

Osnovi elektronike

Predispitne obaveze:

U JANUARU OSTALO

Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe.	10%	10%
Odbranjene laboratorijske vežbe	10%	10%
Kolokvijum I (Kasno za kakanje)	50%	20%
Kolokvijum II (20.01.2018.)	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!**

28. decembar 2017.

1

II Kolokvijum

SUBOTA 20. 01. 2018.

28. decembar 2017.

Izvori jednosmernog napajanja

3

Osnovi elektronike

Predispitne obaveze:

U JANUARU OSTALO

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



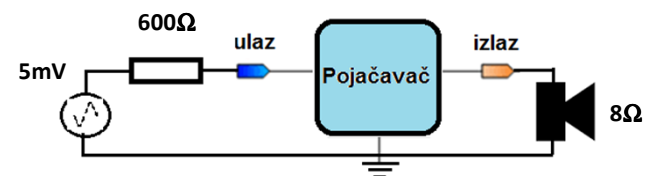
120% 60%

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)

28. decembar 2017.

2

Osnovi elektronike



Šta nedostaje da bi pojačavač radio?

28. decembar 2017.

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

4

4

Osnovi elektronike

Izvor jednosmernog napona za polarizaciju
Kako se realizuje?

28. decembar 2017. Uvod <http://leda.elfak.ni.ac.rs/> 5

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 7

Izvori jednosmernog napona

6

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.perpetuum-mobile.wmv)

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja <http://www.veljkomilkovic.com/> 8

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 $V_m = 324 \text{ V}$

28

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 9

Izvori jednosmernog napajanja

1. Uvod
1. Transformator smanjuje vrednost mrežnog napona



Galvanski odvaja izvor jednosmernog napona od napona mreže.

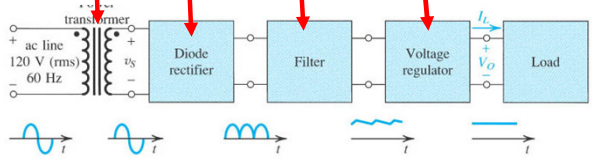
Time se sprečava međusobni uticaj mreže na uređaj i obrnuto.

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 11

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)



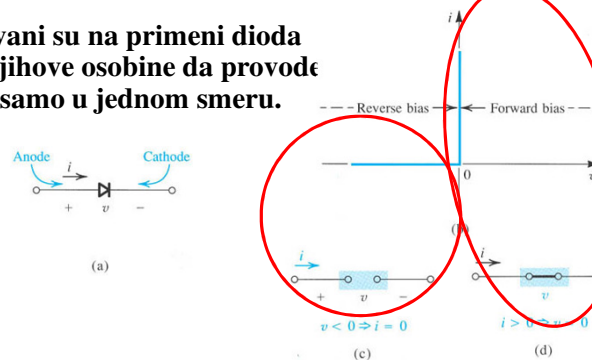
28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 10

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.



28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 12

2. Usmeravanje naizmeničnog napona

2.1 Jednostrano usmeravanje

Izvori jednosmernog napajanja

2. Usmeravanje naizmeničnog napona

2.1 Jednostrano usmeravanje

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

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

Trenutna vrednost vremenski promenljivog napona, bez jednosmerne komponente iznosi $v = v_o - V_o$, a njena 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. Usmeravanje naizmeničnog napona

2.1 Jednostrano usmeravanje

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

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

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

Napon na potrošaču ima jednosmernu komponentu (srednja vrednost signala)

ukupnu efektivnu vrednost

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

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

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 naizmernične komponente u usmerenom signalu i izračunava se kao količnik efektivne vrednosti naizmernične komponente napona na potrošaču V_{eff}' i jednosmernog napona V_o

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

Izvori jednosmernog napajanja

2.1 Jednostrano usmeravanje

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

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 17

2.1 Jednostrano usmeravanje

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 19

2.1 Jednostrano usmeravanje

Realni model diode

28. decembar 2017. 18

2. Usmeravanje naizmeničnog napajanja

2.2 Dvostrano usmeravanje

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 20

2. Usmeravanje naizmeničnog napajanja

2.2 Dvostrano usmeravanje

(b)

