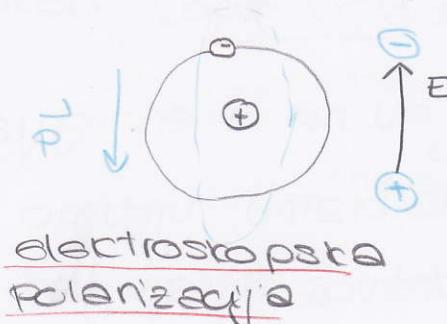
Ravanjajanje

- dugi valovi (3000 Hz) koriste se za komunikaciju podmornica jer je gusenje jeko malo

$$\frac{E}{E_0} = \frac{1}{\epsilon}$$



- dielektrična konstanta vode $\epsilon_r = 81$ (za destiliranu vodu) opisuje polarizacijska svojstva, kako će materijal reagirati na električno polje



electroskop poka
polarizacija

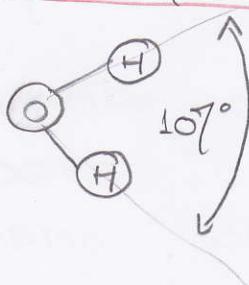


- ovisi zbroj Θ gors i dole, pa je putanja elektrona eliptična, pa to znači polarizacija, jer je se polje suprotnog smjera
- red veličine 10^{-10} m

Polje između atoma

mi se sonda koja je 10^7 veća od atoma i njom dobimo macroscopsko polje
mi mjerimo usrednjeno polje

dipolna polarizacija



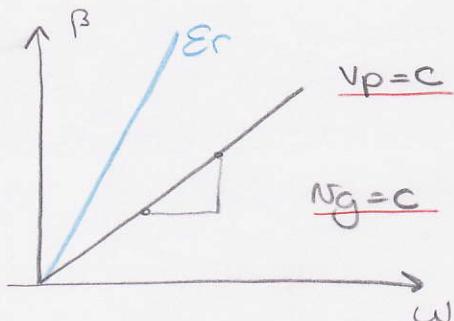
prava vani izgleda



- ovo će rotirati, a neće se istezati
- zbroj mehaničke trrosti "tryaju" se molekule, pa se tako daje temperatura (mikrovatna pećnica)
- na nizim frekvencijama
- kratki val za komunikaciju preko oceansa



- VAL svaka fizikalna veličina koja se mijenja u vremenu
- fazna brzina - brzina kojom titraju točke iste faze $v_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{f}{\lambda}$
- grupna brzina - brzina sticanja energije (manja od c) $N_g = \frac{\partial \omega}{\partial \beta}$
- fazni faktor - koliko valnih duljina treba proći da bi se faza završila za 2π (nije konstanta, ovisi o frekvenciji) $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$
- faznom brzinom se sini promjeni, ali ne i energija
- na užetu imamo i faznu i grupnu brzinu, vidimo VAL koji putuje, ali točke zapravo titraju, a prenosi se energija
- u slobodnom prostoru i fazna i grupna su jednake



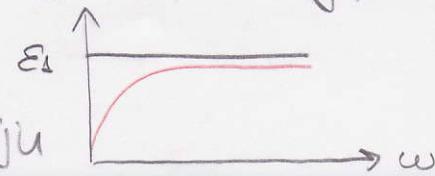
$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{f}{c} = \frac{\omega}{c}$$

- u dielektriku



III komponente analognog tv. signala
ako imamo zeleno \rightarrow ne stješ nam sve istovremeno

- zatvrdno krujući imamo zbog disperzije, zbog ovisnosti ε o frekvenciji
- osim vakuma svaki materijal uzrokuje disperziju



- primjer 1.

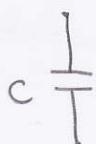
- struja koja ulazi nije jednaka struci koja izlazi, jer treba ipak nešto vrijesno da dođe iz A u B
- aко је duljina otpornika = λ , onda se faza zamenjuje za 360° , no to obično nije tako
- za $L \ll \lambda$ faza se zamenjuje za teško malo da ju zamenjujemo, pa se koriste Ohmov zakon i Kirchhoffovi zakoni (ovo vrijedi za niske frekvencije)

duljina otpornika

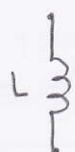


inžinjerska izmišljatina

$$i(t) = \frac{1}{R} u(t)$$



$$i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$$



$$i(t) = \frac{1}{L} \int u(t) dt$$

- za otpornike reda veličine 10^{-10} m QED (quantum electrodynamics)

- na 10 GHz

tu imamo $\Delta\phi = \frac{\ell \cdot 360^\circ}{\lambda} = 120^\circ$

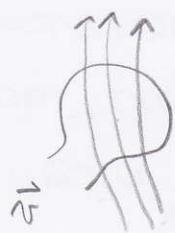
nemamo više koncentrirane parametre imamo

pojenosnu liniju

- struja na ulazu u element jednaka (približno) struci na izlazu iz elementa SAMO aко се radi o koncentriranim elementima, geometrijski puno $\ll \lambda$

Prijenosna Linija

- ako imamo sustav gdje su dve dimenzije neglazene $i \ll \lambda$ i jednu koja je red veličine $\lambda \rightarrow$ iz 3D smo došli u 1D sustav
- između dve linije struju mijenjamo sa antenom magnetski dipol ili polja antena



$$N(H) = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

$$\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{s}$$

za malu S

↓

$$\Phi = BS$$

$$N(H) = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} = -S \frac{\partial B}{\partial t} = -SB_0 \frac{\partial E^{j\omega t}}{\partial t} = -j\omega SB_0$$

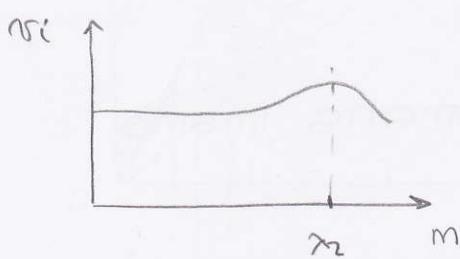
$$B_0 = \mu H$$

$$N(H) = -j\omega S B_0 H$$

↑

efikasnost antene raste sa frekvencijom, to je problem jer znaci da se mora kalibrirati za svaku frekvenciju

- za 1MHz → struja konstantna, napon bi mijenjao pomoću električnog dipola (Hertzov dipol)



pojavila
geometrijske
dimenzije
antene
znaci jake
mali broj

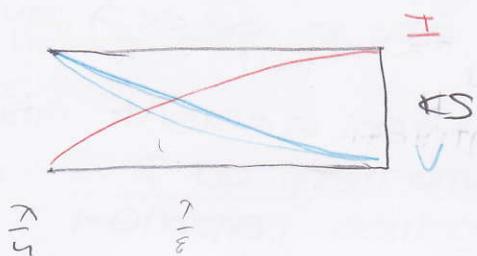
$$N = G_{eff} \cdot E$$

ne ovisi o
frekvenciji

F = 75 MHz

na KS $I = \text{max}$, prema generatoru pada

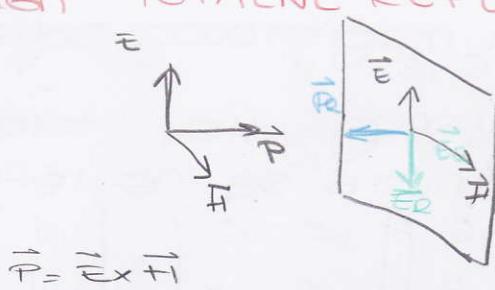
- stojni val nastaje zbog konacne brzine sirenja vala



- na kraju imamo totalnu refleksiju

na kraju imamo PEC (tang. komp $\epsilon = 0$, idealni vodac)

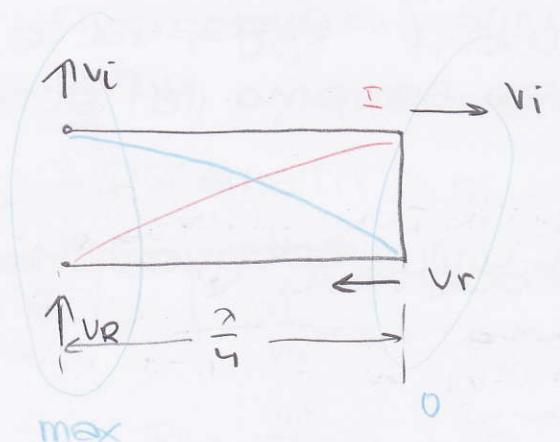
FENOMEN TOTALNE REFLEKCIJE



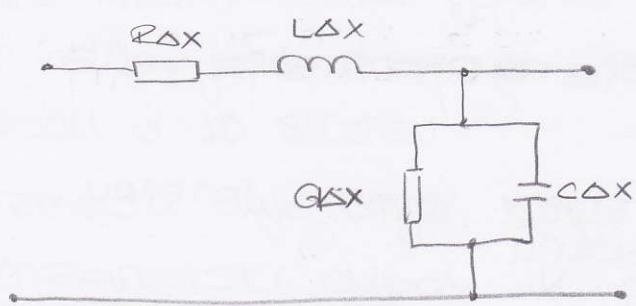
- na ploči tang komp = 0
(rubni uvjeti)

