
Uvod v komunikacijsko elektroniko:

L0: Uvod, Ponovitev osnovnih konceptov

Aleksander Sešek
E-mail: aleksander.sesek@fe.uni-lj.si

Uvod: splošna obvestila

Splošna obvestila:

1. Predavatelj: doc. dr. Aleksander Sešek
e-mail: aleksander.sesek@fe.uni-lj.si (soba BN412, 4. nadstropje, tel.: 4768 727)
govorilne ure : torek od 10h – 12h (ali po dogovoru)
2. Asistent: Tadej Skuber (soba BN416 LMFE , 4. nadstr., tel.: 4768 340)
e-mail: tadej.skuber@fe.uni-lj.si (soba BN415 LMFE , 4. nadstr., tel.: 4768 340)
3. Spletna stran predmeta:
<http://lmfe.fe.uni-lj.si/>
Predmeti > Uvod v komunikacijsko elektroniko

Na spletni učilnici: <https://e.fe.uni-lj.si/>:

Tu bodo dostopne naslednje informacije:

- Kopije predavanj (slidov),
- Nekatere rešene naloge,
- Navodila za laboratorijske vaje
- Vse ostale pomembne informacije

Organizacija predmeta

- Predavanja: 3 ure na teden 60%
- Vaje in Lab.: Vaje 2 uri na teden 40%
- Domače naloge: - bo določena za vsakega

- Uteži ocen:
 - Končni pisni in ustni izpit: do 60%
 - Domače naloge: do 15%
 - Vaje, Lab. Vaje: do 25%

- Opombe:
 - Na pisnem izpitu bo dovoljeno imeti kopije slidov .
 - Pogoji za opravljanje izpita so:
 - Opravljene obvezne laboratorijske vaje
 - V roku narejene domače naloge (pozitivno ocenjene)
 - Povprečna ocena kolokvijev višja kot 60%
 - (pri povprečni oceni kolokvijev, ki je višja kot 70% ste lahko oproščeni pisnega izpita)

Pregled aktivnosti:

1. Ponovitev osnovnih teoremov, elementi, primeri
2. Osnove polprevodnikov, modeli diod in Bip. Tr., vezave, primeri
3. MOS transistorji, stikala, ojačevalniki, modeli, primeri
4. CMOS tehnologija
5. Osnove digitalnih vezji, primeri
6. CMOS logična vezja, primeri
7. MOS tokovna zrcala, ojačevalniki, primeri
8. Vezja z operacijskimi ojačevalniki, primeri
9. Večstopenjski ojačevalniki, primeri
10. Vezja z idealnim operacijskim ojačevalnikom v frekvenčnem prostoru
11. Pasivni in aktivni filtri
12. Nelinearna vezja z operacijskim ojačevalnikom
13. Zajem in prenos signalov,
14. AD in DA pretvorba

Ponovitev osnovnih teoremov

Osnovne veličine:

- Napetost V , tok I , Naboj Q , Magnetni pretok Φ

Osnovni linearni elementi (koncentrirani elementi)

- Upor, kondenzator, tuljava,

Nelinearni elementi:

- Diode, tranzistorji, ...

Izvori:

- Neodvisni, odvisni

Osnovni Zakoni:

- Ohmov zakon
- Kirchofov I in II zakon
- Theveninov in Northonov teorem

Koncept impedance:

- Kompleksna impedanca

Ponovitev osnovnih teoremov

Uvod v vezja s koncentriranimi elementi (abstrakcija):

1. Opazovanje narave z eksperimenti
2. Fizikalni zakoni
3. Model vezja s koncentriranimi elementi (R, L, C, V izvor, I izvor, transistor, stikalo)
4. Model ojačevalnika
5. Model digitalnega vezja (kombinacijska logika, digitalni sistem z uro, procesor, Programski jeziki, operacijski sistem,....)
6. Model analognega sistema: filtri, modulatorji, oscilatorji, ojačevalniki, AD in DA pretvorniki, PLL, VCO, RF komponente, ...
7. Model sistemov (mobilni telefon, računalnik, avto, ...)