(c) $V_{Dmax} \approx 2V_m$

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 21

2.2 Dvostrano usmeravanje

(b)

(c) $V_{Dmax} \approx 2V_m$

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 23

2. Usmeravanje naizmeničnog napajanja

2.2 Dvostrano usmeravanje

(b)

(c) $V_{Dmax} \approx 2V_m$

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 22

2.2 Dvostrano usmeravanje

(c)

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

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 24

2.2 Dvostrano usmeravanje

Faktor talasnosti kod dvostranog usmeravanja iznosi

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 25

2.2 Dvostrano v.s. jednostrano usmeravanje

- 😊 + 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 $\approx 2V_m!!!$

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 27

2.2 Dvostrano v.s. jednostrano usmeravanje

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

$V_{\text{eff}}' = V_o \sqrt{\frac{\pi^2}{8} - 1} \approx 0,48V_o$

$\gamma = \frac{V_{\text{eff}}'}{V_o} = \sqrt{\frac{\pi^2}{8} - 1} \approx 0,48$

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

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

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 26

2.2 Dvostrano usmeravanje

Grečov spoj (Gretz)

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 28

2.2 Dvostrano usmeravanje

Gretzov spoj

(a)

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 29

2.2 Dvostrano usmeravanje

Gretzov spoj

(a)

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 31

2.2 Dvostrano usmeravanje

Gretzov spoj

(a)

(b)

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 30

2.2 Dvostrano usmeravanje

V.S.

(a)

(a)

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 32



+ Sekundar NE mora da ima simetrični izlaz



+ Najveći inverzni napon na diodi je V_m a ne $2V_m$!!!

2.2 Dvostrano usmeravanje Grecov spoj v.s. jednostrano

V.S.

- ☺ + 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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 33

2. Usmerači napona ZAKLJUČAK

Realizacija:

Jednostrano

Dvostrano

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 35

2. Usmerači napona ZAKLJUČAK

Funkcija: Od naizmjeničnog napona prave jednosmerni

Jednostrano

Dvostrano

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 34

2. Usmerači naizmjeničnog napona

2.3 Udvostručavač napona

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 36

2.3 Udvostručavač napona

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

$v_u = 2V_m \sin(\omega t)$

v_{D1}

t

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 37

2.3 Udvostručavač napona

$V_p \sin \omega t$

v_{D1}

t

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 39

2.3 Udvostručavač napona

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

$v_u = 2V_m \sin(\omega t)$

v_{D1}

t

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 38

2.3 Umnožavač napona

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

v_{pm}

prva ćelija

n-ta ćelija

d)

Za veoma velike vrednosti otpora potrošača
 $V_p = 2nV_m$, gde je n broj sekcija

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 40

Izvori jednosmernog napajanja

3. Filtriranje usmerenog napona

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 41

3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filter

Za one koji žele da nauče više

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 43

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 ili R_p manje.

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 42

3. Filtriranje usmerenog napona

Induktivni filter

Za one koji žele da nauče više

Priključivanje induktivnog filtra na dvostrani umerać.

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 44

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.**

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 45

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 47

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 46

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar

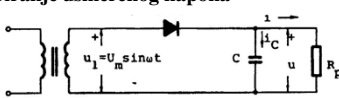
Dioda vodi samo u kratkom intervalu kada je anoda na višem potencijalu od katode.

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

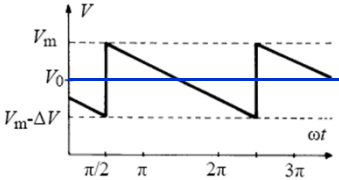
28. decembar 2017. 48

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter



Analiza rada na osnovu pojednostavljenog talasnog oblika signala na potrošaču.