- ili:
magnetsko polje uznaduje
to da refleksija stoji na
ploči, postane ploča
zapravo antena i reflektira
energiju

- imamo 2 toka energije
koja putuju u suprotnim
smjerovima
- unijedili su superpoziciju



Nadomjerna shema linije

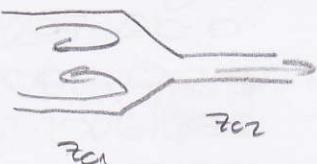


- mali komadič ţice ($\ll \lambda$)
- ako imamo dielektrik i imamo vodljivost σ
- samo ako je $\sigma \times \lambda \gg \omega$ vrijeđu
- koncentrirani elementi mogu biti puno manji od λ

Z_0 karakteristična impedanca - stup vala koji putuje u jednom smjeru i zato ga ne možemo izmjeriti

Z_{in} - odnos električnog i magnetskog polja u zraču

- prilagođenje nema reflektirajuog vala, i teret i linija i generator isti Z_0 imaju, nista se ne reflektira

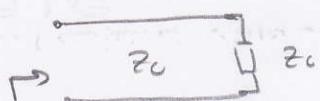


mali dio prode, reflektira se na spagu njeg prilagođenje

$Z_0 \rightarrow$ ulazna impedanca duga linija (\propto duga, val se nikada neće reflektirati, pa nemamo reflektiranog vala već samo incidentni)

$Z_0 \rightarrow$ imamo relativno koliko dugu liniju zaključujući teret

$$Z = Z_0$$



$$Z_{\text{in}} > Z_0$$

$$|M| < 1$$

$$\Gamma = \frac{\text{reflektirano}}{\text{incidentno}}$$

ako je karakter. imp nije kompleksan broj

- ako karakteristična impedanca realan broj tj. ima gubitke Γ može biti > 1

- konstanta propagacije $\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}$

normalizirani valovi $a = \frac{V_{inc}}{\sqrt{Z_0}}$ $b = \frac{V_{ref}}{\sqrt{Z_0}}$ (kvadrat svog daje snagu)

$$r = \frac{Z_{teret} - Z_0}{Z_{teret} + Z_0}$$

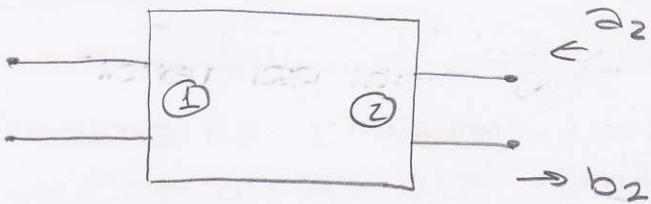
$$0 \leq |r| \leq 1$$

$$-180^\circ \leq \arg(r) \leq 180^\circ$$

normalizirani valovi

incidentni val

a_L



$$a = \frac{V_i}{\sqrt{Z_0}} \quad b = \frac{V_r}{\sqrt{Z_0}}$$

Linearna mreža

b_1

reflectirani val

$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2$$

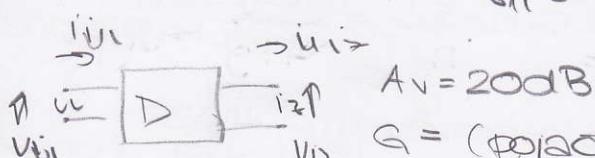
$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

matematički formalizam,
snaga je u mjerljivu

na VF ne možemo ostaviti kraj otvoren, z parametri padaju u vodu, kraj zrasao, antene imamo NESTO, i parametri također padaju u vodu

- S parametri $S_{11} = \frac{b_1}{a_1}$



$$A_v = 20dB$$

$$G = (\text{pojačanje snage}) = 100dB$$

$$P_{U1} = \frac{V_{it}^2}{R_{in}}$$

$$P_{it}$$

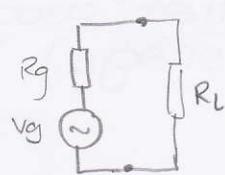
$$10 \log \frac{P_{it}}{P_{U1}} [dB]$$

$$10 \log \frac{V_i^2}{V_{it}^2} = 20 \log \frac{V_i}{V_{it}}$$

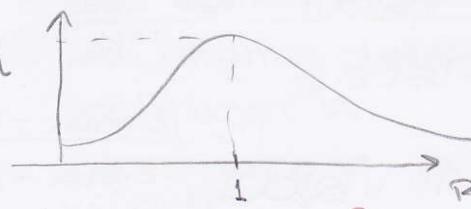
samo ako su izlazna i ulazna imped. jednake

Generator ne NF i VF

- snaga koju nam daje generator: pola uvijsk gubimo na njegovom unutarnjem otporu



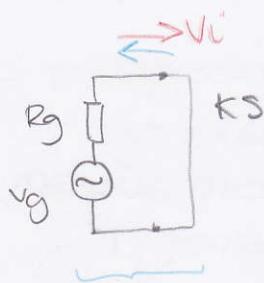
za max snagu $R_L = R_g$



$$R_L = R_g \quad V_r = \frac{V_g}{R_L + R_g} \cdot R_L = \frac{V_g}{2R_g} \cdot R_L = \frac{V_g}{2} \quad \left. \right\} \text{incidentni napon}$$

$$V_i = \frac{V_g}{2} \quad \left. \right\} \text{napon koji se svi generatori}$$

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_T - Z_0}{Z_T + Z_0} = \frac{R_L - R_g}{R_L + R_g}$$



$$V_i = \frac{V_g}{2}$$

$$\Gamma = \frac{R_L - R_g}{R_L + R_g} = \frac{0 - R_g}{0 + R_g} = -1$$

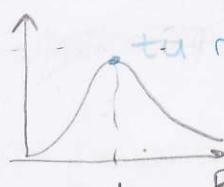
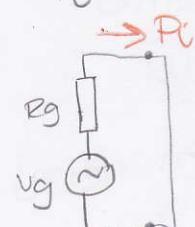
$$\Gamma = -1$$

$$V_r = \Gamma V_i = -1 \cdot \frac{V_g}{2}$$

$$V_L = V_i + V_r = \frac{V_g}{2} - \frac{V_g}{2} = 0$$

Nije da nam generator neda niste, on daje, ali nam se sve reflektirao pa u sumi opst imamo 0.

$P_C \rightarrow$ incidentna snaga \rightarrow snaga koju daje generator



tu nema reflektiranje snage, generator svu snagu predstavlja

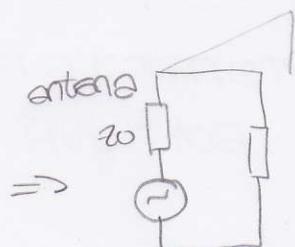
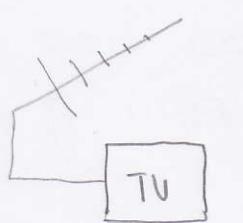
$$P_C = \frac{V_i^2}{R_g} = \frac{\left(\frac{V_g}{2}\right)^2}{R_g} = \frac{V_g^2}{4R_g} \rightarrow \text{visina vrijednost}$$

$$P_i = \frac{V_g^2}{4R_g}$$

PAVS
POWER
AVAILABLE
SOURCE

ako tu stavimo efektivnu unijednost imali bi $1/12$ pa to na kvadrat, i umesto 4 imali bi 8

- u mrežama se ne koristi priлагodenje po snazi, ide se na max snagu to je svjetlosti generatora : on ju uvijsk daje



- pola tu snage i pola temo
- prijamna antena ujedno izraci, pola se izradi ven

6 OSNOVNIH MJERNIH VELIČINA

- osnovna mjerena veličina će nam biti SNAGA

S-parametri

SNAGA

(V, I)

FREKVENCIA

(f)

IMPEDANCIJA

$$\Gamma = \frac{z - z_0}{z + z_0}$$

SPEKTAR



FAKTOR SUMA

*

EM POJE



P_1 I_1

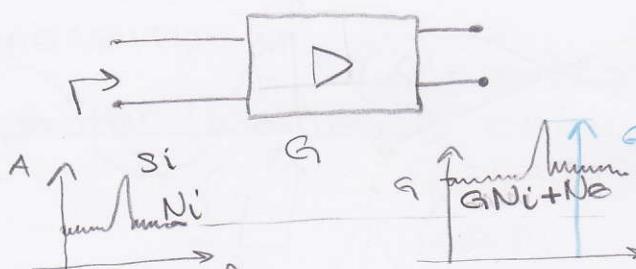
- uvijska se snagom da bi sva dobili gora

raspršni parametri

- da radimo na 1 frekv.