Ponovitev osnovnih teoremov

Uvod v vezja s koncentriranimi elementi (abstrakcija):

1. Opazovanje narave z eksperimenti

- V 0 3 6 9 12 15 ...
- I 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 ...

2. Fizikalni zakoni v elektroniki/elektrotehniki

- Maxwellove enačbe

$$\nabla \cdot D = \rho_e$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E + \frac{\partial B}{\partial t} = 0$$

$$\nabla \times H - \frac{\partial D}{\partial t} = j_e$$

Š.L.: 2018/2019

Uvod v komunikacijsko elektroniko: L0, Uvod

7

Ponovitev osnovnih teoremov

Uvod v vezja s koncentriranimi elementi (abstrakcija):

1. Opazovanje narave z eksperimenti

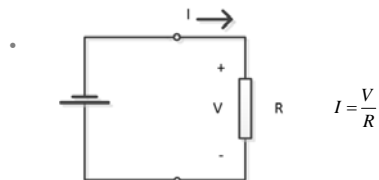
- V 0 3 6 9 12 15 ...
- I 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 ...

2. Fizikalni zakoni v elektroniki/elektrotehniki

- Maxwellove enačbe

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}; \quad \nabla \cdot \mathbf{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}; \quad \nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}; \quad \dots$$

- Ohmov zakon. Opisuje zvezo med tokom in napetostjo v odvisnosti od upornosti.



Š.L.: 2018/2019

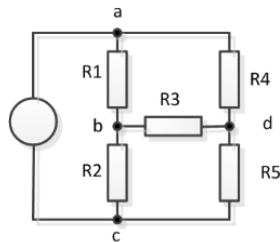
Uvod v komunikacijsko elektroniko: L0, Uvod

8

Ponovitev osnovnih teoremov

– Kirchofovi zakoni:

- Kirchofov tokovni zakon: $\sum_j i_j = 0$
(KTZ)
- Kirchofov napetostni zakon: $\sum_j v_j = 0$
(KNZ)



Z uporabo:

- Ohmovega zakona
- Kirchofovih zakonov

Lahko poiščemo vse napetosti in tokove v vezju

1. Zapiši KTZ za vsa vozlišča
2. Zapiši KVZ za vse zanke

Pri tem se drži pravil:

....

Tok ki teče v element povzroči +

Tokovi v vozlišče imajo smer +

Tokovi iz vozlišča imajo smer –

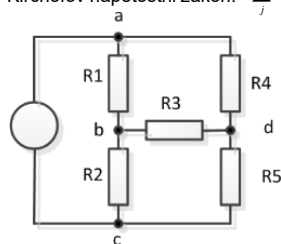
Označimo smeri in imena vseh tokov

Označimo padce napetosti na elementih

Ponovitev osnovnih teoremov

– Kirchofovi zakoni:

- Kirchofov tokovni zakon: $\sum_j i_j = 0$
- Kirchofov napetostni zakon: $\sum_j v_j = 0$



Vozliščna analiza:

1. Izberi GND vozlišče
2. Označi vozliščne napetosti proti GND
3. Napiši KTZ za vsa vozlišča razen GND
4. Reši vozliščne napetosti

Z uporabo:

- Ohmovega zakona
- Kirchofovih zakonov

Lahko poiščemo vse napetosti in tokove v vezju

1. Zapiši vse relacije elementov
2. Zapiši KTZ za vsa vozlišča razen GND
3. Zapiši KVZ za vse zanke

Pri tem se drži pravil:

....

