

Dobrodošli na drugu godinu studija

Osnovi elektronike

Prof. dr Predrag Petković, red. prof.
dr Dejan Mirković, asistent (tabla)
dr Srđan Đorđević, asistent (lab)
dr Miljana Milić, docent (lab)
dr Marko Dimitrijević, docent (lab)

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

1

Osnovi elektronike

Literatura:

Основна литература:

1. В. Литовски, *Основи електронике*, Академска мисао, 2006, ISBN: 86-7466-227-7
2. В. Павловић, et. al., *Практикум лабораторијских вежби из Основа електронике*, Електронски факултет Ниш, 2012.
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/?page=education/elektronika/elektronika.htm>
3. Презентација са предавања
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/?page=education/elektronika/elektronika.htm>

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

2

Osnovi elektronike

Literatura:

Додатна литература:

1. A. Sedra, K. Smith, *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, New York, Oxford 2004, ISBN 0-19-514252-7.
2. T.Schubert, E.Kim, *Active Non-Linear Electronics*, Wiley, New York, 1996.
3. Татјана Пешић-Брђанин и Бранко Блануша, *Увод у електронику*, Универзитет у Бањој Луци, Бања Лука, Академска Мисао, Београд, 2018 ISBN 978-86-7466-696-8

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

3

Osnovi elektronike

Predispitne obaveze:

Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe)	10%
Odbranjene laboratorijske vežbe	10%
Kolokvijum I (26.11.2018.)	20%
Kolokvijum II (21.01.2019.)	20%

Ispit:

Zadaci	20%
Teorija	20%

Bez 11% predispitnih – NE MOŽE DA SE POLOŽI? čak i ako se uradi ispit za 10 (sa 100%)



09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

Osnovi elektronike Predispitne obaveze:

Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe)	10%
Obranjene laboratorijske vežbe	10%
Kolokvijum I (26.11.2018.)	20%
Kolokvijum II (21.01.2019.)	20%

U januarskom roku

Kolokvijumi se boduju sa po 50%



Ukupan skor u januaru može biti 120% pre ispita

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

5

Osnovi elektronike



Statistika:

Godina	slušalo	Položilo januara	Prijavilo do oktobra	Izašlo do oktobra	Položilo do oktobra
2014/15	57	27 (47%)	18	11	3
2015/16	45+4	38 (84%)	2	0	0
2016/17	39+34+12	17 + 21 +8 44%+62%+67%	12+10+0	3+6+0	2+1+0
2017/18	55+26+34	28 + 13 + 9 51%+50%+26%	13+19+34	2+12+24	1+4+8

Redovnost:

Nastava	10%
Laboratorija	10%

U januarskom roku Kolokvijumi se boduju sa po

50%

ALI

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

6

Osnovi elektronike

To nije sve



**U ovom trenutku
Svi danas imate desetke
sa 120%**

ALI...

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

7

Osnovi elektronike

Svi danas imate desetke sa 120%

Nedolaskom na nastavu gubite svake nedelje po
 $(10\%)/14=0.72\%$

Neblagovremeno odbranjena lab. vežba, odbija se po
 $(10\%)/6=1.66\%$

Svaki neurađeni zadatak na kolokvijumu odbija se
 $(25\%)/2=12.5\%$

Pogrešan odgovor na testu odbija se oko $(25\%)/6=4.17\%$

Procenat	120-91	90-81	80-71	70-61	60-51
Ocena u januaru	10	9	8	7	6

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

8

Osnovi elektronike

Da li postoji igde bolja ponuda?

To nije sve



Kolokvijumi i ispit imaju dva dela: **Zadaci + Teorija**
 Za oba postoji jasan prag za prolaznu ocenu.
 Za zadatke to je rešavanje zadataka poznatih sa predavanja ili vežbi (identični)
 Za teoriju odgovori na pitanja:
 elementarna = broju nastavnih nedelja (14)
 obavezna = broju časova (42)

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

9

Osnovi elektronike

Praktično:

Zadaci:

50% zadataka su poznati sa domaćih ili vežbi – identični (1/2)

Na ispit 2 poznata (1/2) za 6
 1 sličan onome što je rađeno na vežbama, za 7-8
 1 potpuno nov, za 9-10

Teorija: elementarna+obavezna pitanja za 6
 ispitna pitanja (3 po času <126) za 7-10

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

10

Osnovi elektronike

Svako predavanje završava se slajdovima na kojima su navedeni:

Elementarno pitanje

Tri Osnovna pitanja

Do devet ispitnih pitanja

Po završetku svih predavanja spisak svih pitanja biće dostupan na sajtu leda.elfak.ni.ac.rs

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

11

Osnovi elektronike



Zašto je statistika poražavajuća?

Godina	slušalo	Položilo januara	Prijavilo do oktobra	Izašlo do oktobra	Položilo do oktobra	Ukupno položilo
2014/15	57	27 (47%)	18	11	3	30 (53%)
2015/16	45+4	38 (84%)	2	0	0	38 (84%)
2016/17	39+34+12	17 + 21 + 8 44%+62%+67%	12+10+0	3+6+0	2+1+0	20+21+8
2017/18	55+26+34	28 + 13 + 9 51%+50%+26%	13+19+34	2+12+24	1+4+8	29+17+17

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

12

Osnovi elektronike

Zablude:

~~1. Učicu samo ODGOVORE na Elementarna i osnovna pitanja (to mi je dovoljno za 6)~~

~~2.a Radiću samo zadatke sa vežbi~~

~~2.b Radiću samo zadatke za domaći~~

Zašto ovo nije dobro?