tri veličine bivam bile dosta, no kako ih ima puno treba nam i četvrta lucica

* **factor suma** odnos signal sum na izlazu i ulazu

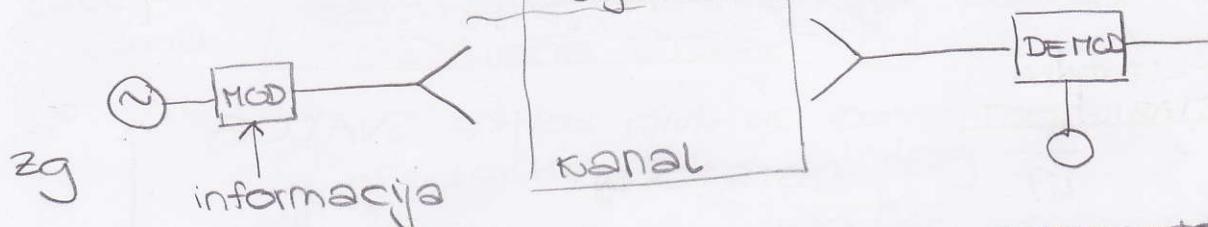


$$F = \frac{\left(\frac{s}{n}\right)_i}{\left(\frac{s}{n}\right)_o}$$

asli elektronika je dodala excessni sum

sve je otislo u jednu dimenziju, a kad krenemo prema anteni treba nam 3D

- PRIMJER: hocemo vidjeti što se dogodilo



Ri

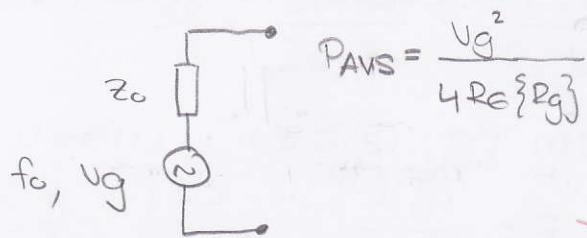
- kako ispitati prijemnik: treba nam generator signala koji igraći sve ovo s lijeve strane, spojimo na ulaz, a na izlaz naci spektralni analizator i ispitivaj!

GENERATORI SIGNALA

- elektronička mjerjenja znanstvena disciplina koja se bavi istraživanjima mjernih metoda, uređaja i sustava.
- mjeri sistem sklopiti dostupne uređaje da bi izmjerili nešto, a nemamo instrument baš za to

Veličine koje opisuju generatori signala

- teorijski: raspodjeljiva snaga generatora i frekvencija



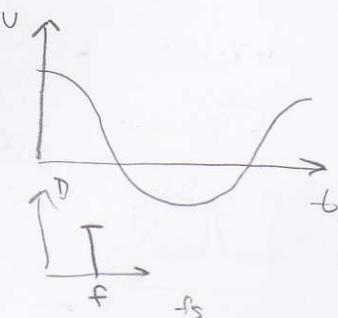
$$P_{AVS} = \frac{V_g^2}{4R_0\{\rho_g\}}$$

- radit samo sa dBm-ima
tj u mW

- idealni generator

$$V_g = V_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

to ne postoji!



- realno: $N_g = N_0(t) \cos(\omega(t) + \varphi(t))$

sve je funkcija vremena

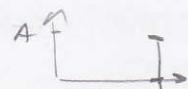
nestabilnost faze opisuje FAZNI ŠUM

$\varphi(t) \Rightarrow$ FAZNA NESTABILNOST

ovo su dva boljka svakog generatora

$V_0(t) \rightarrow$ AMPLITUĐNA NESTABILNOST

$$N_g = N_0(t) \cos(\omega(t) + \varphi(t))$$



- imamo amplitudnu modulaciju, sete nem amplitudu a istoj frekvenci imamo spektral Am

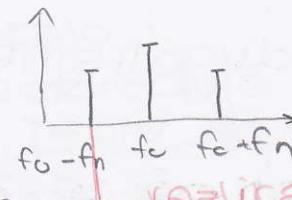
AM



imamo gornju i donju bočnu komponentu, no nisu točno ne tim mjestima već je slučajno pa je spektral razmijyan



- spekter uskopejasnog FM frekvencijski spekter



rezica je u fazi, ali enalizator to ne uđe

- AM i FM isto izgledaju, ali kod FM je zadržano $\pm 180^\circ$

- simetričen spekter → imamo samo amplitudnu nestabilnost ili faznu nestabilnost (NE OBJE)
- asimetričan spekter → imamo amplitudnu nestabilnost i faznu nestabilnost (OBJE)

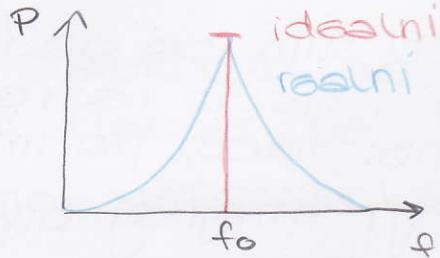
• određivanje amplitudne nestabilnosti

- određujemo ju u decibelima
- odnos snage

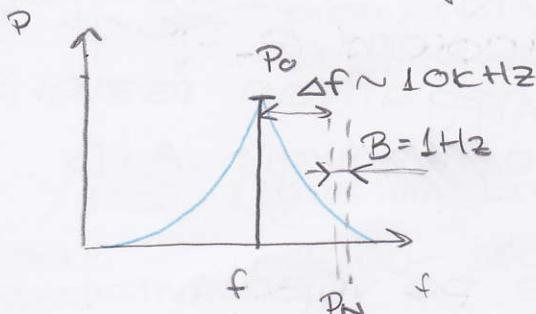
- PARAZITNI AM $\pm 0.5\text{dB}$ (ali nije ne znaci, bitno je za koji je frekvencijski opseg)

PARAZITNI AM 0.1dB dobri iznad, loši ispod
10MHz - 40GHz

- spekter (Lorenzova krivula, bez T)



- fazni sum [dBc] nam opisuje koliko je manjemo od centralne frekvencije, koliko imamo te razlike u snage



$$L = 10 \log \frac{P_0}{P_N}$$

$< 20\text{dBc}$ smeće!

$20 - 50\text{dBc}$ DOBAR GENERATOR

$> 50\text{dBc}$ ODLICNI

$\approx 80\text{dBc}$ FANTASTICNI

manjemo se od centralne frekv. za

co je 10kHz i odjedemo

sinusu pojasa 1Hz i gledamo

snagu → snaga unutar 1Hz i tu usporedimo sa P_0

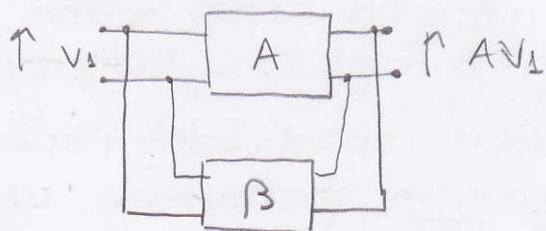
normirano na 10kHz

• kratkotrajna i dugotrajna stalnost (frequency sba)

- kratki \rightarrow koliko se unutar 1h promijenii nesto na njemu
- dugotrajni \rightarrow pusti ga se 24h i gledaj svaki dan
- kratki 10^{-6}
- dugi 10^{-12}

• oscilator

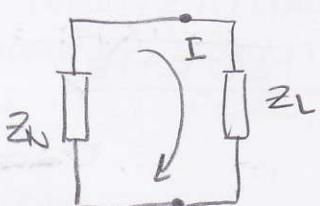
- prenosi istosmjeru energiju u izmjenicnu
- to nije u elektronici \rightarrow on prenosi mehaničku en.
- radi to na željenoj frekvenciji
- radi preko povratne veze, A - aktivna grana
B - pasivna grana



- imamo oscilator
zahvaljujući sumi

- na ulazu imamo stohastičku sumu, pa ga imamo na izlazu, zbroji se u fazu i vrće natrag, i opet pojedice i stalno tako, pa imamo pojačanje, ovisi o frekvenciji titrajnog kruga
- u povratnoj vezi moramo imati filter, izdvaja 1 komponentu koja se izduje iz sume i pojedice
- model oscilatora sa 4 stepenje
- ima model sa negativnim otporom, a step je negativni otpor Z_N , ima negativan realni dio

$$Z_N = -R + jX \quad (\text{namozemo razdujiti A i B granu})$$



nema generatora pa vrijedi:

$$I(Z_N + Z_L) = 0 \quad I \neq 0$$

pa $Z_N + Z_L = 0$

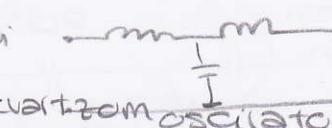
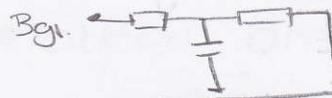


$$Z_N = -Z_L$$

ovo ne može oscilirati, a da bi osciliralo samo ne 1 frekv, ocito Z_L mora biti fiksni.

-na NF imamo A granu \Rightarrow poljedalo i
B granu \Rightarrow koga određuje frekvenciju

ustabilimo ga
kvartznim kristalom,
daje visoku stabilnost,
nado max 100 MHz radi u
njo je VF **TCXO**
temperaturno kompenziran kvartzom



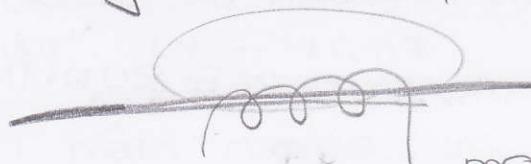
$\pm 95^\circ\text{C}$

• Factor dobrote

$$Q = \frac{W_n}{W_d}$$

i rad ga istiskujemo nje
OFF nego stand by
da odrižava temp.