• Tok ki teče v element povzroči +

• Tokovi v vozlišče imajo smer -

• Tokovi iz vozlišča imajo smer +

• Označimo smeri in imena vseh tokov

• Označimo padce napetosti na elementih

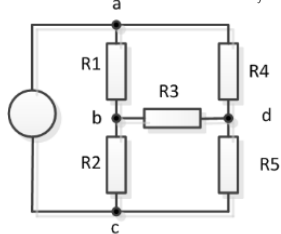
• Označimo vse zanke

• Uporabimo kombinacije elementov (serijska, vzporedna, serijsko-vzporedna vezava)

Ponovitev osnovnih teoremov

– Kirchofovi zakoni:

- Kirchofov tokovni zakon: $\sum_j i_j = 0$
- Kirchofov napetostni zakon: $\sum_j v_j = 0$



Zančna analiza:

1. Izberi GND vozlišče
2. Označi vozliščne napetosti proti GND
3. Napiši KNZ za vse zanke
4. Reši vozliščne napetosti

Z uporabo:

- Ohmovega zakona
- Kirchofovih zakonov

Lahko poiščemo vse napetosti in tokove v vezju

1. Zapiši vse relacije elementov
2. Zapiši KCL za vsa vozlišča razen GND
3. Zapiši KVL za vse zanke

Pri tem se drži pravil:

-
- Tok ki teče v element povzroči +
- Tokovi v vozlišče imajo smer -
- Tokovi iz vozlišča imajo smer +
- Označimo smeri in imena vseh tokov
- Označimo padce napetosti na elementih
- Označimo vse zanke
- Uporabimo kombinacije elementov (serijska, vzporedna, serijsko-vzporedna vezava)

Ponovitev osnovnih teoremov

• Teorem o homogenosti in superpoziciji:

- Za linearna vezja veljajo linearne relacije med veličinami
- V tem primeru veljata:

- Teorem o homogenosti:
 $y = ax_1 + ax_2$
 $a(k \cdot x_1) + a(k \cdot x_2) = ky$

• Primer:

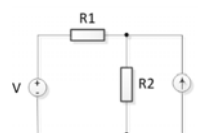
- Teorem o superpoziciji: Odziv na izhodu vezja je določen z vsoto odzivov na posamezni izvor to velja za neodvisne vire

$$y_a = h_1 \cdot x_{1a} + h_2 \cdot x_{2a} + \dots$$

$$y_b = h_1 \cdot x_{1b} + h_2 \cdot x_{2b} + \dots$$

$$h_1 \cdot (x_{1a} + x_{1b}) + h_2 \cdot (x_{2a} + x_{2b}) = y_a + y_b$$

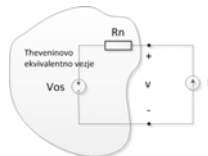
- Primer: (en napetostni in en tokovni izvor) pravila izločanja neodvisnih virov



Ponovitev osnovnih teoremov

- Theveninov teorem

- Za zunanji svet je nepomembno kakšno je notranje vezje.
- Pomembni relaciji sta:
 - Napetost odprtih sponk V_{os}
 - Notranja upornost, ki jo vezje vidi v sponke R_n
 - vsi napetostni ozvori so postavljeni na 0 (in jih nadomestimo s kratkim stikom)
 - Vsi tokovni izvori so postavljeni na 0 in jih nadomestimo z odprtimi sponkami
 - Poljubno vezje nadomestimo z napetostnim generatorjem, ki ima napetost V_{os} in
 - V serijo vezan notranji upor R_n



- Primer: prejšnje vezje

Š.L.: 2018/2019

Uvod v komunikacijsko elektroniko: L0, Uvod

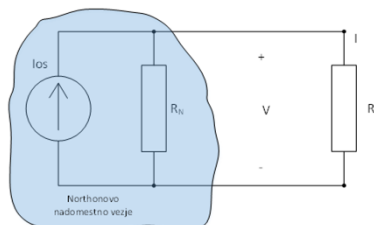
13

Ponovitev osnovnih teoremov

- Northonov teorem

- Za zunanji svet je nepomembno kakšno je notranje vezje.