- ✓ Gubite celinu, kontekst, a time i suštinu
- ✓ Bubate definicije koje nerazumete (njihova slobodna interpretacija je katastrofalna – za YouTube)
- ✓ Inženjerski (ljudski) mozak nije copy-paste mašina, lakše pamti kada shvati zašto i kako nešto radi

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

13

Osnovi elektronike

Savet:

1. Učite SVE da biste shvatili suštinu!!!

Učenje:

Pogledam svesku i prezentaciju sa predavanja
pitam se ZAŠTO i KAKO, pročitam u knjizi

Provera:

Dajem ODGOVORE na Elementarna/osnovna pitanja
if OK then „Ispina pitanja“
else Učenje
endif;

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

14

Osnovi elektronike

Savet:

2. Zadaci se rade uz papir i olovku!!!

Vežba:

Pročitam zadatak (vežbe/domaći),
rešavam=pišem_na_papiru, ne gledajući rešenje
if OK then „Novi zadatak“;

else

gledam rešenje da vidim gde/zašto grešim;
rešavam ponovo, ne gledajući rešenje;

endif;

Provera:

Ponovi postupak za zadatke sa prethodnih rokova;
ako rešenje nije dobro > pitam asistenta.

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

15

Osnovi elektronike



09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

16

Osnovi elektronike

Konsultacije:

utorak, sreda, petak 11-12h kabinet 207
najbolje da se najavite preko web sajta
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> „pitanja profesoru“
ili preko e-mail adrese: predrag.petkovic@elfak.ni.ac.rs

sa asistentima – prema dogovoru sa njima

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

17

Osnovi elektronike

Predispitne obaveze:

	U JANUARU	OSTALO
Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe)	10%	10%
Odbranjene laboratorijske vežbe	10%	10%
Kolokvijum I (poslednja nedelja u novembru)	50%	20%
Kolokvijum II (poslednja nedelja predavanja)	50%	20%

120% 60%



**Ukupan skor u januaru može biti
120% PRE ISPITA**

**Savet: Izadite na kolokvijum
MNOOOOGO JE LAKŠE!**

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

18

Osnovi elektronike

**Predavanja prate „Case study“
pristup - Analiza slučaja:**

„Pravimo“ audio pojačavač

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

19

Osnovi elektronike

Čemu služi elektronika?

Da olakša život – kako ?

„Poboljšava“ naša čula:

Čujemo, vidimo dalje, bolje

„Povećava“ naše sposobnosti:

Računamo, radimo, brže,

tačnije, uz manje napora

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

20

Osnovi elektronike

Čemu služi elektronika?

Kako čujemo bolje?

Audio pojačavač?



09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 21

Osnovi elektronike

Mikrofon?



TOA DYNAMIC MICROPHONE DM-320 AS

DESCRIPTION
The DM-320 AS is a moving coil type microphone featuring high intelligibility suitable for vocal application.

SPECIFICATION


Type	Moving coil microphone
Directivity	Unidirectional
Rated Impedance	600 ohms, balanced
Rated Sensitivity	-55 dB (1kHz, 0dB = 1 V/Pa)
Frequency Response	100 Hz - 12 kHz
Connection Cable	Separate type
Cable length	7.5 m
Connector	XLR-3 type
Talk Switch	Short-off, slide switch
Finish	Body : Die-cast aluminium, dark grey Head : Die-cast aluminium/zinc-plated steel wire, dark grey
Dimensions	∅52 X 183 mm (microphone body)
Weight	300 g (without connection cable)
Accessories	Microphone holder (W 5/16" 18 thread)

APPEARANCE



09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 22

Osnovi elektronike



DYNAMIC MICROPHONE

DM-320 AS

DESCRIPTION
The DM-320 AS is a moving coil type microphone featuring high intelligibility suitable for vocal application.

SPECIFICATION


Type	Moving coil microphone
Directivity	Unidirectional
Rated Impedance	600 ohms, balanced
Rated Sensitivity	-55 dB (1kHz, 0dB = 1 V/Pa)
Frequency Response	100 Hz - 12 kHz
Connection Cable	Separate type
Cable length	7.5 m
Connector	XLR-3 type
Talk Switch	Short-off, slide switch
Finish	Body : Die-cast aluminium, dark grey Head : Die-cast aluminium/zinc-plated steel wire, dark grey
Dimensions	∅52 X 183 mm (microphone body)
Weight	300 g (without connection cable)
Accessories	Microphone holder (W 5/16" 18 thread)

600 ohms

Zašto je ovo važno?

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 23

Osnovi elektronike



DYNAMIC MICROPHONE


DM-320 AS

DESCRIPTION
The DM-320 AS is a moving coil type microphone featuring high intelligibility suitable for vocal application.

SPECIFICATION

Type	Moving coil microphone
Directivity	Unidirectional
Rated Impedance	600 ohms, balanced
Rated Sensitivity	-55 dB (1kHz, 0dB = 1 V/Pa)
Frequency Response	100 Hz - 12 kHz
Connection Cable	Separate type
Cable length	7.5 m
Connector	XLR-3 type
Talk Switch	Short-off, slide switch
Finish	Body : Die-cast aluminium, dark grey Head : Die-cast aluminium/zinc-plated steel wire, dark grey
Dimensions	∅52 X 183 mm (microphone body)
Weight	300 g (without connection cable)
Accessories	Microphone holder (W 5/16" 18 thread)

-55dB (1kHz; 0dB=1V/Pa) ?