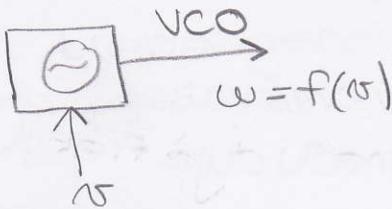
- Q nikad nije ∞ zbog gubitaka u "otporniku"
tj zbog bušačnog otpora zice (rad zavojnice)
- kod kondenzatora
- za zavojnicu $Q=10$, kako sniziti otpor zice



ova ide u $\infty \rightarrow$ zrao,
ne može se vrati natrag,
moramo oklopiti naš element
i to zračenje ograničava naš Q faktor 10-15 je!

- visoka stabilnost na GHz, kako? i da možemo mijenjati frekvencije
- konstimo NAPONSKI KONTROLIRAN OSCILATOR

VARACTOR



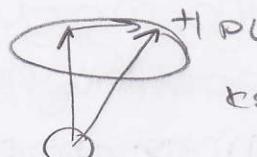
promjenom reverznog napona diode mijenjamo
razmak plodica i to nam je do
MAX 1GHz

YIG (Cynthium Iron Garnet) legura zavojnica

- visoko kvalitetno $M_r = 10000 - 50000$
- skupo buglice 2mm

I_{DC} zica mijenja međ
svojstva buglice

i onda je to kao
promjenjiva zavojnica



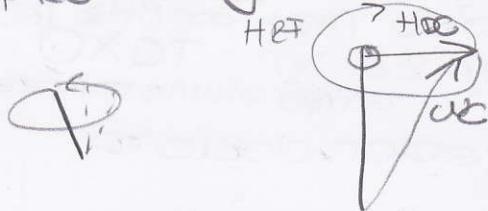
kao zvuk redi

- unutar magnetske spinove, stohastičci, dajuju polumjereni
svi se pređaju umjesto stohastičci, usmjereni/
su, pa dajuju radiofrekv. poljem, počne
se zvukasto vrniti



puno nakon
djelovanja
istosmjernega polja

PRECESIJA I A VRTNJA



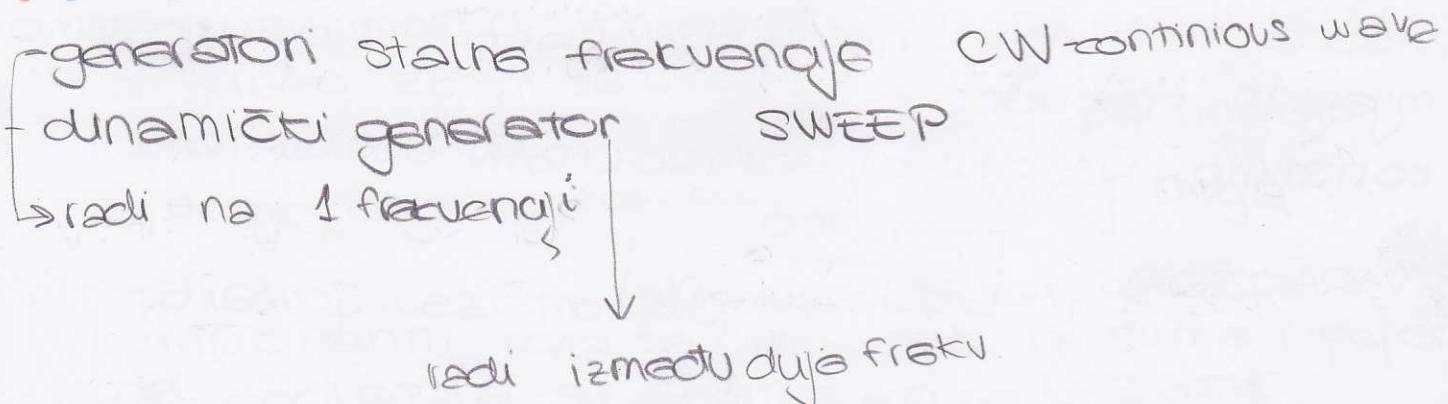
nakon djelovanja
radiofrekv. polja

- vrtnje se ne točno
određenoj frekvenciji
koja ovisi o materijalu

• 2 vrste generatora

- slobodno oscilirajući generatori (FREE RUNNING)
- sintetizirajući
- vektoriški generator i generator proizvoljnog valnog oblika ^{**}

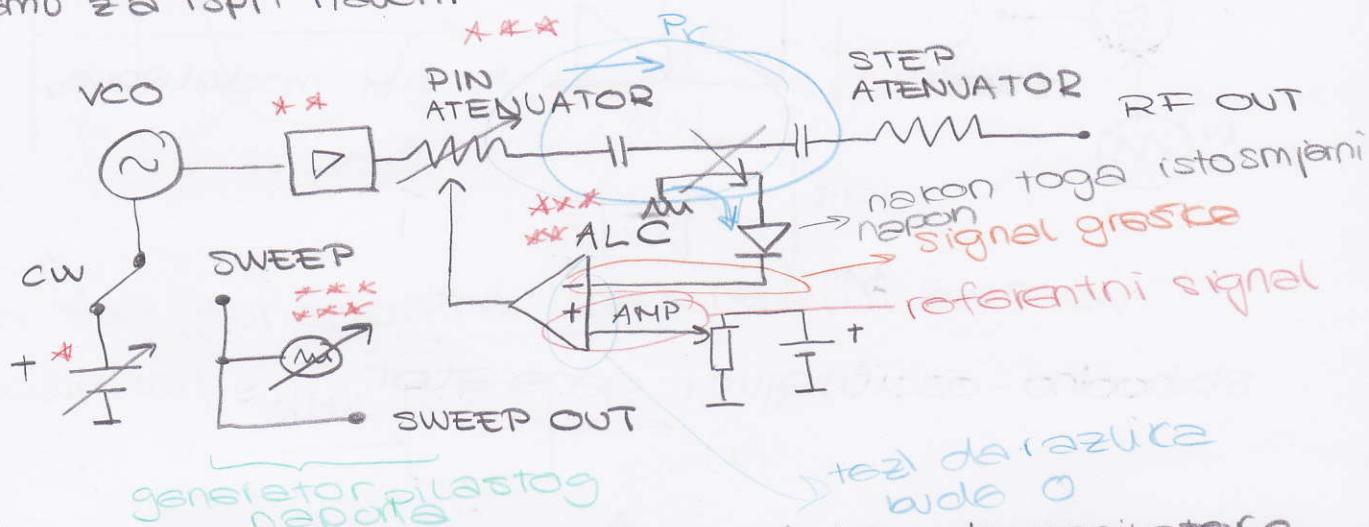
• 2 načina rada



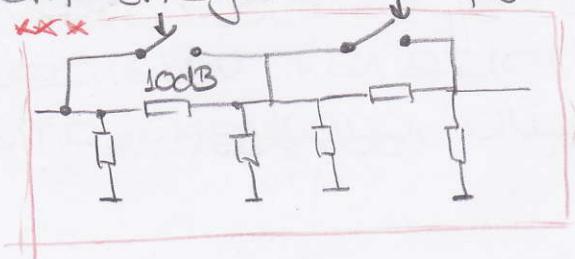
- *- nastali zbog digitalnih komunikacija, razvili su
se zadnjih 10 godina
- zbog komplexnih modulacija
- generator nam treba da našto izmoduliramo
i sintetiziramo pa da menjimo
- radi sa vektorima I i Q kanalom, u fazi (I)
i protufazi (Q), njih amplitudno moduliramo
i zbrojimo i dobijemo koji god signal hocemo
- **- tacoder se dobije signal koji god hocemo,
dobar u vremenskoj domeni

Blok shema slobodno oscurenjućeg generatora (SWEEP)

- shemu za ispit naučiti

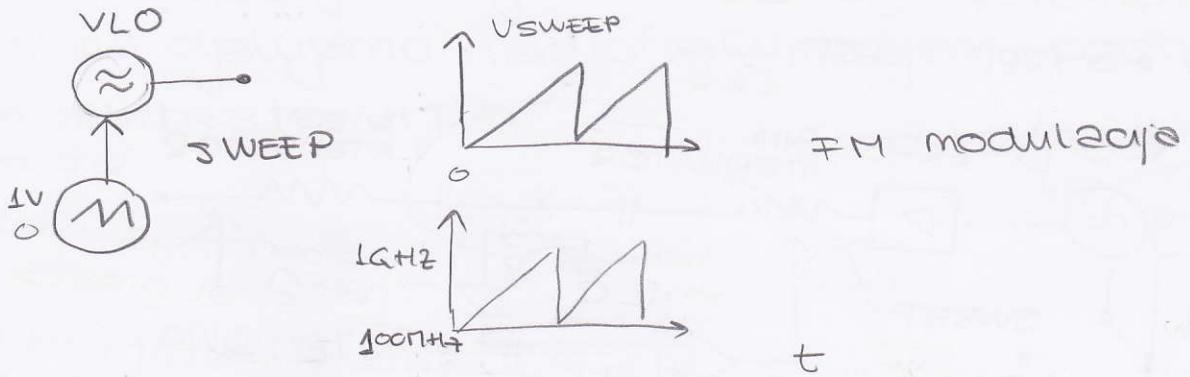


- * "baterija" biramo napon na gvođi ide do oscilatora i ovisno o naponu, imamo ne oscilatoru frekv.
- npr $1V - 1GHz$
 $2V - 2GHz$ i sl
- van nam treba velika snaga do $100mW$ ($+3dBm$)
- ** pojačavamo izlaznu snagu oscilatora pomoći pojačala kao sklopka
- *** PIN atenuator (sadrži PIN diodu) smanjuje nam snagu, moramo ju smanjiti da bi bio visoko stabilan
- ** i *** jer nam treba generator sa velikim rasponom snaga (zato pojačavamo pa smanjujemo signale)



- ***
- ALC (automatska regulacija napona)
 - od prenosa sprežnik razdvaja incidentni i reflektirani val "krada" dijel dolazeće snage
 - dioda ispreučuje
 - diferencijalno pojačalo pojačava
 - polasti nam izlazna snage, po i napon na invertirajućem
 - regulacijski sustav koji određuje snagu konst.

