


Osnovi elektronike

Predispitne obaveze: U JANUARU OSTALO

Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe.	10%	10%
Odbrane laboratorijske vežbe	10%	10%
Kolokvijum I (Kasno za kakanje)	50%	20%
Kolokvijum II (13.01.2020.)	50%	20%
120%		60%



Ukupan skor u januaru može biti 120% PRE ISPITA


Savet: Učite, konstantno po malo, MNOGO JE LAKŠE da POLOŽITE preko KOLOKVIJUMA!

26. decembar 2019. 1

Osnovi elektronike

Predispitne obaveze: U JANUARU OSTALO

Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe.	10%	10%
Odbrane laboratorijske vežbe	10%	10%
Kolokvijum I (Kasno za kakanje)	50%	20%
Kolokvijum II (20.01.2018.)	50%	20%
120%		60%



Ko nije izašao na I kolokvijum, a ide na lab i predavanja od 120, ima 70% (još nije kasno); ako ne ide na predavanja ima 60% (nije kasno); ali, ako na drugom kolokvijumu ima < 80% imaće <50% (e, tada je kasno)

26. decembar 2019. 2

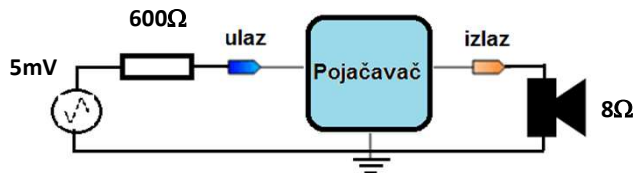
II Kolokvijum

PONEDELJAK 21. 01. 2019.

26. decembar 2019. 3

Izvori jednosmernog napajanja

Osnovi elektronike



Šta nedostaje da bi pojačavač radio?

26. decembar 2019. 4

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

Osnovi elektronike

Izvor jednosmernog napona za polarizaciju
Kako se realizuje?

26. decembar 2019. Uvod 5
<http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 5

Izvori jednosmernog napona

6

Izvori jednosmernog napajanja

Sadržaj

1. Uvod
2. Usmerači napona
 - 2.1 Jednostrano usmeravanje
 - 2.2 Dvostrano usmeravanje
 - 2.3 Umnožavačavači napona
3. Filtriranje usmerenog napona
4. Stabilizatori – regulatori napona
 - 4.1 Linearni stabilizatori napona
 - 4.1.1 Stabilizatori sa Zener diodom
 - 4.1.2 Paralelni stabilizatori
 - 4.1.3 Redni stabilizatori napona
 - 4.2 Prekidački stabilizatori napona
 - 4.2.1 Spuštači napona
 - 4.2.2 Podizači napona
 - 4.2.3 Invertori

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 7

Izvori jednosmernog napajanja

1. Uvod

Ni jedno od navedenih elektronskih kola ne bi moglo da radi ako se ne obezbedi jednosmerni napon za polarisanje aktivnih komponenata.

Perpetuum mobile ne postoji !!! [perpetuum mobile.wmv](http://www.veljkomilkovic.com/perpetuum_mobile.wmv)

Da bi pojačavač pojačao neki signal, mora da utroši određenu snagu. Ta snaga dolazi iz izvora jednosmernih napona.

Vrednost izvora za napajanje definiše maksimalni mogući dinamički opseg signala (sem kod transformatorske sprege).

U mobilnim uređajima koriste se baterije, dok je za napajanje stacionarnih uređaja racionalnije da se koristi mrežni napon.

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 8
<http://www.veljkomilkovic.com/>

Izvori jednosmernog napajanja


1. Uvod
 Karakteristike mrežnog napona?

To je naizmenični napon

prostoperiodični, frekvencije $f = 50 \text{ Hz}$

efektivna vrednost $V = 230 \text{ V}$

maksimalna vrednost $V_m = 324 \text{ V}$

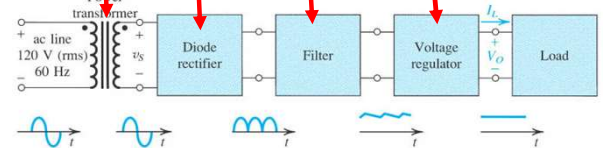


26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 9

Izvori jednosmernog napajanja

1. Uvod
 Da bi se od mrežnog napona dobio jednosmerni, željene vrednosti, potrebno je

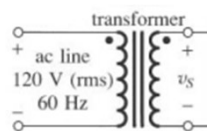
1. smanjiti njegovu vrednost
2. usmeriti ga (napraviti jednosmerni napon)
3. ukloniti naizmeničnu komponentu ("ispeglati")
4. stabilisati ga (učiniti nezavisnim od promena uslova rada potrošača i/ili napona mreže)



26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 10

Izvori jednosmernog napajanja

1. Uvod
1. Transformator smanjuje vrednost mrežnog napona



Galvanski odvaja izvor jednosmernog napona od napona mreže.

Time se sprečava međusobni uticaj mreže na uređaj i obrnuto.

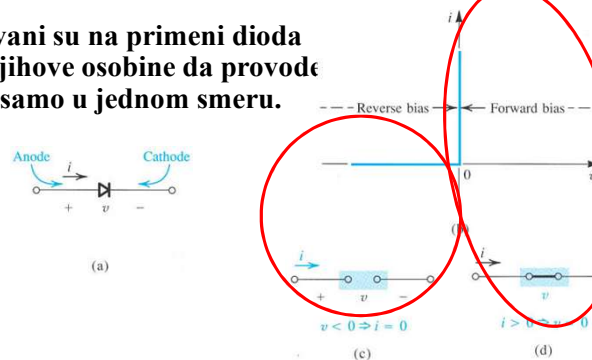
26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 11

2. Usmeravanje naizmeničnog napona

2. Usmeravanjem se od naizmeničnog napona pravi jednosmerni

Kola koja imaju ovu sposobnost nazivaju se usmerači.

