

ELEKTRONIČKA MJERENJA I KOMPONENTE

Predavanja 2013/2014

Vrijedno zapisivala:

Alma

1.Ciklus

11.10.2013

Osciloskop

- snop e⁻ giba se prema ekranu, zakrećemo ih magn. ili ele. poljem i dobijemo otkon \leftrightarrow
- duga elektronska cijev ... zašto
- digitalni osc. može imati i an. i dig. prikaz,

ANALOGNI - pamčenje \Rightarrow fotografski film, snimanje

- do 100MHz: pločice unutra čine kondenzator koji se na toj ne može nabit

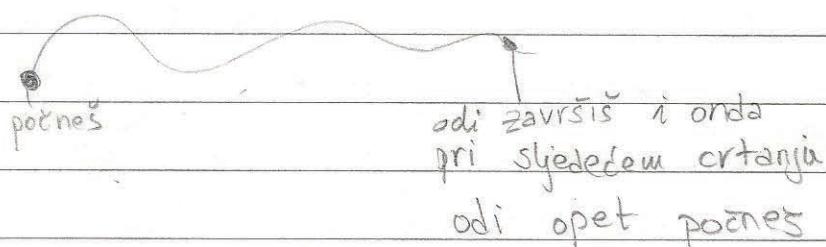
DIGITALNI - uz frekv. otključavanja bitno je da piše fg (100, 200MHz) i sonda sa manjim kap./m i višom fg

ANALOGNI OSCILOSKOP

- užarena žerna nit koja ispučava e⁻ u vakuum
- snop e⁻ fokusiraš da ide u 1 točku
- otklonske pločice za vertikalni i horiz. pomak točke

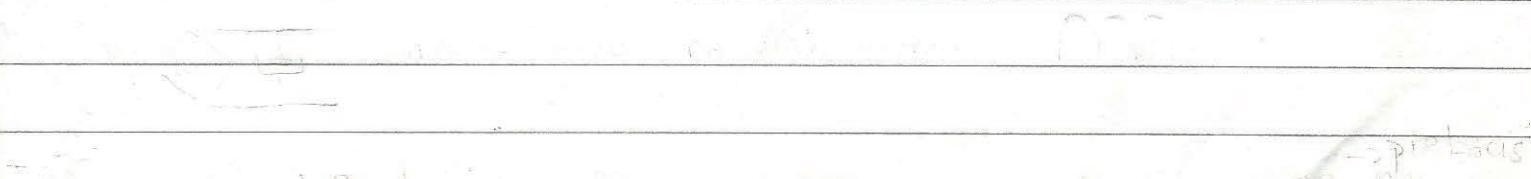
SINKRONIZACIJA sa trigerom

TRIGER
LEVEL



VERTIKALNI KANAL

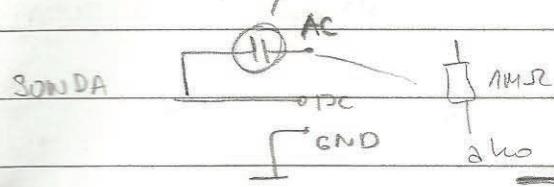
SLIKA



COUPLING CONTROL: kontrola povezivanja ili sprege
DC - direktno spajanje signala, AC i DC komponente prikazane

AC

- kondic blokira DC komponente i niskof. AC komponente
- nF, ne smije bit premali, imao bi visoku fg
- vezni kond. ogranicava f_d , obично 10 Hz



- na AC → $\frac{S}{A}$ osc. ne možeš izmjerit $1M\Omega$ jer imas vezni C
- na DC možeš izmjerit $1M\Omega$ lako s ohmom

$f_d \rightarrow$ nepraktično za gledati točku koja ide 2 mil od L do D

RC - visoki propust sa 20Hz
Atenuator - uvijek na ulazu u osciloskop
UL. IMPEDANCIJA $1M\Omega$ - suma otpora

- kad bi pojačalo bilo prije onda bi moralo jednako pojačavat i mV i V
- RC-ovi ograničavaju točnost na par posto (2-3%)

Visokonap. pojačalo - dif. izlaz sa +100V i -100V na placi

Linija za kašnjenje

- sinkroniziraš početak islikavanja od L do D sa hamđeštenim triggerom

- ako želimo 2 slike na ekranu

→ el. cijev sa 2 izvora el. snopa

ISEKPLAVI MOD

CHOP MODE → iscrtavamo malo 1 sliku, malo drugu

dugo vremena treba da • ↑↓

crtkano: ne crta točku nego par mun → u par

prolaza iscrthat će se sve

IZMENJENI MOD

ALT MODE - prvo se iscrtava 1 pa druga slika

! CHOP MODE bolji za signale niske f (spori)

ALT-ZA brze signale ALT MODE (više f)

! VERT. MODE → trigger prebačen u CH1, CH2, VERT. MODE
kada je isert. CH1 sinkr. se na njega,
kada je isert. CH2 onda na njega

- slike znat

HORIZONTALNI KANAL

slika: ulaz i at. samo za x,y prikaz

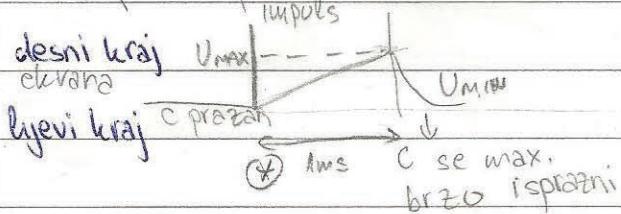
- imam zapravo pilasti napon i pojačalo

- treba generirati dobar pilasti napon

- slajd 10. znat

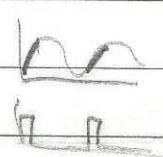
INTEGRATOR - na ulazu 1 ili 0

- kad dode sinkr. impuls onda integrator stvara pilu
(npr. puni kondenzator)



čeka dok se pilasti napon (C) ne isprazni do Umin
saček
sljedeći još malo do 0 i oslobođi da može proc
sinkr. impuls

ZAŠTO?

- integrator dočte do maksimuma i počne padat i tada ne smije doći novi sinkr. impuls jer bi se slika počela iscrtavati od sredine ekrana
SINKR. IMPULSI → generiraju se na rast sinus 

NORMAL-AUTO način okidanja

čeka okidni impuls \rightarrow točka u miru generirati svoj \rightarrow slika može ići \leftrightarrow

pr. AUTO ~~for fun~~ šaljem dig. poruku svaku sec
nākon što prođe sec on će krenit crtat negdi od desno npr. pa nećemo vidit

* ako iscrtavanje traje lans i oču duplo bržu vrem. bazu pil. napon će bit duplo srbmiji

ovaj nagib je V/cm

HOLD OFF - mrtvo vrijeme - nakon što sl. dode desno do kraja koliko dugo cekat do ertanja → dok točka dode ponovo lijevo

SKLOP ZA SINKR. - ne mora slika

3. NACIN OKIDANJA: SINGLE SHOT - isto kao normal ali kad dode do kraja

čeka da stisnes RESET ✓

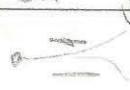
KAT. CIJEV - ne shema 12 i 13

POSTTRIGER

- ako imamo okidni uvjet i na ekranu možemo vidit \rightarrow nakon se događa njega

zašto nedenadno ubrzanje? za veću sliku tj. osjetljivost 1. slaja zadnja natulnica!

- češko su još spori se otklone s pločicama

 generirani napon visoki koji ih

ubrzava

SONDE

- asimetrična veza

1 ulaz spojen na lim i zaviku, drugi je sloboden

- ulaz $1M\Omega$

- na $30pF$ pridodaje se parazitni C hocks. kabela

↳ na $100kHz$ nije problem, ali je na $6Hz$

* AKTIVNA - ima pojčalo \rightarrow blizu izlaza, ako ima FET

- kabel dug koliko očeš a izl. imp. velika

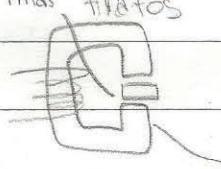
- sl. 16 ne napamet

STRUJNA SONDA

imaš trafos

malo neš Fe van, uguraš žicu unutra i vratiš te

→ mjeriš AC



NAP. SONDA - pasivne \rightarrow ideja da manje opteretiš ono

što mjeriš pa staviš u seriju do datnu imp.

($9M\Omega$ napon smanji $10\times$)

PASIVNA SONDA

- im hocks. kabela \rightarrow $100pF$ veliki kapacitet \rightarrow može djelovat
na spektar ko filter

Začto p.s.? da ne staviš $100pF$ na to što mjeriš

radije žrtvuješ da $10\times$ smanjiš signal, staviš $9M\Omega$

i kapacitet je manji

slika 18 aten. na svim f na visokim f

\rightarrow cilj $10\times$ smanjiti na svim f \rightarrow KOMPENZACIJA

✓

$Z_s \rightarrow RC$ a unutar sonde

$Z_{osc} \rightarrow$ ikakle i ulaza? ne formula

- C ovisi koliko dug je kabel i koliko manji C

su napravili na ulazu \rightarrow ideja je čim bliže tu što se mjeri nastimat taj C

- on je relativno mali, max. 12pF
- ako imaoš tu prevelik C signal na izlazu
- toga C je veći napon nego što treba bit
→ NADKOMPENZIRANO

- za premali PODKOMP. → napon ne naraste obvoljivo brzo

TEORETSKI

- svaki ul. atenuator ima svoj ul. kapacitet

- sonda komp. za svaki CT, u praksi za sve osc. iste vrste isto kompenzirana

GREŠKE

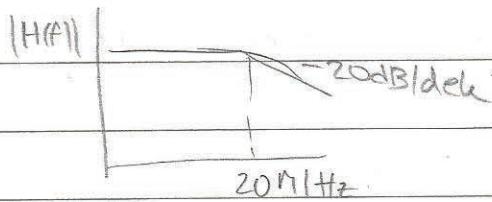
- za sin. signal pogreška ampl. i faze, za prav. signal izobličenje: ne valja vrijeme porasta i pada

21. ne osim imp. pada s f

22. svi osc. se ponašaju kao sustav 1. reda:

$$t_r = \frac{0.135}{f_g}$$

brzina \downarrow porasta
signala



- kroz RC kad propustiš \square dobiješ \square

- što je viša f_g izlaz de bit sličniji \square

- formula vrijedi za sondu \square

23.

