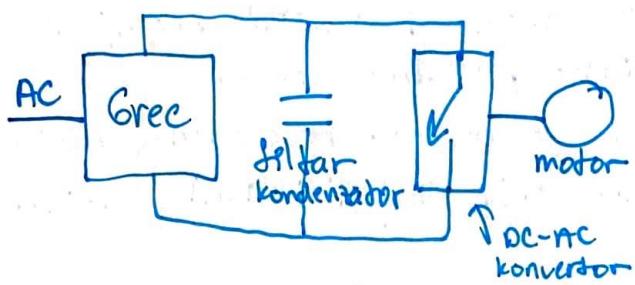


2.1. DC-AC konvertori, osnovni koncept. Jednofazni inverter, princip rada, pure modulacija.

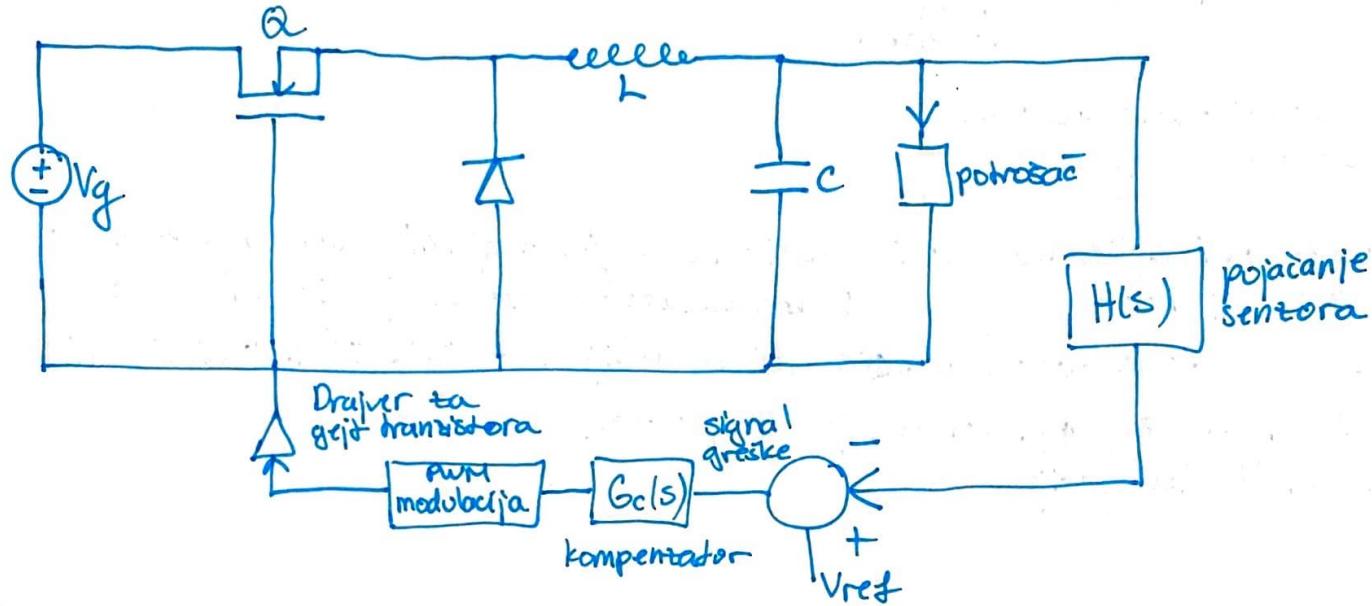


DC signal pomoću polumostova
pretvara u AC signal

DC-AC konvertori služe kao što im naziv kaže da jednosmjerni napon pretvore u naimjenični. Oni koriste i kondenzatore tako da je izlazni napon (linje izlaznog) napona budu što bliže da se dobije što "ljepši" aproksimirani sinusoidni signal za npr. pokretanje AC motora.
Imamo 3 opštih kategorije

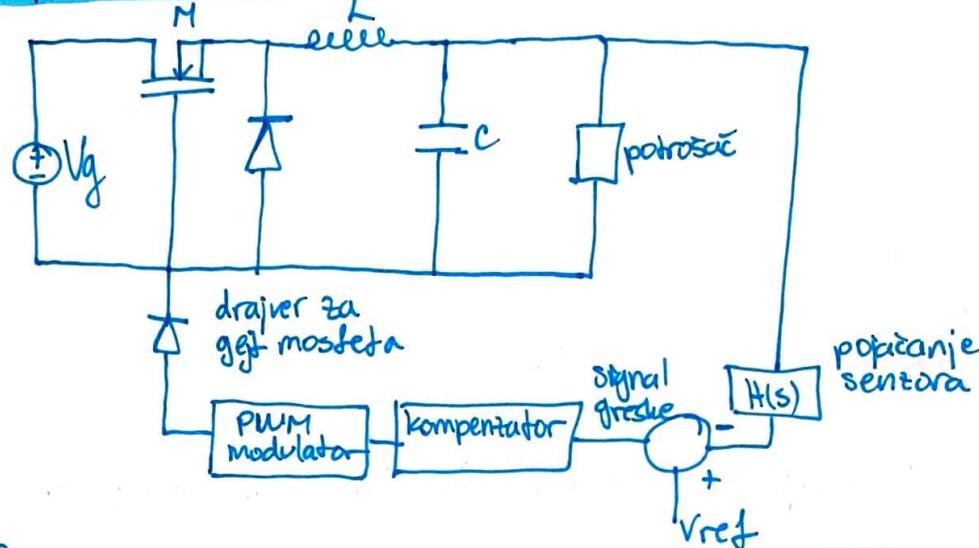
22) Povratna sprega kod prekidačkih filtera, osnovni koncept. Prikazati i objasniti blok šemu, izvor poremećaja izlaznog napona.