Zasnovani su na primeni dioda zbog njihove osobine da provode struju samo u jednom smeru.



26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 12

2. Usmeravanje naizmeničnog napona

2.1 Jednostrano usmeravanje

Izvori jednosmernog napajanja

2. Usmeravanje naizmeničnog napona

2.1 Jednostrano usmeravanje

Izvori jednosmernog napajanja

2. Usmeravanje naizmeničnog napona

2.1 Jednostrano usmeravanje

$v_u = V_m \sin(\omega t)$

$v_o = \begin{cases} V_m \sin(\omega t) & 2k\pi < \omega t < (2k+1)\pi \\ 0 & (2k+1)\pi < \omega t < (2k+2)\pi \end{cases}$

$k=0, 1, 2, \dots$

Napon na potrošaču ima jednosmernu komponentu (srednja vrednost signala)

$V_o = V_m / \pi$

ukupnu efektivnu vrednost

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_m}{2}$$

Izvori jednosmernog napajanja

2. Usmeravanje naizmeničnog napona

2.1 Jednostrano usmeravanje

$v_u = V_m \sin(\omega t)$

$v_o = \begin{cases} V_m \sin(\omega t) & 2k\pi < \omega t < (2k+1)\pi \\ 0 & (2k+1)\pi < \omega t < (2k+2)\pi \end{cases}$

Trenutna vrednost vremenski promenljivog napona, bez jednosmerne komponente iznosi $v = v_o - V_o$, a njegova efektivna vrednost je

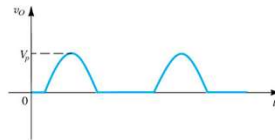
$$V_{\text{eff}}' = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\int_0^{2\pi} (v_o - V_o)^2 d\omega t} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\int_0^{2\pi} (v_o^2 - 2v_o V_o + V_o^2) d\omega t}$$

Izvori jednosmernog napajanja

2.1 Jednostrano usmeravanje

$$V_{\text{eff}}' = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\int_0^{2\pi} v_o^2 d\omega t - \int_0^{2\pi} 2v_o V_o d\omega t + \int_0^{2\pi} V_o^2 d\omega t} = \sqrt{V_{\text{eff}}'^2 - V_o^2}$$

$$V_{\text{eff}}' = V_o \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1} \approx 1,21 V_o$$



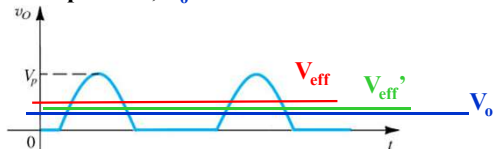
Faktor talasnosti je mera sadržaja naizmenične komponente u usmerenom signalu i izračunava se kao količnik efektivne vrednosti naizmenične komponente napona na potrošaču V_{eff}' i jednosmernog napona V_o

$$\gamma = \frac{V_{\text{eff}}'}{V_o} \approx \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1} \approx 1.21$$


26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 17

2.1 Jednostrano usmeravanje

Pri jednostranom usmeravalju vremenski promenljiva komponenta napona V_{eff}' veća je od jednosmerne komponente, V_o !



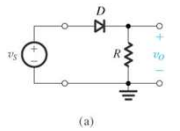
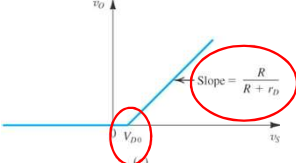
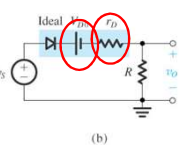
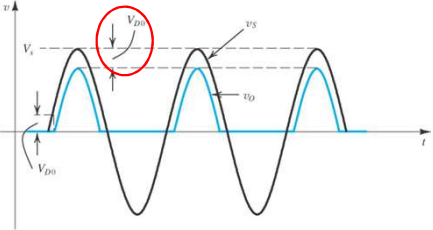
Probojni napon diode (V_p) mora da bude veći od V_m ! inače će dioda da izgori.



26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 18

2.1 Jednostrano usmeravanje

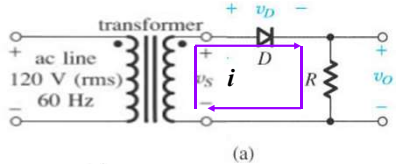
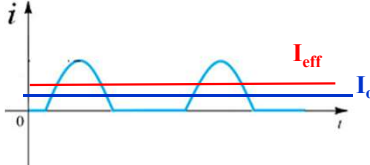
Linearni model realne diode

26. decembar 2019. 19

2.1 Jednostrano usmeravanje

Kroz sekundar transformatora protiče jednosmerna struja, čime se kvare performanse transformatora usled pojave premagnjećenja jezgra

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 20

2. Usmeravanje naizmeničnog napajanja

2.2 Dvostrano usmeravanje

(b)

(c)

26. decembar 2019. izvori jednosmernog napajanja 21

2. Usmeravanje naizmeničnog napajanja

2.2 Dvostrano usmeravanje

(b)

(c)

$V_{Dmax} \approx 2V_m$

26. decembar 2019. izvori jednosmernog napajanja 22

2. Usmeravanje naizmeničnog napajanja

2.2 Dvostrano usmeravanje

(b)

(c)

$V_{Dmax} \approx 2V_m$

26. decembar 2019. izvori jednosmernog napajanja 23

2.2 Dvostrano usmeravanje

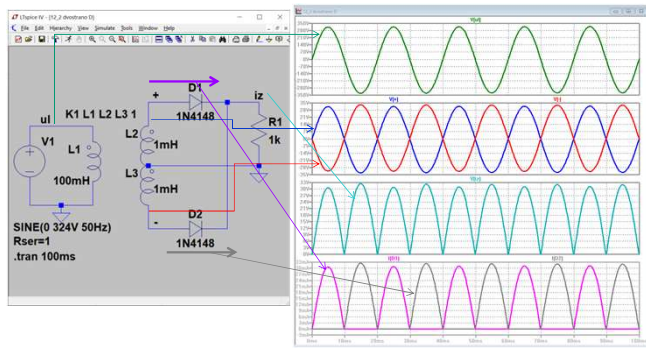
(b)