09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 24

Osnovi elektronike

-55dB (1kHz; 0dB=1V/Pa) ?



dB – decibel

20 x logaritam (osnove 10) odnosa dve istorodne veličine (napon/napon)

Šta ovaj podatak znači?

Iz njega treba izračunati koliki napon se generiše na izlazu zvučnika, kada se pobudi pritiskom od 1Pa.

Kako?

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

25

Osnovi elektronike

-55dB (1kHz; 0dB=1V/Pa) ?



20log(V_x/V_n) za V_n=1V koliko je V_x =-55dB u voltima?

$$20\log(V_x/1) = -55\text{dB}$$

$$\log(V_x/1) = \log(V_x) = -55/20 = -2.75$$

$$V_x = 10^{-2.75} = 0.001778\text{V} = 1.778\text{mV}$$

Znači, pobuđen pritiskom od 1Pa, generisaće napon od 1,778mV.

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

26

Osnovi elektronike

Zvučnik?

850108

5.5" CSC-X Woofers



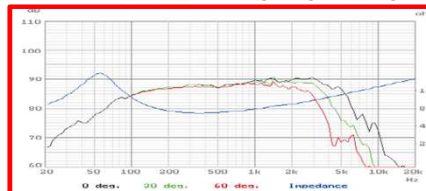
- Poly "Sandwich" cone
- Rubber surround
- Stamped frame
- Short circuiting ring
- 26mm Ø voice coil
- Good sealed or vented
- 145mm Ø flange
- 117mm Ø cut out
- 63.5mm depth

Z_{nom}=8 ohm

Znom	8 ohm	Sd	91 cm ²
Re	0.1 ohm	BL	6.6 N/A
Le	0.9 mH	Vas	12.5 ltrs
fs	47.1 Hz	Xmax	4.5 mm peak
Qms	1.82	Sensitivity	2.83V / 1m
Qes	0.43	Longterm Max	87.5 dB
Qts	0.35	System Power	110 W
Mms	10.4 g	Magnet weight	6.1 kg
Cms	1.09 mm/N		

System Power=110W

Zašto su ovi podaci važni?



09. oktobar 2018.

Osnovi elektronike

Treba izračunati koliki je napon potreban da bi se obezbedila potrebna snaga na zvučniku. Snaga na otporniku ?



$$P = V \cdot I$$

$$P = V \cdot (V/R) = V^2/R$$

$$R = 8 \Omega; P = 110 W$$

$$V = ?$$

$$V^2 = P \cdot R = 880$$

$$V = \sqrt{880} = 29.66 V$$

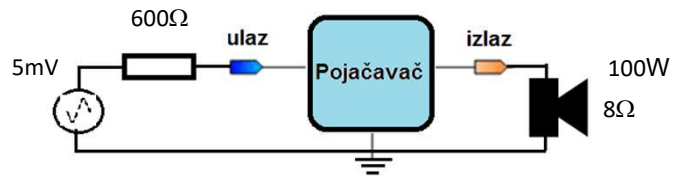
(8.9V)

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

28

Osnovi elektronike



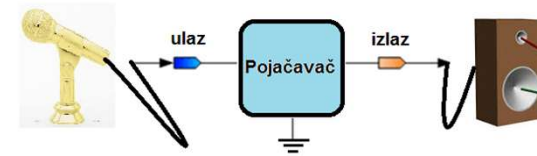
09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

29

Osnovi elektronike

Čemu služi pojačavač?



09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

30

Osnovi elektronike

Da pojača ulazni signal.

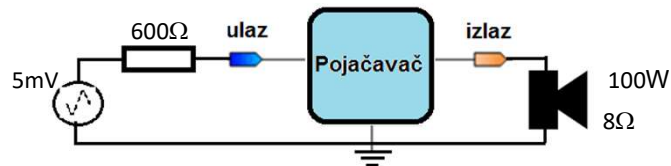
Zašto?

Da bismo dobili željeni signal na izlazu.

Da li je samo važno pojačanje?

Ne! ([primer – audio klip](#))

Treba da pojača **BEZ** izobličenja!



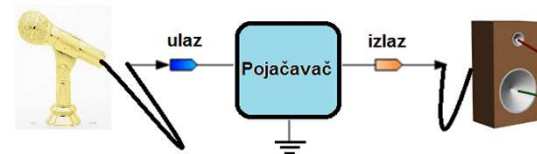
09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

31

Osnovi elektronike

Čemu služi pojačavač?



Da dobijemo potreban napon na potrošaču
(zvučniku)

Šta to znači? KAKO? ZAŠTO?

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

32

Pojačanje signala

Primer 1.1: Mikrofon koji daje na izlazu napon efektivne vrednosti od 10mV i ima izlaznu otpornost od 600Ω treba priključiti na potrošač od 8Ω. Izračunati naponsko i pojačanje snage kada se priključi:

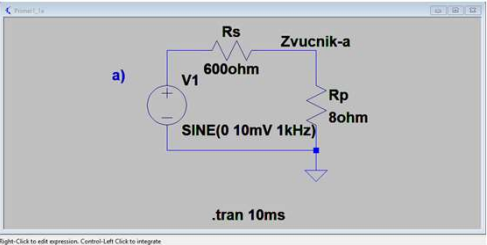
- direktno
- preko pojačavača koji daje 100 puta veći napon na izlazu ($A_o=100V/V$), sa $R_u=1M\Omega$ i $R_{iz}=10\Omega$