- PASIVNA
- sonda $\times 10$ smanji de signal 10x

DIGITALNI osc. 1) osc. s dig. pamćenjem

2) sampling - na ulazu imaju digitalizator

koji spušta fr. područje signala

↳ može bit an. i dig.

1) odsampli signal odjednom ili kroz više navrata
(ako znam da mi se signal ponavlja)

18.10.2013.

26.

DIG. OSCILOSKOPI

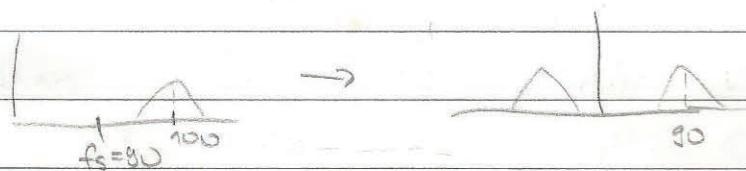
- 2 Sabirnice za upis i čitanje podataka iz memorije: dvoprilazna memorija
- procesor izvlači sa svih kanala sliku i iscrtava na neki ekran
- dio za sinkronizaciju izvodi se analogno radi brzine
 - da ne čekamo okidni uvjet
- 27. - puni memoriju u krag s faz
 - kad dođe neki okidni uvjet (rastući brid na koji se sinkron.)
 - može zaustaviti sliku ili pustiti još 1/2 elevana da se napuni → stari podatci
 - ne mora trigger biti na početku ekranu

ISPIS - na ekranu

ZAPIS - u memoriji

28.

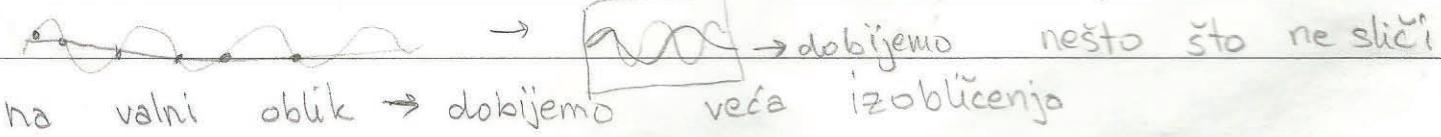
- ako signal ponovljivi sampleam s nekom f_s koja nije dovoljno visoka → prekl. spektra → ostati de neka razlike f



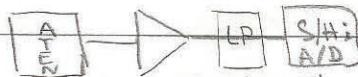
- dobivamo signal puno niže f

PROBLEM

- sin podrihtava s vremenom → ako ga pre gusto odseumplamo sa tako niskom f onda će točke bjezat



KAKO TO IZBJEĆI?



ANALOGNI
ubaciti LP filter \rightarrow da ugasi sve f iznad f_s koj se fgy mijenja ovisno o vrem. bazi $\frac{f}{2}$

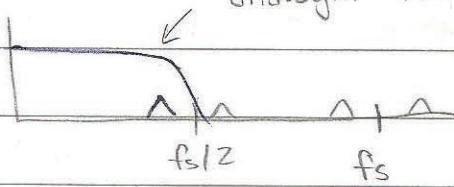
$$f_{gy} \approx 5 \text{ cm}$$

- pa se to ne radi baš

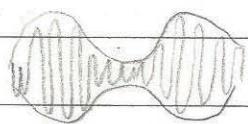
- digitalni filter ne jer je aliasing napravljen već kod sumpljanja

PREKL. SPEKTRA - ALIASING...

analogni filter



B21. KAKO IZBJEĆI \rightarrow Peak detection način rada



- odsemplaš u 100 točaka i dobijes nešto bezveze \sqrt{n}
i ne vidiš da se radi o ampl. modul.

- za svaku x-koor. \rightarrow 2 y koordinate

- pamti samo min. i max. vrijednost

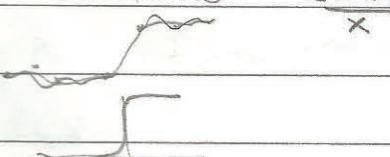
- do trena kad bi trebao uzeti iduću točku umesto da čeka on opet gleda min. i max.

- izbjeci aliasing ako je f dovoljno visoka
Tako je najbrža f rada osc. i dalje nedovoljno visoka, formulata može uzrokovati prikaz o

B34 - za sporije vrem. baze točke demo samo spojiti

- za više f računamo $\sin x$

- istitrovanje:



za svaku točku:
→ amplituda * koeficijent → zbroji
- za sljedeću točku $\sin x/x$ shifta i opet sumiram
 $\sin x$

INTERPOLACIJA - da se vizualno bolje poveže

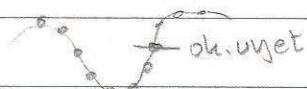
- što bđa int: sa nizom fuz ostvarit višu fgg

- $\sin x/x$ računamo za susjednu točku → sporo

- zbog int. kod dig. osc. imamo veliku preskakanje signala

35 TRIGGER INTERPOLATOR

- čekamo trigger za zaust. slike



- između zadnjeg samplea i trenutka kad je detektiran ok. uvjet imaćemo neko vrijeme

izmjeriti
- koliko je vremena prošlo od triggera do idućeg brida ili
od brida do triggera
→ TR. INTERPOLATOR

26 ULAZNI DIO:

ATENUATOR - ima fgg → najviša granica na kojoj radi
bez greške

POJАČАLO - može se izvesti do 16Hz, da radi na niskim
i visokim f, širokopojasno

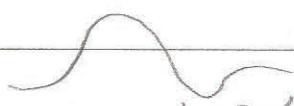
↳ funkcioniра kao antialiasing filter.

36: - dosad odseuplamo signal u 1 prolazu

- umjesto računanja isertam točke koje imam pa u 2.
prolazu neke interp. točke od ovih 12 1. prolaže druge točke → točke se popune bez
računanja interpolacije

- možes ostvariti veću fgg → nije više def. s $\frac{f_s}{2}$ (praksa $\frac{f_s}{4}$)

④ sporo: problem što je signal prebrz i imam gubitke



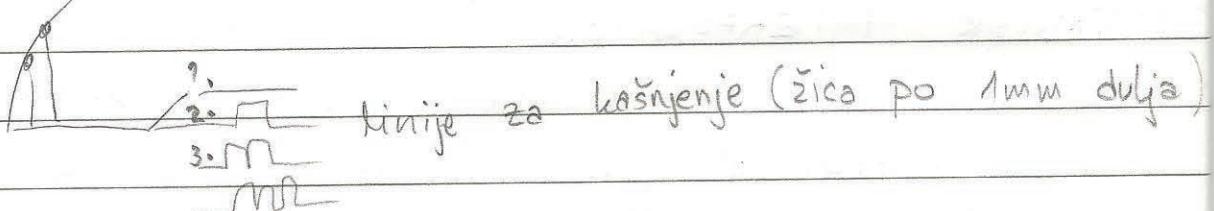
- virtualna f se uplanja ovaj dio neteš rekonstruirat
je ono šta si dobio tim
progušćivanjem → dizeš fgg

"RANDOM" repetitivno i uzimanje uzoraka

(37) "takst" uzorkovanja fazno pomaknut u odnosu na trigger

(38) - od triggersa do idućeg uzorka brojim clockove
→ PRIJE

- umjesto tog generiram sve veće i veće kašnjenje i uzori se uzimaju puno gušće → uzima se 1 uzorak u periodi



- ubrzavam

- uvijek gledamo posttrigger za razliku od RANDOMA ali zato gledaš puno visoke f

(39) - namjerno preskoče više perioda

- nema ul. attenuatora

- frekv. pojas koji smiješ gledat ograničen je s faz

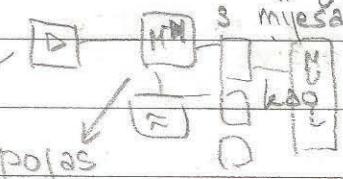
- ne možeš imati signal 506Hz koji ima smetnju na 1MHz jer će se to zbrojiti u S/H

- na ulaz osc. ne smiš staviti širokopojasni signal i da te zanima samo 1 dio

PROBLEM: prije S/H ne možeš staviti nikakvu zaštitu ako prije staviš diode one kratko spojaju na ground

- ulaz netašten!

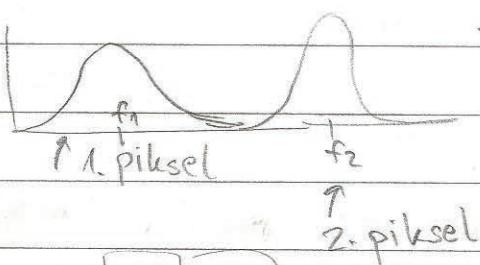
Analizatori spektra

- [12] - znat shemu
- ul. signal pojačam → 
- spustim f u niži pojas s mješalom s pustom u niži f pojaseš (to je f0 + f mješaš)
- paralelno spojeni an. filtri → za svaki piksel po jedan F
- prednost: kad dovedeš neki signal taj čas ga dobiješ na ekranu
- problem: filter ima ul. impedanciju → veliko opterećenje kad su u paraleli

RAZLUKA F. KOJE moš gledat → razlučivost → ovisi o širini DF

[13]

!



- ako na ulazu a.s. imas f točno f_1 , to će bit max. odziv

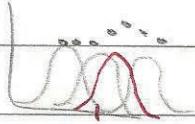
- prije f_1 manji odziv

2. piksel

piksel se pali pa gasi → ne možemo izmjeriti amplitudu
→ zato filtri moraju bit dovoljno gusti → pa se zbrajaju

pojačanja i na svakoj f je to uvek isti broj →
tad imaju prilično ravnu fr. kar.