(c)

$V_{Dmax} \approx 2V_m$

26. decembar 2019. izvori jednosmernog napajanja 24

2.2 Dvostrano usmeravanje

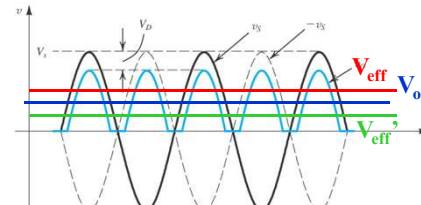


26. decembar 2019.

Izvori jednosmernog napajanja

25

2.2 Dvostrano usmeravanje



Jednosmerna komponenta napona na potrošaču V_o (dva puta veća od jednostranog)

$$V_o \approx \frac{2}{\pi} V_m = \frac{V_m}{1.57}$$

Ukupna efektivna vrednost napona na potrošaču V_{eff} ($\sqrt{2}$ puta veća od jednostranog)

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

Efektivna vrednost naizmenične komponente napona na potrošaču V_{eff}' je

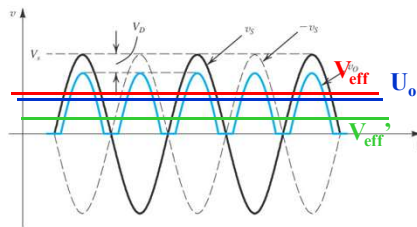
$$V_{eff}' = V_o \sqrt{\frac{\pi^2}{8} - 1}$$

26. decembar 2019.

Izvori jednosmernog napajanja

28

2.2 Dvostrano usmeravanje



Faktor talasnosti kod dvostranog usmeravanja iznosi

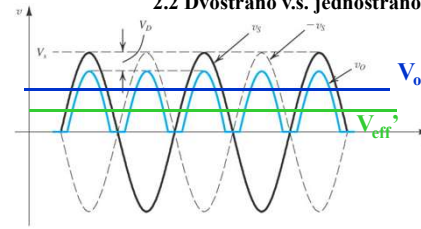
$$\gamma = \frac{V_{eff}'}{V_o} = \sqrt{\frac{\pi^2}{8} - 1} \approx 0.48$$

26. decembar 2019.

Izvori jednosmernog napajanja

27

2.2 Dvostrano v.s. jednostrano usmeravanje



$$V_o \approx \frac{2}{\pi} V_m = \frac{V_m}{1.57}$$

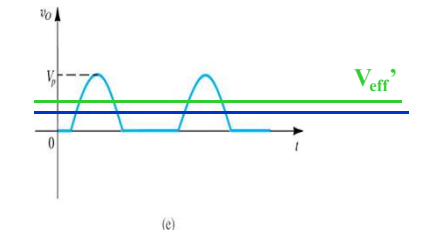
$$V_{eff}' = V_o \sqrt{\frac{\pi^2}{8} - 1} \approx 0.48 V_o$$

$$\gamma = \frac{V_{eff}'}{V_o} = \sqrt{\frac{\pi^2}{8} - 1} \approx 0.48$$

26. decembar 2019.

Izvori jednosmernog napajanja

28



$$V_o \approx \frac{V_m}{\pi} = \frac{V_m}{3.14}$$

$$V_{eff}' = V_o \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1} \approx 1.21 V_o$$

$$\gamma = \frac{V_{eff}'}{V_o} \approx \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1} \approx 1.21$$

2.2 Dvostrano v.s. jednostrano usmeravai

(a) (b)

(c)

- ☺ + Ukupna jednosmerna komponenta udvostručena
- ☺ + Na potrošaču samo parni harmonici napona
- ☺ + Kroz sekundar ne protiče jednosmerna komponenta struje
- ☹ - Sekundar mora da ima simetrični izlaz
- ☹ = Najveći inverzni napon na diodi je $\approx 2V_m$!!!

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 29

2.2 Dvostrano usmeravanje

Grecov spoj (Gretz)

(a)

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 30

2.2 Dvostrano usmeravanje

Gretzov spoj

(a)

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 31

2.2 Dvostrano usmeravanje

Gretzov spoj

(a) (b)

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 32

2.2 Dvostrano usmeravanje

Gretzov spoj

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 33

2.2 Dvostrano usmeravanje

Gretzov spoj

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 34

2.2 Dvostrano usmeravanje

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 35

- 😊 + Sekundar NE mora da ima simetrični izlaz
- 😊 + Najveći inverzni napon na diodi je V_m a ne $2 V_m$!!!

2.2 Dvostrano usmeravanje Gretcov spoj v.s. jednostrano

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 36

- 😊 + Ukupna jednosmerna komponenta udvostručena
- 😊 + Na potrošaču samo parni harmonici napona
- 😊 + Kroz sekundar ne protiče DC komponenta struje
- 😊 + Sekundar ne mora da ima simetrični izlaz
- 😊 + Najveći inverzni napon na diodi je takođe V_m

2. Usmerači napona ZAKLJUČAK

Funkcija: Od naizmjeničnog napona prave jednosmerni

Jednostrano

Dvostrano

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 37

2. Usmerači napona ZAKLJUČAK

Realizacija:

Jednostrano

Dvostrano

ZAKLJUČAK Pogledajte:
<https://www.youtube.com/watch?v=cyhzpFqXwDA>

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 38

2. Usmerači naizmjeničnog napona

2.3 Udvostručavač napona

$v_u = V_m \sin(\omega t)$

$v_u = V_m \sin(\omega t)$

V_m

$2V_m$

Za veoma velike vrednosti otpora potrošača $V_p = 2 V_m$ (τ pražnjenja veliko)