09. oktobar 2018. Uvod 33
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

Pojačanje signala

Primer 1.1: Mikrofon koji daje na izlazu napon efektivne vrednosti od 10mV i ima izlaznu otpornost od 600Ω treba priključiti na potrošač od 8Ω. Izračunati naponsko i pojačanje snage kada se priključi:

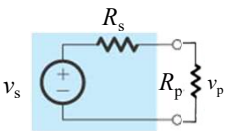
- direktno



09. oktobar 2018. Uvod 34
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

Pojačanje signala

a) direktno Zašto je signal oslabljen?



$$v_p = \frac{R_p}{R_s + R_p} v_s \text{ za } R_s \gg R_p \approx \frac{R_p}{R_s} v_s$$

$$= \frac{8}{600} 10mV = 0.13mV$$

$$A = \frac{v_p}{v_s} = \frac{0.13mV}{10mV} = 0.013 \text{ V/V}$$

Šta je sa snagom?

na ulazu $P_s = v_s \cdot i_s = v_s \cdot \frac{v_s}{R_s + R_p} = \frac{(10 \cdot 10^{-3})^2}{608} = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{608} = 1.64 \cdot 10^{-7} = 164nW$

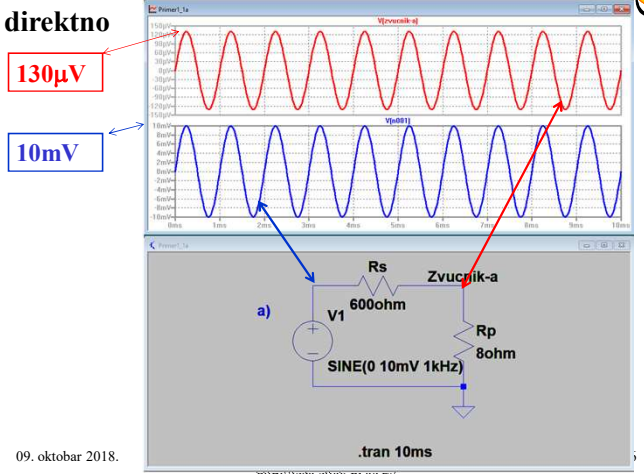
na izlazu $P_p = \frac{v_p^2}{R_p} = \frac{(0.13 \cdot 10^{-3})^2}{8} = \frac{1.69 \cdot 10^{-8}}{8} = 2.11 \cdot 10^{-9} W \approx 2nW$

pojačanje $A_p = \frac{P_p}{P_s} = \frac{2nW}{164nW} = 12.2 \cdot 10^{-3} \text{ W/W}$

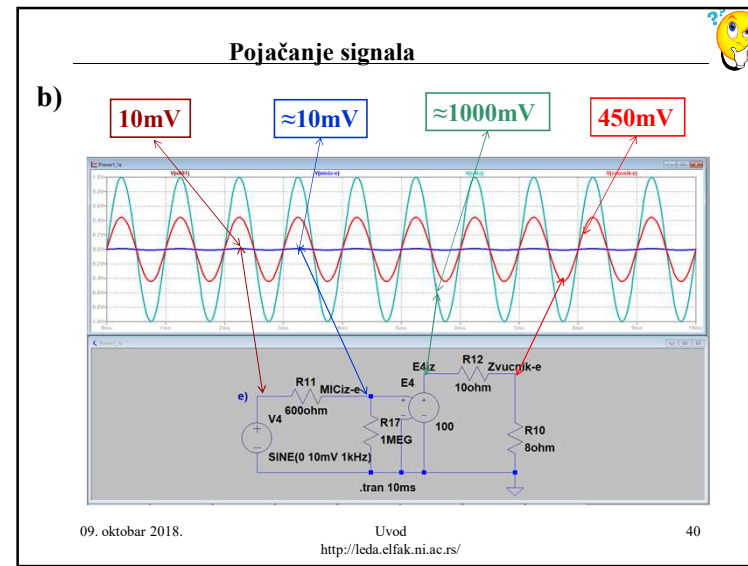
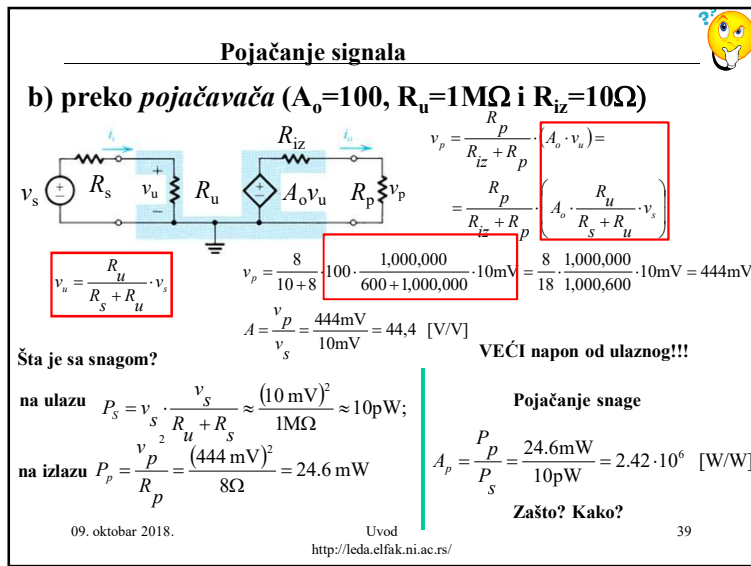
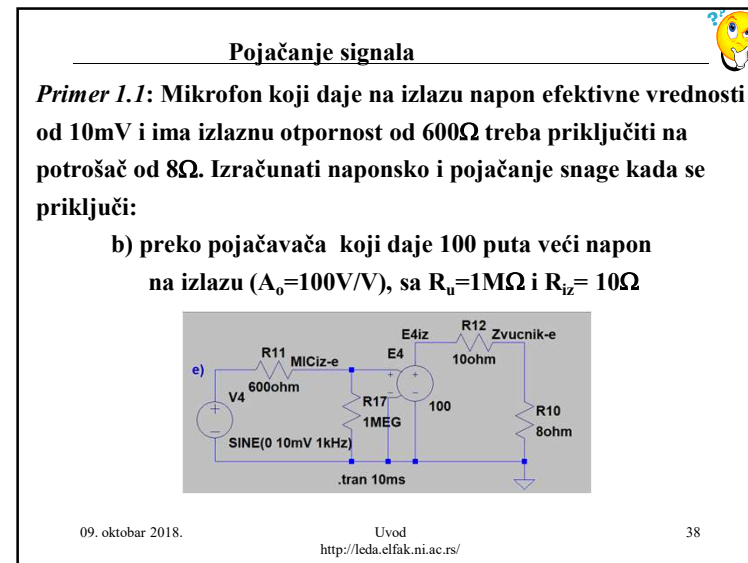
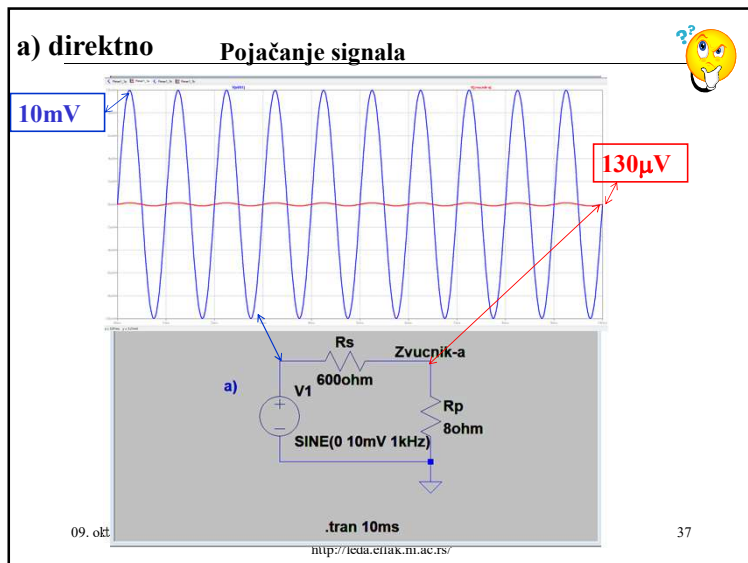
09. oktobar 2018. Uvod 35
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