- ako se fcentr. nekog filtra malo pomakne dobijem nadvišenje, f.k. nije ravna

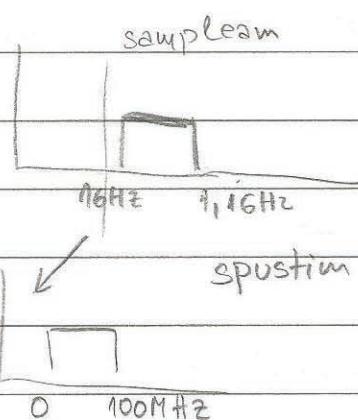


- koliko se 1. piksel smraći toliko se 2. posvjetli

- oblik područja propuštanja i gušenja filtra mora strogo bit vezan s f_c → u realnom slučaju za višo filtra nego u idealnom

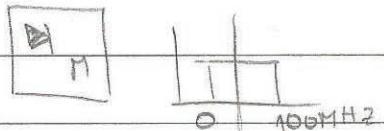
16 znot skicu

- **mixer** pot. za naupeštanje f.
- **MJESALO** → mora imati antialiasing filtri i filtrirani signal
- spuštam f npr. na 100MHz
- dovedem osc. ↑ poznate f od 1 do 100MHz
- s mješalom **spuštam** f na neku fiksnu



DS pojedim u Širokop. pojačalu

MJESALO
(jednako dobro
radi na svim f.
→ nema nadvišenja
s mijenjanjem f).
nema aliasing



usred signala: koja je ampl. na toj f
gledam samo DC dio signala
& dobijem tu amplitudu

5 do 30GHz

(nelin. karakteristika)

17 dioda nelin. element i ekspon. f-ja se prikazuju

DS Taylorovin redom ... U^2

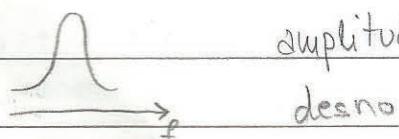
ako na ulaz dovedem suvu napona dobiješ

razliku - tebe i zbr. frekvenciju
ostale razlike f-ju nizemf. pojasu
zanimaju isfiltriraju

18 ne triba formule sre

! klizna f - mijenja se lin. i log.

- ako prebrzo **21** očitavaš frekvencije
3 greške - što je oč. f?



amplituda se smanjuje i centar se pomiče

desno

- je li f sweepanja previšoka? proujenit, ako se nešto

dešava smanjiti f

- špicasto → visok Q faktor → sporije se očitava zato što
se filter treba utitrat (više od 100 perioda)

3. g. Špuštam, povičem → i širim spektar
- ako je jako uski pojed (Q↑) moramo ići sporije kroz spektar

(22)

(23) PG

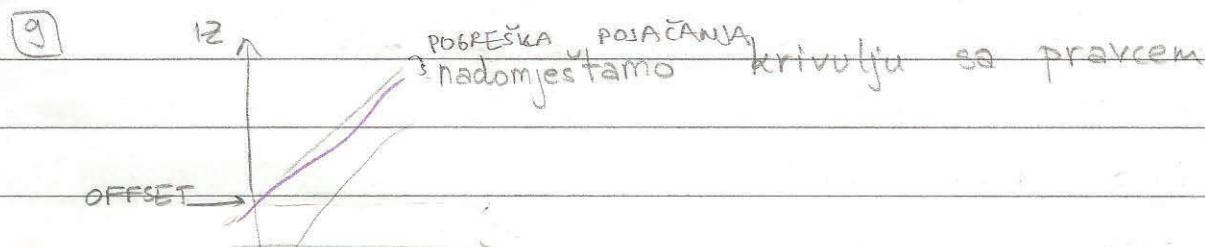
25.10.2013.

Mjerni lanac - slabo ✓

- to je bla... | - osjetila

[7] - STATIČKA prij. karakteristika → za DC, DINAMIČKA - govori koliko
brzo dolazi do promjene

[8] Način kompenzacije? → diode itd. nepraktično jer za svaku
nelin. treba napraviti novi sklop



MRTVI HOD - promjena ulaza za koju se izlaz ne mijenja
- ako je offset negativan mrtvi hod će imati i na
početku

[10]

[11] SELEKTIVNOST - pr. senzor za mjerjenje vlage → osjetljiv na
temperaturu i vlagu → mjerit temp. da bi vidili
osjetljivost senzora → oni su neselektivni

[12], 14, 15 razlikovat

SUSTAV 2. REDA - istitrovanje ovisno o ω faktoru

[20] - razlike linearnih i nelinearnih izobličenja

LINEARIZACIJA - za sačuvat valni oblik svaku frek. komponentu
jednako pojačat, a fazni pomak se treba linearno
mijenjati ($45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, \dots$) → jednako kašnjenje svih frekv. k.
- izobličili smo valni oblik, ali u spektru nisu
nastale nove frekv. komponente

- mijenjamo amplitudu i fazu

NELIN. IZOBLE - novi harmonici

(27) ?

→ tim dobivaš linearizaciju, kalibraciju sustava

Mjerenja el. veličina ✓

- spajanje paralelno i serijski

- otpor instrumenta $1-10M\Omega \rightarrow$ puno veći od ostalih

(16) SERIJSKI SPOJ

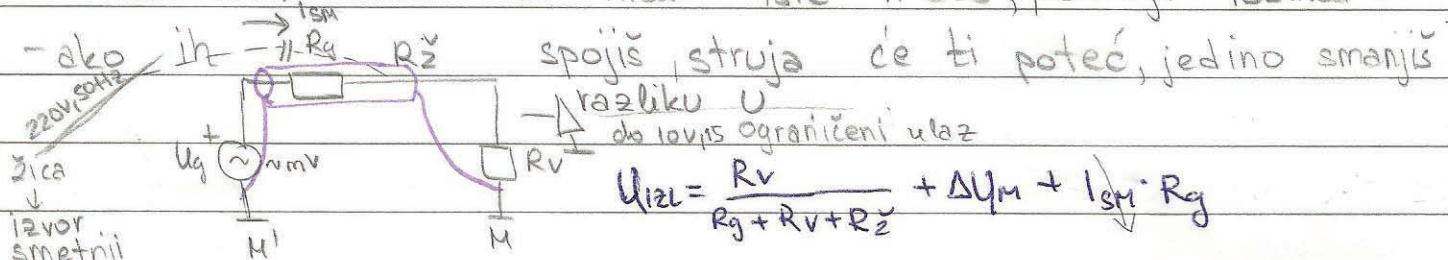
- struja k.s.

11 NASA je referentni potencijal, može biti 2,5V

→ izvor 5V a hoću poz. i neg. U 2,5V pa napraviš i umjesto 0 i SV imam $\pm 2,5V$

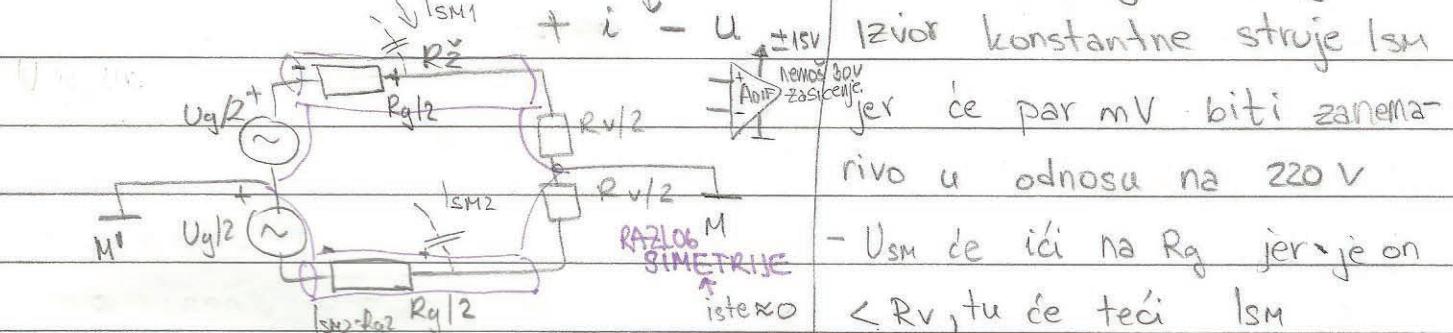
UZEMLJENJE - ov

ASIMETRIČNI SPOJ - to nisu iste mase, postoji razlika u



postoji parazitni c

SIMETRIČNI ILI DIFERENCIJALNI - kod smetnje ona je



$$U_{12L} = \frac{R_v}{R_g + R_v + 2R_z} \cdot \frac{U_g}{2} + \Delta U_m + \frac{(I_{sm1} - I_{sm2}) \cdot R_g}{2}$$

faktor Potiskivanja

Avd

Avz

Rg/2

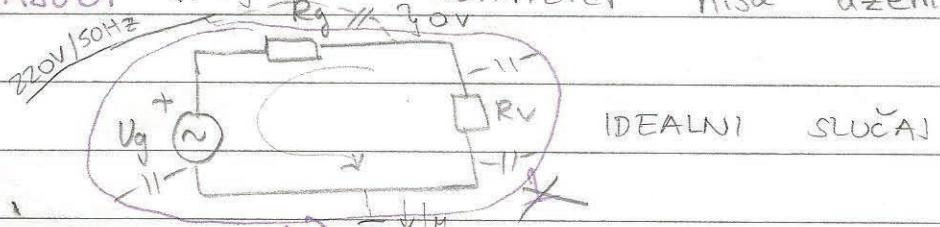
- struja SM ide kroz

- da bi ΔUm smanjili stavimo oklopljeni kabel i paraz.c

se neće hvatat na 100m žice nego na manje $\rightarrow I_{sm} \downarrow$

- I_{SM} ide preko oklopa plašta u masu, točka je samo onaj neoklopjeni dio

PLIVAJUĆI - ni gen. ni voltmeter nisu uzemljeni



- ne teče struja I_m kroz krug \rightarrow bilo gdje u krugu nemaš pad u koji uzrokuje I_{SM}
- cijeli krug pliva na 220V

$$U_{IZL} = \frac{R_v}{R_g + R_v + 2R_Z} \cdot U_g + I_m \cdot R_g$$

- za realni slučaj ti si na stolu i imaš parazitni c. prema zemlji i teče jako mala I_m
 - obično se pola smetnji uhvati gore, pola dole
- RJEŠENJE: GUARD - oklopis sve u nekakvu metalnu mrežicu po kojoj sva struja SM teče u masu
- jako smo povećali parazitne c ali nismo unijeli smetnje
 - plivajući spoj je jedini slučaj da je napajanje odvojeno i na ulaz možeš staviti KV a da ne dođe do zasićenja



15 ~

19 FAKTOR POTISKIVANJA - omjer pojačanja diferencijalnog i istosmjerneog signala

15.11.2013.