Osnovni koncept jeste stalni monitoring izlaznog napona i u slučaju promjene željenog izlaznog napona ubacujemo negativnu povratnu spregu koja će uticati na prekidački element i samim tim na osnovu referentnog napona upravljati prekidačkim elementom kako bismo dobili željeni izlazni napon.

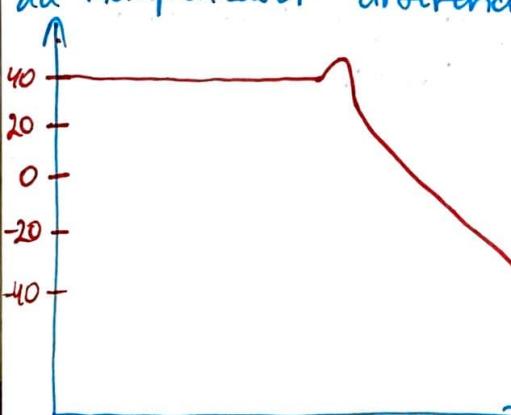


Povratna sprega je jako važna kako bismo imali željeni izlazni napon koji se može promijeniti uslijed (promjene potrosaca, temperature...). Imamo pojačanje senzora koje ide na negativan ulaz i V_{ref} ide na pozitivan ulaz čime dobijamo signal greške. Taj signal prolazi kroz kompenzator, a iz kompenzatora ide u PWM modulator koji upravlja gejtom? Mos fetom (prekidača) tako da se na izlazu opet dobije željeni napon, a signal greške da bude o izvor poremećaja izlaznog napona mogu biti od promjene ulaznog napona V_g struje potrosača (može varirati) i faktora ispune i \rightarrow regulacionog signala. Povratna sprega sprečava poremećaje izlaznog napona.

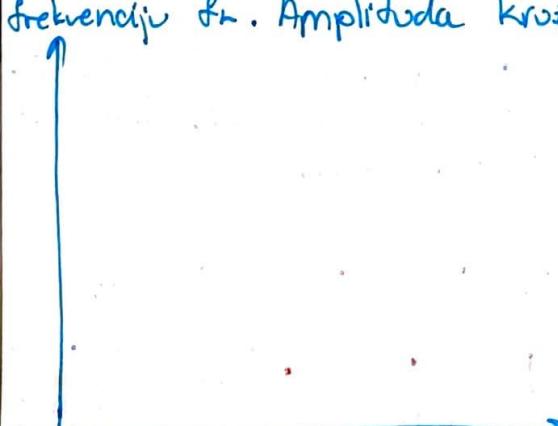
23) Povratna sprega kod prekidačkih filtera, PD kompenzacija, PI kompenzacija.
Objasniti pohebu za PID kompenzatorom kod buck regulatora.



Povratna sprega služi za održavanje željenog stabilnog napona na izlazu. U povratnoj spregi imamo kompenzator koji može biti PD, PI, PID kompenzator. PD kompenzacija, PD kompenzator se koristi za poboljšavanje fazne marge. Dodaje se nula u kružnom pojačanju na frekvenciji mnogo manjoj od fc frekvencije tako da se fazna marga poveća za željenu vrijednost. Ova nula varokuje da kompenzator diferencira signal greške.



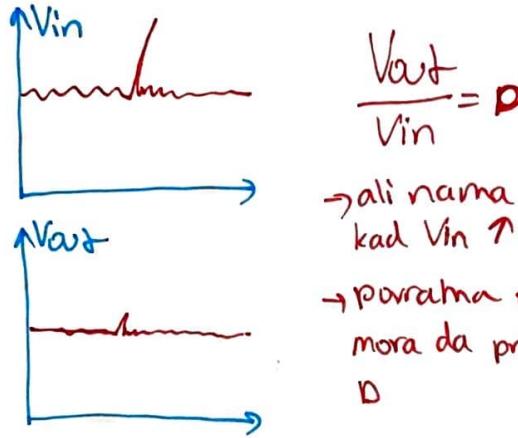
PI kompenzator se koristi kako bi se povećala amplitudna kružnog pojačanja na manjim frekvencijama tako da je izlaz bolje regulisan na frekvencijama manjim od fc → krosover frekvencije. Invertovana nula je dodata na kružnu frekvenciju, na frekvenciju f_k . Amplitudna kružnog pojačanja povećana.



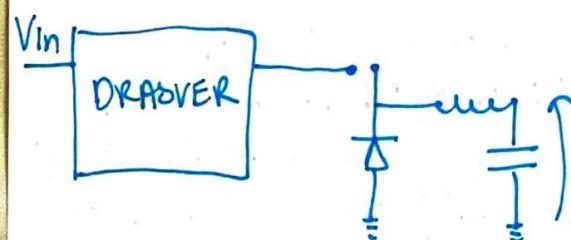
PID kompenzator ili regulator uzima prednosti i od PD i PI kompenzatora. Pomocu njega dobijamo širok opseg radnih frekvencija i nulu grešku u ustaljenom stanju. Na niskim frekvencijama, PID integrali signal greške, što daje velikog kružnog pojačanja na niskim frekvencijama, preciznu regulaciju nisko-frekventnih komponenti izlaznog napona. Na visokim frekvencijama se poboljšava fazna marga.

24) Naponsko feed forward puni upravljanje. Current mode upravljanje.

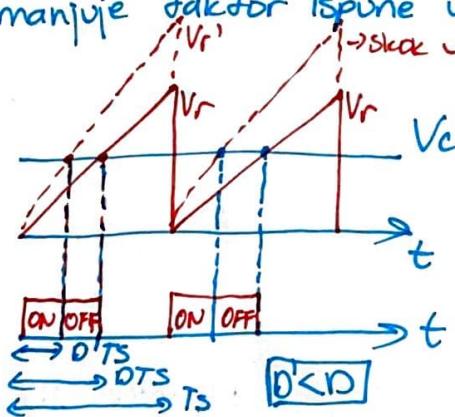
Feed-Forward tehnika → prenošenje smetnje unaprijed



Na primjer za Buck imamo drujer koji na ulazu ima V_{in} , ali ne radi napajanja.