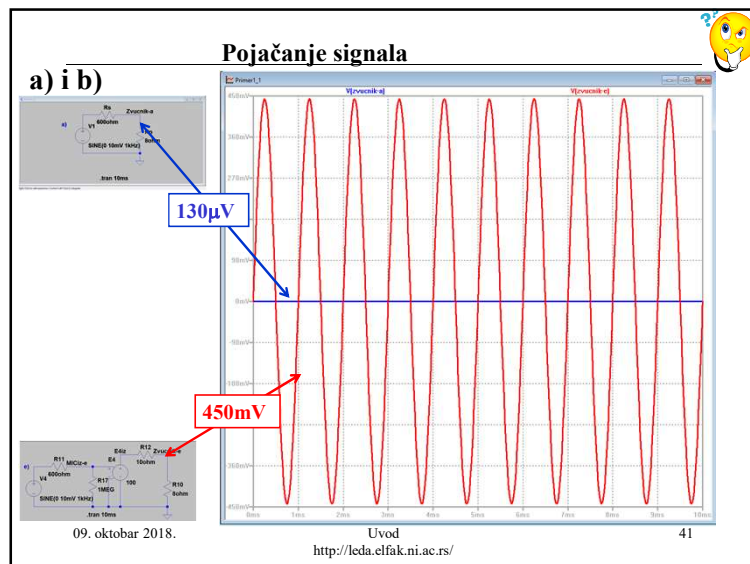
Pojačanje signala

a) direktno



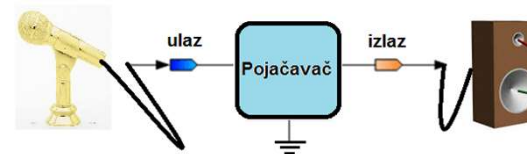
09. oktobar 2018. Uvod 35
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>





Osnovi elektronike

Čemu služi pojačavač?



Da dobijemo potreban napon na potrošaču
(zvučniku)
KAKO RADI?

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

42

Sadržaj

1. Uvod (Osnovi pojačavačke tehnike)
2. Operacioni pojačavači
3. Realni pojačavači
4. Pojačavači sa povratnom spregom
5. Oscilatori
6. Pojačavači velikih signala
7. Usmerači i stabilizatori
8. Šumovi

09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

43

Sadržaj

1. Uvod
 - a. Definicija pojačanja
 - b. Osobine pojačavača
 - c. Simbol pojačavača
 - d. Modeli pojačavača
 - e. Klasifikacija pojačavača prema tipu signala
 - f. Frekvencijske karakteristike
 - g. Polarizacija
 - h. Prenosna karakteristika

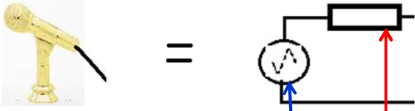
09. oktobar 2018.

Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

44

Pojačanje signala

Mikrofon konvertuje zvučni signal u električni (transdjuseri - transducers)

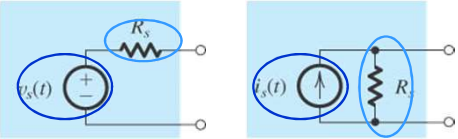


Za nas je to realni **IZVOR SIGNALA:**
Generator + konačna izlazna otpornost

09. oktobar 2018. Uvod
http://leda.elfak.ni.ac.rs/ 45

Pojačanje signala

Signal dolazi iz izvora – *generatora signala* koji mogu da se predstavje kao
 generator napona generator struje
Svaki realni generator električnog signala može se predstaviti ekvivalentim
 naponskim (Thevenen) **ili** strujnim (Norton) generatorom.

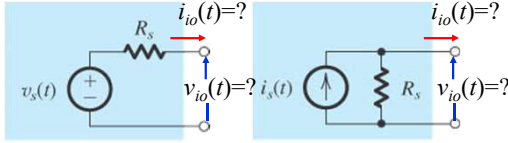


Realni generator = idealni + unutrašnja otpornost

09. oktobar 2018. Uvod
http://leda.elfak.ni.ac.rs/ 46

Pojačanje signala

Koliki su napon i struja na izlazu generatora sa slike ako su krajevi otvoreni?

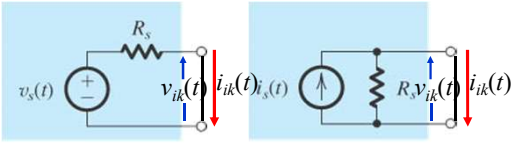


(a) $v_{io}(t) = v_s(t)$ (b) $v_{io}(t) = R_s \cdot i_s(t)$
 $i_{io}(t) = 0$ $i_{io}(t) = 0$

09. oktobar 2018. Uvod
http://leda.elfak.ni.ac.rs/ 47

Pojačanje signala

Koliki su napon i struja na izlazu generatora sa slike ako su krajevi kratkospojeni?



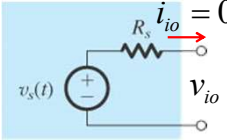
(a) $v_{ik}(t) = 0$ (b) $v_{ik}(t) = 0$
 $i_{ik}(t) = \frac{v_s(t)}{R_s}$ $i_{ik}(t) = i_s(t)$

09. oktobar 2018. Uvod
http://leda.elfak.ni.ac.rs/ 48

Pojačanje signala

Primer 1.2: Merenjem je utvrđeno da je napon praznog hoda generatora $v_{io}=10\text{mV}$ i da je struja kratkog spoja $i_{ik}=10\mu\text{A}$.

Određiti vrednosti parametara modela ekvivalentnog Tevenenovog generatora.



$$v_s - R_s i_{io} - v_{io} = 0$$

$$v_s - v_{io} = 0$$

$$v_s = v_{io} = 10\text{mV}$$

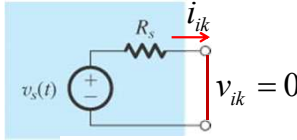
(a)

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 49

Pojačanje signala

Primer 1.2: Merenjem je utvrđeno da je napon praznog hoda generatora $v_{io}=10\text{mV}$ i da je struja kratkog spoja $i_{ik}=10\mu\text{A}$.

Određiti vrednosti parametara modela ekvivalentnog Tevenenovog generatora.



$$v_s - R_s i_{ik} - v_{ik} = 0$$

$$v_s - R_s i_{ik} = 0$$

$$R_s = \frac{v_s(t)}{i_{ik}(t)} = \frac{v_{io}(t)}{i_{ik}(t)} = \frac{10\text{mV}}{10\mu\text{A}} = 1\text{k}\Omega$$

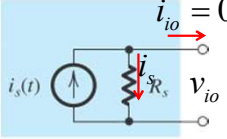
(b)

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 50

Pojačanje signala

Primer 1.3: Merenjem je utvrđeno da je napon praznog hoda generatora $v_{io}=10\text{mV}$ i da je struja kratkog spoja $i_{ik}=10\mu\text{A}$.

Određiti vrednosti parametara modela ekvivalentnog Nortonovog generatora.



$$R_s i_s - v_{io} = 0$$

$$R_s = \frac{v_{io}(t)}{i_s(t)} = \frac{10\text{mV}}{10\mu\text{A}} = 1\text{k}\Omega$$

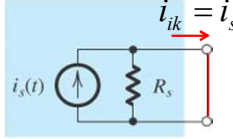
(b)

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 51

Pojačanje signala

Primer 1.3: Merenjem je utvrđeno da je napon praznog hoda generatora $v_{io}=10\text{mV}$ i da je struja kratkog spoja $i_{ik}=10\mu\text{A}$.

Određiti vrednosti parametara modela ekvivalentnog Nortonovog generatora.



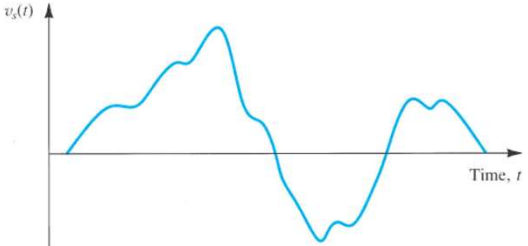
$$i_s = i_{ik} = 10\mu\text{A}$$

(b)

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 52

Pojačanje signala

Kako izgleda proizvoljni električni signal?



Promenljiv i nepredvidljiv u vremenu

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 53

Pojačanje signala



Teško je obrađivati ovakav signal u vremenskom domenu, još teže je projektovati kolo koje će to da radi.

Može li drugačije?
Kako?



Jean Baptiste Joseph Fourier
(1768 –1830)

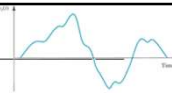


Pierre-Simon, marquis de Laplace
(1749 –1827)

**Prelaz iz vremenskog u frekventijski domen:
Fourjeova transformacija**

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 54

Pojačanje signala



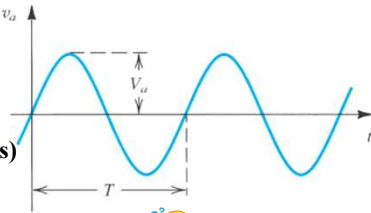
Metod: Fourjeov red

Svaki **periodični vremenski promenljiv signal može se prikazati kao zbir **prostoperiodičnih** signala različitih amplituda i frekvencija.**

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 55

Pojačanje signala

Šta je prostoperiodični signal?



Amplituda: $V_a = \text{max. vrednost}$
Frekvencija: $f=1/T$ (Hz)
Kružna frekvencija $\omega=2\pi f$ (rad/s)
Faza $\phi=0$ (za slučaj sa slike)

Kako bi izgledao za $\phi=\pi/2$? 🤔

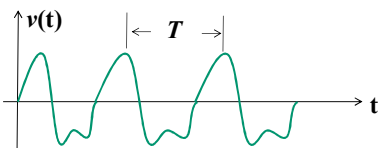
Trenutna vrednost; u trenutku t $v_a(t) = V_a \sin(\omega t + \phi) = V_a \sin(\omega t)$

Efektivna vrednost $V_{a\text{eff}} = V_a / \sqrt{2}$
Srednja vrednost $V_A = 0$

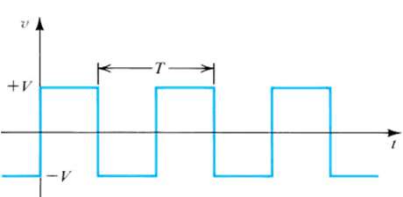
09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 56

Pojačanje signala

(Složeno) Periodični signal $v(t)$ - periodično se ponavlja u vremenu, ima definisanu periodu, a time i frekvenciju:



Amplituda: V
 Frekvencija: $f_o=1/T$ (Hz)
 Kružna frekvencija $\omega_o=2\pi f$ (rad/s)
 Faza $\phi=0$



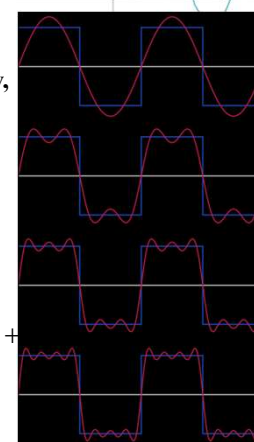
Uvod 57
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

Pojačanje signala

Metod: *Furijeov red*

Svaki periodični, vremenski promenljiv, signal može se prikazati kao zbir **prostoperiodičnih** signala različitih amplituda i frekvencija.

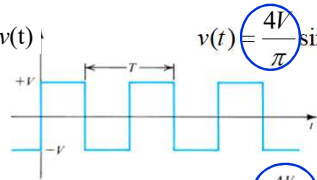
Zato se naziva **složenoperiodični** signal.

$$v(t) = \frac{4V}{\pi} (\sin \omega_o t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_o t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_o t + \dots)$$


Uvod 58
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

Pojačanje signala

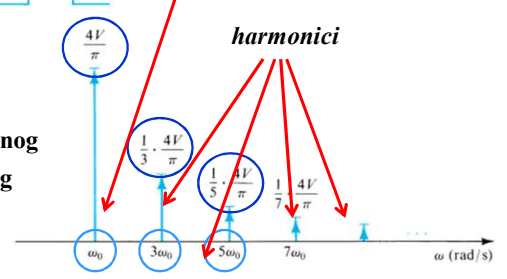
(Složeno) Periodični signal

$$v(t) = \frac{4V}{\pi} \sin \omega_o t + \frac{1}{3} \frac{4V}{\pi} \sin 3\omega_o t + \frac{1}{5} \frac{4V}{\pi} \sin 5\omega_o t + \dots$$


Osnovna frekvencija

harmonici

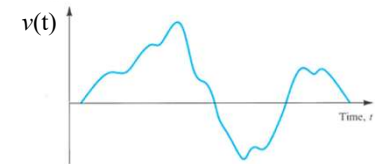
Frekvencijski spektar pravougaonog periodičnog signala



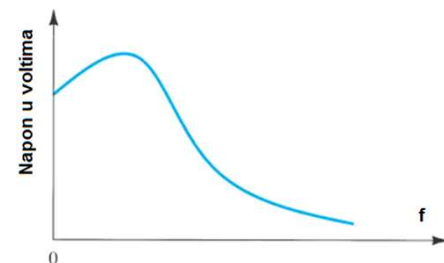
Uvod 59
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

Pojačanje signala

Aperiodični signal



Frekvencijski spektar



KONTINUALAN

[dalje](#)

Uvod 60
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>

Pojačanje signala

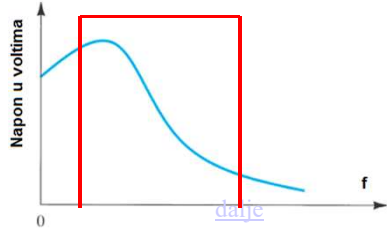
Zašto je ovo važno?