OV \rightarrow 100MHz
LV \rightarrow 1GHz

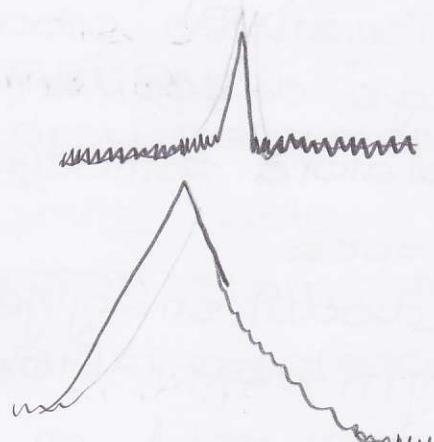


slobodno-oscuirajući generator

- spekter generatora (ovatuog)

ima kvartz

KAKO?
PLL i svčno!



spekter jednog generatora
(sinteziranog)

boji od ovog dole

slobodnooscuirajući

↑
ima vedi fazni sum

ovo je CW

- tako izgleda SWEET $100-200\text{MHz}$

$\sqrt{m} \rightarrow$ putuje

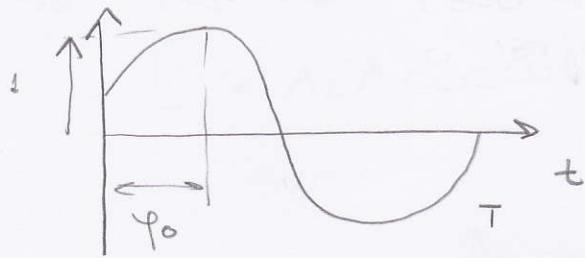
- sto je briž SWEET spekter m

je losiji

- nije dist spekter

- u vremenskoj domeni

$N \rightarrow M \rightarrow \text{spe} \rightarrow \text{spe} \rightarrow N$.



$$A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

\downarrow

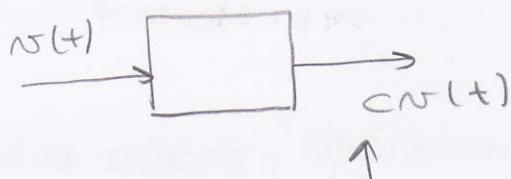
$A(t)$

\downarrow

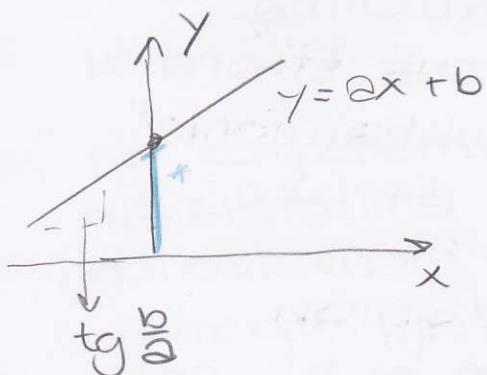
$f(t)$

-ovo sve funkcioniira za linsarni sustav

- linsarnost



$H(j\omega) \Rightarrow$ unesi kašnjenje u fazi i amplitudno modulira, zato što je nemoguće da je signal istovremeno na izlazu i ulazu



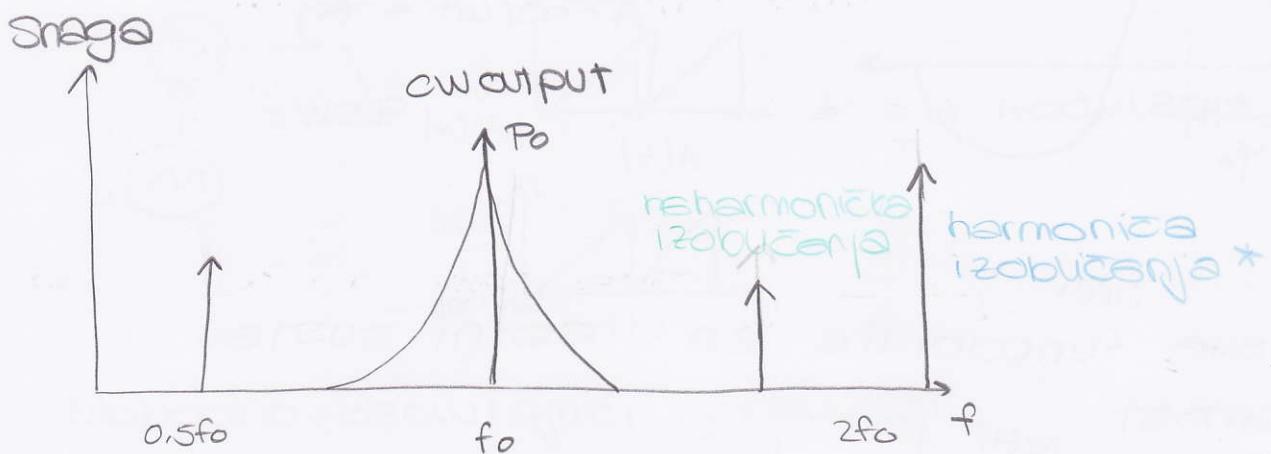
NWE LINEARAN SUSTAV

- na izlazu se

zasto? * stvori DC komponentu!

- linsaran sustav je sustav koji ima istu spektralnu karakteristiku na ulazu i izlazu, samo skajirano, ali nema novih komponenti

Tipičan spektar generatora



ispod caria

* umnosi osnovne frekvencije, mora biti ispod 10^4 od P_0

* nastaju intermodulacijskim produktima

- sva izobličenja u spektru s DESNE STRANE su harmonici, a oni lijevo su subharmonici

FM sum

harmonička izobličenja

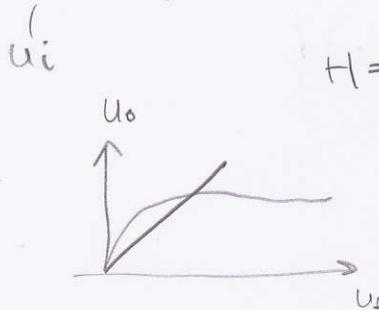
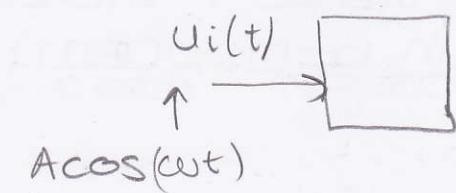
nesharmonička izobličenja

} bitni faktori

jedino ex TIP radi
teko preciznu pro
opremu sa ok brojkama

Vrste izobličenja

- nastaju zbog neunesitnosti komponenti



$$U_o(t) = A_1 U_1(t)$$

$$f(t) U_1(t)$$

to bi bio linijsan
sistem, ali to
ne postoji
u stvarnosti

$$H = A_1 U_1(A) + A_2 [U_1(A)]^2 + A_3 [U_1(A)]^3 + \dots$$

uzimamo
do 2 reda

razvijamo u Taylorov
red

$$U_o = H U_1 = A_1 A \cos \omega t + A_2 [A \cos \omega t]^2 =$$

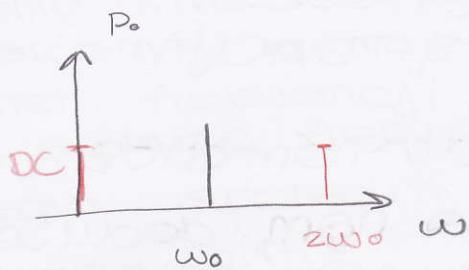
$$U_0 = HU_1 = A_1 \cos \omega t + A_2 [A \cos \omega t] =$$

$$= A_1 \cos \omega t + A_2 \left[\frac{1 + \cos 2\omega t}{2} \right] A^2$$

dobili smo DC komponentu

II harmonik

- II harmonik je posjeduje neispravne karakteristike



- DC komponenta smeta jer tamo iza potemstv tranzistorima staticke tecke, a u ovom jednostavnom slucaju sa 1 signalom to bi mogli rjesiti kondenzatorom
- ako ulazimo sa 2 signala i uva se intermodulacija