Imamo testeru čiji max napon zavisi od ulaza. Ako on naglo skoči, skočiće i destra napon, ali zahvaljujući V_c → kontrolnom signalu u povratnoj spreti, automatski se smanjuje faktor ispunе unaprijed, prije ispoljavanja na izlazu.



Strjivo upravljanje: Kod ovog upravljanja danas je često osim mjerjenja izlaznog signala za povratnu spregu vrši se i mjerjenje struje. Ta izmjerena struja utiče na povratnu spregu.

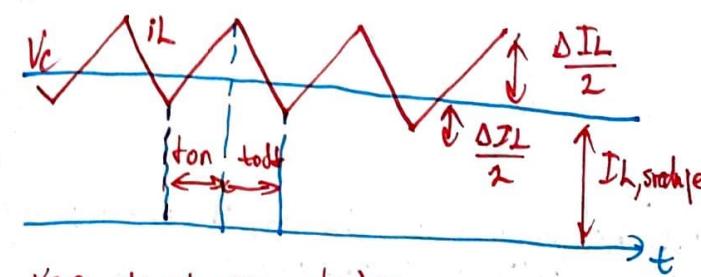
Kadi se zbog dinamike, ako pratimo struju na potrošaču mi možemo da predviđimo naglu promjenu struje. Brže se detektuje promjena struje nego napona. Slično kada i kod Feed-Forward možemo da setamo testeru kako bi kompenzaali.

Tri vrste current kontrol

① Tolerance bend histerezisa

② Konstantan OFF režim $T_{off} = \text{const.}$
v → dikta strujom kotačima

③ konstantna frekvencija sa uključivanjem preko kloka.



Špi ili stvara testeru kako bi kompenzala povremenu struje

25. Osnove idealnih vodova. Pojma i područne induktivnosti, kapacitivnosti i karakteristične impedanze. Osnovne strukture vodova na štampanim vodovima:

Z_0 - karakteristična impedansa

T_0 - vrijeme prostiranja signala

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \rightarrow \text{područna induktivnost}$$

$$T_0 = \sqrt{L' \cdot C'} \rightarrow \text{područna kapacitivnost}$$

$$T_0 = \sqrt{L' \cdot C'}$$

h → udaljenost voda od

w → širina voda

$$L' = \frac{60 \cdot L}{V_0} \ln \left[\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right]$$

duljina
brzina svjetlosti u vakuuu

$$C' = \frac{Er \cdot h}{60 V_0 \ln \left[\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right]}$$

Strukture vodova na PCB:

① MIKRO STRIP



mora ispod imati referentni vod mase koja mora biti šira od gornjeg voda

② STRIPLINE \rightarrow mikrostrip

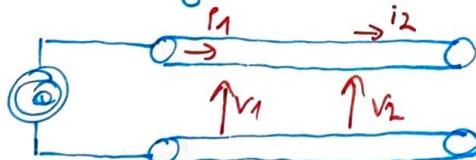


stripline, vod ugraden u PCB

STIP vod ima više slojeva dielektrička, signalna veta je simetrično ili asimetrično smještena između 2 provodna sloja. Višeslojne štampane ploče.

Osnove:

Obično se govori o dvožičnom sistemu, 2 kabla, salje se diferencijalni signal kroz vod.



$$PD = \frac{1}{\nu} = \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{C}$$

$$TD = \frac{x}{\nu} = x \cdot \frac{\sqrt{\epsilon_r}}{C}$$

ν -brzina propagacije

ϵ_r -relativna dielektrička konstanta

PD - vrijeme propagacije po jedinici duljine

TD - vremensko kašnjenje signala

za x duljinu voda $TD = x \cdot PD$

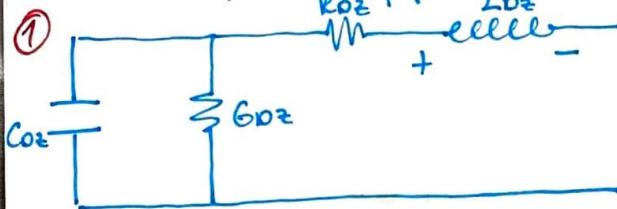
Kod idealnih vodova:

$$R=0, G=0$$

nema gubitaka

26. Model signalnog voda, proračun karakteristične impedanse.

Vodai se predstavljaju pomoću segmenata.

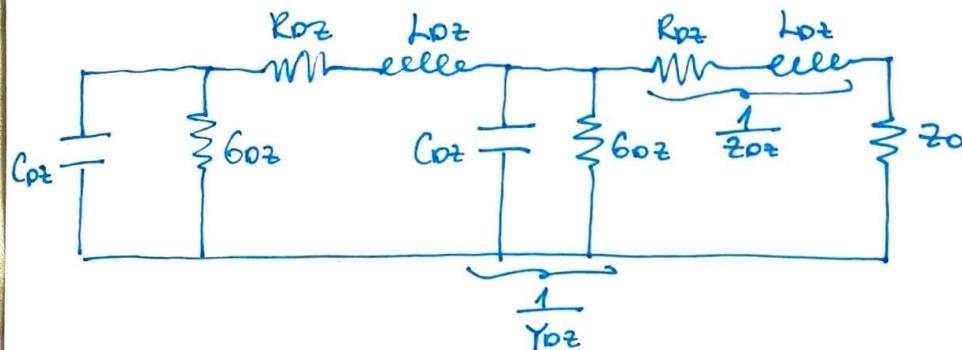


R_{0z} - serijska otpornost

C_{0z} - provodnost ka vremenskom

L - podvina induktivnost

L_{0z} - serijska induktivnost



$$j\omega L \Delta z + R \cdot \Delta z = Z \cdot \Delta z$$

$$j\omega C \cdot \Delta z + G \cdot \Delta z = Y \cdot \Delta z$$

$$Z_{\text{ulaz}} = \frac{(Z_0 + Z \cdot \Delta z) \cdot \left(\frac{1}{Y \Delta z}\right)}{Z_0 + Z \Delta z + \frac{1}{Y \Delta z}}$$