Svaki signal ima „sliku“ u frekvencijskom domenu

Mi neke frekvencije čujemo, a neke ne čujemo.


Za audio pojačavač, treba da posmatramo samo frekvencije koje čujemo.

Time se problem pojednostavljuje – ograničeni frekvencijski opseg



Uvod 61
http://leda.elfak.ni.ac.rs/

Pojačanje signala



Zadaci:

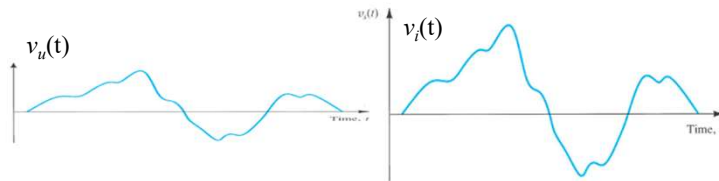
1. Odrediti frekvenciju i kružnu frekvenciju sinusnog signala periode 1ms. ($f=1\text{kHz}$, $\omega=2000\pi$)
2. Odrediti periode sinusnih signala frekvencija: 50Hz, 1MHz, 1GHz. ($0.02s$, $1\mu s$, $1ns$)

Uvod 62
http://leda.elfak.ni.ac.rs/

Pojačanje signala

Pojačanje signala – neophodno u svakom sistemu za obradu signala

Zadatak:
Pojačati signal bez izobličenja – isti oblik veća amplituda



$$v_i(t) = A \cdot v_u(t)$$

Pojačanje $A = const.$

Uvod 63
http://leda.elfak.ni.ac.rs/

Pojačanje signala

Uloga pojačavača:

Da pojača ulazni signal
(napon, struja)

BEZ IZOBLIČENJA!

Kakve karakteristike treba da ima da bi obavio tu ulogu?

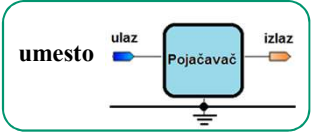
Odgovor kasnije - tokom kursa

Uvod dalje da
http://leda.elfak.ni.ac.rs/

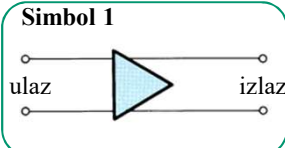


Pojačanje signala

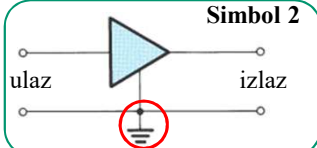
Simbol pojačavača :



Simbol 1



Simbol 2



ili

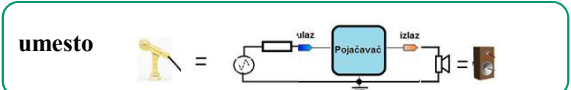
Uzemljenje, masa, referentni čvor!!!

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 65

Pojačanje signala

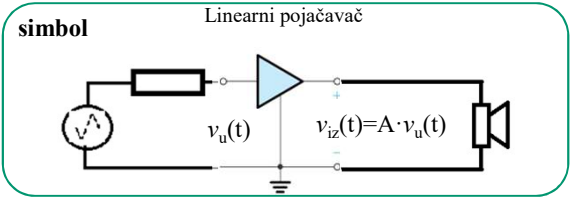
Simbol pojačavača:

Priključivanje pobude **Priključivanje potrošača**



umesto

simbol **Linearni pojačavač**



09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 66

Šta smo naučili?

- **Koja je uloga pojačavača?**
 - Karakteristike prostoperiodičnog signala u vremenskom i frekvencijskom domenu (amplituda, efektivna vrednost, perioda, faza, frekvencija, kružna frekvencija, frekvencijski spektar).
 - Simbol pojačavača

Na web adresi <http://leda.elfak.ni.ac.rs>
 > EDUCATION > OSNOVI ELEKTRONIKE
 slajdovi u pdf formatu

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 67

Ispitna pitanja

1. Šta su transduseri?
2. Odrediti vrednosti parametara ekvivalentnog Tevenenog i Nortonovog modela generatora na kome je izmeren napon praznog hoda od 10V i struja kratkog spoja od 500mA.
3. Koliki je napon na izlazu neopterećenog realnog generatora nominalnog napona 10V koji ima unutrašnju otpornost 10Ω (praznog hoda)? Koliko iznosi struja kratkog spoja?
4. Koliki je napon na izlazu generatora nominalnog napona 10V koji ima unutrašnju otpornost 100Ω, ako je opterećen otpornošću od 100Ω?
5. Karakteristike složenoperiodičnog signala u vremenskom i frekvencijskom domenu.
6. Karakteristike aperiodičnog signala u vremenskom i frekvencijskom domenu.

09. oktobar 2018. Uvod
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 68

Sledeće nedelje:

Osnovi pojačavačke tehnike (nastavak)

- **Uzroci izobličenja signala**
- **Frekvencijske karakteristike pojačavača**
- **Jednosmerno napajanje i prenosna karakteristika pojačavača**
- **Klasifikacija pojačavača**

Na web adresi <http://leda.elfak.ni.ac.rs>

> EDUCATION > OSNOVI ELEKTRONIKE

slajdovi u pdf formatu

09. oktobar 2018.

Uvod

69

<http://leda.elfak.ni.ac.rs/>