Mj. izvori ✓

(31)

OSCILATORI

NUŽNI UVJET za osc. (nije dovoljan) $\beta \cdot A = 1 \rightarrow$ Barkhausenov uvjet

(32)

(33)

DOVOLJAN UVJET za osc.: krug koji rezonira \rightarrow što je rezonator bolji (pojas prop. uži to je fazna kar. strnjava) \rightarrow osc. ima čišći signal i bolji N , manje harmonika itd.

$$Q_1 < Q_2 < Q_3$$

$$\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2 > \Delta\omega_3$$

(Bikanović)

(34) - RC osc. s Wienovim mostom \rightarrow ne bi radilo u praksi

(35) ^{REALNO} - FET naponski upravljan otpor \rightarrow otpor između D_1 i S upravljanu naponom na G (može zamijenit žaruljom)
- kada poraste napon ^{na blazu} / otpor raste i smanjuje se pojačanje

(36) - stabilnost f ovisi o Q faktoru LC-a (faktor kvalitete) \rightarrow faktor kvalitete ruši Razvojnici (jer imaju manotanu žicu, jezgru, gubitke histerezis)

(37) kvarc-piezoel. svojstva; veliki $Q > 10^4$

- uvijek $\omega_s < \omega_p$

- sam kvarc RLC krug, nalazi se između elektroda

\rightarrow predstavlja C_p

- RC krugovi 100, 200, upotrebljavamo kao RC krug

- stavljamo kvarc tako da do izražaja dolazi

ser. rez. f (visoke f) ili par. rez. f (niske f)

- trandi do $> 100 \text{ MHz}$

- čisti kvarc \rightarrow nema temp. ovisnost \rightarrow ω_{rez} se mijenja

3 T, postoje i temperaturno stabilizirani kvarcevi
- znati graf i formule

PRAKSA: do 100MHz kvarci za više f Coperis
[42] izvor pravokutnog napona mož naustat razine
[43] trok. napon se razlomi

- pale se diode, pa se mijenja otporno dijelilo, za dovoljno
puno točaka dobije se sinusoida

[45] - izvor ref. napona \rightarrow MIJESALO (nelinearno; dioda) \rightarrow dobijeno
razlike iznose koje izbrajamo i oduzimamo (sa

pr. [47] \rightarrow fitar za 12MHz mora mijenjati kar. filtrima izdvajaju
interesa)
[48] \rightarrow dobro što nema filtera koji mora mijenjati
karakteristike (to je heterodinski pristup)

- množenjem w_1 i $w_2 \rightarrow w_1 \pm w_2$

[51] FAZNI DET. \rightarrow na izl. daje U proporc. razlici faza Z
signala na ulazu \rightarrow tu faza nije nužno $\propto [\sin(\omega t + \alpha)]$

$\sin[\phi(t)] \rightarrow$ frekv. modulacija (audio signal koji mijenja f
u vremenu) \rightarrow u tom slučaju je $\phi(t)$ faza ($\omega = \frac{d\phi}{dt}$)

\rightarrow PLL \rightarrow sve u sinusu je faza

FILTAR - NP

NAP. KONT. OSC. - na izlazu čisti N cija f ovisi o U na
ulazu

RAD: $\frac{\text{ULAZI}}{\text{SIN}}$ sa stabilnom ω ali se ona mijenja u vremenu
 $\frac{\text{MHz}}{1MHz}$ $\frac{\text{mala}}{\text{mala}}$
 $f = 1kHz$ mijenja se svake 1s
(frekvencijom 1MHz)

- dobijem U koji se mijenja sa 1MHz \rightarrow izveden 1MHz
- cijeli PLL filter frekvencije

- slično funkc. frekv. mod. → filter ubije f okolo centralnih 90MHz koja divlja u vremenu

53

54 upotreba PLL-a

- stabilna f

- djelilo \rightarrow

- PLL nastoji održavati ove 2 f iste (to je vjeza) pov.

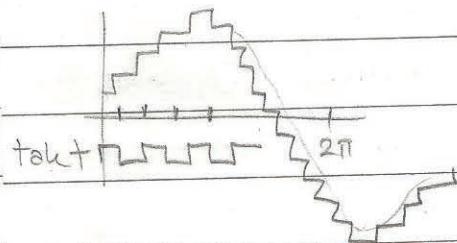
- možemo dobit bilo kakvu f out of free na ulazu

55 DDS - imam nizove br. koje šaljemo na izlaz

→ imam sin lookap tablicu → za broj vidimo vrijednost sin

- brojeve šaljem na DA pretvornike

- na svaki takt clocka 1 broj



→ LPF (low pass filter) izgledi sin

PROMJENA F:

1) promjena f clocka (češće ISPIŠIVANJE)

$$\frac{1}{f_{cl}} \text{ cijelog sin} \quad \frac{N}{f_{cl}}$$

$$f_{sin} = \frac{1}{N} f_{cl}$$

- teško izvedivo

2) uzimati svaki 2. kut → strmija stepenica → sin je brži → samo utiskamo broj u fazni akumulator

→ preskačem svakih M faz

$$58 f_{sin} = \frac{M \times f_c}{2^n}$$

60

61

6.12.2013. - fali predavanje

2.Ciklus

Značajke pasivnih komponenti

Nazivne vrijednosti pasivnih komp. određuju se prema
Renardovom nizu opisanim izrazu

$$N = a r^{n-1}$$

N - nazivna vrijednost
a - prvi član niza
r - gustoća niza
n = 1, 2, 3, ...

Primer: potencijometri i trimeri

$$n = 3$$

$$r = \sqrt[3]{10}$$

E = 3 → proizlete nazivne vrijednosti:

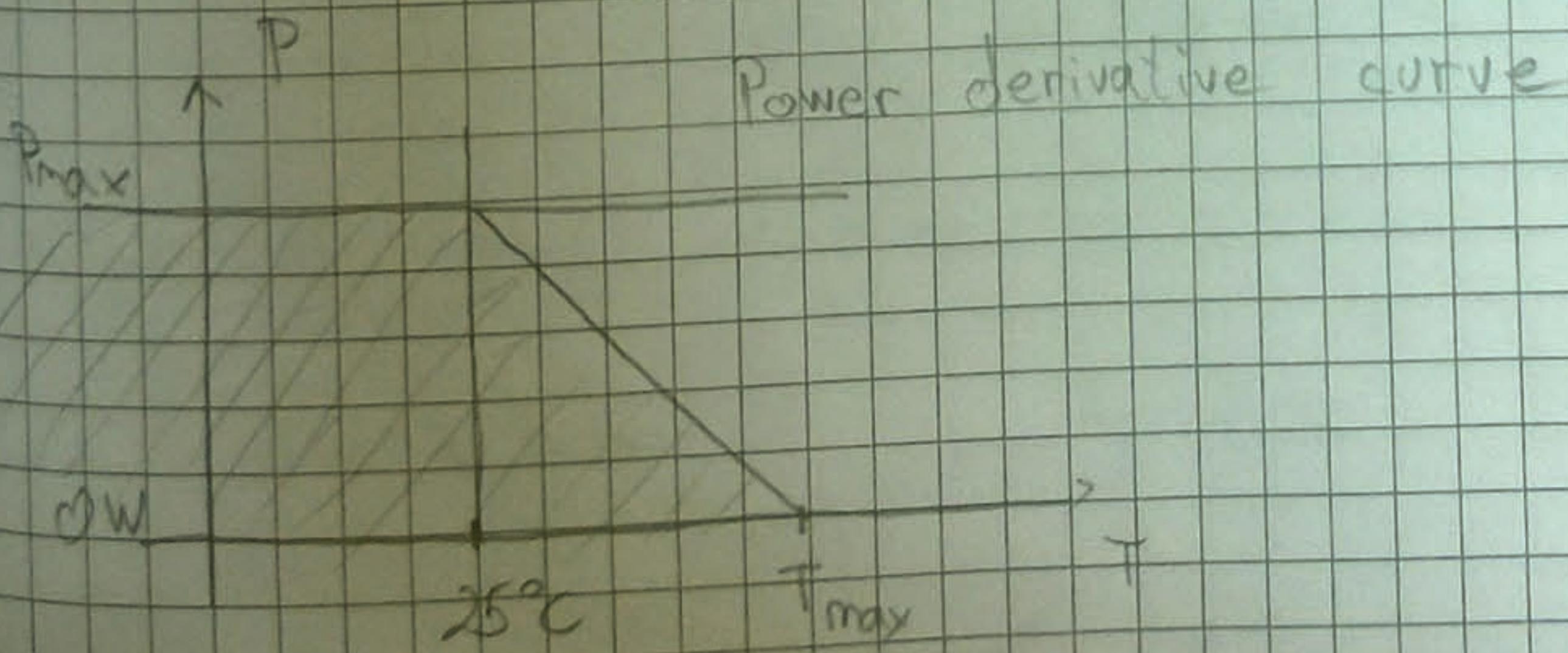
$$N = \sqrt[3]{10}^{(n-1)}$$

$$\sqrt[3]{10}^0 = 1$$

$$\sqrt[3]{10}^1 = 2.2$$

$$\sqrt[3]{10}^{1.2} = 4.7$$

Max opterećenje



Faktor kvalitete !!!

$$Q = \frac{P_Q}{P_R} = \frac{\text{jednačina snaga}}{\text{radna snaga}}$$

Serialna paralelna mrežna

Za visoke frekvencije:

$$L_P \approx L_S$$

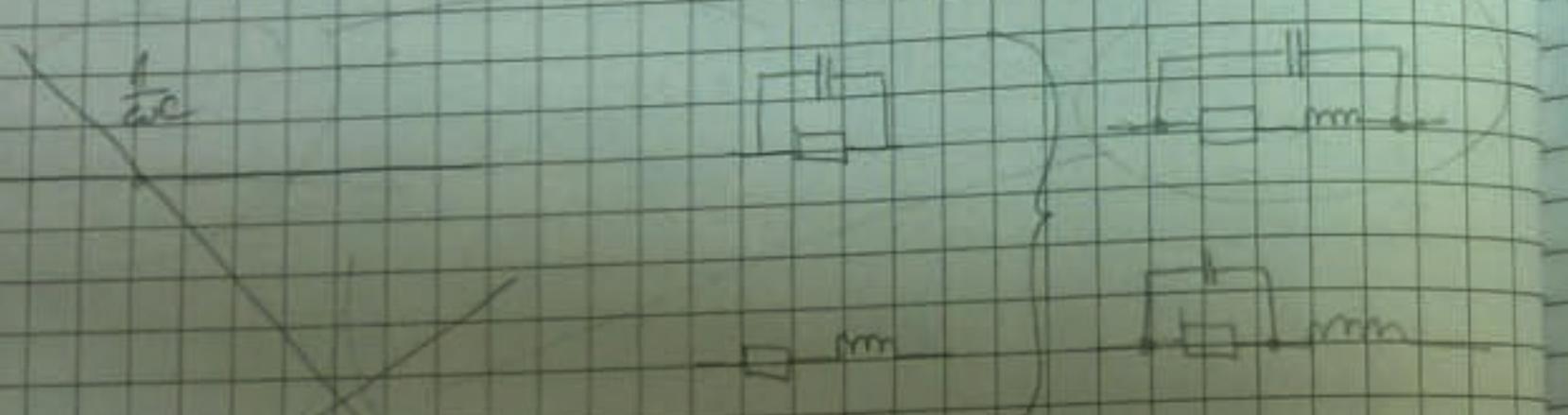
$$R_P \gg R_S$$

Za niske frekvencije:

$$C_P \approx C_S$$

$$R_P \gg R_S$$

Osnovice



$|z|$
10m

500m

10s

0.1

$R > 500\Omega$

$R < 500\Omega$

Nonlinearni raspodjeljivac

3) Max snaga:

$$\text{tg}\delta = \frac{P_d}{P_R} \Rightarrow P_d = \text{tg}\delta \cdot P_R = \text{tg}\delta \cdot I_a^2 \cdot R = (\text{tg}\delta) \cdot \frac{I_a^2}{wC}$$