$$Z_{\text{ulaz}} = Z_0$$

$$Z_0 \cdot (Z_0 + Z \Delta z + \frac{1}{Y \Delta z}) = \frac{Z_0}{Y \Delta z} + \frac{Z \Delta z}{Y \Delta z}$$

$$Z_0^2 + Z_0 Z \Delta z + \frac{Z_0}{Y \Delta z} = \frac{Z_0}{Y \Delta z} + \frac{Z \Delta z}{Y \Delta z \cdot z}$$

$$Z_0 (Z_0 + Z \cdot \Delta z) = \frac{Z}{Y}$$

$$Z_0^2 = \frac{Z}{Y}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

izraz
karakteristične
impedanse
realnog voda

27) Vremensko kašnjenje signala u vodu, proračun potrebnog broja segmenata.

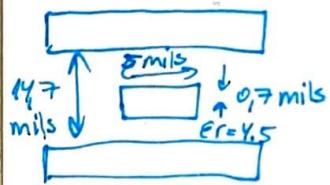
$$TD' = \sqrt{L \cdot C} \rightarrow \text{vremensko kašnjenje po segmentu}$$

$$TD = n \cdot \sqrt{LC} \rightarrow \text{vremensko kašnjenje kroz } n \text{ segmenata}$$

Minimalan broj segmenata za određenu dužinu voda se računa:

$$\frac{TD}{Trise} = 10 \cdot \frac{x \rightarrow \text{dužina voda}}{Trise \cdot V \rightarrow \text{brzina propstiranja signala u vodi}}$$

- uzetemo da je $Er = 4,5$ - dužina voda je 5 inča $x = 5 \text{ inča} = 0,127 \text{ m}$
 $Trise = 3,5 \text{ ns}$



$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{Er}} \ln \frac{4H}{0,67\pi(70,8W)} = \frac{60}{\sqrt{4,5}} \ln \frac{4(14,7)}{0,67 \cdot \pi (0,7 + 0,8 \cdot 5)} = 50 \Omega$$

$$TD = \frac{x \sqrt{Er}}{c} = 5 \cdot (0,0254 \frac{\text{m}}{\text{inch}}) = 0,127$$

$$\frac{0,127 \cdot \sqrt{4,5}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 888 \text{ ps}$$

$$V = \frac{c}{\sqrt{Er}} = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{4,5}} = 1,41 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$L_{\text{total}} = TD \cdot Z_0 = (888 \text{ ps}) \cdot 50 \Omega = 44,9 \text{ nM}$$

$$C_{\text{total}} = \frac{TD}{Z_0} = \frac{888 \cdot 10^{-12}}{50} = 17,8 \text{ pF}$$

$$10 \left(\frac{x}{Trise \cdot V} \right) = 10 \left[\frac{5 \text{ inch} \cdot (0,0254 \frac{\text{m}}{\text{inch}})}{25 \cdot 10^8 \cdot 1,41 \cdot 10^8} \right] = 3,6 \text{ segmenata zadržimo na } 4 \quad [n=4]$$

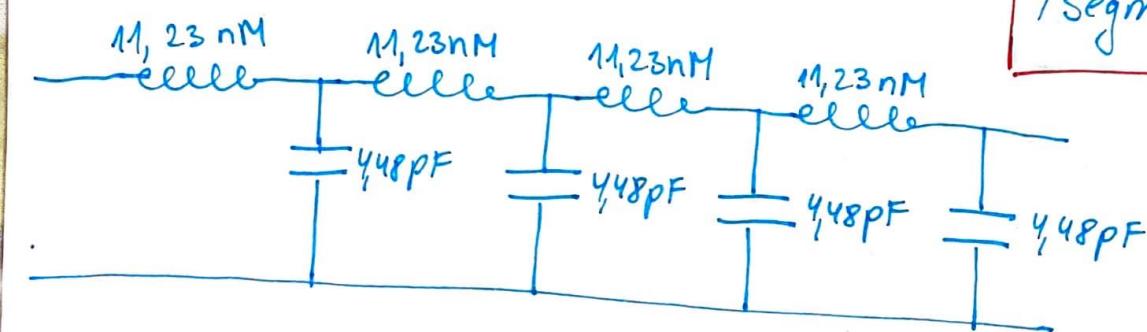
$$L_{\text{segment}} = \frac{L_{\text{total}}}{n} = 11,23 \text{ nM}$$

$$C_{\text{segment}} = \frac{C_{\text{total}}}{n} = 4,48 \text{ pF}$$

$$TD_{\text{segment}} = \sqrt{L_{\text{segment}} \cdot C_{\text{segment}}} = \sqrt{4,48 \text{ pF} \cdot 11,23 \text{ nM}} = 0,224 \text{ ns} \approx \frac{Tr}{10}$$

$$\text{Dovoljna 4 segmenta } Tr = \frac{3,5 \text{ ns}}{10} = 0,25 \text{ ns}$$

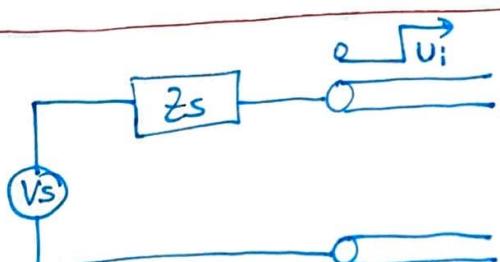
$$T_{\text{segment}} \leq \frac{Trise}{10}$$



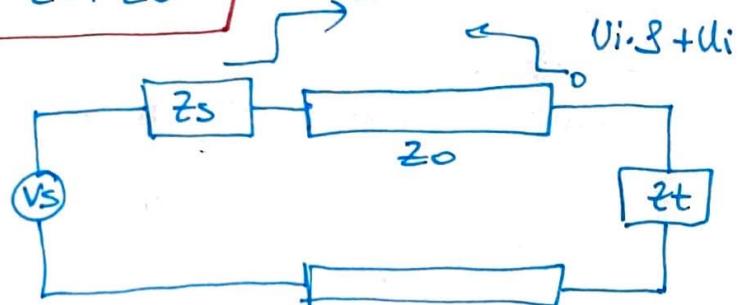
28. Koeficijent refleksije. Osnovni koncept. Refleksija za vod zatvoren karakterističnom impedansom, vod u kratkom spagu, vod sa otvorenim krajem.