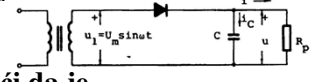


$V_o = V_m - \Delta V / 2.$
 $V_m - \Delta V = V_m e^{-T/(CR)}$
 za $CR \gg T,$
 $e^{-T/(CR)} \approx 1 - T/(CR)$
 tako da je
 $\Delta V \approx V_m T / (CR) = V_m / (fCR)$

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 49

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter



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

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

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

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

$V_m \gg \Delta V!!!$

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 51

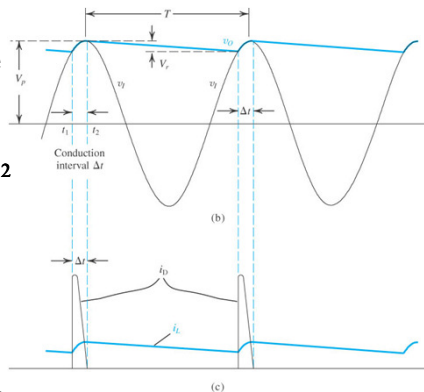
3. Filtriranje usmerenog napona

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



28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 50

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

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

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

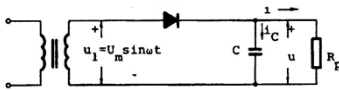
$$I_{dmax} \approx 2I_o (1/2 + \pi \sqrt{2V_m / \Delta V}) \approx 2I_d \gg 2I_o$$

Voditi računa kada se bira dioda!!!

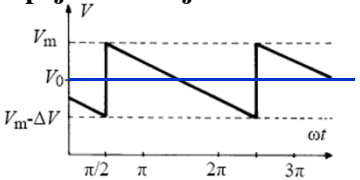
28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 52

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

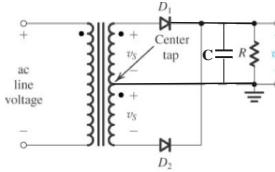
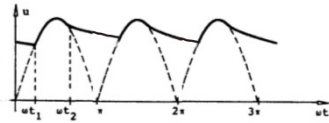
$$\gamma = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \frac{1}{\omega R_p C} \Big|_{\sigma=100\%} \approx \frac{1}{171} \frac{1}{R_p C}$$

Za one koji žele da nauče više

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 53

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filtar – dvostrano

Jednosmerni napon na potrošaču kod dvostranog usmerača

$$V_0 = \frac{V_m}{\left(1 + \frac{\pi}{2\omega R_p C}\right)}$$

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

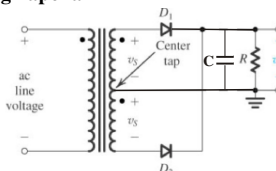
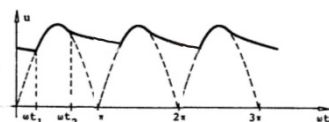
$$\gamma = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \frac{1}{\omega R_p C} \Big|_{\sigma=100\%} \approx \frac{1}{346} \frac{1}{R_p C}$$

Za one koji žele da nauče više

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 55

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 !!!)

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 54

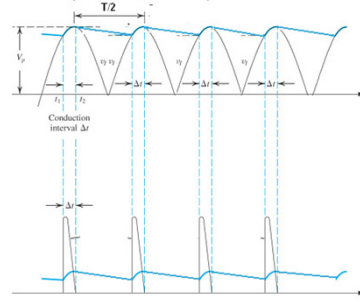
3. Filtriranje usmerenog napona

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 56

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

Kapacitivni filter - 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 $V_m=10V$, $\Delta V=0.2V$, $I_d=16.7I_o$)

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 57

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 59

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

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

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

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 58

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;

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 60

3. Filtriranje usmerenog napona

Kapacitivni filter **Domaći 12.2:**

Za usmerač sa kapacitivnim filtrom iz prethodnog primera odrediti:

Za one koji žele da nauče više

- 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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 61

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.

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 63

3. Filtriranje usmerenog napona

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 62

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 Rp, Lk je veliko.

Ekvivalentno Rp redukuje se vezivanjem dodatne otpornosti paralelno sa potrošačem.

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 64

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.

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 65

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 $R=6280\Omega$!!!

Faktor talasnosti za jednostrano

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 67

3. Filtriranje usmerenog napona

Π - filter

Daje veći napon na potrošaču i manji faktor talasnosti.