- $\text{tg}\delta \propto C \text{ tg}\delta$

$$U_R = \sqrt{\frac{P_d}{wC \text{ tg}\delta}} = k \frac{1}{\sqrt{f}}$$

$$U_{a,dB} = 20 \log U_a = 20 \log (k f^{-\frac{1}{2}}) = k + 20 \left(-\frac{1}{2} \right) \log f$$

- 10 dB/dek

4) Max struja

$$I_a = \frac{I_a}{1} \Rightarrow U_a = \frac{I_a}{wC}$$

$$U_{a,dB} = 20 \log (f^{-1} \cdot k) =$$

$$-20 \log (k \cdot f) = k \cdot 20 \log f$$

Zadaci izračunat podrijetla i rješenja

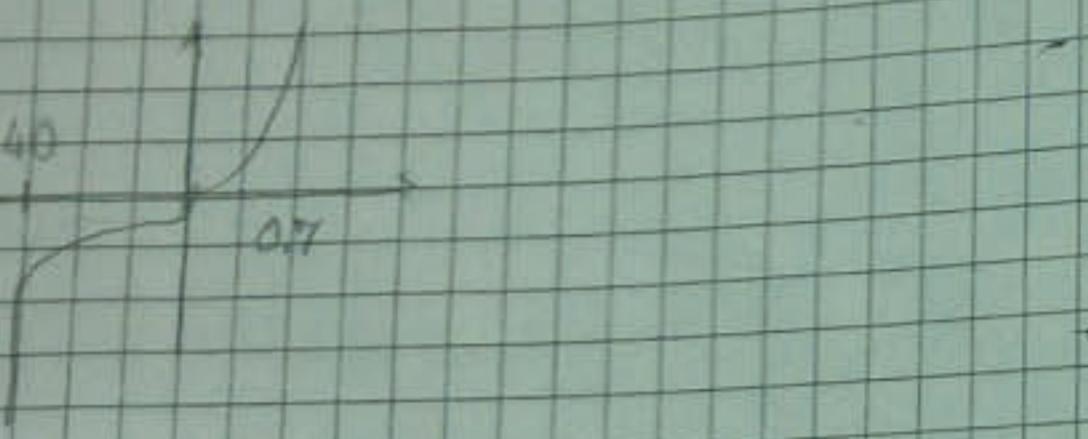
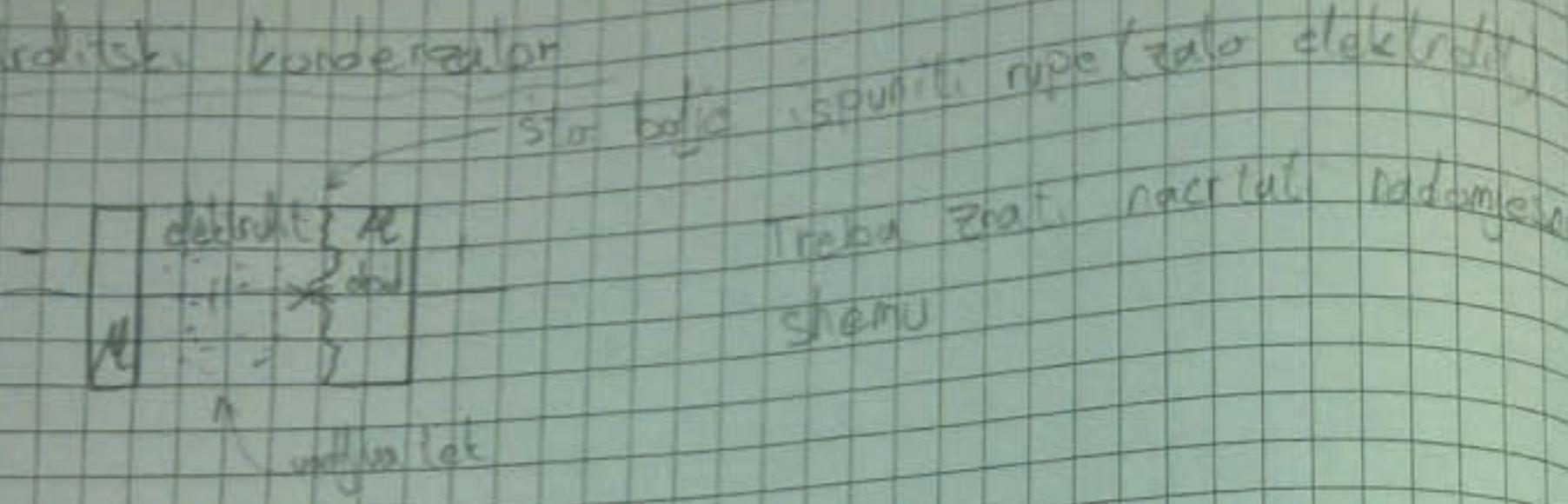
4) Ograničenje zbog max dozvoljene signala

Keramicki kond

Temp. koef. klase 1 je otvorni (projekat C 5 tempi)

AN 1325

Elektrolytski kondenzator

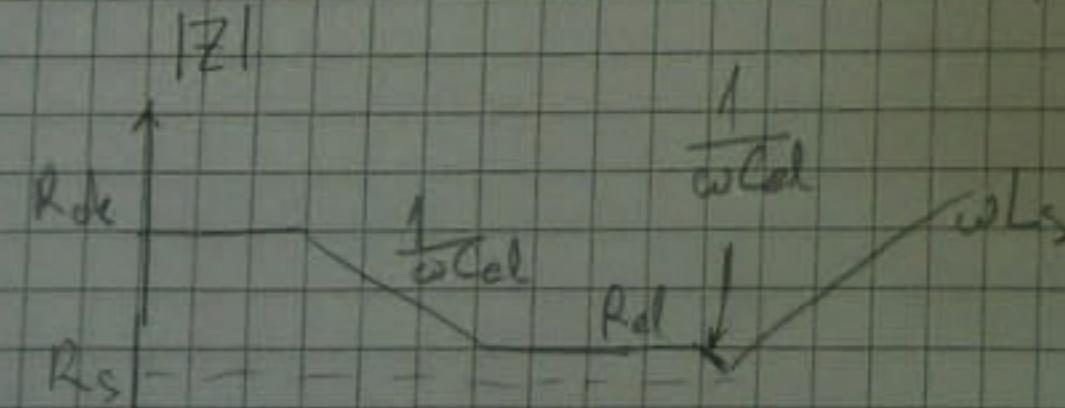
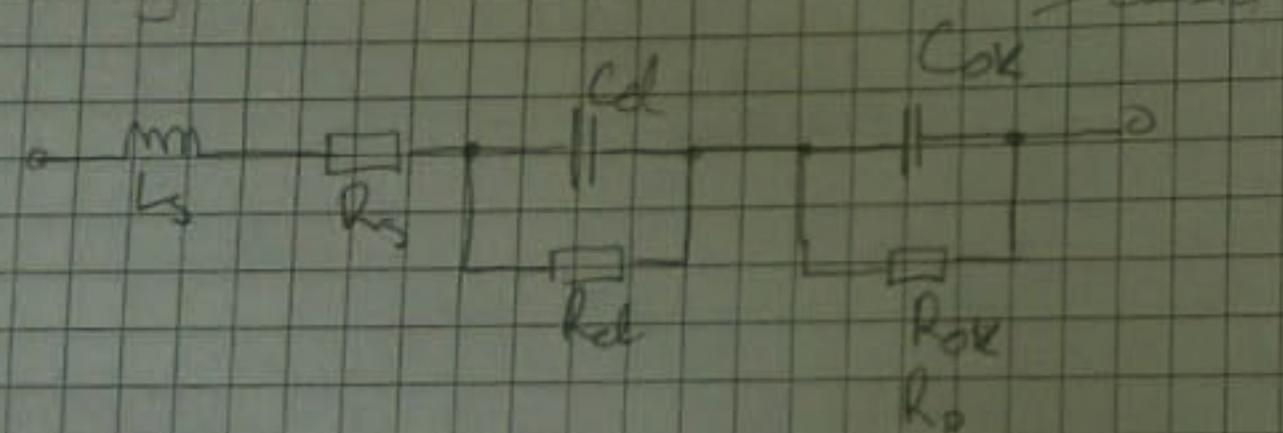


$$I_R \quad \text{---}$$

$$I_A = k CU + I_c$$

$$I_R [\mu\text{A}] = 0.002 \cdot C [\mu\text{F}] \cdot U [\text{V}] + 3 [\mu\text{A}]$$

Nedovoljna shema



$$R_{el} \ll R_p$$

$$C_{el} \ll C_{ok}$$

$\rightarrow ESR < zнати$

Zavojnice

$$L = N^2 \mu_0 \mu_r \frac{S}{l_m}$$

Nadomješna shema i formula 8 slj.

Q-faktor

$$ESR = R_o + R_S + R_B + R_D \quad \text{gubici u dielektriku}$$

anski faktor
namjestač
elektroblizino
skin efekt

$$L = \frac{\mu \mu_0 N^2}{\frac{l}{S}} = A_L N^2$$

fali 6.12. → otpornici

13.12.2013.