Koeficijent refleksije se otačava:

$$S_t = \frac{V_{\text{reflektovano}}}{V_{\text{upadno}}} = \frac{V_t - V_i}{V_i} = \frac{Z_t - Z_0}{Z_t + Z_0}$$

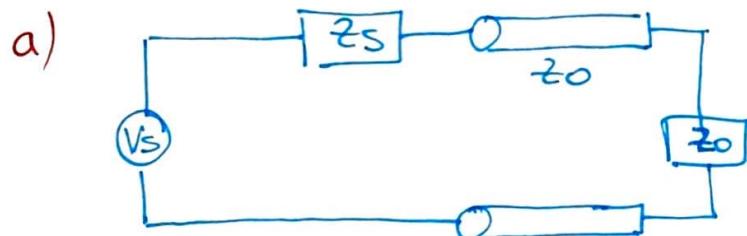


inicijalni signal po vodu

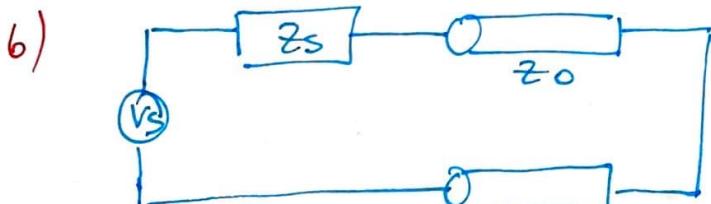


Ako potrošač na kraju voda razlikuje po impedansi od karakteristične impedanse, vće struju it,

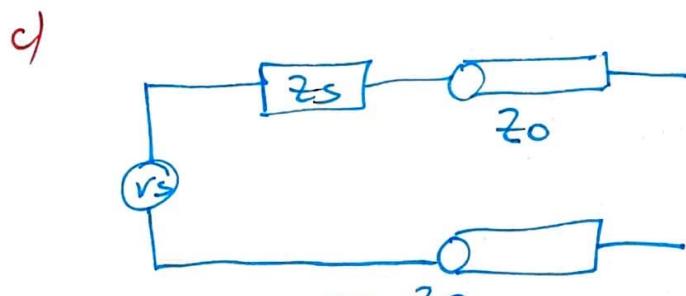
I sada razlika daje struje se napuni ili ispratni (zavisi od znaka) Razlika napona u odnosu na V_i može se modelovati kao generator koji uzrokuje skok signala na izlazu. Ovaj signal se prostire unazad po vodu i on je reflektovani signal.



$$S_t = \frac{Z_0 - Z_0}{Z_0 + Z_0} = 0$$



$$S_t = \frac{0 - Z_s}{0 + Z_s} = 1$$



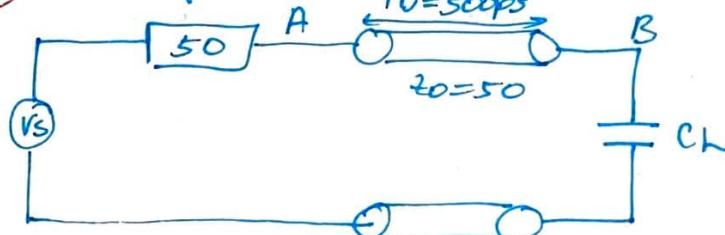
$$S_t = \frac{\infty - Z_0}{\infty + Z_0} = 1$$

2.9 Vodar, refleksije sa reaktivnog opterećenja.

U realnosti su rijetki slučajevi kada opterećenja sadrže samo rezistivnu komponentu.

Uzni stepen CMOS kola je pretežno kapacitivan, pinovi kućišta čipova imaju poputljivo veliku induktivnu komponentu.

1. Refleksije sa kapacitivnog opterećenja (vremenski zavisno opterećenje)



$$U_{kondenzatora} = 2V_i \cdot (1 - e^{-(1+T_0)\tau_1}), t > T_0$$

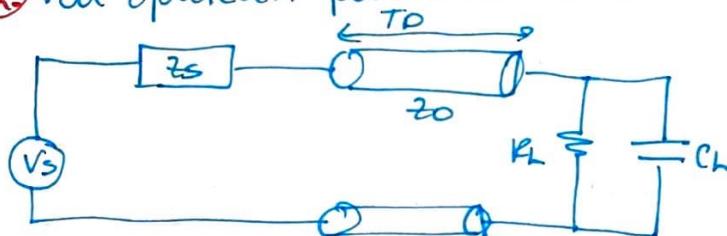
$$\tau_1 = c \cdot z_0$$

$$koeficijent refleksije = -1$$

kratak spoj $\beta = -1 \rightarrow$ kada se ponisti

Kada je napunjeno koeficijent $\beta = 1$
otvorena veza

2. Vod opterećen paralelnom vezom otpornika i kondenzatora



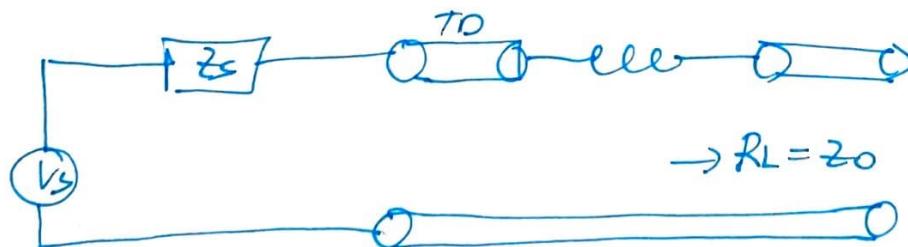
$$\boxed{\begin{aligned} L' &= \frac{60L}{V_0} \ln \left[\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right] \\ C' &= \frac{ErL}{60V_0L \ln \left[\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right]} \end{aligned}}$$

