Osnovi elektronike

Predispitne obaveze: U JANUARU OSTALO

	U JANUARU	OSTALO
Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe.	10%	10%
Odbranjene laboratorijske vežbe	10%	10%
Kolokvijum I (Kasno za kajanje)	50%	20%
Kolokvijum II (21.01.2019.)	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!

Osnovi elektronike

Predispitne obaveze: U JANUARU OSTALO

	U JANUARU	OSTALO
Redovno pohađanje nastave (predavanja+vežbe.	10%	10%
Odbranjene laboratorijske vežbe	10%	10%
Kolokvijum I (Kasno za kajanje)	50%	20%
Kolokvijum II (21.01.2019.)	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)

II Kolokvijum

PONEDELJAK 21. 01. 2019.

Izvori jednosmernog napona (nastavak)

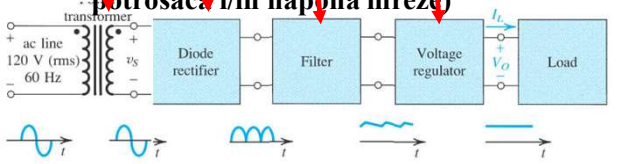
- Stabilizatori - regulatori napona
  1. deo - linearni regulatori

Sadržaj

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

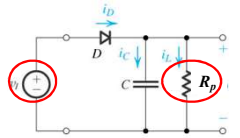
Da bi se od mrežnog napona dobio jednosmerni napon željene vrednosti, potrebno je

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



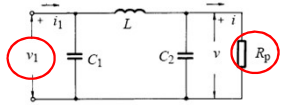
Napon na izlazu usmerača i filtra zavisi od:

- **amplitude naizmeničnog napona kojim se pobuđuju (na izlazu transformatora).**
- **Otpornosti potrošača**



(a)

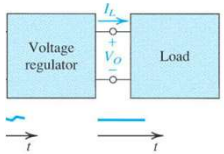
$$V_o = \frac{V_m}{1 + \frac{\pi}{2\omega R_p C}}$$



$$V_o = \frac{V_m}{1 + \frac{1}{4fR_p}}$$

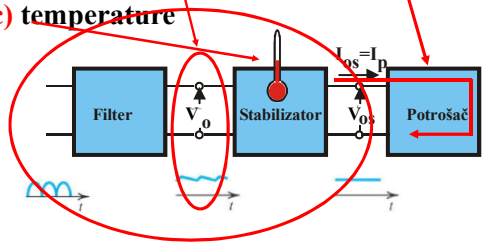
Cilj je da jednosmerni napon bude konstantan, odnosno *stabilan*, nezavisan od promene napona na ulazu i/ili otpora potrošača

Elektronsko kolo koje obezbeđuje stabilan izlazni napon naziva se *stabilizator* ili *regulator napona (voltage regulator)*.



Napon na izlazu stabilizatora ne treba da zavisi od promena:

- **a) ulaznog napona (napona na izlazu iz filtra)**
- **b) otpornosti potrošača (struje kroz potrošač)**
- **c) temperature**



Kvalitet stabilizatora određuje osetljivost izlaznog napona na promene:

- **a) ulaznog napona (napona na izlazu iz filtra)**

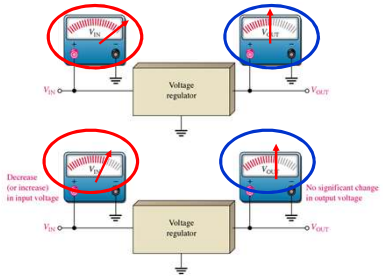
$$S = \frac{\Delta V_{os}}{\Delta V_o}\Bigg|_{\substack{I_{os}=C^{ta} \\ T=C^{ta}}}$$

ova veličina naziva se ***faktor stabilizacije (line regulation)***

Stabilizator je idealan ako je *faktor stabilizacije=0*

Stabilizator je dobar ako je *faktor stabilizacije mali*

$$S < 0.1\%$$



Kvalitet stabilizatora određuje osetljivost izlaznog napona na promene:

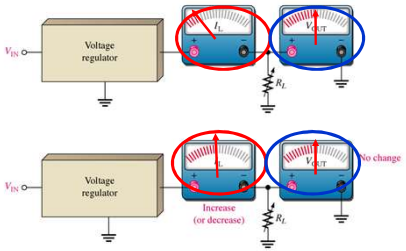
- **b) otpora potrošača (napona na izlazu iz filtra)**

$$R_o = \frac{\Delta V_{os}}{\Delta I_{os}}\Bigg|_{\substack{V_o=C^{ta} \\ T=C^{ta}}} = \frac{\Delta V_{os}}{\Delta I_p}\Bigg|_{\substack{V_o=C^{ta} \\ T=C^{ta}}}, \text{ jer je } I_{os} = I_p$$

ova veličina naziva se ***dinamička izlazna otpornost***

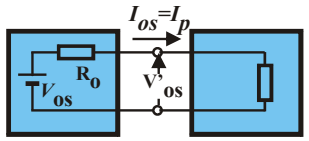
Kvalitet stabilizatora određuje osetljivost izlaznog napona na promene:

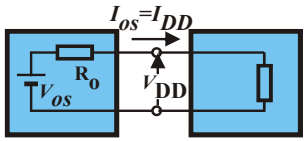
- **b) otpora potrošača (napona na izlazu iz filtra)**



Stabilizator je idealan ako je $R_o=0$

Stabilizator je dobar ako je $R_o < 10\Omega$

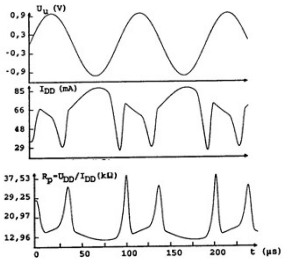


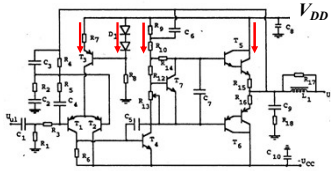


$$V'_{os} = V_p = V_{os} - I_{os} \cdot R_o$$

$$V_{DD} = V_{os} - I_{DD} \cdot R_o$$

Ako je potrošač operacioni pojačavač, $I_{DD}=\Sigma I_{DDi}$, gde su I_{DDi} struje kroz svaku granu vezanu za V_{DD}





$$V_{DD} = V_{os} - I_{DD} \cdot R_o$$

Alternativno se definiše *faktor opterećenja (load regulation)*

$$S_P = \frac{V_{os} - V'_{os\,\min}}{V'_{os\,\min}} = \frac{V_{os} - V'_{os}\,|_{I_{os}=I_{os\max}}}{V'_{os}\,|_{I_{os}=I_{os\max}}}$$

Kvalitet stabilizatora određuje i osetljivost izlaznog napona na promene

- **c) temperature**

$$S_T = \frac{\Delta V_{os}}{\Delta T}\bigg|_{\substack{I_{os}=C^{ta} \\ V_{os}=C^{ta}}}$$