26. decembar 2019. izvori jednosmernog napajanja 39

2. Usmerači naizmjeničnog napona

2.3 Udvostručavač napona

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 40

2.3 Udvostručavač napona

$v_u = V_m \sin(\omega t)$

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 41

2.3 Udvostručavač napona

$v_u = V_m \sin(\omega t)$

26. decembar 2019. 42

2.3 Udvostručavač napona

(a) (a)

(b)

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 43

2.3 Udvostručavač napona

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 44

2.3 Umnožavač napona

$v_u = V_m \sin(\omega t)$

$V_p = 2nV_m$, gde je n broj sekcija

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 45

Izvori jednosmernog napajanja

3. Filtriranje usmerenog napona

Treba da eliminiše **naizmeničnu komponentu napona
Zato se koristi propusnik niskih frekvencija**

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 46

3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filter

Posle zakočenja diode, akumulirana energija u kalemu dopušta protok struje u istom smeru u kome je i ranije proticala.

Potrošač i L čine naponski razdelnik za naizmenični signal dok DC komponenta nije oslabljena jer je $Z_L = 0$.

$$v = R_p v_1 / (Z_L + R_p)$$

Slabljenje će biti veće ako je L veće.

Veće je slabljenje viših harmonika jer pri višim frekvencijama Z_L ima veću vrednost.

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 47

3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filter

Za one koji žele da nauče više

Zavisnost struje kroz potrošač od odnosa $(\omega L)/R_p$

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 48

3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filtar

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 49

3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filtar

Za one koji žele da nauče više

Priključivanje induktivnog filtra na dvostrani umerać.

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 50

3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filtar

Za one koji žele da nauče više

Faktor talasnosti $\gamma = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{R_p}{\omega L}$

DC napon na potrošaču ne zavisi od otpornosti potrošača ako se zanemare otpornosti dioda i kalema.

$$V_o = \frac{2V_m}{\pi} = 0.637 \cdot V_m$$

Relativno mala poboljšanja postignuta.
Racionalna je jedino primena pri velikim strujama (malo R_p).

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 51

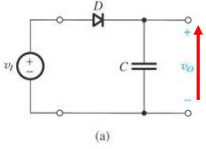
3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filtar - dvostrano

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 52

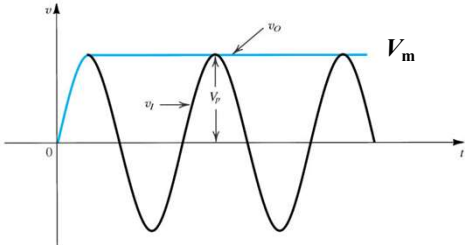
3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter



(a)

U idealnom slučaju jednosmerna komponenta napona na kondenzatoru $V_0 = V_p = V_m$.

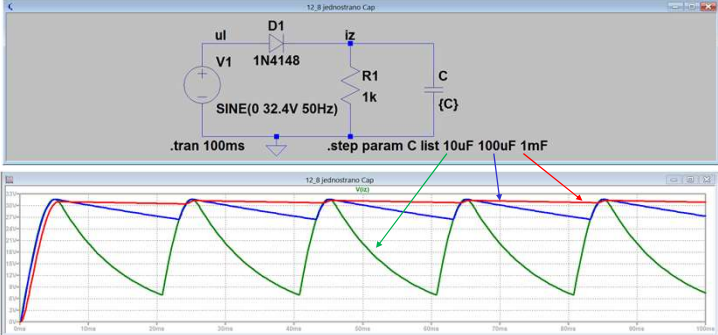


(b)

26. decembar 2019.
Izvori jednosmernog napajanja
53

3. Filtriranje usmerenog napona

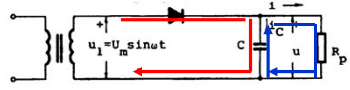
Kapacitivni filter - jednostrano



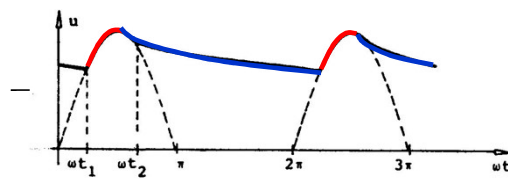
26. decembar 2019.
Izvori jednosmernog napajanja
54

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter



U realnim uslovima kondenzator se puni preko male otpornosti diode koja vodi, a prazni preko otpora R_p .



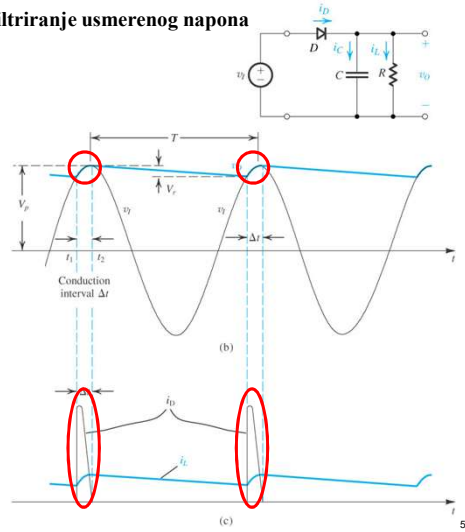
26. decembar 2019.
Izvori jednosmernog napajanja
55

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter

Dioda vodi samo u kratkom intervalu kada je anoda na višem potencijalu od katode.

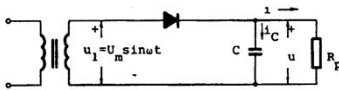
Tada se dopunjuje naelektrisanje na C koje se izgubilo tokom intervala T, kada je dioda bila zakočena.