Slično kao samo sa kondenzatorom, ali asimptotska vrijednost određena naponskim razdjeljnikom otpornosti RL i Z_0 : $Z_0 = RL$

$$U_{kondenzatora} = 2V_i \cdot \frac{RL}{RL + Z_0} \cdot (1 - e^{-(\tau+T_0)\tau_1}), t > T_0$$

$$\tau_1 = \frac{CL Z_0 RL}{RL + Z_0}$$

3. Refleksije sa induktivnog opterećenja (takođe vremenski zavisno opterećenje) u $t=0$, ponosi se kao otvorena veza i refleksije koeficijent je 1.



Amplituda refleksije i unijeme opadanja napona je veće, ako je induktivnost veća

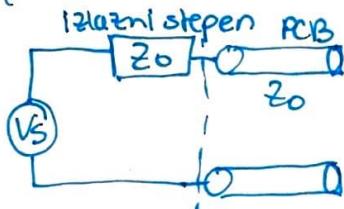
3a) Terminacija signalnih linija.

Postoje 3 metode terminacije signala kako bi se uklonila refleksija.

1. Smanjivanje radne frekvencije digitalnog sistema kako bi se signali usdalili prije dolaska novog signala na liniju. Ovo se slabo koristi jer je cilj da imamo što brže digitalne sisteme, a oni ih usporavamo.
2. Skraćivanje štampanih vodova na pločama kako bi signal pretratio što manji put kroz traje. Ovo se slabo isto koristi jer zahtijeva skuplje višeslojne ploče, a nekad nije moguće smanjiti dužinu voda.
3. Terminacija signalnih linija impedansom koja je jednaka karakterističnoj impedansi same linije!

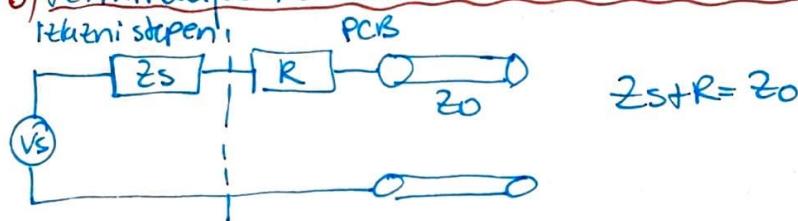
a) Terminacija na mjestu izvora signala

(kada reflektovani signal dolazi sa kraja potrošača, ne dolazi do dodatne refleksije)



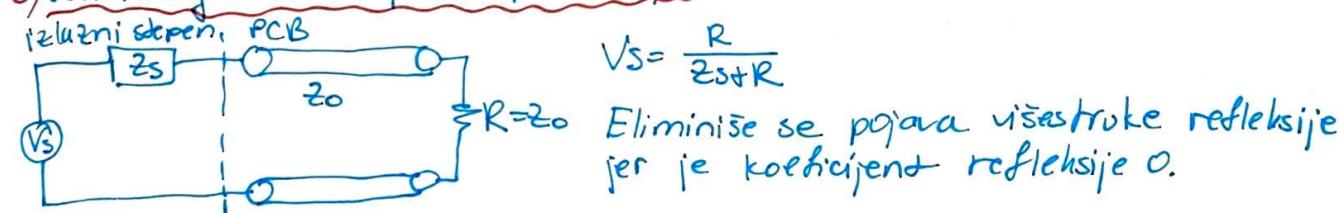
Z_0 -impedansa izlaznog stepena izvora je uparena sa impedansom signalnog voda

b) Terminacija na ulazu voda sa dodatnim otpornikom (serijska terminacija)



$$Z_S + R = Z_0$$

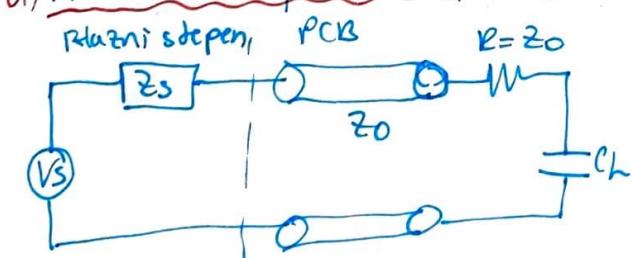
c) Terminacija na mjestu opterećenja



$$V_S = \frac{R}{Z_0 + R}$$

Eliminiše se pojava višestruke refleksije jer je koeficijent refleksije 0.

d) AC terminacija na mjestu opterećenja



Prednost ove tehnike je eliminacija refleksije bez smanjivanja amplitude i rasipanja snage.

CL se bira da je RC konstanta jednaka rasudoj inicijalnog signala ili da je 2 puta veća od trajanja rastvarice nizice.

6.1 Praktične realizacije mikrotalasnih rezonatora pomoću vodova, osnovni koncepti.

Rezonatori se najčešće realizuju pomoću distribuiranih elemenata tj. sekcija vodova različite dužine koji su zatvoreni na različiti način (pri otvorenom ili kratkom vezom). Da bi se odredio faktor dobrote ovako realizovanih rezonatora, vodovi se moraju posmatrati kao vodovi sa gubicima.