Realizacija stabilizatora napona

U osnovi postoje dva tipa realizacije stabilizatora

4.1. Linearni stabilizatori - regulatori napona

4.1.1 Sa Zener diodom

4.1.2 Paralelni stabilizatori - regulatori napona

4.1.3 Redni stabilizatori - regulatori napona

4.2. Prekidački stabilizatori - regulatori napona

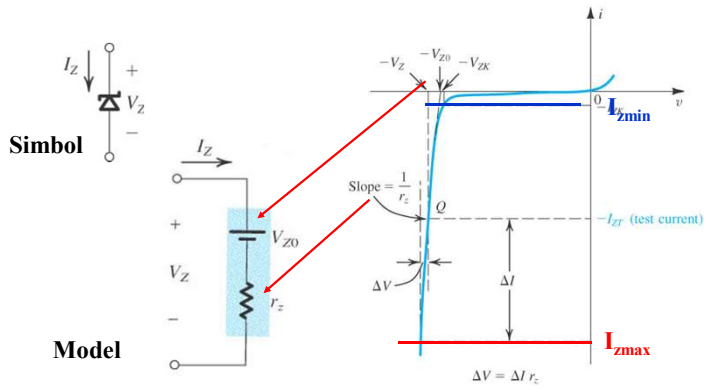
4.2.1 Spuštači napona

4.2.2 Podizači napona

4.2.3 Invertori

Sadržaj

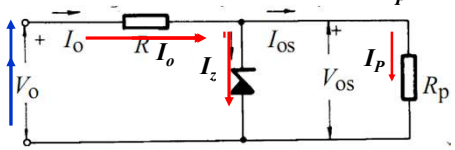
1. Uvod
2. Usmerači napona
   2.1 Jednostrano usmeravanje
   2.2 Dvostrano usmeravanje
   2.3 Umnožavažavači napona
4. Filtriranje usmerenog napona
4. Stabilizatori – regulatori napona
   4.1 Linearni stabilizatori napona
      4.1.1 Stabilizatori sa Zener diodom
      4.1.2 Redni stabilizatori
    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



Karakteristika pri inverznoj polarizaciji

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

$$\frac{V_o - V_z}{R} = I_o = I_z + I_{os} = I_z + \frac{V_z}{R_p}$$



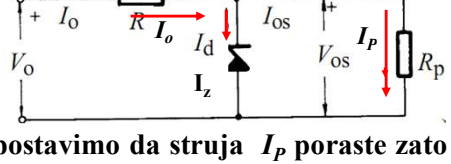
Pretpostavimo da napon V_o poraste.

Tada će struja I_o da poraste.

Ako je dioda idealna, biće $V_{os}=V_z$,
zato će struja kroz potrošač ostati ista
$I_{os}=I_P=V_z/R_p$,
jer će "višak" struje da ide kroz diodu.

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

$$\frac{V_o - V_z}{R} = I_o = I_z + I_{os} = I_z + \frac{V_z}{R_p}$$



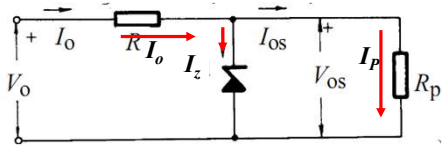
Pretpostavimo da struja I_P poraste zato što se smanji R_P.

Ako je dioda idealna, biće $V_{os}=V_z$.

Tada će struja I_o da zadrži vrednost, ali će struja kroz diodu da se smanji.

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

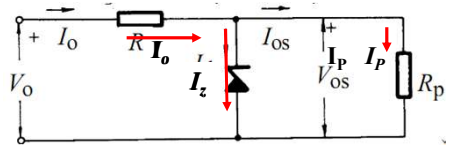
$$\frac{V_o - V_z}{R} = I_o = I_z + I_{os} = I_z + \frac{V_z}{R}$$



Kroz diodu će proticati minimalna struja kada je struja kroz potrošač maksimalna.

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

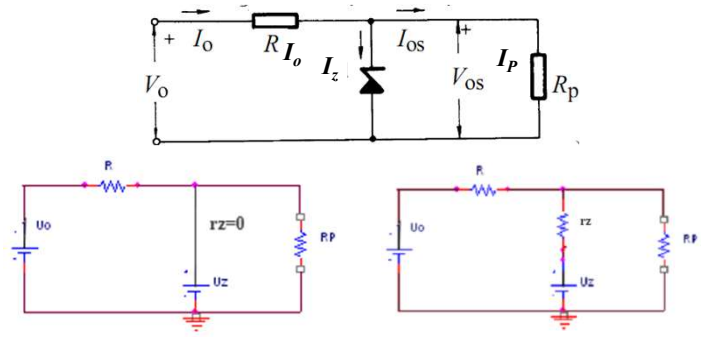
$$\frac{V_o - V_z}{R} = I_o = I_z + I_{os} = I_z + \frac{V_z}{R_p}$$