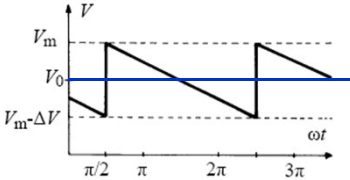
26. decembar 2019.
Izvori jednosmernog napajanja
56

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter



Analiza rada na osnovu pojednostavljenog talasnog oblika signala na potrošaču.



$$V_0 = V_m - \Delta V / 2.$$

$$V_m - \Delta V = V_m e^{-T/(CR)}$$

za $CR \gg T$,

$$e^{-T/(CR)} \approx 1 - T/(CR)$$

tako da je

$$\Delta V \approx V_m T / (CR) = V_m / (fCR)$$

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 57

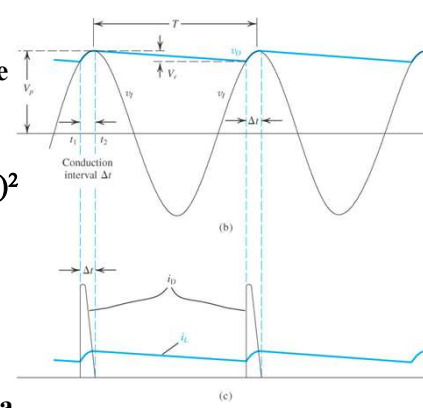
3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter

Ugao provođenja diode
 $V_m \cos(\omega \Delta t) = V_m - \Delta V$
 za malo $\omega \Delta t$ važi
 $\cos(\omega \Delta t) \approx 1 - (1/2) (\omega \Delta t)^2$

$$\omega \Delta t \approx \sqrt{2 \Delta V / V_m}$$

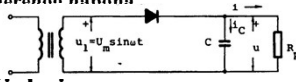
Srednja vrednost struje kroz diodu računa se analizom količine naelektrisanja na kondenzatoru



26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 58

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter



$Q_+ = I_C \Delta t = Q_- = C \Delta V$, znajući da je
 $I_C = I_d - I_0$ dobija se srednja vrednost struje kroz diodu od

$$I_d \approx I_0 (1 + \pi \sqrt{2 V_m / \Delta V})$$

(Za $V_m = 10V$, $\Delta V = 0.2V$, $I_d = 32.14 I_0$)

Srednja vrednost struje kroz diodu mnogo je veća od jednosmerne struje kroz potrošač jer je

$$V_m \gg \Delta V!!!$$

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 59

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter

Rešavanjem diferencijalne jednačine
 $i_d = C(du/dt) + i$, za $t = t_1 = -\Delta t$, dobija se maksimalna vrednost struje kroz diodu od

$$I_{dmax} \approx I_0 (1 + 2\pi \sqrt{2 V_m / \Delta V})$$

Za $V_m \gg \Delta V$, što je obično ispunjeno:

$$I_{dmax} \approx 2 I_0 (1/2 + \pi \sqrt{2 V_m / \Delta V}) \approx 2 I_d \gg 2 I_0$$

Voditi računa kada se bira dioda!!!

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 60

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar - jednostrano

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 61

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar - jednostrano

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 62

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar

Da bi se odredio faktor talasnosti posmatra se pojednostavljen talasni oblik signala na potrošaču.

$$V_0 \approx V_m - \Delta V / 2$$

$$V_0 = \frac{V_m}{\left(1 + \frac{\pi}{\omega R_p C}\right)}$$

Faktor talasnosti

$$\gamma = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \frac{1}{\omega R_p C} \Big|_{\omega=100\pi} \approx \frac{1}{171} \frac{1}{R_p C}$$

Za one koji žele da nauče više

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 63

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar – dvostrano

Perioda je smanjena na T/2 tako da je

$$\Delta V \approx V_m T / (2CR) = V_m / (2fCR)$$

Dva puta manje za isto C i R!!!

ili

Da bi se dobilo isto ΔV, može da se upotrebi dva puta manje C (!!! dimenzije !!!)

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 64

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar – dvostrano

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 65

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar – dvostrano

Jednosmerni napon na potrošaču kod dvostranog usmerača

$$V_o = \frac{V_m}{\left(1 + \frac{\pi}{2\omega R_p C}\right)}$$

Faktor talasnosti dva puta manji nego kod jednostranog za isto R i C

$$\gamma = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \frac{1}{\omega R_p C} \Big|_{\sigma=100\tau} \approx \frac{1}{346} \frac{1}{R_p C}$$

Za one koji žele da nauče više

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 68

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar - dvostrano

Ugao provođenja diode $V_m \cos(\omega\Delta t) = V_m - \Delta V$ za malo $\omega\Delta t$ važi $\cos(\omega\Delta t) \approx 1 - (1/2) (\omega\Delta t)^2$

$$\omega\Delta t \approx \sqrt{2\Delta V / V_m}$$

Isti izraz kao kod jednostranog

Za one koji žele da nauče više

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 67

3. Filtriranje usmerenog napona

Za one koji žele da nauče više

Kapacitivni filtar - dvostrano (srednja vrednost struje kroz diodu)

$Q_+ = I_C \Delta t = Q_- = C \Delta V$, znajući da je $I_C = I_d - I_o$ dobija se srednja vrednost struje kroz diodu od

$$I_d \approx I_o \left(1 + \pi \sqrt{\frac{V_m}{2\Delta V}}\right)$$

Srednja vrednost struje kroz diodu veća je od jednosmerne struje kroz potrošač, ali je skoro 2x manja nego kod jednostranog usmerača!!!