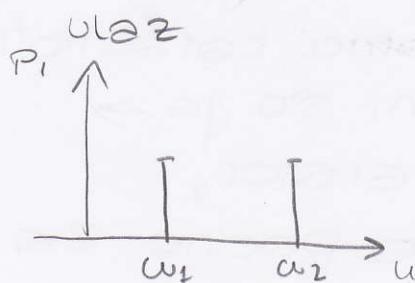
U_{OUT}

$$U_0 \propto A [\cos(\omega_1 t) + \cos(\omega_2 t)]^2$$

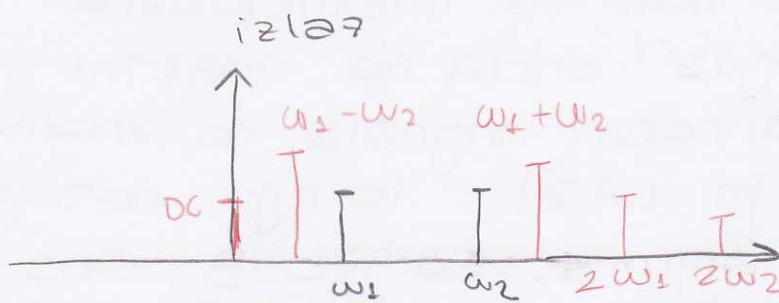
dua signala istih amplituda ulaze u sustav sa kvadraturnim karakteristikom

$$= A [\cos^2 \omega_1 t + 2 \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t + \cos^2 \omega_2 t] =$$

$$= A \left[\frac{1}{2} + \frac{\cos 2\omega_1 t}{2} + \frac{1}{2} \cos(\omega_1 + \omega_2)t + \frac{1}{2} \cos(\omega_1 - \omega_2)t + \frac{1}{2} + \frac{\cos 2\omega_2 t}{2} \right]$$



neharmonicka izobucenja



za svaki signal dobivamo II harmonik i signal zbroja i signal razlike

$$f_0 = p f_1 + q f_2$$

IZOBLİĆENJA

I RED f_1, f_2

II RED $2f_1, 2f_2$

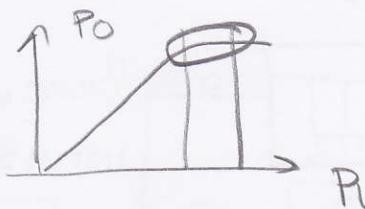
III RED $2f_1 \pm f_2$ } izoblićenja III reda
 $f_1 \pm f_2$ } SV VELIKI PROBLEM
 REALNA SITUACIJA

- izoblićenja drugog reda odu nam stroz
desno u spektru ne smeta nam, doduše
smeta drugima, ali stroz su nam daleko i
nama je OK
- I red ods lijavo i ne smeta nas
- ali II red nam pada u nas kanal između
nase dve frekvencije i zato nam je
to problem

Dijotonstvo ispitivanje - mjeranje intermodulacijskih produkata

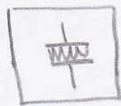
- imamo 2 signala različitih frekvencijskih intervala (nisu akustični signali)
- digitalni izvajalo omogućava zbrajanje 2 signala u 1 signal
- DUT \rightarrow device under test
- znači nem se intermodulacija IP trećeg reda i
spojus i onda ne spektru imamo katastrofu,
hipo nadih signala, ne znamo ni što je \rightarrow
to je LAŽ! to nije nes generator,
- smanjimo za 10dB, ako sve padne za
10dB na spektralnom okviru u uskarnom
smo rezimu rada

- ako smanjimo, a ne padne za toliko, nismo u uspravnom režimu rada

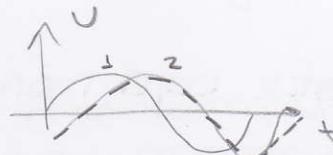


SINTEZIRANI GENERATOR

- imamo ultra stabilan generator onaj od pnp je sa kvarcom i silicijem, ali radi na točno određenoj konst. frekvenciji, vremenska baza, kako napišem da je druga frek. i velika stabilnost
- osmo usporediti 2 generatorka 10MHz i 1GHz



- kako se 2 signala?



nademo gledati
frekvencije

postoji fazni PD, pa onda
uz pomoć uze 2 između faze
i frekv (derivacija) nademo
što nam treba

kako dobit iz toga ~ dig. signal?

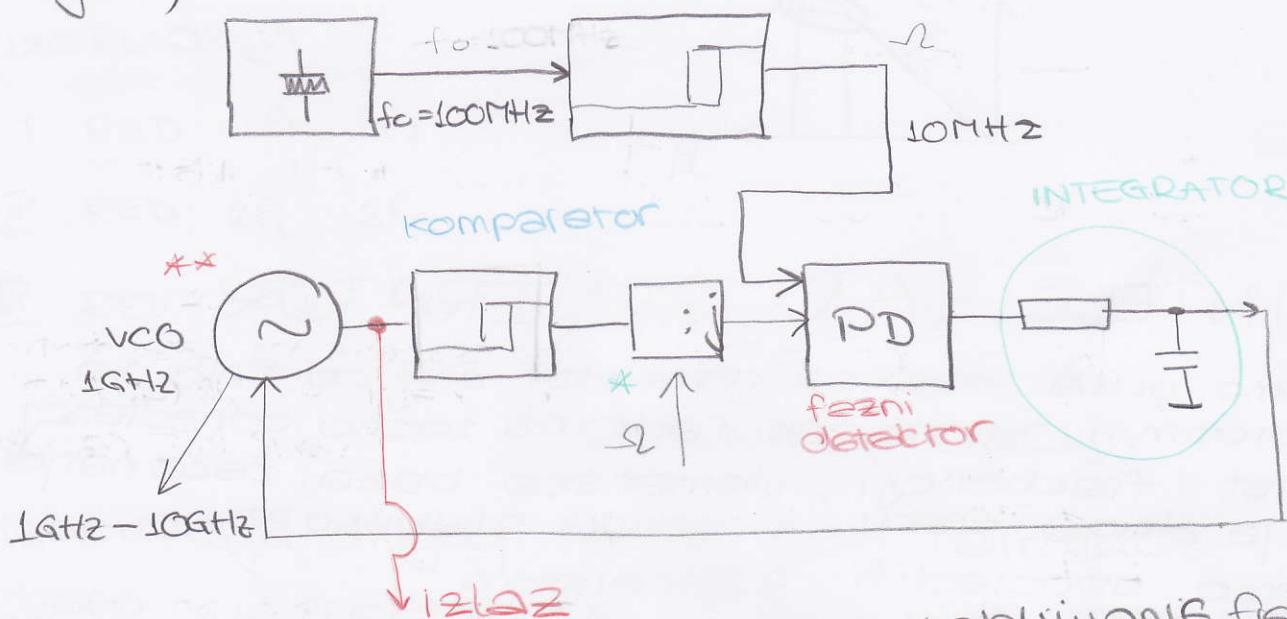
uzmemo pojačalo, pretpriamo se ulaznim
signalom i imamo izoblučenje

dobimo pravokutni signal,
to nam je zapravo komparator

ova shema
za ispit (nismo
is slajdova)

PLL

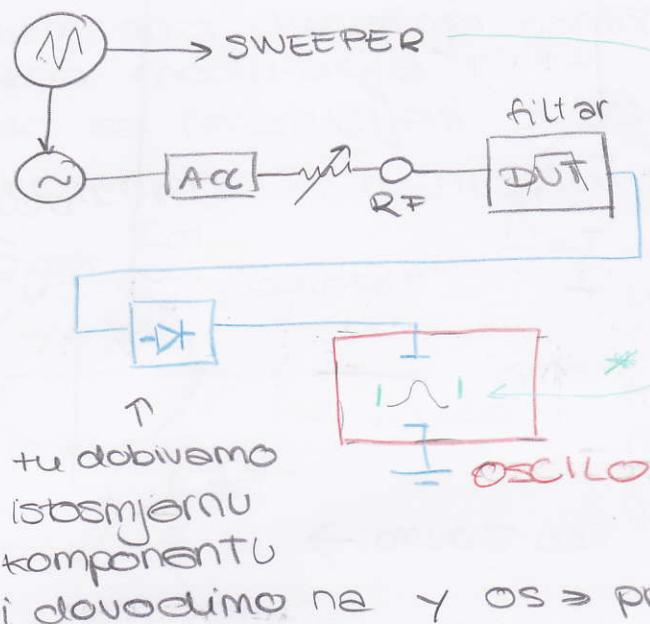
komparator $\sim \rightarrow$



za ustabiljivanje frekv.

- * - oscilator visoke stabilnosti, ali na krivoj frekv.
- * - oscilator loše stabilnosti, ali ok frekv.
- ovako dobimo frekv koja nam pase i fantastično stabilan
- možemo dobiti SWEEP, ali nije praktično, te je sporo 3ms po točki \rightarrow može se ustabiliti \rightarrow oni dobri, naki i μs, ali ne i ovaj
- svi instrumenti imaju ulaz iza referentnog signala pa kad radimo sa višim instrumenata specijalno im istu vremensku bazu iza (obično od najskupljeg instrumenta)
- * - ovome bitno da ima 10MHz od ovog gore
- ako generator ima volitu snagu ne smije ga se oštaiti neopterećenog zbog refleksije o slaboden kraj
- tipična stabilnost preko 10^{-10}

DZ: FILTAR 1-2GHz, 26imo izmjeriti prijenosnu karakteristiku?

