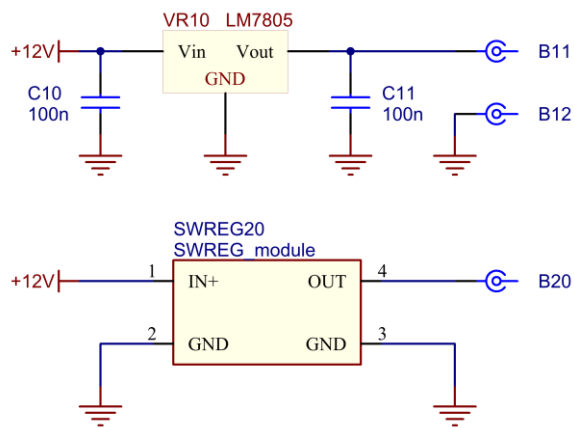


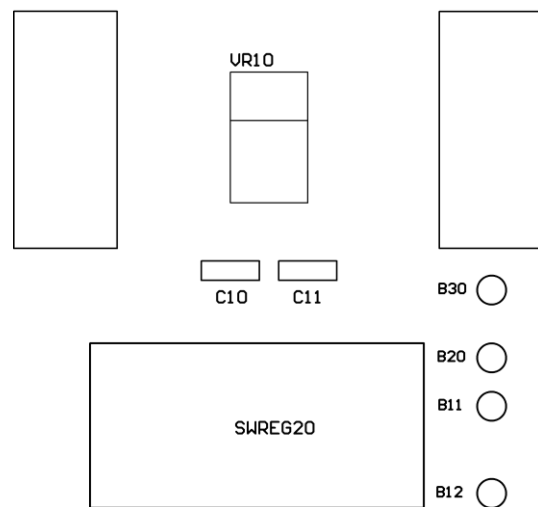
## 4.1 Testiranje napajalnikov

Vsako elektronsko vezje potrebuje za svoje delovanje vir energije, ki jo običajno preskrbi napajalnik. Ta daje (bolj ali manj) stalno napetost pri toku kot ga potrebuje nanj priključeno elektronsko vezje (breme). Seveda mora biti napajalnik grajen za največji tok, ki bi ga breme utegnilo potrebovati. Želimo, da bi bila napajalna napetost za breme čim bolj konstantna in neodvisna od toka, ki ga breme potrebuje.

Ker elektronska vezja za svoje delovanje potrebujejo različne napajalne napetosti, so napajalniki temu prilagojeni. Mi se bomo pri tej vaji ukvarjali z dvema napajalnikoma, ki dajeta napetost +5 V in tok do malo več od enega ampera. Obravnavana napajalnika se razlikujeta v načinu prilagajanja vhodne (nekonstantne, a ves čas večje od potrebne napetosti, pri nas bo to okoli +12 V) v izhodno napetost, kot jo potrebuje elektronsko vezje. Prvo vezje je tako imenovani linearni, drugo pa stikalni napajalnik. Oba napajalnika sta vgrajena na istem tiskanem vezju, načrt je na sliki 1, tloris tiskanega vezja pa na sliki 2.



Slika 1: Shema vezja za preskušanje



Slika 2: Tloris tiskanega vezja za shemo na sliki 1

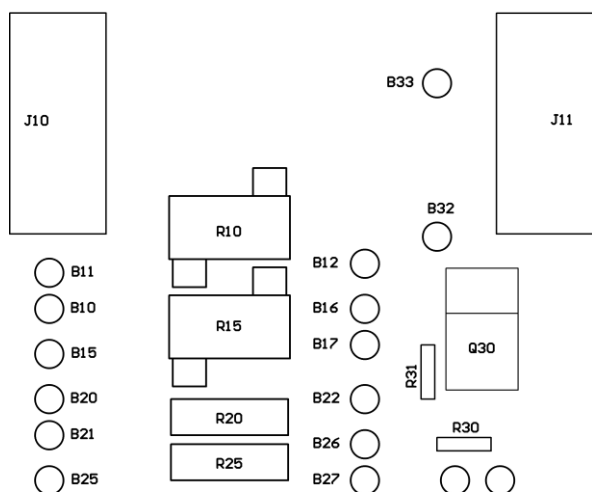
Napajalnik VR10 je standardni linearni napajalnik z oznako LM7805, napajalnik SWREG20 pa enostaven stikalni napajalnik, ki temelji na integriranem vezju LM2596. Slednji je opremljen s trimerjem, s katerim lahko nastaviš izhodno napetost na sponki B20.

- a. Naloga: Priključi napajalnika na približno +12 V in s trimerjem nastavi izhodno napetost na sponki B20 na +5 V. Preveri tudi napetost na sponki B11, ki mora biti prav tako +5 V.