(Za $V_m=10V$, $\Delta V=0.2V$, $I_d=16.7I_o$)

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 68

3. Filtriranje usmerenog napona Za one koji žele da nauče više
Kapacitivni filter - dvostrano (maksimalna struja kroz diode)

Rešavanjem diferencijalne jednačine
 $i_d = C(du/dt) + i$, za $t = t_1 = -\Delta t$, dobija se maksimalna vrednost struje kroz diodu od

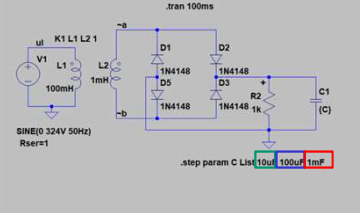
$$I_{dmax} \approx I_0 \left(1 + 2\pi \sqrt{\frac{V_m}{2\Delta V}} \right)$$

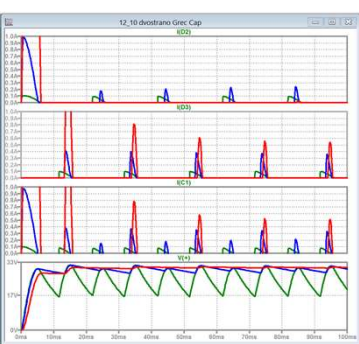
Za $V_m \gg \Delta V$ što je obično ispunjeno, dobija se
 $I_{dmax} \approx 2I_d \gg I_0$

Maksimalna struja kroz diode kod dvostranog, približno 2x je manja od one kod jednostranog usmeravanja. Izvori jednosmernog napajanja

69

3. Filtriranje usmerenog napona
Kapacitivni filter - dvostrano (maksimalna struja kroz diode)

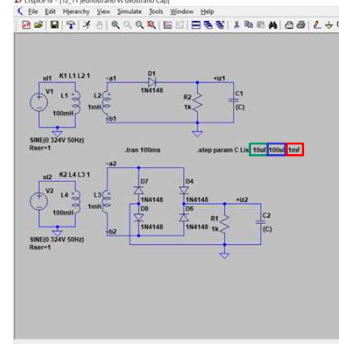


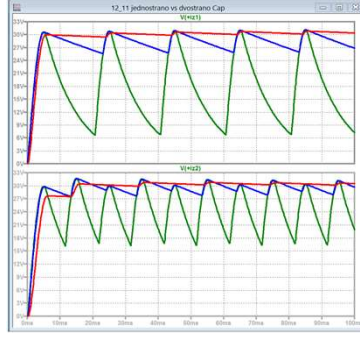


26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja

70

3. Filtriranje usmerenog napona
Kapacitivni filter – jednostrano v.s. dvostrano

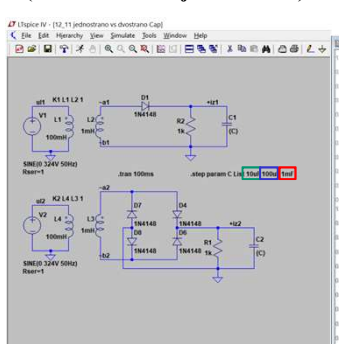


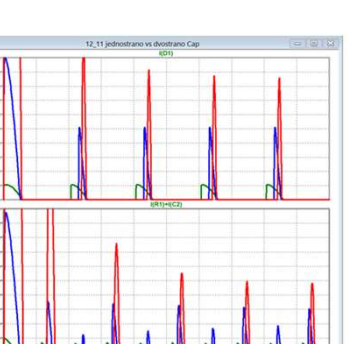


26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja

71

3. Filtriranje usmerenog napona
Kapacitivni filter – jednostrano v.s. dvostrano (maksimalna struja kroz diode)



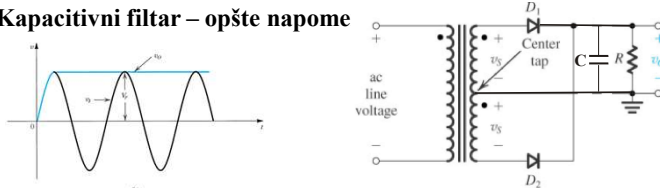


26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja

72

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter – opšte napome




Jednosmerna komponenta napona na potrošaču kada je primenjen kapacitivni filter **približno je jednaka maksimalnoj vrednosti ulaznog naizmeničnog napona: 1.41 puta veća od efektivne vrednosti.**

Kapacitivni filter ima relativno mali faktor talasnosti pri velikim otpornostima potrošača

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 73

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter 


Domaći 12.1:

Potrošač $R=100\Omega$ priključen je preko usmerača sa Grecovim spojem na naizmenični napon frekvencije 50Hz i amplitude 12V. Ako je pad napona na diodama $V_d=0.8V$ odrediti:

- vrednost C kapacitivnog filtra priključenog paralelno potrošaču koja će obezbediti odstupanje napona $\Delta V < 1V$;
- vrednost jednosmernog napona na potrošaču;
- vrednost jednosmerne struje kroz potrošač;

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 74

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter 

Domaći 12.2:

Za usmerač sa kapacitivnim filtrom iz prethodnog primera odrediti:

- ugao provođenja diode i iskazati ga u % u odnosu na periodu ulaznog signala (50Hz);
- srednju struju kroz diodu;
- maksimalnu struju kroz diodu;
- maksimalni inverzni napon na diodi;
- predložiti tip diode koji se može primeniti za ovu namenu

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 75

3. Filtriranje usmerenog napona

	Induktivni	v.s.	kapacitivni filter
Faktor talasnosti	$\gamma = \frac{1}{3\sqrt{2}} \frac{R_p}{\omega L}$		$\gamma = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \frac{1}{\omega R_p C}$
		v.s.	
Jednosmerni napon	$V_o = \frac{2V_m}{\pi} = 0.637 V_m$		$V_o = \frac{V_m}{\left(1 + \frac{\pi}{2\omega R_p C}\right)}$
Sa stanovišta R_p	Bolji za manje R_p		Bolji za veće R_p

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 76

3. Filtriranje usmerenog napona

L - filter

Kompromis između induktivnog i kapacitivnog.