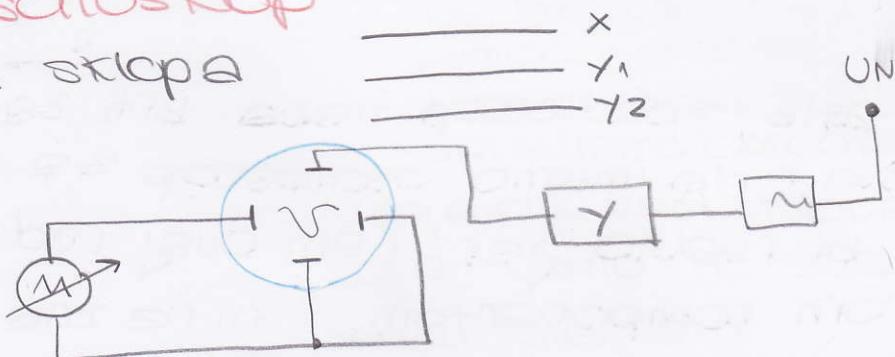


*dovodimo signal sa sweepera na X os, to nam je u vremenskoj domeni, proporcionalno nam je frekvencija, tamo sweep i suži

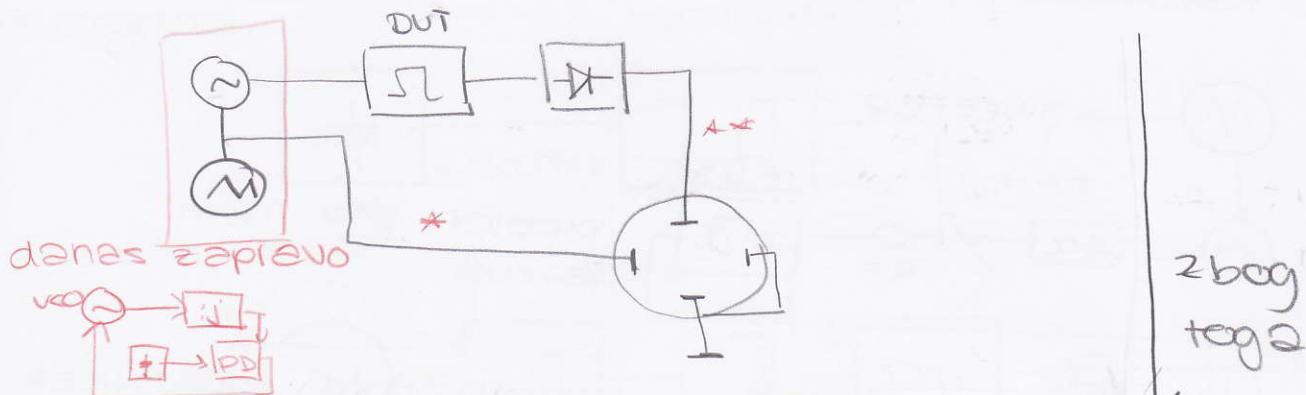
-ovako smo postigli da komplikacije mjerene na UF svedemo na mjerene na nizim frekvencijama, što možemo onda mjeriti uz pomoć osciloskopa

Osciloskop

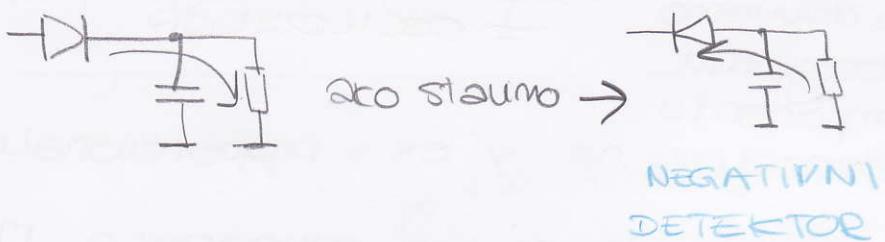
-tri sklopa



- spojili smo sve i dobili obrnuto!



- isključimo signal i imamo —



Zato imamo "obrnuto" karakteristiku, na RF takvi se toniste zbog latice izvedbe

* Što smo prekinuo tu zicu?

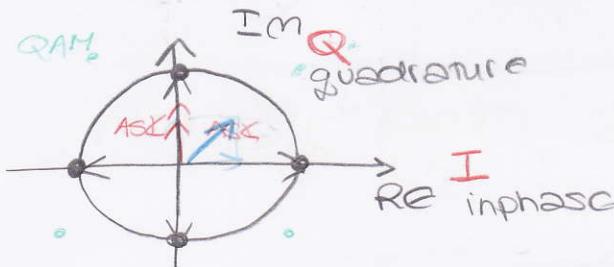
stat da ne jednom mjestu i svepa gore dolje pa imamo |

** ako ovo izvučemo imamo —

- filter radi 1-2MHz → osciloskop treba biti za toliko frekvenci? Sve i da imamo osciloskop za 1MHz opet bi radilo jer nam ovaj radi sa istosmjernom komponentom i nis je znašto jestamo

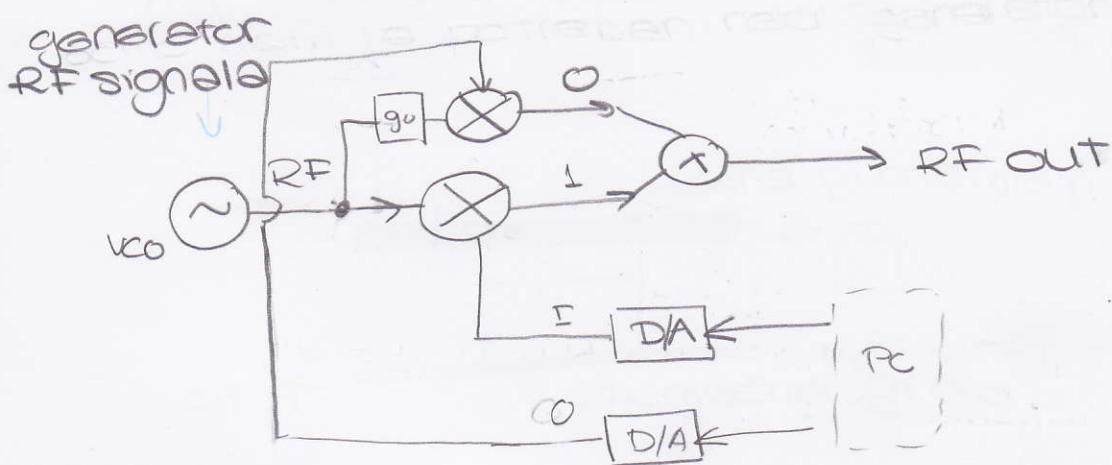
VEKTORSKI GENERATOR SIGNALA

- problem što današnje komunikacije koriste jaco složene modulacije
- pored toga razmičjaju o IQ mjestodi
- imamo npr PSK modulaciju ili ASK



restavamo na dva signala i dobijemo 2 ASK modulacije s kojima možemo što god, ali to je za NF, što se uobičajeno

4PSK



na NF uz pomoć mjesala
dizajnimo na RF i time softverski upravljamo kako odemo

ideja da kad treba nova modulacija samo PC siba novo, a sklop radi sve isto

- ispred D/A se mogu staviti niscopropusni filtri jer DA samo



broj stepenica cui su

o broju naponstih razine tj o broju bita

de bi dobili \sqrt{N} moramo se njezin V/F

komponenti da bi dobili glatku sinusoidu



GENERATOR PROIZVOLJNOG VALNOG OBЛИKA

- arbitrary waveform AWG
- ok 1GHz ide

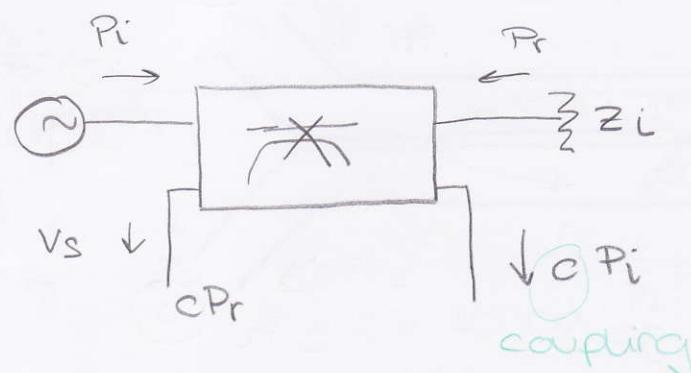
Usporadba parametara komeračnih
generatora

slobodno
osciliraj

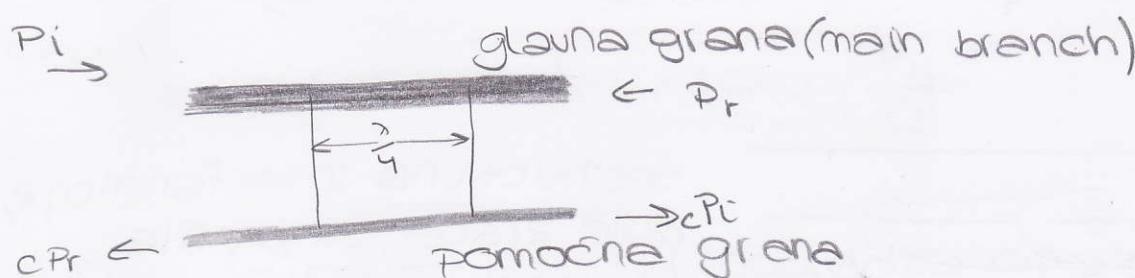
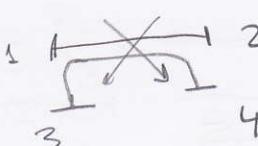
slabodružno	reflektory	dynamické	vectorské	open. projekn. vln.	2010
oscil.					
10MHz - 40GHz	10MHz - 40GHz	1MHz - 500MHz	100MHz - 500MHz	fréq. podla 2. z poseslana	
10MHz - 67GHz	10MHz - 67GHz	1MHz - 4GHz	100MHz - 500MHz	fréq. podla 1. z poseslana	
1MHz - 325GHz	1MHz - 325GHz	—	—	fr. reedr. UR dodatne module	
10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	stabilita	
10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	stabilitnost	
10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	stabilita	
10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	stabilita	
sko níže	zintenzivani	300dBc	—	FAZNÍ SUM	
antén		bolye od GoodRx			
bolye cd	+ 0,5dB	je standardne		AMPUT. STABIL	
+ 0,3dB	je speciálne			PASOVACIA	
+ 10dBm	do 40GHz	do 405GHz	+ 10dBm	Snaga	
0 dBm	40GHz - 405GHz	40GHz - 405GHz	0 dBm		
65GHz do 325GHz	—	65GHz - 325GHz	—		
-		-			totočno
					třeba odrážet země
					brodvene re