Uzeta impedansa voda sa gubicima:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_h + Z_0 \tan h \beta L}{Z_0 + Z_h \tan h \beta L}$$

$$\beta = d + j\beta$$

kompleksna konstanta proširivanja napona duž transmisijske linije

① kratko spojen $\frac{1}{2}$ vod (redno rezonantno kolo)



$$Z_{in} = R + jL \Delta w$$

d - konstanta slabljenja

j - fazna konstanta

Z_0 - karakteristična impedansa

Kratko spojen $\frac{1}{2}$ vod sa gubicima se ponaša kao redno rezonantno kolo sa parametrima:

$$R = Z_0 d L$$

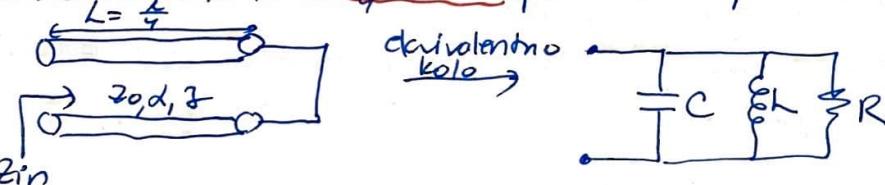
$$L = \frac{Z_0 \pi}{2 \omega_0}$$

$$C = \frac{1}{\omega_0^2 L}$$

faktor dobrote:

$$Q = \frac{j}{2d}$$

② kratko spojen $\frac{1}{4}$ vod (paralelni tip rezonantnog kola)



$$Z_{in} = \frac{1}{\frac{1}{R} + 2j\Delta w C}$$

Kratko spojen $\frac{1}{4}$ vod sa gubicima se ponaša kao paralelno rezonantno kolo:

$$R = \frac{Z_0}{d L}$$

$$C = \frac{\pi}{4 \omega_0 Z_0}$$

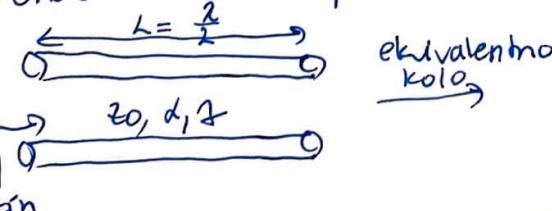
$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C}$$

faktor dobrote:

$$Q = \frac{j}{2d}$$

③ otvoren $\frac{1}{2}$ vod (koristi se za mikrotalasne rezonatore u mikrochip arhitekturi)

Ponaša se kao paralelno rezonantno kolo sa parametrima)



$$Z_{in} = \frac{1}{\frac{1}{R} + 2j\Delta w C}$$

$$R = \frac{Z_0}{d L}$$

$$C = \frac{\pi}{2 \omega_0 Z_0}$$

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C}$$

faktor dobrote:

$$Q = \frac{j}{2d}$$

32 Antene-karakteristični parametri antene

Antena je linearna, pasivna, jednopristupna mikrotalasna mreža. Ona konvertuje vodeni EM talas, koji se prostire u vodu u ravanski talas, koji se prostire kroz slobodan prostor i obrnuto.

PARAMETRI:

- ① električna dužina antene je dužina izražena u talasnim dužinama vodenog EM talasa.
- ② Rezonantna učestanost antene je radna učestanost antene i povezana je sa njenom električnom dužinom. Antena najčešće radi kao $\frac{1}{2}$ dipol.
- ③ Špirala opsega antene predstavlja opseg učestanosti oko rezonantne učestanosti u kom su karakteristike antene prehradljive. (štiroko pojasne, usko pojasne antene).
- ④ Dobitak se definiše kao izražena snaga posmatrane antene po jedinici površine u datom pravcu u odnosu na izotropnu antenu.
Dobitak izražava nivo usmjerenosti antene u određenom pravcu.
Mali dobitak - zrači istu snagu u svim pravcima u i-ti,
Veliki dobitak - veće zračenje u nekom pravcu.
- ⑤ Usmjerenosť: sve standardne antene koncentrišu izraženu snagu u nekim pravcima više nego u drugim, za razliku od savršene izotropne antene (zrači podjednako u svim pravcima)
- ⑥ Dijagram zračenja je geometrijski prikaz polja zračenja antene.
Dijagram zračenja ilustruje usmjerenosť snage koju antena šalje u prostor.

7. Impedansa antene:

Kompleksna impedansa zavisi od dimenzija antene

Karakteristična impedansa je takva da na rezonantnoj učestanosti efekti reaktivnih elemenata se ponistišavaju, pa je impedansa cista rezistivna.

8. Efikasnost je odnos izražene snage i snage koja je dovedena na priključke antene.

$$\text{eff} = 1 - \frac{P_{loss}}{P_{Pr}}$$

33. Mikrostrip patch antena - osobine, realizacija, tehnike napajanja

Mikrostrip patch antena se sastoji od provodne površine koja zrači (patch) nanesene na jednu stranu dielektrične podloge (supstrata), dok je suprotna strana dielektrika preko cijele površine presvučena tankim slojem provodnog materijala i predstavlja uzemljenje.

Ova antena predstavlja rezonator realizovan u mikrostrip arhitekturi i ona zrači kada je frekvencija signala na unjednost' približno jednakoj rezonantnoj vještanosti rezonatora.

$$\text{Širina antene } W = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_{eff} + 1}}$$

$$\text{dužina antene } L = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} = -2\Delta h$$



$\Delta h \Rightarrow$ promjena dužine zbog unutarnjih efekata

$\epsilon_{eff} \Rightarrow$ efektivna dielektrična konstanta

Dimenzije uzemljenja trebaju da budu minimalno 6 puta veće od samog patch-a antene. $W_g = W + 6h$ $L_g = L + 6h$

Pri projektovanju moraju se postići odredeni kompromisi između dimenzija antene i njenih performansi.

Prednosti: mala površina i mala težina, jednostavna konstrukcija, dozvoljavaju horizontalnu, vertikalnu i kružnu polarizaciju, mogućnost rada na više opsega

Mane: viska širina opsega vještanosti, slaba efikasnost i mali dobitak, prostranje površinskih talasa, nezeljeno zračenje na vodovima za napajanje i spojevima.