(1) ne

Kondenzatori

(9)

(10) - za isti wl viša fg za što manji c $W_r = \frac{1}{LC}$

(11) - frekvencija postoji gdje su gubici minimalni i ovisi o dielektriku
duljina izvoda ista pa je L konstantan

(12)

(13) - tg f konstantan, gubici neovisni o f \rightarrow ne pase ni 1 ni 2. nadomjesna Shema, pa uzmim bilo koju

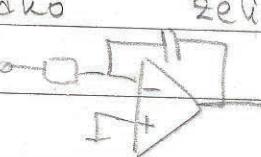
hpr. serijska $\text{tg } f = \frac{\text{ERS} \cdot C \cdot w}{R_s}$

$\text{ERS} = \frac{(\text{tg } f) \text{ konst. i}}{C \cdot w}$ veća f manji R_s
konst. jer tg f konst.

→ na 1MHz S0mΩ, na 10MHz zaključuješ 5mΩ otpora
4 polistilen? i polipropilen imaju konst. tg f

(15) za paralelni otpor $\text{tg } f = \frac{1}{C_p \cdot R_p \cdot w}$ $R_p = \frac{1}{\text{tg } f \cdot C_p \cdot w}$

- za hpru kond. paralelno ukupni gubici rastu
16 - na visokim f kad L počne djelovat tg f↑

- ako zelis savršeno lin. pilu 

- C se ne smije mijenjati \Rightarrow U

- C ne smije imati velike gubitke na niskim f
 \hookrightarrow imati mali izolacijski otpor

20.12.2013.

čidomjestaša shema za otpor
kod kondenzatora

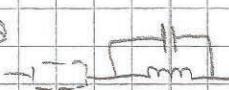
je

to C_P i R_P

za otpor

→ ima smisla do nekih srednjih R

- za



$|Z|$

rezonančne
 ω_L

ω_C

w

- ako staviš mali R u seriju

limitiraš

$\sim 500 \Omega$

ω_L

w

ω_L

w

$\frac{1}{\omega_C}$

w

- velike vrijednosti za otpor R

ω_C

w

f_1

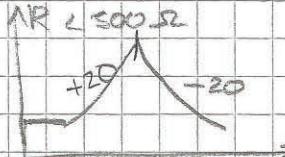
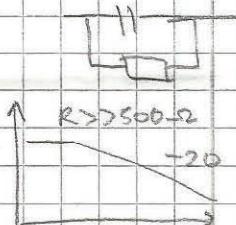
f_2

f_2 R velik → u paraleli s C-om zanemari IV



- R i ωL ima jako veliku imp. u odnosu na C općenito i kada ωL počne utjecati R i dalje dominira ωC jer je R velik i odspaja tu seriju; nema rezonancije

- za $k\Omega$ (velike otpore) možeš L malnit: nadomjesna shema



[9] - rez. se dešava zbog L_s

- serijski otpor limitira dokle minimalno dote rezonancije

[10] svaki put izvoda unosi dodatni L_s → što je on veći to će konačno na nižoj f počet rezonirati sa sobom

- za više f_0 → manji C i manje dimenzije

[11] - veća f → manji R_s

- za konst. t_{gf} za $10x$ veću f je $10x$ manji R_s

[12] polipropilen ima malo uređenje naboja → nekan 2 dana npr. naboј skoro isti

DC napon

[13] - na kond. piše 1000V → ne možeš staviti više kod tog → iskra spali dielektrik, on postaje vodljiv i desni se u s. AC NAPON → 220V ako hoćeš, on mora idući DC do 311V (220 $\sqrt{2}$)

- neke kondicije imaju koliko im je max. AC i max. DC → obično je AC dio $< 1 \cdot DC$

izražen u Vef

[14] na bilo koji f nikad ne smiješ preći neko 1. ograničenje → ograničenje nominalnog ili maksim. dozvoljenog U

- konačno u većem kucanstvu generalno istrpi veću P
 → kako izračunat koliko se on grije

$$P_R = \text{tgf} \cdot P_0$$

radna
jednava

koliko se kondic grije

ZNATI: $\text{tgf} = \frac{P_R}{P_0}$

$$P_R = \text{tgf} \cdot P_0 = \text{tgf} U_a \cdot I_a = \text{tgf} \cdot U_a \cdot \frac{U_a}{\omega C} = U_a^2 \cdot \omega C \cdot \text{tgf}$$

zadano

fiksni brojevi za kondic

- izrazit u ovisnosti o f

$$U_a = \sqrt{\frac{P_R}{\omega C \cdot \text{tgf}}} = k \cdot \frac{1}{f}$$

- u dB: $U_{a,dB} = 20 \log U_a = 20 \log \frac{k}{f} \rightarrow$ radi DC offset
 $= K + 20 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot \log f$
 $\rightarrow -10 \text{dB/dek}!$

3. OGRANIČENJE - izvodi kond. žice zatevljene na neku tanku metalizaciju → struja mora biti limitirana da ne pregori

→ OGRANIČENJE ZBOG STRUJE

$$I_a = \frac{U_a}{\omega C} \rightarrow U_a = I_a \cdot \frac{1}{\omega C}$$

$$U_{a,dB} = 20 \log \left(f^{-1} \cdot \frac{I_a}{2\pi C} \right) =$$

$$= -20 \log(k \cdot f) =$$

$$= K - 20 \log k \cdot f$$

specijalno (2,3) ispod sj. (1,3)
 onda ograničenje snage ne igra ulogu

NAGIB -20dB/dek

POSTOJI 1 OGRANIČENJE max. brzine porasta U
 ZNATI graf citat

22 folijske

kond.

$U_R = 250V$ nazivno i $220nF$, $C = 100\mu F$
 punjenje trajalo $40\mu s$ i f poravnjaj
 nabijanja je $10kHz$

1. P_1 1. Povučeš horizontalu

2. spoji

P_2 i očitaj koliki ti je max napon koji može

- bez obzira na valni oblik to je taj napon dovest

- za sinus crta puno strmija



(2) temp. koef. možeš postizati paralelnim spajanjem rezistora

(2) C se kod kond. smanjuje što je veći DC offset
 → to dovodi do izobličenja, neli nearnost

(27) - kvalitet tipa 1, dobri kondenzatori
- TKC, NPO je oko 0

(28) za jako mali C ESR ne može se nikad postići
- ESR ispod 1Ω i što je manji C može raditi na
višoj f

(29) Q faktor - gledamo za sinusni titraj, osculator itd.

- uč. graf

(30) što je veći ϵ_r to je lošiji temp. koef. te vrste keramike

KLASA 2

(31) - kad staviš npr. 20V padne kapacitet
- imaoš temperaturnu ovisnost \rightarrow čim ga malo hlađiš ili
grijes C pada

(32) - dosta su veći gubitci
- bolje užet X kondicije nego Y ili Z

(33) - veća ker. veći gubitci
- ΣK

10.1.2014.

Kondenzatori - nastavak

[39] POLIPROPILEN - dobro podnosi velike struje, tranzijentne promjene

$$\left(\frac{dU}{dt} \right)$$

[40] STIROFLEKS = POLISTIREN - najbolji

TINJAC \rightarrow stabilniji od polistirena ali ima nešto veće gub.

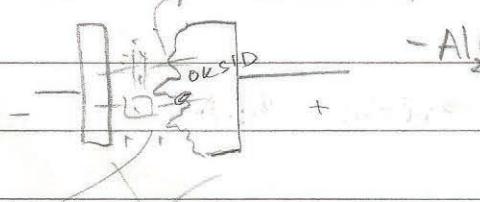
[41] METALIZIRANI - gdje probije I kap. de se smanjiti ali će kond.
- inače pougljeni dielektrik i postane vodljiv

[42] poliprop. najbolja izol. svojstva, polistiren nešto lošiji

[43] kad je metaliziran više ovisi o f

[44] kut gub: generalno polistiren najbolji

[45] hrapava površina \rightarrow oksidira se ravnomjerno



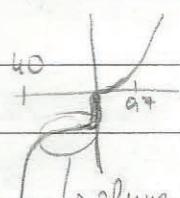
- Al₂O₃ nije vodljiv \rightarrow SHV \rightarrow ima jako veliku
cm diel. čvrstotu, trpi
jako visok napon

aluminij - aluminijski „mokri“ kond.

elektrolit: nije poanta da ima malu vodlj. i stvaranje c

već da što bolje uđe u ove pore i da se
stvori bolji kontakt između 2 elektrode

- ponaša se kao dioda \rightarrow karakter. diode



alum. ili
tantalov kond.
okrenes
naopako i
radiš, u ovom
nevodljivom
području

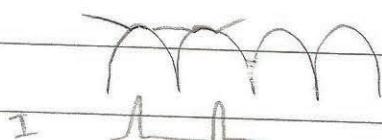
[46] - postoje i tantalovi mokri kond.

- Umjesto 2 komada Al stavim hrapavi komad \rightarrow
- dobjem 2 kondicija

+ oko nultog potencijala manji c \rightarrow izobličenja

jer sa promjenom U imas 2 polarizirana, pa 1
kond. pa 2 nepolarizirana

- **U7** - ako opteretis s velikom I (zdesna) ili velikim u (slijeva) kond. se zabiija
NAPAJANJE - učinkano u struju par godina se troši:
- ako imas Gretzov spoj: s velikim C punis jaku kratku velikom strujom
izobličenje sinusa



- C se zagrijava i elektrolit isparava
- (U8)** BITNO: uvijek postoji neka struja curenja kroz kondenzator kad je nabijen
- veći kond. \rightarrow više Al \rightarrow veća struja

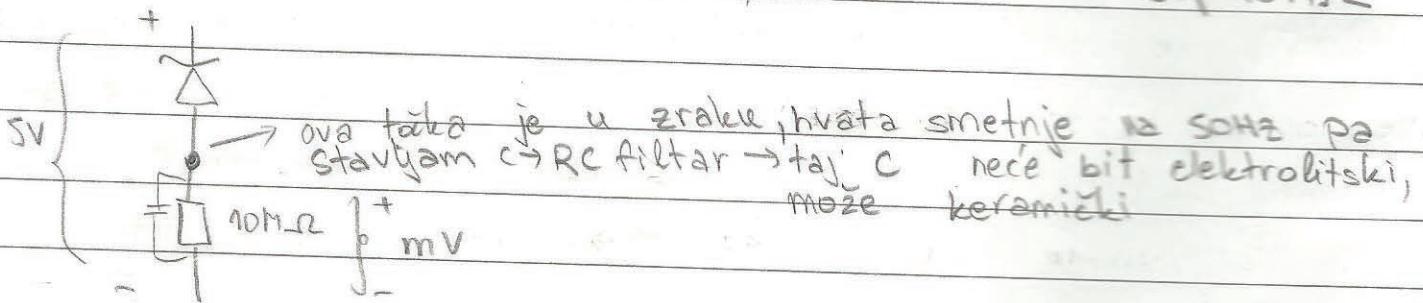
$$I_R \downarrow \text{diagram} \quad I_R \propto C, U$$