U intervalu kada se kondenzator prazni, induktivnost nadoknađuje gubitke.

Pri malim strujama dominira kapacitivni, a pri velikim induktivni deo.

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 77

3. Filtriranje usmerenog napona

L - filter

Postoji vrednost induktivnosti pri kojoj napon ne zavisi od struje potrošača.

To je kritična induktivnost $L_k = R_p / (3\omega)$

Za velike vrednosti R_p , L_k je veliko.

Ekvivalentno R_p redukuje se vezivanjem dodatne otpornosti paralelno sa potrošačem.

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 78

3. Filtriranje usmerenog napona

L - filter

Za one koji žele da nauče više

Faktor talasnosti

$$\gamma = \frac{1}{6\sqrt{2}} \frac{1}{\omega^2 LC}$$

Projektuje se tako što se odredi L_k , a zatim se, na osnovu željene vrednosti za γ , određuje C.

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 79

3. Filtriranje usmerenog napona

Π - filter

Daje veći napon na potrošaču i manji faktor talasnosti.

Jednosmerni napon na potrošaču $V_0 = \frac{V_m}{1 + \frac{1}{4fR_p}}$

Faktor talasnosti **Za one koji žele da nauče više**

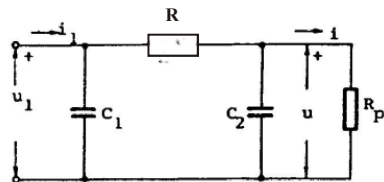
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\omega^3 C_1 C_2 L R_p} \quad \text{jednostrano}$$

$$\gamma = \frac{1}{4\sqrt{2}} \frac{1}{\omega^3 C_1 C_2 L R_p} \quad \text{dvostrano}$$

26. decembar 2019. Izvori jednosmernog napajanja 80

3. Filtriranje usmerenog napona **Za one koji žele da nauče više**

Π - filter
 Može umesto L da se stavi R koji bi zamenio ωL.
 Da bi se zamenilo L=10H, treba R=6280Ω !!!



Faktor talasnosti za jednostrano

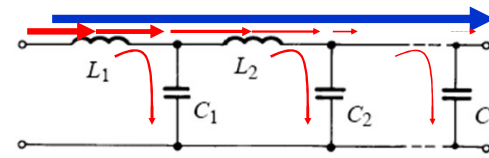
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\omega^2 C_1 C_2 R R_p}$$

3. Filtriranje usmerenog napona

Zaključak

Funkcija:

Smanjuju talasnost usmernog napona time što smanjuju **naizmeničnu komponentu** uz što manje slabljenje **jednosmerne komponente**

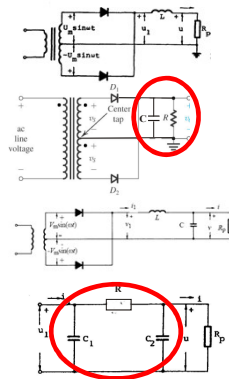


3. Filtriranje usmerenog napona

Zaključak

Realizacija:

- Induktivni,
- Kapacitivni
- Kombinacija
- RC



Šta smo naučili?

- **Nacrtati blok šemu sistema pomoću koga se iz mrežnog napona dobija stabilisani jednosmerni napon i talasne oblike napona za izlazu svakog bloka.**
- **Skicirati električnu šemu i talasni oblik napona na izlazu usmerača napona sa Grecovim spojem bez i sa kondenzatorom priključenim paralelno potrošaču.**
- **Koliki je jednosmerni napon na izlazu usmerača sa kapacitivnim filtrom ako efektivna vrednost napona ispred usmerača iznosi 10 V? Zašto?**



Ispitna pitanja



1. Jednostrano usmeravanje (el. šema, talasni oblici, jednosmerni napon i faktor talasnosti).
2. Dvostrano usmeravanje (el. šema, talasni oblici, jednosmerni napon i faktor talasnosti).
3. Usmerač za udvostručavanje napona.
4. Induktivni filter (el. šema, princip rada, jednosmerni napon i zavisnost faktora talasnosti od otpornosti potrosaca).
5. Kapacitivni filter (el. šema, princip rada, jednosmerni napon i zavisnost faktora talasnosti od otpornosti potrosaca).
6. II-filter (el. šema i osobine).

26. decembar 2019.

Izvori jednosmernog napajanja

85

85

Rešenje Domaći 11.1: POJAČAVAČI VELIKIH SIGNALA



Bipolarni tranzistor karakteriše snaga disipacije od $P_{d0max} = 2W$, pri $T_{00} = 25^\circ C$ i maksimalna temperatura spoja $T_{Smax} = 150^\circ C$.
 Odrediti termičku otpornost tranzistora i maksimalnu snagu koju tranzistor može da disipira pri temperaturi okoline $T_0 = 50^\circ C$.

$$T_{Smax} - T_0 = R_{th} \cdot P_{dmax} \Rightarrow R_{th} = \frac{T_{Smax} - T_0}{P_{dmax}} = \frac{150^\circ - 25^\circ}{2W} = 62,5^\circ C/W$$

$$P_{dmax}(T_0 = 50^\circ C) = \frac{T_{Smax} - T_0}{R_{th}} = \frac{150^\circ C - 50^\circ C}{62,5^\circ C/W} = 1,6W$$

26. decembar 2019.