Jednosmerni napon na potrošaču $V_o = \frac{V_m}{\left(1 + \frac{1}{4fR_p}\right)}$

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

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

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 66

3. Filtriranje usmerenog napona

Zaključak

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

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 68

3. Filtriranje usmerenog napona

Zaključak

Realizacija:

- Induktivni,
- Kapacitivni
- Kombinacija
- RC

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 69

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-filtar (el. šema i osobine).

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 71

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?

28. decembar 2017. Izvori jednosmernog napajanja 70

Rešenje Domaći 11.1: POJAČAVAČI VELIKIH SIGNALA

Bipolarni tranzistor karakteriše snaga disipacije od $P_{d0\max} = 2W$, pri $T_{O0} = 25^\circ C$ i maksimalna temperatura spoja $T_{S\max} = 150^\circ C$.

Određiti termičku otpornost tranzistora i maksimalnu snagu koju tranzistor može da disipira pri temperaturi okoline $T_o = 50^\circ C$.

$$T_{S\max} - T_o = R_{th} \cdot P_{d\max} \Rightarrow R_{th} = \frac{T_{S\max} - T_o}{P_{d\max}} = \frac{150^\circ - 25^\circ}{2W} = 62,5^\circ C/W$$

$$P_{d\max}(T_o = 50^\circ C) = \frac{T_{S\max} - T_o}{R_{th}} = \frac{150^\circ C - 50^\circ C}{62,5^\circ C/W} = 1,6W$$

28. decembar 2017. Pojačavači velikih signala 72

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,

$$c) P_{CC1} = I_{C1} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi} I_{Cmax} \cdot V_{CC} = \frac{1}{3,14} \cdot 2,24 \cdot 23 = 16,4W \Rightarrow P_{CC} = 2P_{CC1} = 32,8W$$

d) stepen korisnog dejstva

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

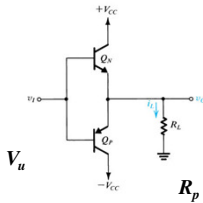
e) maksimalnu disipiranu snagu na svakom tranzistoru.

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

28. decembar 2017.

Pojačavači velikih signala

73



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 $I_{sd} = 2I_s$. Odrediti:

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

$$a) I = I_{dmin} + I_{Bmax} = I_{dmin} + \frac{I_{Cmax}}{\beta} = I_{dmin} + \frac{I_{pmax}}{\beta} = I_{dmin} + \frac{V_{CC}}{\beta R_p}$$

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

b) Lenju struju (I_{Cmin});

$$b) I = I_d + I_{Bmin}$$

za $V_d = 0$, $V_d = V_{BE}$, a odatle sledi da je $I_d = (I_{ds}/I_s) I_{Bmin} = 2I_{Bmin}$

$$I = I_{dmax} + I_{Bmin} = 2I_{Bmin} \Rightarrow I_{Bmin} = I / 22 = 4 / 22 = 0,18mA; I_{Cmin} = \beta I_{Bmin} = 50 \cdot 0,18 = 9mA$$

c) Disipaciju svakog tranzistora i

$$c) P_{d1} \approx 2(I_{Cmin} V_{CC}) = 2 \cdot 9mA \cdot 15V = 270mW$$

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

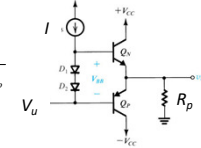
$$d) I_{dmax} = I_{ds} (e^{V_d/V_T} - 1) \Rightarrow (V_d / V_T) = \ln(I_{dmax} / I_{ds}) + 1$$

$$V_{BB} = 2V_d = 2V_T (\ln(21 \cdot 0,18mA / 0,1pA) + 1) = 2 \cdot 0,026(24,4 + 1) = 1,32V$$

28. decembar 2017.

Pojačavači velikih signala

75



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 $\beta_n = \beta_p = 50$. Izm 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

$$b) P_{CC1} = I_{C1} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi} \frac{V_{pmax}}{R_p} \cdot V_{CC} = \frac{1}{3,14} \cdot \frac{4,5}{4} \cdot 6 = 2,15W$$

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.

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

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

28. decembar 2017.

Pojačavači velikih signala

74