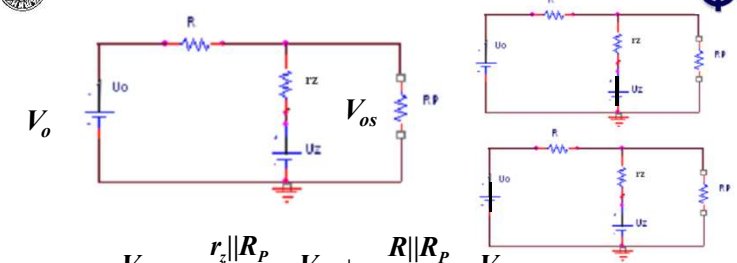
Kroz diodu će proticati maksimalna struja kada je struja kroz potrošač minimalna.

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

$$\frac{V_o - V_z}{R} = I_o = I_z + I_{os} = I_z + \frac{V_z}{R_p}$$



4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom



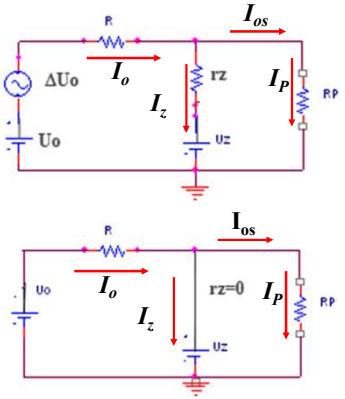
$$V_{os} = \frac{r_z \| R_P}{r_z \| R_P + R} V_o + \frac{R \| R_P}{R \| R_P + r_z} V_z$$

Za $r_z << R_P$ i $R_P << R$

$$V_{os} \approx \frac{r_z}{r_z + R} V_o + \frac{R_P}{R_P + r_z} V_z \approx \frac{r_z}{R} V_o + V_z \approx V_z$$

(0) (0) (0)

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom



$$\Delta V_{os} = \frac{r_z \| R_P}{r_z \| R_P + R} \Delta V_o$$

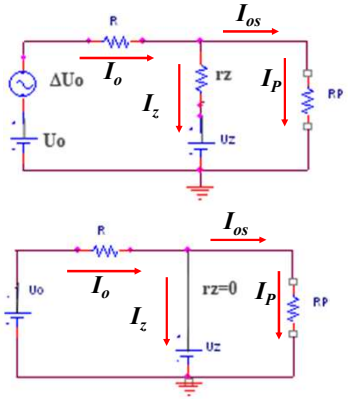
$$\Delta V_{os} \approx \frac{r_z}{r_z + R} \Delta V_o \approx \frac{r_z}{R} \Delta V_o$$

$$S = \frac{\Delta V_{os}}{\Delta V_o} \approx \frac{r_z}{R}$$

Za idealnu diodu, $r_z=0$: $S=0$

26.12.2017.

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

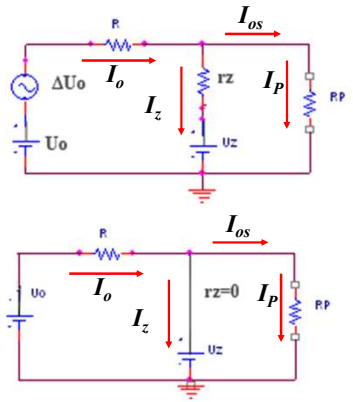


$$R_o = \frac{\Delta V_{os}}{\Delta I_{os}} = \frac{r_z R}{r_z + R}$$

$$R_o \approx r_z$$

Za idealnu diodu, $r_z=0$: $R_o=0$

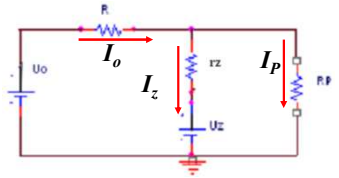
4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom



$$S_T = \frac{\partial V_{os}}{\partial T} \approx \frac{\partial V_z}{\partial T}$$

Za idealnu diodu:
$S_T=0$

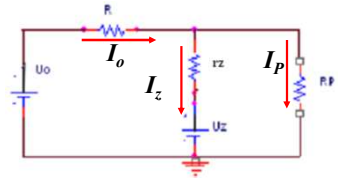
4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

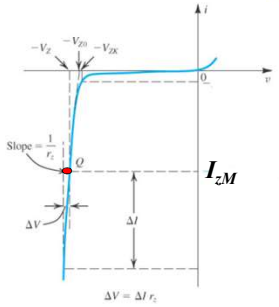


Izbor diode za zadate vrednosti V_o, V_{os} i opseg promene R_p

Izabere se vrednost R tako da radna tačka diode bude na sredini dinamičkog opsega između I_{zmin} i I_{zmax}.
Pri tome je $I_{zmax}=P_d/V_z$;
I_{zmin}, P_d i V_z dati su u katalogu.

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

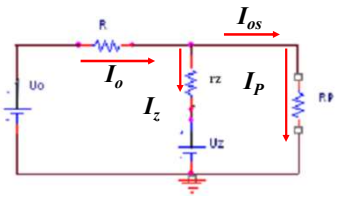


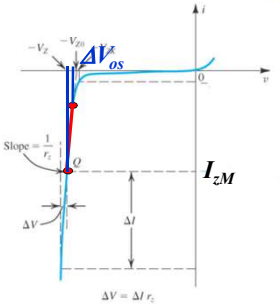


$$I_{zM} = (I_{zmin} + I_{zmax})/2 \approx I_{zmax}/2$$

$$R=(V_o-V_z)/I_{zM}$$

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom



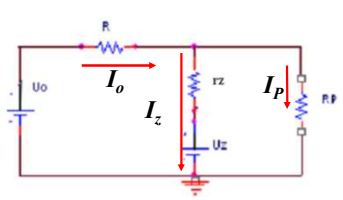


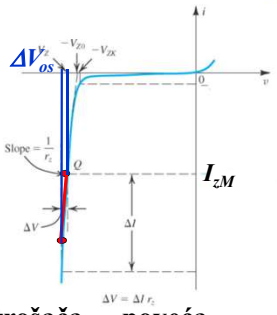
Ako se otpornost potrošača smanji,

povećaće se struja I_P, a smanjiće se strja I_z.

Napon V_{os} smanjiće se za ΔV_{os}

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

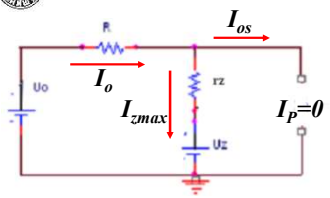




Ako se otpornost potrošača poveća, smanjiće se struja I_P, a povećaće se sturja I_z

Napon V_{os} povećaće se za ΔV_{os}

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom



Da bi se zaštitila dioda od pregorevanja, R može da se izabere tako da pri najnepovoljnijim uslovima, struja kroz diodu ne bude veća od I_{zmax}:

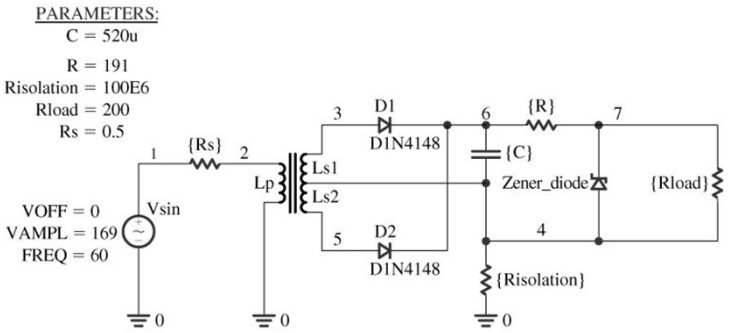
$$R=(V_o-V_z)/I_{zmax}$$

Tada postoji realna opasnost da se <u>pri malim otpornostima potrošača izgubi stabilizaciono dejstvo</u>, jer će struja kroz diodu da opadne ispod I_{zmin}.

$$R_{Pmin}=V_z/(I_{zmax}-I_{zmin}) \approx V_z/I_{zmax}.$$

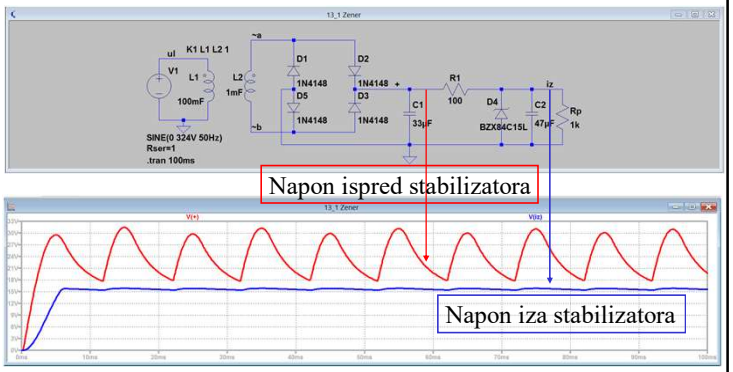
4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

Primer:

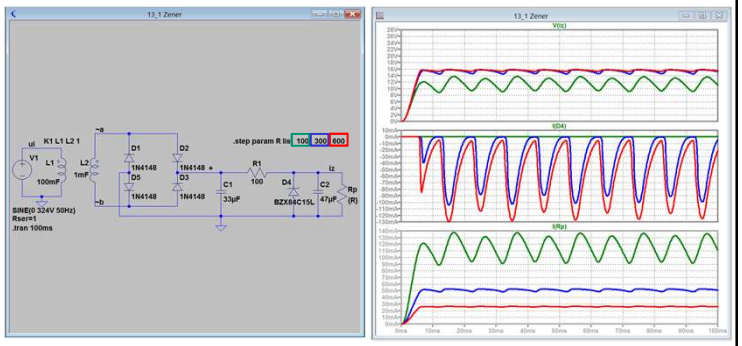


4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

Primer:



Primer:



Regulacija se izgubila pri otpornosti potrošača od 100 Ω.

Karakteristike Zener dioda

DIODES INCORPORATED

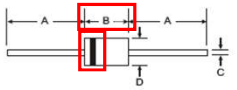
1N5221B - 1N5267B

500mW EPITAXIAL ZENER DIODE

SPICE MODELS: 1N5221B 1N5231B 1N5233B 1N5235B 1N5239B 1N5241B

Features

- 500mW Power Dissipation
- High Stability
- Low Noise
- Surface Mount Equivalents Available
- Hermetic Package
- V_Z - Tolerance ±5%



Mechanical Data

- Case: DO-35, Glass
- Terminals: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Marking: Type Number
- Weight: 0.13 grams (approx.)

DO-35		
Dim	Min	Max
A	25.40	—
B	—	4.00
C	—	0.60
D	—	2.00

All Dimensions in mm

Karakteristike Zener dioda
Tabela 1

Type Number	Zener Voltage Range (Note 2)			Test Current	Maximum Zener Impedance		Maximum Reverse Current		Maximum Temperature Coefficient @ I_{ZT}
	V_Z @ I_{ZT}			I_{ZT}	Z_{ZT} @ I_{ZT}	Z_{ZK} @ I_{ZK} = 0.25mA	I_R	@V_R	
	Nom (V)	Min (V)	Max (V)	mA	Ω	Ω	µA	V	%/°C
1N5221B	2.4	2.28	2.52	20	30	1200	100	1.0	-0.085
1N5227B	3.6	3.42	3.78	20	24	1700	15	1.0	-0.065
1N5228B	3.9	3.71	4.10	20	23	1900	10	1.0	-0.060
1N5229B	4.3	4.09	4.52	20	22	2000	5.0	1.0	+0.055
1N5230B	4.7	4.47	4.94	20	19	1900	5.0	2.0	+0.030
1N5231B	5.1	4.85	5.36	20	17	1600	5.0	2.0	+0.030
1N5232B	5.6	5.32	5.88	20	11	1600	5.0	3.0	+0.038
1N5233B	6.0	5.70	6.30	20	7.0	1600	5.0	3.5	+0.038
1N5234B	6.2	5.89	6.51	20	7.0	1000	5.0	4.0	+0.045
1N5235B	6.8	6.46	7.14	20	5.0	750	3.0	5.0	+0.050
1N5236B	7.5	7.13	7.88	20	6.0	500	3.0	6.0	+0.058
1N5237B	8.2	7.79	8.61	20	8.0	500	3.0	6.5	+0.062
1N5238B	8.7	8.27	9.14	20	8.0	600	3.0	6.5	+0.065
1N5239B	9.1	8.65	9.56	20	10	600	3.0	7.0	+0.068
1N5240B	10	9.50	10.50	20	17	600	3.0	8.0	+0.075

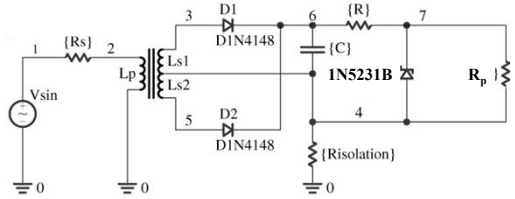
Karakteristike Zener dioda
Tabela 1 nastavak

Type Number	Zener Voltage Range (Note 2)			Test Current	Maximum Zener Impedance		Maximum Reverse Current		Maximum Temperature Coefficient @ I_{ZT}
	V_Z @ I_{ZT}			I_{ZT}	Z_{ZT} @ I_{ZT}	Z_{ZK} @ I_{ZK} = 0.25mA	I_R	@V_R	
	Nom (V)	Min (V)	Max (V)	mA	Ω	Ω	µA	V	%/°C
1N5262B	51	48.45	53.55	2.5	125	1100	0.1	39	+0.096
1N5263B	56	53.20	58.80	2.2	150	1300	0.1	43	+0.096
1N5264B	60	57.00	63.00	2.1	170	1400	0.1	46	+0.097
1N5265B	62	58.90	65.10	2.0	185	1400	0.1	47	+0.097
1N5266B	68	64.60	71.40	1.8	230	1600	0.1	52	+0.097
1N5267B	75	71.25	78.75	1.7	270	1700	0.1	56	+0.098

4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

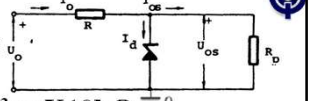
Domaći 13.1:

Odrediti R i C u stabilizatoru sa slike tako da jednosmerni napon na potrošaču R_{pmin}= 200Ω bude 5V, a ΔV_{Cmax}=0.5V. Upotrebiti zener diodu 1N5231B iz Tabele 1. Usvojiti da je efektivna vrednost napona na izlazu transformatora 2x12V i da je na diodama 1N4148 pad napona V_D=0,7V kada vode.



4.1.1 Stabilizatori - regulatori napona sa Zener diodom

Karakteristike stabilizatora sa Ze



-za S < 0.1% , potrebno je R=$10^3 r_z$≈X10kΩ

to znači da će za I_{os}=I_P=10mA pad napona na R biti reda veličine X100V!!!

Za toliko treba da bude veći napon V_o od V_{os}.

Ako se ograniči vrednost R, povećaće se S!

Kako dobiti bolji stabilizator?

Izvori jednosmernog napajanja

Sadržaj

1. Uvod
2. Usmerači napona
   2.1 Jednostrano usmeravanje
   2.2 Dvostrano usmeravanje
   2.3 Umnožavažavači napona
4. 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

Šta smo naučili?

- **Uloga i osnovne karakteristike stabilizatora (regulatora) napona.**
  - **Skicirati el. šemu stabilizatora sa Zener diodom i objasniti kako se ostvaruje stabilizacija (regulacija) napona.**

Ispitna pitanja

1. **Stabilizator jednosmernog napona (namena, princip rada, parametri i njihove idealne vrednosti).**
2. **Faktor stabilizacije.**
3. **Stabilizator sa Zenerovom diodom (šema, princip rada, jednosmerni napon, faktor stabilizacije, izlazna otpornost i dimenzionisanje otpornika).**

Rešenje 12.1: **4. Filtriranje usmerenog napona**

Potrošač R=100Ω 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:

a) vrednost C kapacitivnog filtra priključenog paralelno potrošaču koja će obezbediti odstupanje napona ΔV< 1V;

b) vrednost jednosmernog napona na potrošaču;

c) vrednost jednosmerne struje kroz potrošač;

a) $\Delta V_o = \frac{V_m - 2V_d}{2 \cdot f \cdot R \cdot C} \Rightarrow C = \frac{V_m - 2V_d}{2 \cdot f \cdot R \cdot \Delta V_o} = \frac{12-1{,}6}{2 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 1} = 1{,}04mF$

b) $V_o = \frac{V_m'}{\left(1 + \frac{\pi}{\omega RC}\right)} = \frac{(V_m - 2V_d)}{\left(1 + \frac{1}{2fRC}\right)} = \frac{10{,}4}{\left(1 + \frac{1}{2 \cdot 50Hz \cdot 100\Omega \cdot 1{,}04mF}\right)} =$

$V_o = (V_m - 2V_d) - \frac{\Delta V_o}{2} = 12 - 1{,}6 - 1 = 9{,}4V$

c) $I_o = \frac{V_o}{R} = 94mA$

Rešenje 12.2: **4. Filtriranje usmerenog napona**

Za usmerač sa kapacitivnim filtrom iz prethodnog primera odrediti:

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

a) $\omega \Delta t \approx \sqrt{2\Delta V / V_m'} \Rightarrow \Delta t = \frac{\sqrt{2\Delta V / V_m'}}{\omega} = \frac{\sqrt{2\Delta V / V_m'}}{2\pi} T$

$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\sqrt{2\Delta V / (V_m - 2V_d)}}{2\pi} \cdot 100 = \frac{\sqrt{2 \cdot 1/10{,}4}}{2 \cdot 3{,}14} \cdot 100 = 5{,}9\%$

b) $I_D \approx I_o \left(1 + \pi \sqrt{\frac{V_m'}{2\Delta V}}\right) = I_o \left(1 + \pi \sqrt{\frac{(V_m - 2V_d)}{2\Delta V}}\right) = 94mA \cdot 7{,}16 = 673{,}4mA$

c) $I_{D\max} \approx I_o \left(1 + 2\pi \sqrt{\frac{V_m'}{2\Delta V}}\right) = I_o \left(1 + 2\pi \sqrt{\frac{(V_m - 2V_d)}{2\Delta V}}\right) = 94mA \cdot 15{,}33 = 1{,}53A$

Rešenje 12.2: **4. Filtriranje usmerenog napona**

Za usmerač sa kapacitivnim filtrom iz prethodnog primera odrediti:

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

d) $-V_{d\max} = \frac{V_m - 2V_d - (-V_m)}{2} = \frac{2V_m - 2V_d}{2} = V_m - V_d = 11{,}2V > 12V$

e) $P_d = V_d I_D = 0{,}8V \cdot 673{,}4mA = 538{,}7mW$

Videti: pod Silicon Rectifier Diodes na

http://www.fagorelectronica.com/semi/pdf/producto/1n4000.pdf

1N4001 zadovoljava jer je

Peak recurrent reverse voltage (V) V_{RRM}=30V > 12V

Forward current at T_{amb} = 75°C $I_{F(AV)}$= 1A > 0,673A

Recurrent peak forward current I_{FRM} =10A > 1,53A