Pojačavači velikih signala

86

86

Rešenje Domaći 10.2: POJAČAVAČI VELIKIH SIGNALA



Za pojačavač sa slike koji radi u klasi B, odrediti

a) vrednost V_{CC} , tako da bude za 5V veći od maksimalnog napona na potrošaču od 8Ω , kada se na njemu ostvaruje korisna snaga od 20W.

$$a) P_k = \frac{1}{2} \frac{V_{im}^2}{R_p} \Rightarrow V_{im} = \sqrt{2R_p P_k} = \sqrt{2 \cdot 8\Omega \cdot 20W} = 17,88V$$

$$V_{CC} > V_{im} + 5V = 22,88V \text{ usvajamo } V_{CC} = 23V.$$

b) maksimalnu struju svakog tranzistora,

$$b) I_{C1max} = I_{pmax} = \frac{V_{pmax}}{R_p} = \frac{17,88}{8} = 2,24A$$

c) ukupnu snagu izvora napajanja,

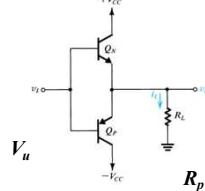
$$c) P_{CC1} = I_{CC1} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi} I_{Cmax} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi} \cdot 2,24 \cdot 23 = 16,4W \Rightarrow P_{CC} = 2P_{CC1} = 32,8W$$

d) stepen korisnog dejstva

$$d) \eta = \frac{P_k}{P_{CC}} \cdot 100 = \frac{20}{32,8} \cdot 100 = 60,98\%$$

e) maksimalnu disipiranu snagu na svakom tranzistoru.

$$e) P_{d1} = I_{C1} \cdot V_{CEmax1} = \frac{1}{\pi} I_{Cmax} \cdot \frac{1}{\pi} V_{CEmax} = \frac{1}{\pi^2} I_{Cmax} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi^2} \cdot \frac{V_{CC}^2}{R_p} = 6,7W$$



26. decembar 2019.

Pojačavači velikih signala

87

87

Rešenje Domaći 11.3: POJAČAVAČI VELIKIH SIGNALA



Za pojačavač sa slike koji radi u klasi B poznato je: $V_{CC} = 6V$, $R_p = 4\Omega$ i $\beta_n = \beta_p = 50$. Izmerena je maksimalna vrednost izlaznog napona $V_{pmax} = 4,5V$. Odrediti:

a) Snagu na potrošaču

$$a) P_k = \frac{1}{2} \frac{V_{pmax}^2}{R_p} = \frac{1}{2} \frac{4,5^2}{4} = 2,53W$$

b) Snagu svakog izvora

$$b) P_{CC1} = I_{CC1} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi} \frac{V_{pmax}}{R_p} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{4,5}{4} \cdot 6 = 2,15W$$

c) Stepen iskorišćenja

$$c) \eta = \frac{P_k}{2P_{CC1}} \cdot 100 = \frac{2,53}{2 \cdot 2,15} \cdot 100 = 58,8\%$$

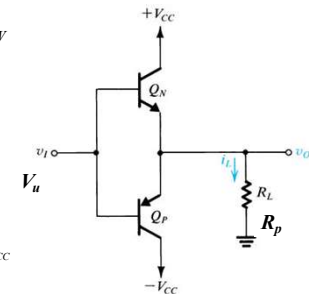
d) Maksimalnu ulaznu struju

$$d) I_{u\max} = \frac{I_{Cmax}}{\beta} = \frac{1}{\beta+1} \frac{V_{pmax}}{R_p} = \frac{1}{51} \frac{4,5}{4} = 22,1mA$$

e) Snagu disipacije svakog tranzistora.

$$e) P_{d1} = I_{C1} \cdot V_{CEmax} = \frac{1}{\pi} \frac{V_{CEmax}}{R_p} \cdot \frac{1}{\pi} V_{CEmax} = \frac{1}{\pi^2} \frac{V_{CC}^2}{R_p} \cdot \frac{1}{\pi} V_{CC}$$

$$P_{d1} = \frac{1}{3,14^2} \cdot \frac{6}{4} \cdot 6 = 0,91W$$



26. decembar 2019.

Pojačavači velikih signala

88

88

Rešenje Domaći 11.4: POJAČAVAČI VELIKIH SIGNALA



Za pojačavač sa slike koji radi u klasi AB poznato je: $V_{CC} = 15V$, $R_p = 100\Omega$; tranzistori su upareni sa $I_s = 0.1pA$ i $\beta = 50$, dok za diode važi da je $I_{sd} = 21I_s$. Odrediti:

a) Struju I tako da kroz diode u najnepovoljnijem slučaju protiče struja od $1mA$;

$$a) I = I_{d\min} + I_{B\max} = I_{d\min} + \frac{I_{C\max}}{\beta} = I_{d\min} + \frac{I_{P\max}}{\beta} = I_{d\min} + \frac{V_{CC}}{\beta R_p}$$

$$I = 1mA + \frac{15}{50 \cdot 100} = 1mA + 3mA = 4mA$$

b) Lenju struju ($I_{C\min}$):

$$b) I = I_d + I_{B\min}$$

za $V_u = 0$, $V_d = V_{BE}$, a odatle sledi da je $I_d = (I_{ds}/I_s)I_{B\min} = 21I_{B\min}$

$$I = I_{d\max} + I_{B\min} = 22I_{B\min} \Rightarrow I_{B\min} = I / 22 = 4 / 22 = 0,18mA; I_{C\min} = \beta I_{B\min} = 50 \cdot 0,18 = 9mA$$

c) Disipaciju svakog tranzistora i

$$c) P_{do} \approx 2(I_{C\min} V_{CC}) = 2 \cdot 9mA \cdot 15V = 270mW$$

d) Jednosmerni napon V_{BB} u odsustvu ulaznog signala.

$$d) I_{d\max} = I_{ds} (e^{V_d/V_T} - 1) \Rightarrow (V_d / V_T) = \ln(I_{d\max} / I_{ds}) + 1$$

$$V_{BB} = 2V_d = 2V_T (\ln(21 \cdot 0,18mA / 0.1pA) + 1) = 2 \cdot 0.026(24.4 + 1) = 1,32V$$