Usmjerni sprječnik

- služi za izdvajanje incidentnog i reflektiranog vala

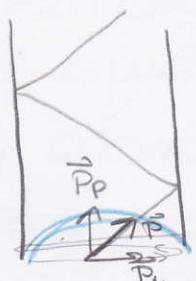


* sprječnik
* dvostruki sprječnik



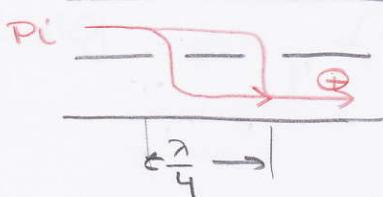
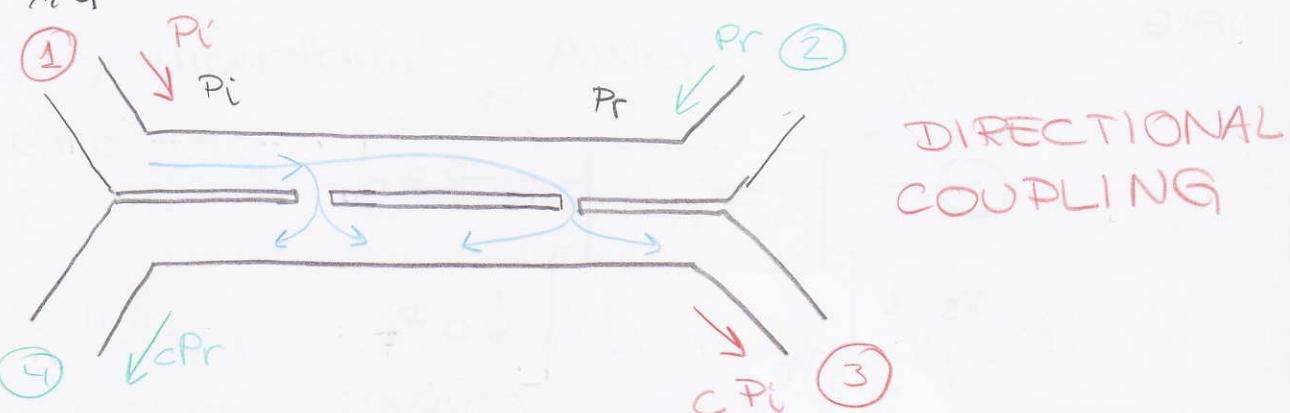
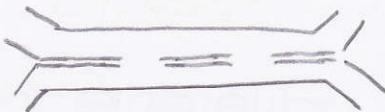
- želimo iz glavne grane izvući incidentni i reflektirani u pomoćnu granu
- linije su razlicitih debljina što simbolizira rezultante impedancije

- valovod

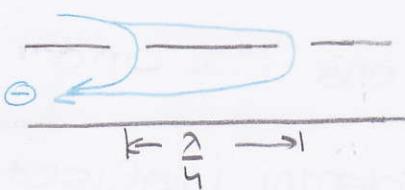


P_r ide ujivo-desno i stvara se stojni val, uz zid mora el. polje biti 0, zato ima tribunj u sredini

- spojimo dva valovoda
duži npr ne uđajanosti



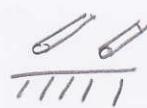
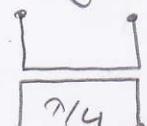
konstruktivna interferencija,
isti put su duži zrake
prošle



destrukтивna interferencija,
duži zrake su prešle
različite puteve i zbrojili
se protufazno

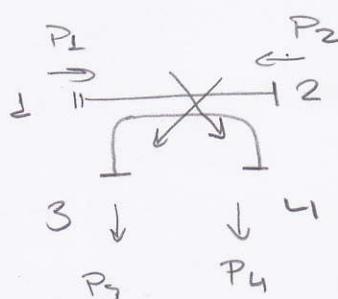
- rupe nam moraju biti male, što manje, ali
ne opst ni previše
- sto s promjenom frakta? a to radi samo
za tu fraku, zato se stavlja viši nprica
- idealno otvor nula, ali onda nam nista
ne spraže

- tehnologija sa diferencijalnim transformatorima
oni su za radio frekvencije, a ne valovode
- i u umjesto valovoda uzmemos duži zice i
dobijemo sprognute zice (iznad mase)



Parametri usmjerivaog spreznika

- tri glavna parametra: usmjerenošć



$P_3 < P_1$ jer je ovo pasivni element

SPREG A

$$c = 10 \log \frac{P_1}{P_4}$$

COUPLING

(inc / ref)

za idealni SPREZNIK $10 \log \frac{P_1}{P_3} = \infty$

no ipak nije idealno pa se to definira

IZOLACIJA

IZOLACIJA

$$I = 10 \log \frac{P_1}{P_3}$$

$$D = 10 \log \frac{P_4}{P_3}$$

USMJERENOST

(usporadba onog što zelimo i onog što ne zelimo)

- monitoriranje

$$c = [10 - 40 \text{dB}]$$

dijeljivo / zbirjalo

$$c = 3 \text{dB}$$

- na izlazu je ujet manje nego na ulazu, ali po dat. je obrnuto da ne bude negativno

$$D = 30 \text{dB} \Rightarrow \text{jako dobro}$$

ispod iste linije

- fizičnajši opsezi

$$|c| = TE$$

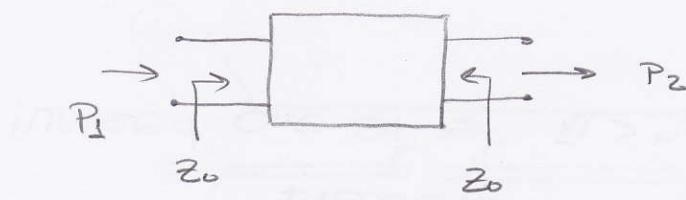
$$\frac{|c|}{\omega E} > 10 \quad \text{vodič}$$

$$|D| = j\omega EE \quad \frac{\partial \bar{E}}{\partial t}$$

$$\frac{|D|}{\omega E} < 10 \quad \text{izolator}$$

ATENUATORI

- oslabljivaci

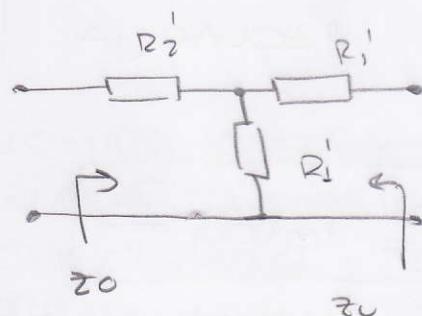
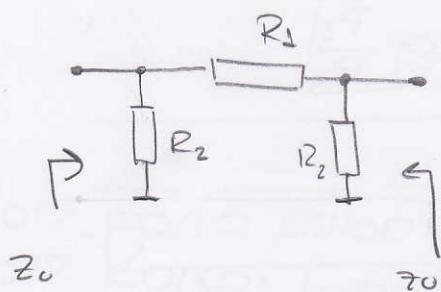


$$G = \frac{P_2}{P_1}$$

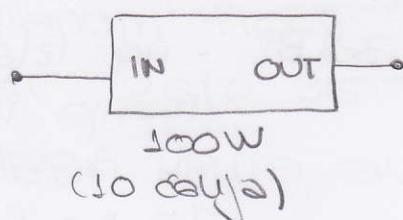
$$L = \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{G}$$

LOSS

- nužno rezistivni sklop
- "izgubljena" snaga je otisla u toplinsku energiju
- sastoji se od doslovno otpornica koji su prilagođeni
- daje izvedbe π i T četveropolni (osluški)



- atenuatori se često sastoje od niza ovakvih čelija
- parni, proizvodnici štедi!



na početku jadi i projektirano za 100W, druga za 10 pa deseta za 1W, to radi, ali ako zamijenimo, sa velikom snagom dolazimo na 100 dimenzioniranu za 1W i datko spavamo sve