- znat formulu $I_R = k \cdot C \cdot U + I_c$

reda veličine $= 3 \mu\text{A}$

(U9)

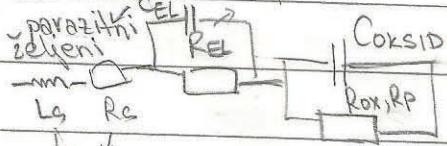
- izuzjerit reverznu I Schotky diode \rightarrow stavim SV, $10\text{M}\Omega$



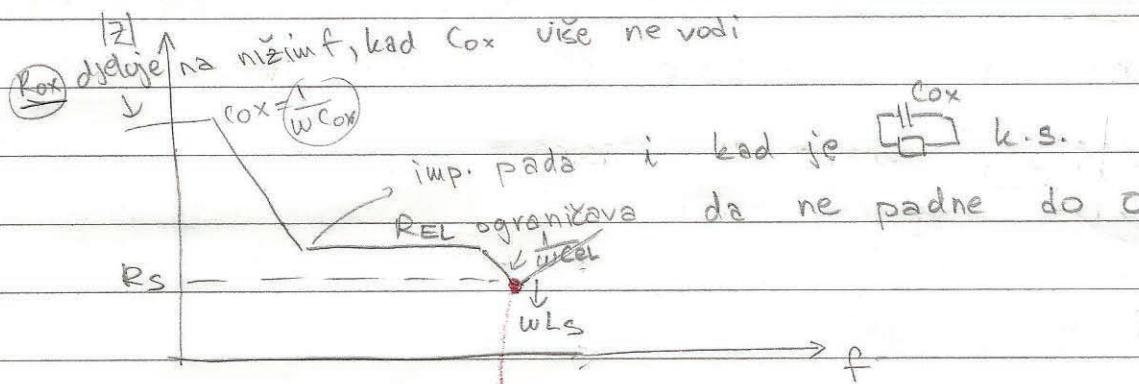
- ZAP.: ako $T \uparrow$ starenje $10 \times \uparrow$

- tantalovi kond. nakon nečeg što ograniči struju npr. stabilizator.

(S0) ZNAT otpor elektrolyta malo
npr. $100\mu\text{F}$ je na toj hrapanju površini



↓ otpor žice i ↓ otpor koji opisuje koliko I struj kroz oksid-on nije idealan
namota Al izolatori + oksidacija nego može biti tanja



- na najvišim f CEL i Cox (k.s.) i ostaje wLs i Rs
dubina rezonanije - dolazi do Rs

ESR - ekv. serijski otpor znat (težo foliski)

[51] Što je T niža Z je veća, C je niži

- elektrolit kad se ohladi na dovoljno nisku T zgruša se, odvoje se čestice, C se smanji, Rs se poveća

[52] - ne stare, ne suši se - ali su zato osjetljivi na impulsne struje \rightarrow poveća svoj Rs i oslabi mu svojstva

- u DC-DC pretvornicima jer se može ostvariti bolji Rs nego kod alum., duže traje

komad spužastog tantal, manji L nego kod alum. koji se mota

[53] elektrol. \rightarrow veći C, manji U

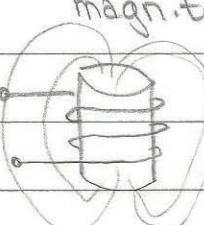
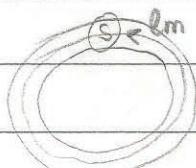
za veli U foliski

[54] na najvišim f keramičke

Zavojnice

[3] znati formulu

[4] toroidna jezgra - veliki ind. \rightarrow povećat A i smanjiti l



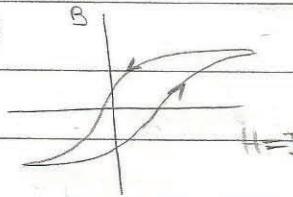
\downarrow ako nije toroidna onda ćeš imati rasipanje magn.toka

$l_r = 1 \rightarrow$ imas velik put magn.toka kroz zrak

fali

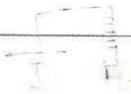
(22) - zračni raspored staviti u jezgru umjesto da staviš veću jezgru

?



dolazim u zasićenje

$$H=I \cdot N$$



- dobijem velik $B = \frac{\Phi}{S}$ → ideja povećat zavojnicu

- druga ideja: smanjiti magnetski tok Φ koji ovisi o magn. otporu → povećati

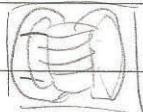
→ stavim zr. raspored koji ima velik magn. otpor → recima
en. pohranjuje se u raspore

(23) CHOKE zavojnice - nije namjenjena da bude id. zavojnica već
ima jako velike gubitke

npr. na miš kad ga takneš stvorиш impulsni U i onda
CHOKE to priguši

POWER INDUCTOR - bolja efikasnost → koristimo za napajanje

SHIELDED

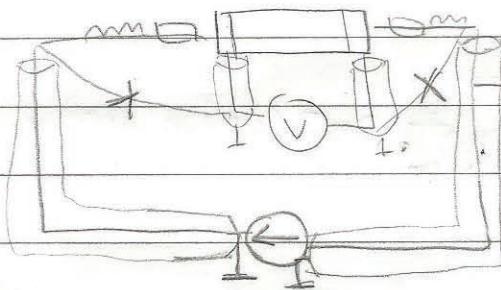


da se ne rasipa magn. tok

(24)

17.1.2014.

ne ta slika

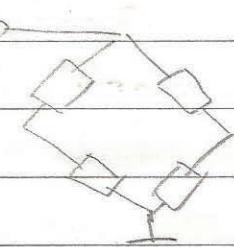


nedemo tu spojiti da ne utjeru:
parazitni L i R ; napomske
mjerne točke čim bliže
komponenti

- strujnu pobudu spajam posebno, izbjegavam parazitne L i R
- kad ima smisla oklopiti: neki velik otpornik takođe
da ne hvata smetnje iz mreže

BIMOSNE METODE - za nešto precizno izmjeriti

- u jednu točku ide pobuda, a u dijagonalu stavljamo
voltmetar \rightarrow problem: napon koji mjerimo nije lin. ovisan



o razgođenje mosta \rightarrow iz njega zaključimo o razgođenju (to je Wilkinsonov most)

- bolje je nulirati most: namještaj taj
napon na 0 \Rightarrow to je PRAVA mosna

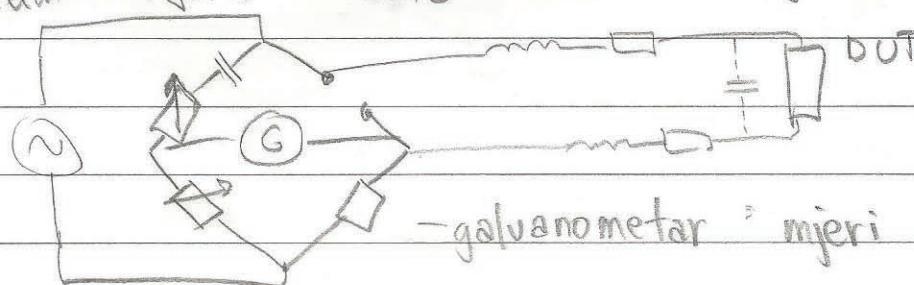
metoda mij. dvopola

primjer 1. \rightarrow ako želim izmjeriti C koji ima nekakve
gubitke onda su C_2 i R_2 jedna komponenta

- ako imam izmjeriti pobudu mijenjač vrij. R_1 i C_1

da bi dobio C , pa vj. lakše je napraviti promjenjivi
 R nego promjenjivi C ; pa $\frac{R}{R_1}$ mogu biti R_1 i R_2 .
- omjerom otpora kada mijenjač mijenja amplitudu, a mijenjač
i fazu

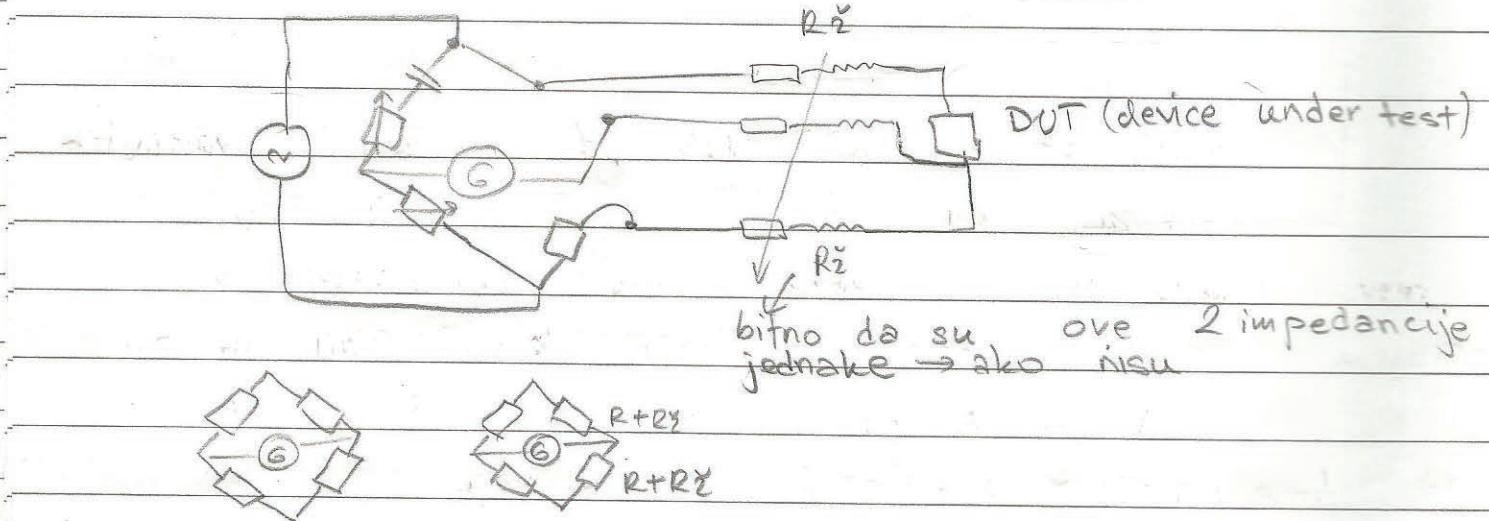
- znat 1. skicirati
želim mjeriti nešto malo udaljeno



ako spojis dvožično
imaš parazite

- galvanometar mjeri nulu

→ ima smisla pričat o trožičnom spajaju



⑧ V-I METODE

2. način - jeftino za izvest, u multimetrima

- ako mjeriš nešto što je I (kondenzator) → osjetljivost za male kond. bila bi skoro 0 → poželjnu da konačni U koji mjeriš bude proporcionalan onom što mjeriš