- Pomembni relaciji sta:
 - Tok kratkega stika I_{ks}
 - Notranja upornost (prevodnost), ki jo vezje vidi v sponke R_n
 - vsi napetostni ozvori so postavljeni na 0 (in jih nadomestimo s kratkim stikom)
 - Vsi tokovni izvori so postavljeni na 0 in jih nadomestimo z odprtimi sponkami
 - Poljubno vezje nadomestimo z tokovnim generatorjem, ki ima tok I_{os} in
 - Vzporedno vezan notranji upor R_n



- Primer: prejšnje vezje

Š.L.: 2018/2019

Uvod v komunikacijsko elektroniko: L0, Uvod

14

Ponovitev osnovnih teoremov

Uvod v vezja s koncentriranimi elementi (abstrakcija):

3. Impedančni model vezji (elementov) :

- velja za čas po transientu
- Predpostavlja signale v obliki kompleksorjev $V_C \cdot \exp(j\omega t)$ (sinusni signal)
- Veljajo vsa pravila: KTZ, KNZ, superpozicija (za linearna vezja)

Upor:

$$i_R = I_R \cdot e^{j\omega t}; v_R = R \cdot i_R$$

$$v_R = V_R \cdot e^{j\omega t}; V_R \cdot e^{j\omega t} = R \cdot I_R \cdot e^{j\omega t}$$

$$V_R = R \cdot I_R$$

Ponovitev osnovnih teoremov

Uvod v vezja s koncentriranimi elementi (abstrakcija):

3. Impedančni model vezji (elementov) :

- velja za čas po transientu
- Predpostavlja signale v obliki kompleksorjev $V_C \cdot \exp(j\omega t)$ (sinusni signal)
- Veljajo vsa pravila: KTZ, KNZ, superpozicija (za linearna vezja)

Kondenzator:

$$i_C = I_C \cdot e^{j\omega t}; i_C = C \cdot \frac{dv_C}{dt}$$

$$v_C = V_C \cdot e^{j\omega t}; i_C = I_C \cdot e^{j\omega t} = C \cdot \frac{dv_C}{dt} = C \cdot V_C \cdot j\omega \cdot e^{j\omega t}$$

$$I_C = V_C \cdot j\omega C; V_C = \frac{1}{j\omega C} \cdot I_C$$

$$\Rightarrow Z_C = \frac{V_C}{I_C} = \frac{1}{j\omega C}$$

Ponovitev osnovnih teoremov

Uvod v vezja s koncentriranimi elementi (abstrakcija):

3. Impedančni model vezji (elementov) :

- velja za čas po transientu
- Predpostavlja signale v obliki kompleksorjev $V_c \cdot \exp(j\omega t)$ (sinusni signal)
- Veljajo vsa pravila: KTZ, KNZ, superpozicija (za linearna vezja)

Tuljava:

$$i_L = I_L \cdot e^{j\omega t}; v_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}$$

$$v_L = V_L \cdot e^{j\omega t}; v_L = I_L \cdot e^{j\omega t} = L \cdot \frac{di_L}{dt} = L \cdot I_L \cdot j\omega \cdot e^{j\omega t}$$

$$V_L = I_L \cdot j\omega L; V_L = j\omega L \cdot I_L$$

$$\Rightarrow Z_L = \frac{V_L}{I_L} = j\omega L$$

Ponovitev osnovnih teoremov

Prevajalne funkcije:

- Definicija: $H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)}$

- Primeri:

Filtri, Bodejev diagram:

- Frekvenčne karakteristike:
 - Upora, tuljave, kondenzatorja
 - VPF (HPF): visoko propustni filter (C-R) (R-L)
 - NPF (LPF): Nizko propustni filter (R-C) (L-R)
 - PPF (BPF): Pasovno propustni filter (R-L-C)
 - PZF (BRF): Pasovno zaporni filter (R-L-C)

Primeri: