

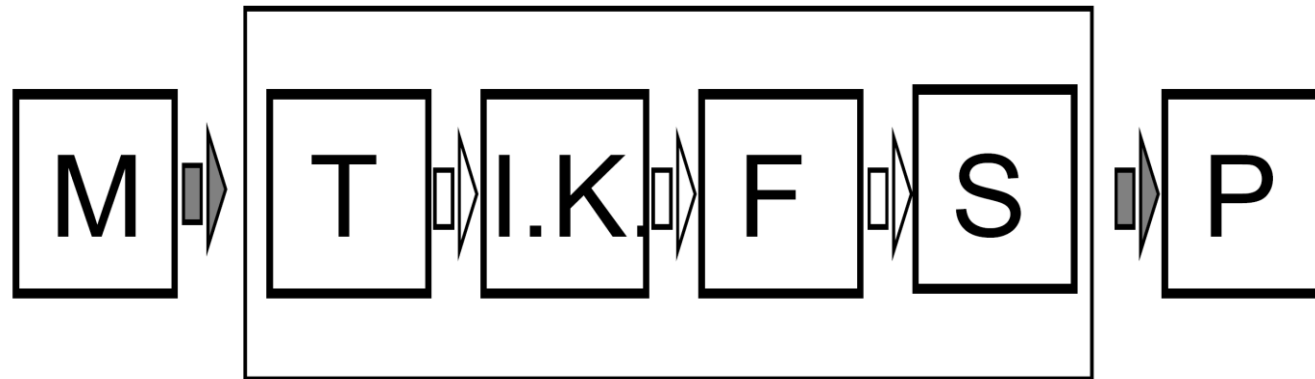
ISPRAVLJAČI I STABILIZATORI

Osnovi elektronike

Studije primijenjenog računarstva

STRUKTURA I OPŠTE KARAKTERISTIKE ISPRAVLJAČA

- Opšta blok-šema ispravljača, u koju ulaze: transformator (T), ispravljačko kolo (I.K.), filter (F) i stabilizator (S), prikazana je na slici 1
- Ulazni element ispravljača predstavlja mreža (M) naizmjeničnog napona. Na izlaz ispravljača veže se prijemnik (P)



Slika 1 Opšta blok-šema ispravljača

Svi elementi ispravljača, na svoj način, doprinose kvalitetu ispravljanja, odnosno, primjena svakog od njih doprinosi da se realizuju povećani zahtjevi u odnosu na kvalitet izlaza ispravljača.

STRUKTURA I OPŠTE KARAKTERISTIKE ISPRAVLJAČA

- Savremeni ispravljači razlikuju se prema:
 - funkciji ispravljanja (**polutalarno i punotalarno**);
 - šemi veza elemenata u ispravljačkom kolu i
 - prema broju faza izvora naizmjenične struje
- Takođe, ispravljači se dijele na **neupravljive i upravljive ispravljače**.
- Kod ispravljača, **ulaz je naizmjenična**, a **izlaz jednosmjerna veličina**
- Interes je da izlaz (jednosmjerna veličina) bude, više ili manje, blizak po obliku stalnom naponu, ili struji
- U vezi sa tim, definiše se veličina, na osnovu koje se može kritički suditi o kvalitetu ispravljača, **valovitost**:

$$W = \frac{V_k}{V_{is}} \cdot 100\%,$$

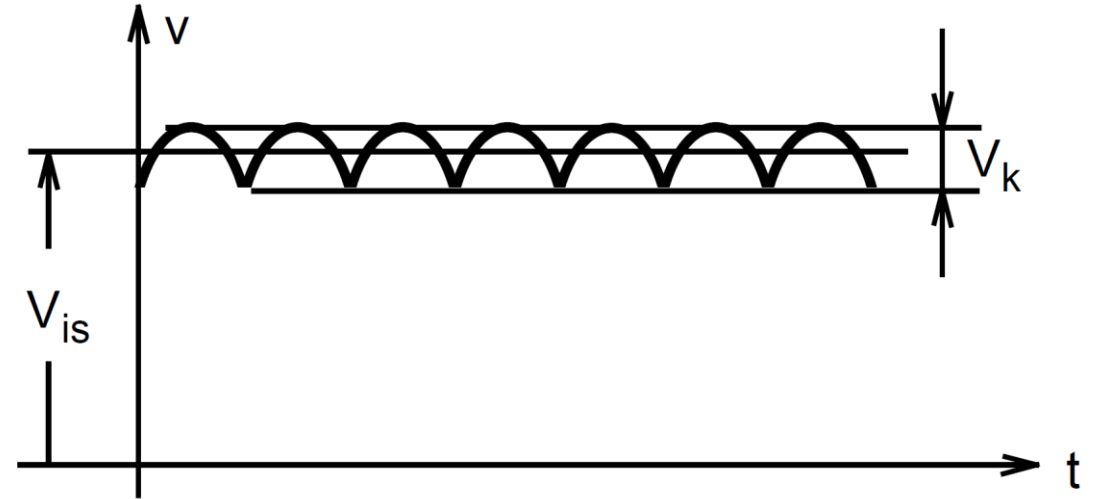
V_{is} - srednja vrijednost ispravljenog napona;

V_k - veličina koja karakteriše naizmjeničnu komponentu u izlaznom naponu ispravljača

STRUKTURA I OPŠTE KARAKTERISTIKE ISPRAVLJAČA

$$W = \frac{V_k}{V_{is}} \cdot 100\%$$

- Niža vrijednost W ukazuje na bolji kvalitet ispravljača
- Druga važna veličina, kojom se karakteriše kvalitet stabilizatora, a time i



Slika 2 Ilustracija definicije valovitosti.

ispravljača kod koga je stabilizator primijenjen, je **faktor stabilizacije** S

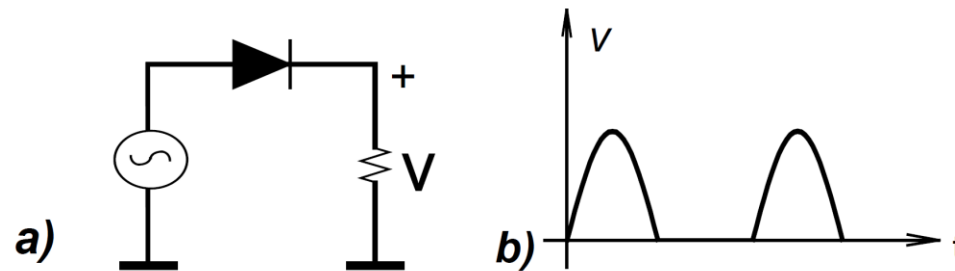
- Faktor stabilizacije definiše se kao odnos relativne promjene ulaznog napona (dV_u/V_u) i relativne promjene izlaznog napona (dV_i/V_i) stabilizatora

$$S = \frac{dV_u / V_u}{dV_i / V_i}$$

Što je veće S , to se stabilizator (a time i ispravljač sa stabilizatorom) smatra kvalitetnijim.

NEUPRAVLJIVA ISPRAVLJAČKA KOLA

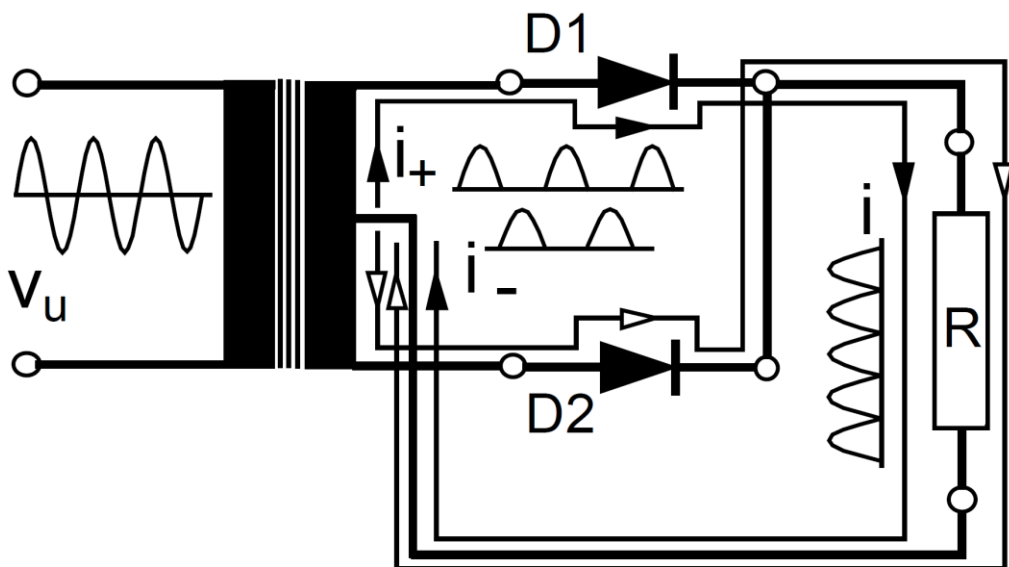
- Neupravljivi ispravljači sadrže ispravljačka kola sa **ispravljačkim diodama** i realizuju se za **polutalasno** ili za **punotalasno ispravljanje**
- Takođe, mogu biti realizovana za ispravljanje jednofaznih, ili za ispravljanje višefaznih veličina
- Kod polutalasnog ispravljanja (slika 3) ispravljačko kolo propušta (ispravlja) **samo jednu poluperiodu naizmjenične struje** (dovedene u direktnom smjeru), dok se druga poluperioda "gubi" (zbog inverzne polarizacije), i nema je na izlazu
- Nedostatak ovakvog ispravljanja je, za najčešće primjene, nepovoljan oblik izlaznog napona
- Punotalasnim ispravljanjem iskorišćava se pozitivna i negativna poluperioda naizmjeničnog napona, tako da kroz prijemnik, za vrijeme obje poluperiode, teče struja u istom smjeru



Slika 3 a) Polutalasnog ispravljača; b) Izlazni napon

NEUPRAVLJIVA ISPRAVLJAČKA KOLA

- Dvije su osnovne koncepcije ispravljačkih kola za **punotalasno ispravljanje** -
 - ispravljačko kolo sa transformatorom sa srednjom tačkom
 - ispravljačko kolo u mostnom spoju - Greatzov (Grecov) spoj



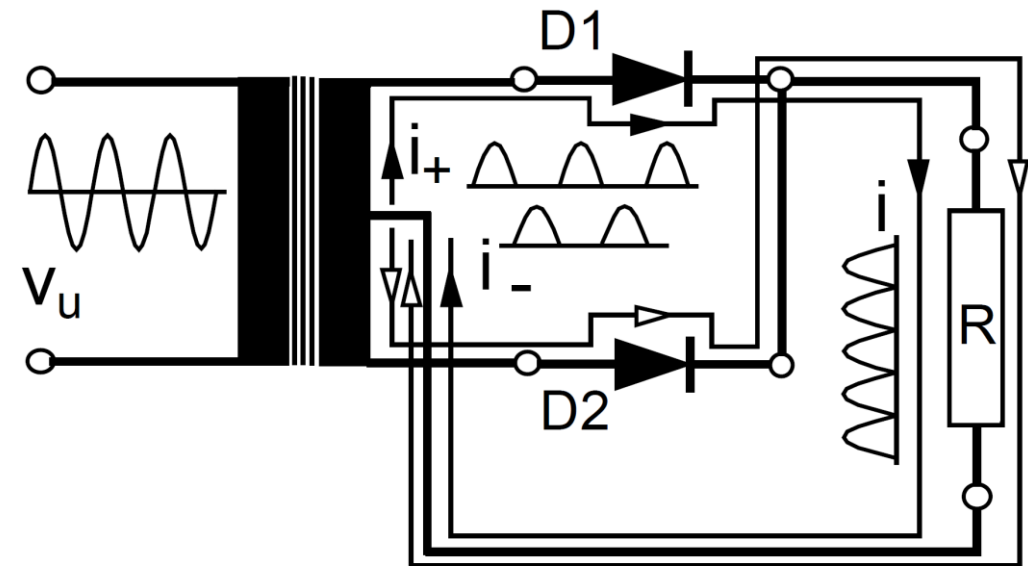
Slika 4 - Ispravljačko kolo za punotalasno ispravljanje sa transformatorom sa srednjom tačkom.

- Ispravljačko kolo sa transformatorom sa srednjom tačkom realizuje se prema šemi sa slike 4
- Ispravljanje, u ovom spoju, zahtijeva primjenu transformatora sa srednjom tačkom u sekundarnom kolu, na čija dva kraja se priključuju ispravljačke diode

NEUPRAVLJIVA ISPRAVLJAČKA KOLA

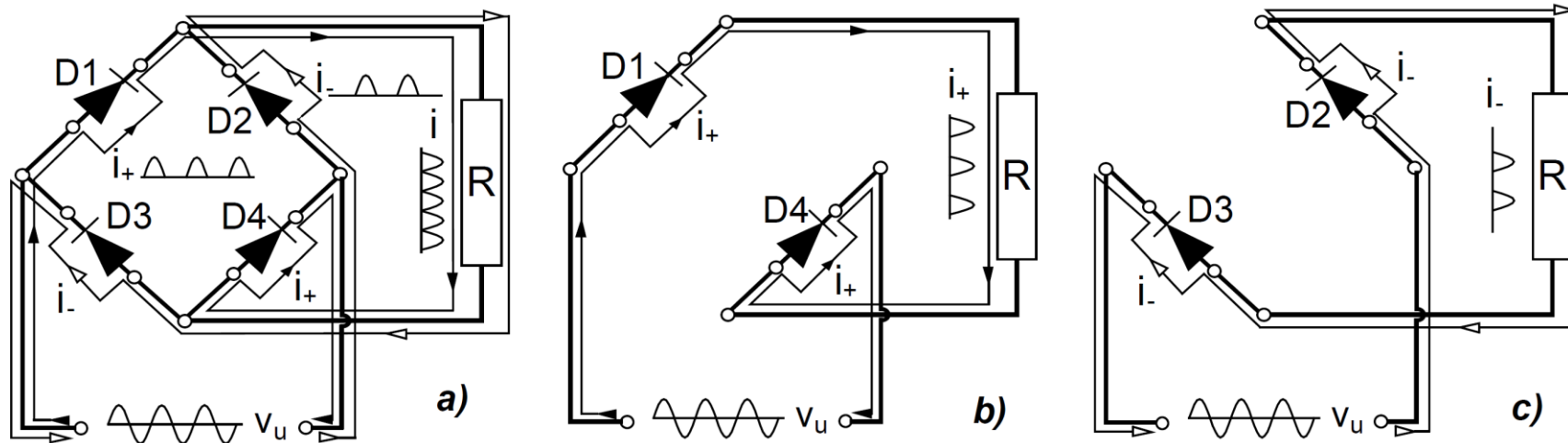
- **Za vrijeme pozitivne poluperiode** na ulazu, naponi na sekundaru transformatora su takvih smjerova **da je direktno polarisana dioda D_1 , a inverzno dioda D_2**
- U toku **negativne poluperiode** ulaznog napona, situacija je obrnuta - **provodi dioda D_2 , dok je dioda D_1 zakočena**

U oba slučaja, struja kroz potrošač R ima isti smjer pa se na izlazu dobija napon u tzv. punotalasnom obliku, kao na slici (oblik signala na otporniku):



NEUPRAVLJIVA ISPRAVLJAČKA KOLA

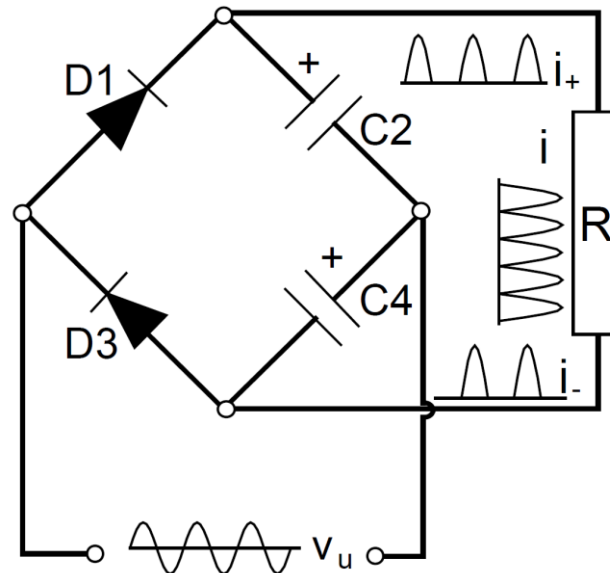
- **Greatz-ov spoj** realizuje se prema šemi prikazanoj na slici 4
- **Pozitivni polutalas** ulaznog napona polariše u direktnom smjeru **diode D_1 i D_4** (slika 4b), čega je posljedica pojava pozitivnih polutalasa struje i^+ kroz potrošač (R)
- S druge strane, **negativni polutalas** ulaznog napona polariše u direktnom smjeru **diode D_2 i D_3** (slika 4c), pa otuda negativni polutalasi struje i^- kroz potrošač R
- Ukupna struja kroz potrošač jednaka je sumi ove dvije struje $i = i^+ + i^-$, kako je to pokazano na slici 4a



Slika 4 – Greatz-ov spoj: a) Potpuna šema; b) Ekvivalentna šema za pozitivni polutalas; c) Ekvivalentna šema za negativni polutalas

NEUPRAVLJIVA ISPRAVLJAČKA KOLA

- Nekad se zahtijeva da se izlazni napon dijagonale mosta, za isti ulazni napon, poveća
- Jedan od jednostavnih načina da se to postigne realizuje se tako što se, **umjesto dioda D_2 i D_4** , u most vežu **kondenzatori odgovarajućih kapacitivnosti (C_2 i C_4)**, kako je to pokazano na slici 5
 - Za vrijeme **pozitivne poluperiode**, kad je dioda D_1 otvorena, kondenzator C_2 se puni do amplitudske vrijednosti V_m . Za to vrijeme, dioda D_3 je zatvorena
 - Pri **negativnoj poluperiodi**, otvara se D_3 i puni C_4 sa smjerom kao na slici, dok je D_1 zatvorena

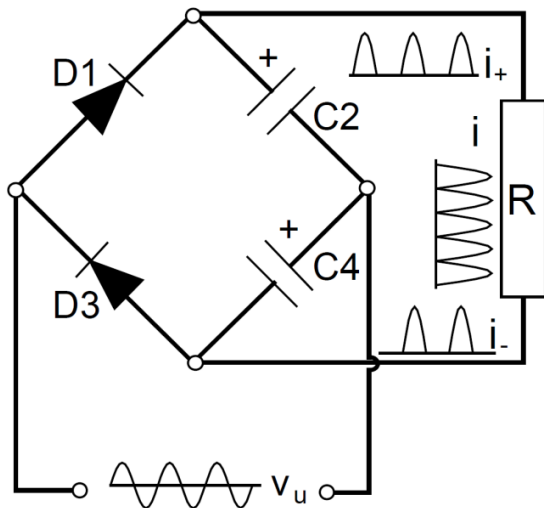


Slika 5 - Mostni ispravljač udvostručivač napona

NEUPRAVLJIVA ISPRAVLJAČKA KOLA

- Za vrijeme dok se puni kondenzator C_4 , kondenzator C_2 se prazni preko otpornika R vremenskom konstantnom $\tau=RC_2$
- Ukoliko je tau (τ) veliko, onda je potrebno i **veliko vrijeme da se C_2 isprazni**
- Dakle, za slučaj kad je τ mnogo veće od trajanja poluperiode, kondenzator C_2 će se veoma malo isprazniti, odnosno, zadržaće vrijednost V_m
- Kako su kondenzatori C_2 i C_4 vezani redno, napon na krajevima potrošača je praktično udvostručen (u idealnom slučaju; međutim, ovo povećanje izlaznog napona u praksi je ipak nešto niže od dva puta).

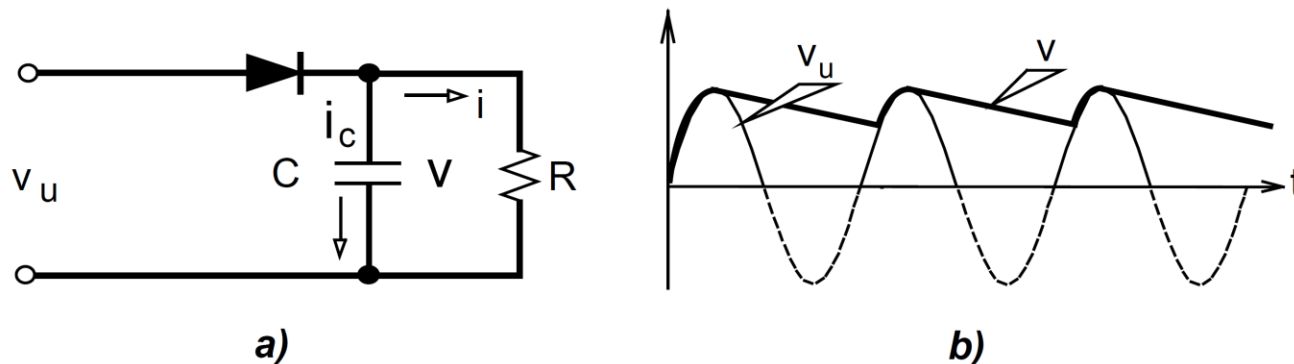
Koje su prednosti i nedostaci razmotrenih punotalasnih ispravljača?



- 1. Za razliku od ispravljača sa Grectzovim spojem, u slučaju ispravljača sa transformatorom sa srednjom tačkom potrebno je dvostruko više navojaka u kolu sekundara transformatora da bi se dobio napon iste srednje ispravljene vrijednosti*
- 2. Prednost Grectzovog spoja je i u tome što diode "trpe", dvostruko manji inverzni napon*
- 3. Međutim, njegov nedostatak je upotreba četiri diode, kod kojih je ukupna disipacija i ukupni pad napona veći.*

ISPRAVLJAČKI FILTRI

- Naponi na izlazima svih razmatranih ispravljačkih kola su, više ili manje, talasasti
- Zbog toga, da bi se dobio što bolje ispravljen izlazni napon, on se filtrira u kolu za filtriranje (filtru)
- Na slici 6 prikazano je ispravljačko kolo za polutalasno ispravljanje sa tzv. kapacitivnim filtrom
- Princip filtriranja napona: **za vrijeme pozitivne poluperiode, dioda provodi, i, preko nje, kondenzator se puni** do vrijednosti amplitude ispravljanog napona
- Dok traje **negativna poluperioda, dioda je zakočena, i kondenzator se prazni**, preko otpornika **R**, vremenskom konstantom $\tau = RC$
- Ukoliko je **τ veliko**, kondenzatoru treba dosta vremena da se potpuno isprazni

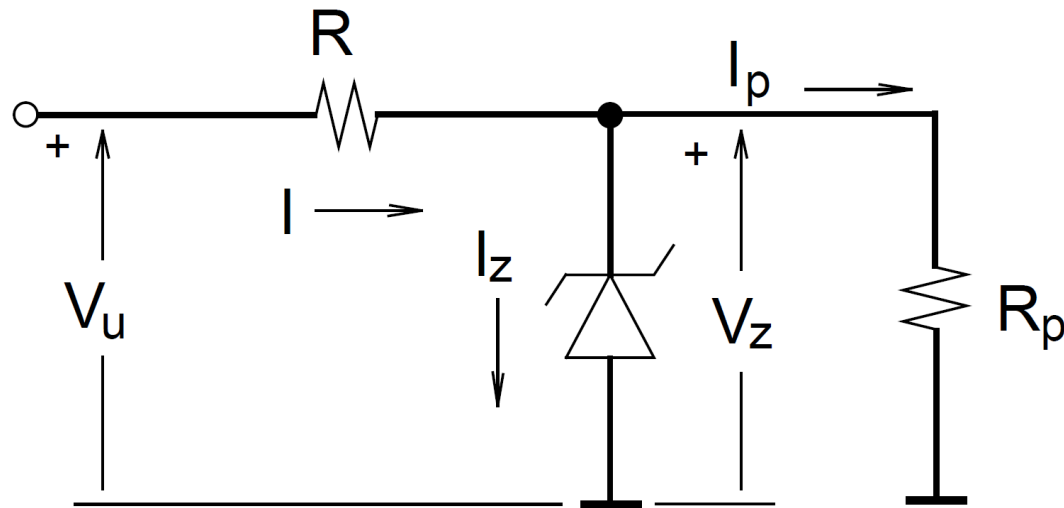


Slika 6 - Ispravljačko kolo sa kapacitivnim filtrom
a) Šema; b) Promjene karakterističnih veličina

- za slučaj kad je **trajanje poluperiode mnogo manje od τ** kondenzator se vrlo malo isprazni, i zadrži vrijednost blisku amplitudskoj
- Pri nailasku sljedeće pozitivne poluperiode, kondenzator se "dopunjava", pa napon na izlazu ispravljača sa filtrom izgleda kao na slici 6b

STABILIZATORI NAPONA

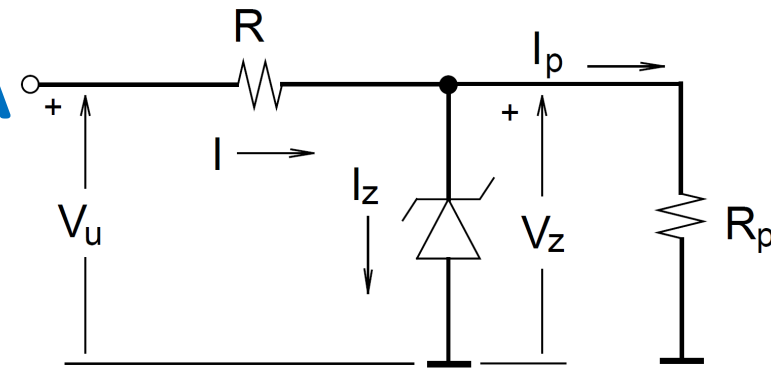
- Talasni oblik jednosmjernog napona se može znatno poboljšati pomoću filtera - teoretski, može se ostvariti idealno ispravljanje
- U realnim slučajevima, nije moguće upotrijebiti komponente kakve se teorijski zahtijevaju (npr. $C \rightarrow \infty$) pa se za dobijanje željenog (konstantnog) napona, koriste posebna kola, koja se nazivaju **stabilizatori**



Slika 7 Kolo jednostavnog stabilizatora sa Zener diodom.

- Jedno jednostavno kolo stabilizatora koristi stabilizatorske osobine Zenner diode
 - pri inverznoj polarizaciji, pri nekom naponu većem od napona Zennerovog proboja V_z Zenner dioda provodi
 - Daljim, i malim, povećanjem inverznog napona struja kroz diodu se znatno povećava, tj. **može se smatrati da je u režimu proboja napon konstantan i da ne zavisi od struje**
 - Dioda djeluje kao stabilizator napona

STABILIZATORI NAPONA



- Za struje kroz Zenner diodu postoje ograničenja, i to:
 - I_{zmin} , tj. minimalne struje pri kojoj se usvaja da je došlo do proboja Zenner diode, i
 - I_{zmax} , koja predstavlja maksimalnu struju koja smije proticati kroz Zenner diodu, a da ne izazove njeno "pregorijevanje".
- Stoga se vrijednost otpora **R** mora birati tako da, ni u jednom slučaju, struja kroz Zenner diodu ne uzme vrijednosti van ovih ograničenja
- Maksimalna vrijednost otpora R može se dobiti uz uslov da, pri minimalnom ulaznom naponu i maksimalnoj struji prijemnika, struja kroz Zenner diodu bude I_{zmin} :

$$V_{umin} = R_{max} I + V_z$$

$$I = I_{zmin} + I_{pmax}$$



$$R_{max} = \frac{V_{umin} - V_z}{I_{zmin} + I_{pmax}}$$

STABILIZATORI NAPONA

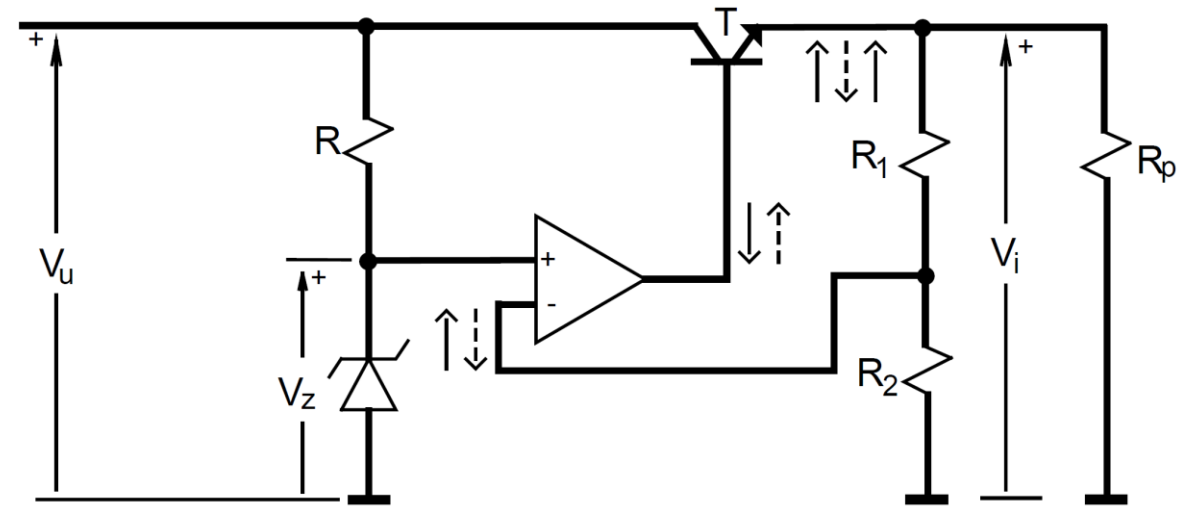
- Za slučaj minimalne vrijednosti otpora, treba se osigurati da, ni pri maksimalnom ulaznom naponu i minimalnoj struji prijemnika, struja kroz Zenner diodu ne pređe maksimalno dozvoljenu vrijednost:

$$\begin{aligned} V_{u\max} &= R_{\min} I + V_Z \\ I &= I_{Z\max} + I_{p\min} \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad R_{\min} = \frac{V_{u\max} - V_Z}{I_{Z\max} + I_{p\min}}$$

- otpor R treba birati tako da njegova vrijednost bude ograničena vrijednostima $R_{\min} < R < R_{\max}$
- Napomenimo da ovakvi stabilizatori imaju veliku disipaciju
- Ulazna snaga ostaje visoka, i onda kad kroz potrošač ne teče struja. Stoga se koriste složenija kola, koja u svojoj osnovi sadrže takođe Zenner diodu

STABILIZATORI NAPONA

- U ovom slučaju, za stabilizaciju napona na potrošaču, koristi se kolo negativne povratne sprege
- Negativna povratna sprega je uspostavljena preko razdjelnika napona, invertujućeg ulaza operacionog pojačavača i tranzistora
- Ukoliko dođe do poremećaja napona na izlazu (kao na slici strelica nagore), on će izazvati poremećaj u istom smjeru na invertujućem ulazu, što implicira pad napona na izlazu operacionog pojačavača, tj. na bazi tranzistora, a to direktno uslovljava smanjenje struje kroz tranzistor, odnosno pad napona na izlazu (strelica nadolje)
- Pad napona na izlazu bi doveo do pada napona na invertujućem ulazu, što bi (analogno prethodnoj analizi) izazvalo povećanje napona na izlazu.

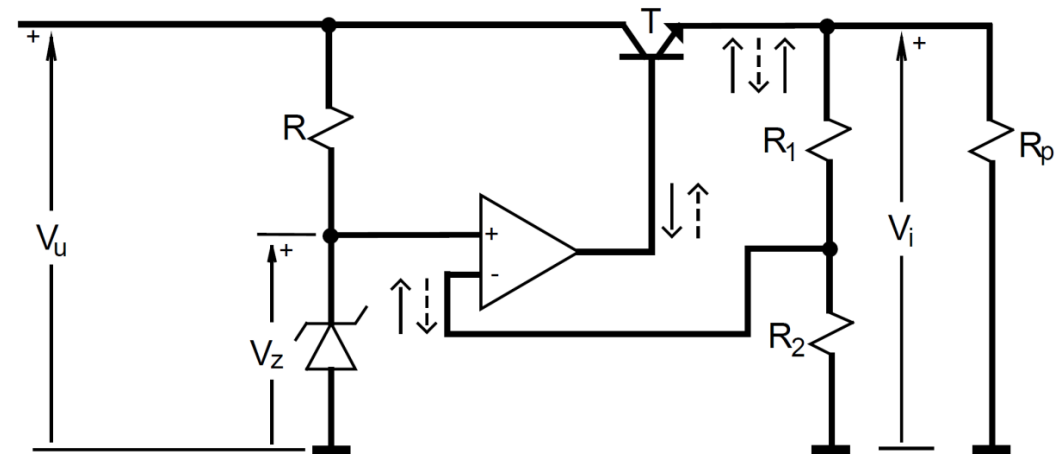


Slika 8 - Strukturna šema integrisanog stabilizatora

STABILIZATORI NAPONA

- Na ovom primjeru vidimo puni smisao negativne povratne sprege, koja se protivi bilo kakvoj promjeni izlaznog napona i, na taj način, vrši njegovu stabilizaciju
- Izračunajmo sada odnos izlaznog napona i napona na Zenner diodi
- Obzirom da je uspostavljena negativna povratna sprega, **naponi na neinvertujućem i invertujućem ulazu operacionog pojačavača su jednaki**, što znači da struja kroz otpornik R_2 iznosi V_Z/R_2
- Odavde slijedi da je izlazni napon jednak:

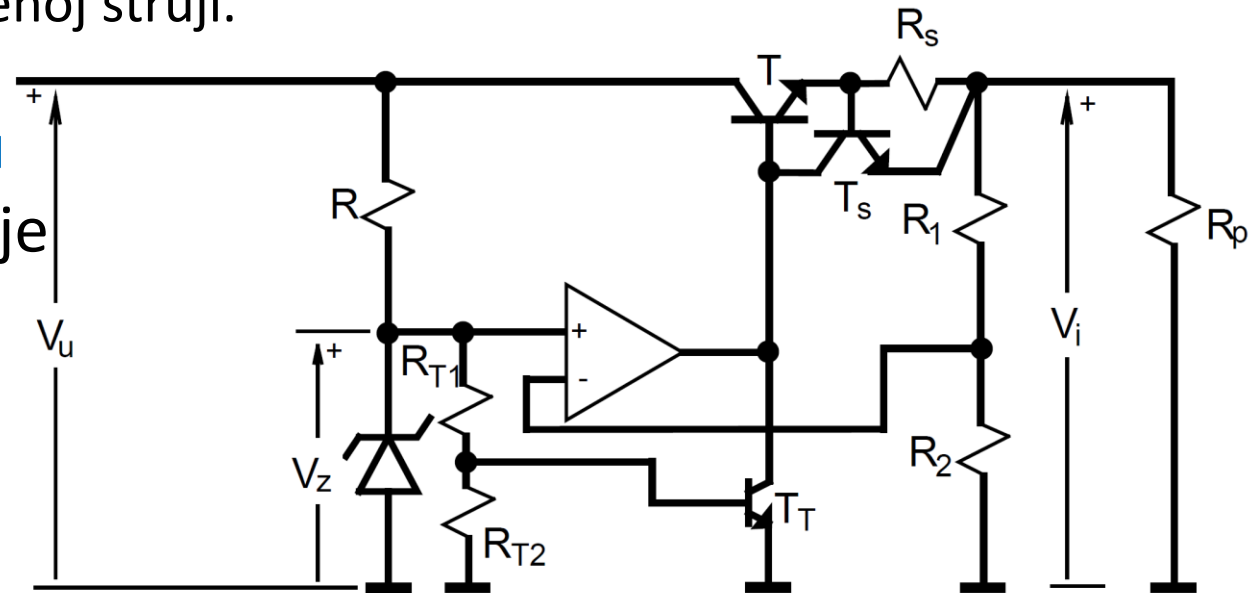
$$V_i = \frac{V_Z}{R_2} (R_1 + R_2) = V_Z \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$



STABILIZATORI NAPONA

- Za stabilizator sa slike 8 ugrađuju se pojedine zaštite
- Stabilizator **sa strujnom i temperaturnom zaštitom**, prikazan je na slici 9
- Kao strujna zaštita upotrijebljen je tranzistor **T_s**
 - Između baze i emitora ovog tranzistora postavljen je otpornik **R_s**, koji će, tek pri maksimalno dozvoljenoj struji, da izazove pad napona dovoljan da tranzistor **T_s** provede
 - Na taj način, ovaj tranzistor će, preko svoje kolektorske struje, smanjiti baznu struju tranzistora **T**, što ima za posljedicu smanjenje kolektorske struje tranzistora **T**. Znači, otpornost **R_s** se bira prema najvećoj dozvoljenoj struji.

- Tranzistor **T_T** služi **za temperaturnu zaštitu**
- Napon uključenja tranzistora **T_T** se smanjuje povećanjem temperature na njemu (vrijednost napona uključenja je tačno definisana za određenu vrijednost temperature)

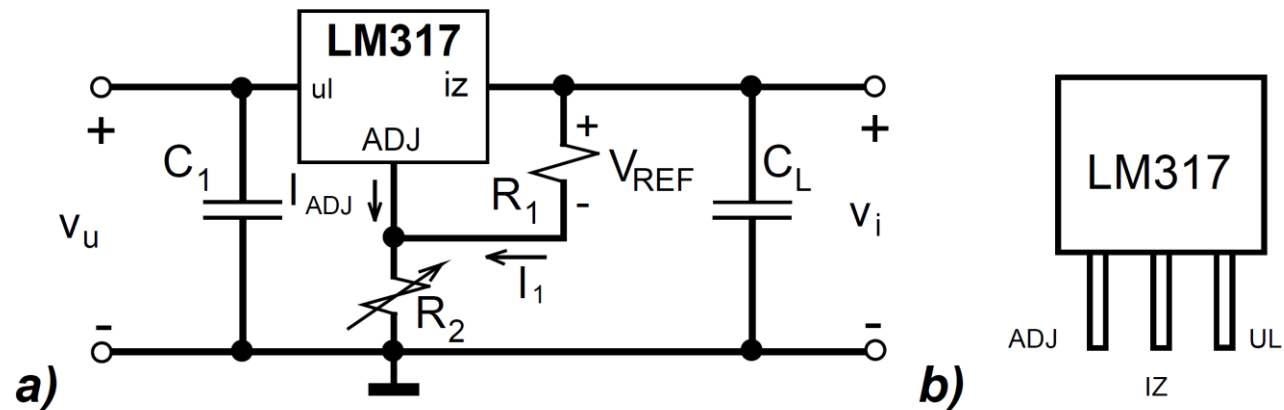


Slika 9 - Integrisani stabilizator sa ugrađenim zaštitama

STABILIZATORI NAPONA

- Preko razdjelnika R_{T1} , R_{T2} podešena je vrijednost napona emitor baza takva da će se tranzistor T_T uključiti kad temperatura integrisanog kola pređe maksimalno dozvoljenu
 - Uključenje tranzistora T_T rasterećuje tranzistor T , te time smanjuje njegovu disipaciju (odnosno zagrijavanje)

- Na slici 10 a) data je šema vezivanja **integriranog stabilizatora LM317**, a na slici 10 b) izgled ovog stabilizatora sa oznakama nožica
- Napomenimo da su primijenjeni kondenzatori opcioni i da je, npr., C_1 neophodan ukoliko je ovo kolo udaljeno od filteraskog kondenzatora, dok se sa C_L popravljja izlazna impendansa



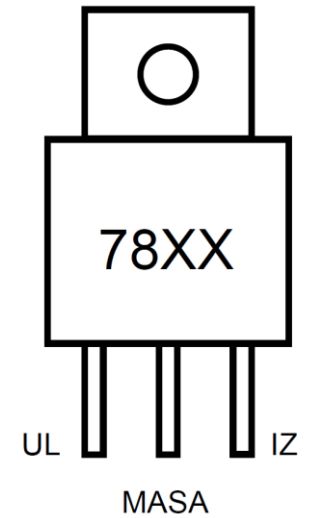
Slika 10 - Integrirani stabilizator LM317: a) Šema veza; b) Izgled i oznake nožica.

- V_{REF} , (napon između V_i i ADJ) je konstantan i iznosi 1,25V
- To uzrokuje da je i struja kroz R_1 konstantna
- Izlazni napon je dat izrazom:

$$V_i = V_{REF} + (I_1 + I_{ADJ})R_2 = V_{REF} + V_{REF}R_2/R_1 + I_{ADJ}R_2 = V_{REF}(1 + R_2/R_1) + I_{ADJ}R_2.$$

STABILIZATORI NAPONA

- Struja I_{ADJ} je konstantna, i kataloški se daje
- U oznaci stabilizatora, **XX označava vrijednost izlaznog napona**
- Tako, npr. stabilizator 7805 ima izlazni napon 5V
- Minimalna i maksimalna vrijednost ulaznog napona, za svaki tip, su definisane
 - Tako, npr.: za kolo 7805 – $V_{ulmin}=7V$, a $V_{ulmax}=25V$
 - za kolo 7808 – $V_{ulmin}=10.5V$, a $V_{ulmax}=25V$
 - itd.
- I ovdje se često vežu opcioni kondenzatori



Slika 11 - Integrirani stabilizator 78XX, Izgled i oznake nožica