⑨ ZA MALI IZDUT

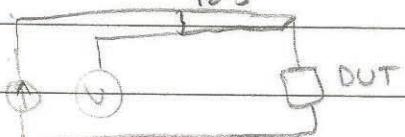
- A nakon V → velik pad napona na A
- za veći → V pa A

~~IZMENI~~

⑩ REZONANSKA METODA - nešto je u rezonančiji tj. nešto se istitrava

ZAP: mjer. u širem frekv. području, manje točne od mosnih
~ ~ ~ izuzetak R_z i oduzet

za V-I metodu možeš



~ ~ ~

⑪ ANALOGNI AMETAR

slika

- namjeriš C_s da postigneš rezonanciju \Rightarrow iz formule max. napona

$$f = \frac{1}{\omega}$$

- ideja imat što manje gubitke konda. C_s i voltmetra

- ono što definira struju u krugu je serijski R mijerene komponente napon na $C_s \rightarrow$ prop. Ω

- ne možeš postići rez. za bilo koji L na bilo kojoj $f \rightarrow$ (1) postoji L_{min} i L_{max} za svaku $f \rightarrow$ proširavam mj. područje

(20) formule

(21) ser. supsticija \rightarrow DUT stavljamo u seriju s

zavojnicom $(L_s + R_s)$

- oper namjeriš C_s da dobiješ rezonanciju
- ako si morao povećati C_s to što si dodao ind. karakter., smanjiti \rightarrow kapac. kar.

(22) otvorena sklopka formule

- Ω povećan - za induktivitet L_s

Ω METAR \rightarrow imaš više zavojnica za više ref. područja

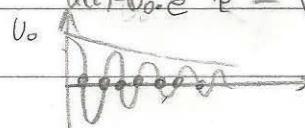
(23) - paralelno, s ser. tit. krugom stavljajuš DUT

$$C_{s1} > C_{s2} \rightarrow$$

(24) - zavojnicu napuniš strujom i staviš u K.S.

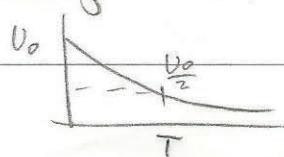
$$u(t) = U_0 \cdot e^{-t \cdot \frac{R_s}{L_s}} = U_0 \cdot e^{-t \cdot \frac{w_0 \cdot R}{w_0 \cdot L}} = U_0 \cdot e^{-\frac{w_0 t}{Q}}$$

pretpostavljam idealan C , \approx zavojnice $\frac{R}{L}$?



imam gubitke u titr. krugu

- gledaš vrijeme T koliko treba da amplituda ovih oscilacija padne na neki poznati iznos \Rightarrow da bi dobili Q faktor



$$u(T) = U_0 \cdot e^{-\frac{w_0 \cdot T}{Q}} = U_0 \cdot e^{-(1)}$$

$$w_0 T = Q$$

$n \rightarrow$ brojš titraje s nekim COUNTEROM

$$\omega_0 = \frac{1}{T_0}$$

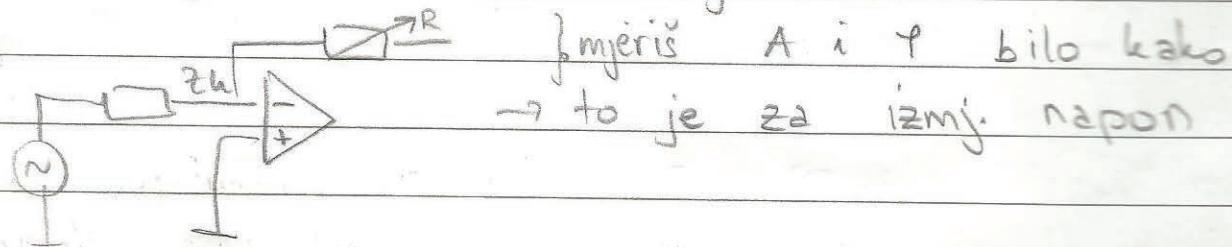
$$Q = \frac{T}{T_0} = \frac{n \cdot T_0}{T_0} = n$$

- dobro radi sve dok je Q velik.

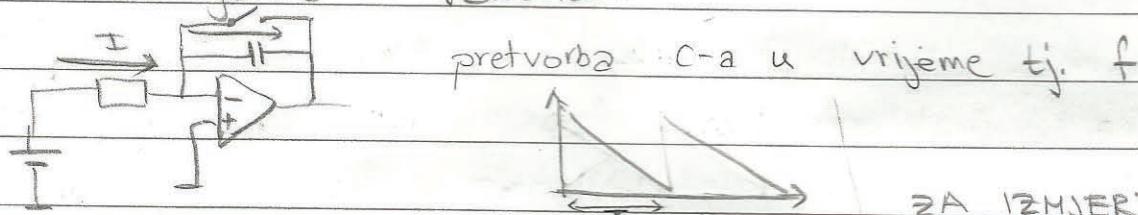
[26] shema

[27] - ako mjeriš R ili L staviš di je $\square^R \rightarrow$ izlaz proporc. impedanciji

- ako mjeriš C staviš ga di je \square



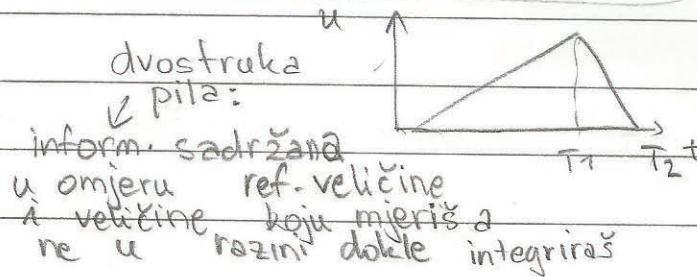
- za istosmjerne veličine:



ZA IZMJERIT R :

omjer mjereno
 vremena punjenja i
 praznjena C -a
 ne ovisi o točnosti
 kondensatora
 \hookrightarrow ovo je točnije

formate



[28]

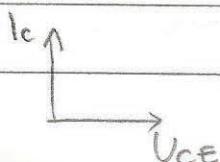
AN-MREŽA - kako se spaja

Značajke aktivnih el. komponenti

[4] - postoji max. I i U

[5] SOA = PODRUČJE SIGURNOG RADA (SAFE OPERATING AREA)

[6] bitna slika \rightarrow znat načrtat za 1 impuls



- postoji ograničenje max. struje snage

(3) ograničenje brzine porasta - U na C *

- nije dovoljno ograničiti gubitke

- na većim U imamo lokalno zagrijavanje Si

→ kispoj, tu je sekundarni probaj krivulja

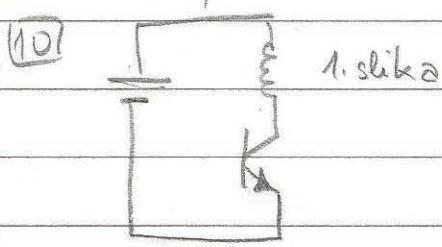
(3)

1 ④ → ogranič. napon
7 8

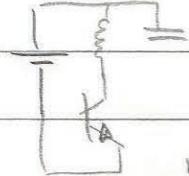
- za (3) postoji još jedno ograničenje : *

(9) - tranzistor kao sklopka za ukapčat / iskapčat indukt. trošilo ona i dalje tjera I kroz T

- kad isklučiš zavojnicu \rightarrow na T će bit max. napon probaja dioda \rightarrow ponosa se \rightarrow Zener dok se en- iz L ne isprazni \rightarrow opasno jer je disipacija velika



2. sl.



nemaš disipaciju

(11) stike ne previše znati gdje je mala / velika disipacija kod ukapčanja / iske.
IND. TERET uklj vodi

isklj. \rightarrow veliko zagr. T

OTPOR - isto

KONDEZATOR - u trenu ukapčanja nastaje velika I
 \rightarrow T zagr.

- kod isklj. ništa.

A

12

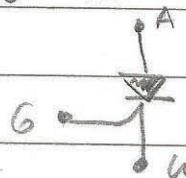
13 kad BT β se smanjuje porastom I kroz njega

14 LGBT simbol , ove ostale 2 slike ne

- može držat više vodi dok je u prisutan

15 LGBT ima smisla koristit na nižim f

16 - uključit: kratk. impuls na G ili staviti velik u izmetu A i K

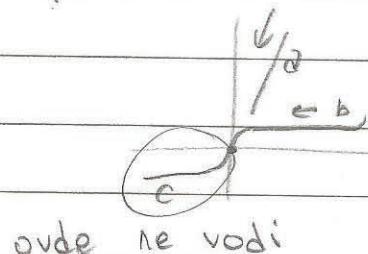


- kad uključiš on vodi

- problem što vodi samo u 1 smjeru

17 znati

blokirni napon \rightarrow kad se uključi napon će past i struja će porast



18

19 lyjevišt.

kako radi? princip

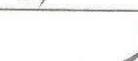
- mora dovoljno \sim dugo bit na 0 da se ispreči

20

21 znati

b) 1 tiristor

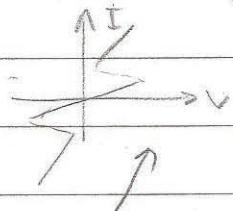
c) poluvatni signali



d) najčešće \rightarrow TRIJAK

[22] ...

[23] trijaku se ponaša kao z fritistoru sa skupom spojenim gatevima



- dok je napon poz. moraš staviti poz. impuls I u g da ga uljutiš; ako stavis neg. imp.

nista - dok je u neg. staviti negr. impuls I

- prednost u odnosu na T: jeftino postić komponentu koja može prenjet veliku snagu
→ nemamo disipacije jer brzo preskaci iz stanja rev.uvođenja

[24] - trijak di gate ne spajamo, ostavimo u zraku → dijak

[25]