Tehnike napajanja:

1. Napajanje mikrostrip vodom

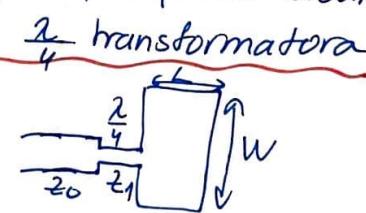
$$Z_{in}(d) = \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda}\right) Z_{in}(0)$$



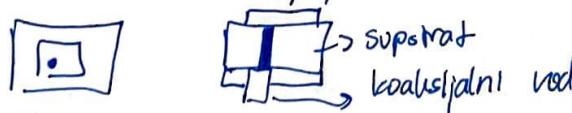
Napajanje direktno putem voda nije dovoljno, jer se treba razrijeti prilagođenje impedanse antene impedansu voda. To se rešava primjenom uvodne linije usječene za d .

2. Napajanje mikrostrip vodom preko $\frac{1}{4}$ transformatora

$$Z_{in} = \frac{1}{26} \quad G = \begin{cases} \frac{W^2}{90\lambda_0^2} & W < z_0 \\ \frac{W}{120\lambda_0} & W > z_0 \end{cases}$$

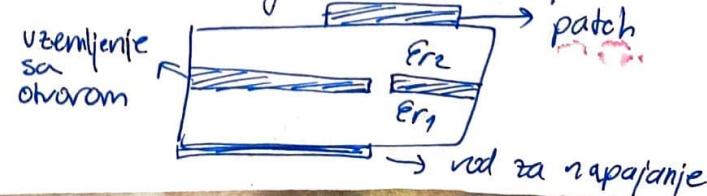


3. Napajanje koaksijalnim vodom: Unutrašnji provodnik koaksijalnog voda prolazi kroz dielektrik i napaja antenu. Mana: čisti vlastnu impedansu viši induktivitet.



4. Napajanje sprezanjem EM polja: EM polje voda za napajanje se kroz procep spreže sa mikrostrip patch antenom. Antena i vod su galvanski razdvojeni.

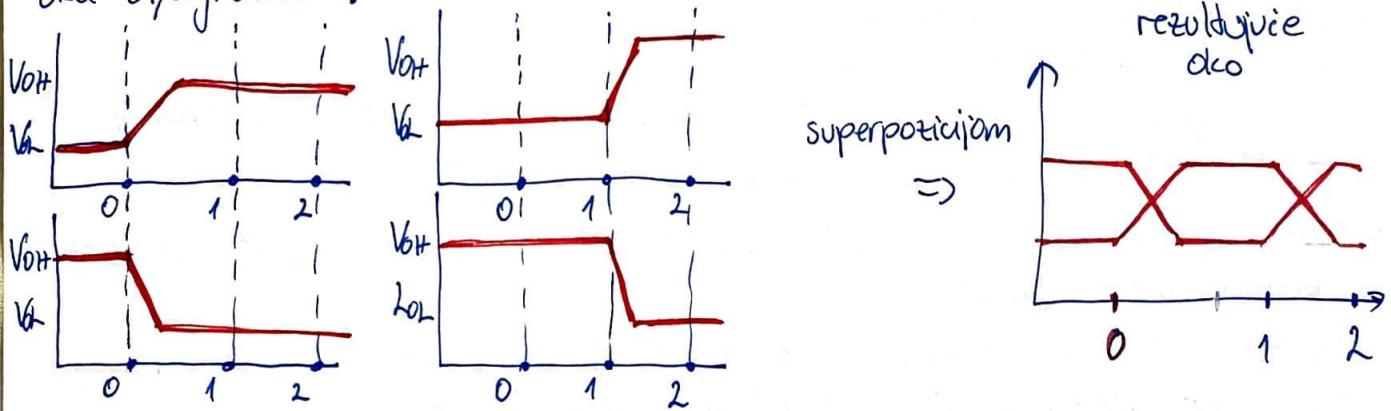
Mana: komplikovana fabrikacija i sužavanje radnog opsega vještanosti.



31. Dijagram oka ("eye diagram")

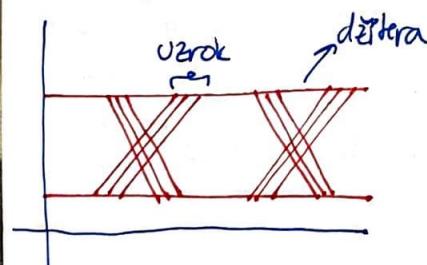
Dijagram oka je čest indikator kvaliteta signala pri brzim prenosima digitalnih signala u digitalnim sistemima.

On se generiše pomoću osciloskopa tako što se preklapaju različiti segmenti dugačkog toka signala vodenim od strane Master kloka. Triggerovanje može biti na opadajuću ili rastvuću ivicu. Kada se sve tranzicije signala (s 0 na 1 i obrnuto) preklope, pozitivni i negativni impulsi se superponiraju. Preklapanjem veće količine bitova dobijamo dijagram oka, jer rezultujući dijagram izgleda kao otvoreno oko. U idealnom slučaju dijagrami oka bi izgledali kao pravougaone kutije, ali zbog rise i fall time signala to nije slučaj. Kazlikao u breznamenskim amplitudama određenih bitova signala uzrokuje smanjenje tog otvora "oka dijagrama".



Eye dijagram nije dobar za detektovanje grešaka u protokolu, možemo da radimo spustanje i dizanje signala ako prijemnik primi pogrešan bit.

Džiter uzrokuje širenje oblasti gdje se signali dižu i spustaju što uzrokuje smanjenje dužine oka.



Na izgled dijagrama oka veoma jako utiče ispravna terminacija signalnih vodova (sto manja refleksija).