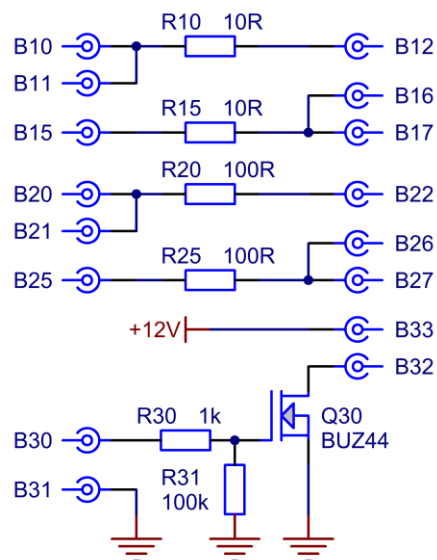
Pričakujemo, da je izhodna napetost obeh napajalnikov neodvisna od toka, ki ga morata pošiljati v breme. Za breme izberemo upornike različnih vrednosti, na razpolago sta dva upornika po 10 ohm in dva po 100 ohm. Z zaporedno ali paralelno vezavo teh upornikov lahko obremenimo po spodnji tabeli.

vezava	Brez upornikov	Upornika 100 Ω zaporedno	En upornik 100 Ω	Upornika 100 Ω vzporedno	Upornika 10 Ω zaporedno	En upornik 10 Ω	Upornika 10 Ω vzporedno
upornost	$\infty \Omega$	200 Ω	100 Ω	50 Ω	20 Ω	10 Ω	5 Ω
tok	0 mA	25 mA	50 mA	100 mA	250 mA	500 mA	1A
U linearni [V]							
U stikalni [V]							

Bremenski uporniki so pritrjeni na tiskanem vezju po sliki 3, shema povezav pa je na sliki 4.



Slika 3: Tloris tiskanega vezja za shemo na sliki 4



Slika 4: Shema vezja z bremenskimi uporniki

b. Naloga: izpolni zgornjo tabelo za različne obremenitve obeh napajalnikov

Odvečna energija pri pretvarjanju napetosti iz +12 V na +5 V se deloma (ali popolnoma) pretvarja v toploto, ki jo je treba iz elementov obeh napajalnikov oddati v okolico.

c. Naloga: Kako je z gretjem obeh napajalnikov pri največji obremenitvi?

Napajalnik bi moral dati čimbolj »gladko« napetost tudi pri stalni obremenitvi s konstantnim tokom. Pod besedico »gladko« razumemo, da je izhodna napetost res konstantna in brez kakršnikoli izmeničnih komponent. To lahko preverimo z osciloskopom.

d. Naloga: opazuj izhodni signal napajalnika pri zmerni obremenitvi 100 mA (izberi primerno vezavo bremenskih upornikov) z osciloskopom: uporabi AC način opazovanja. Sta napajalnika enakovredna? Je njuna izhodna napetost res »gladka«?

e. Naloga: če izhodna napetost napajalnika ni »gladka«, je smiselno ugotoviti frekvenco in velikost teh dodatnih komponent, ki kvarijo »gladkost«. Nastavi osciloskop tako, da kaže frekvenčni spekter izhodne napetosti napajalnika in spektra obeh primerjav. Kaj opaziš?

Poraba električnega toka bremena v splošnem ni konstantna, ampak se s časom spreminja. Pričakovati je, da bodo sunkovite spremembe toka skozi breme povzročile kratkotrajno odstopanje izhodne napetosti napajalnika od +5 V; za dober napajalnik bodo ta odstopanja kratkotrajna in minimalna. Napajalnik preverjamo tako, da ga minimalno obremenimo, poleg tega bremena pa še periodično vklapljam in izklapljam dodatno, večje breme ter pri tem opazujemo izhodno napetost napajalnika.

f. Obremeni linearni napajalnik s stalnim tokom 50 mA (en bremenski upornik za 100  $\Omega$  od izhodne sponke napajalnika do GND). Prikluči drugi bremenski upornik z upornostjo 10  $\Omega$  med izhodno sponko napajalnika in elektrodo »drain« (B32 na tiskanem vezju), nato poganjaj krmilno elektrodo MOSFET tranzistorja (B30, »gate«) s pravokotnim signalom. Ta naj ima frekvenco 1 kHz, skače pa naj med nič volti in 6 V; tak pravokotni signal povzroča dodaten tok velikosti 500 mA. Bremenski tok napajalnika se torej skače od 50 mA na 550 mA in nazaj, zaradi tega se bo malenkostno spreminjala tudi izhodna napetost napajalnika. Po potrebi raztegni

sliko opazovanega signala preko ekrana osciloskopa ali uporabi AC način. Iščemo tisti napajalnik, pri katerem je sprememba čim manjša in čim hitreje izzveni.

### Za radovedne

Električna vezja dajejo izhodni signal in enako velja za napajalnik. Le da je napajalnik grajen za bolj ali manj konstanten izhodni signal in precej velik tok, kot ga potrebuje breme napajalnika. Pričakujemo, da bo izhodna napetost napajalnika neodvisna od bremena, kar pa, žal, ni res. Zato vrednotimo kakovost napajalnika po različnih kriterijih, nekaj smo jih imeli priliko testirani med vajo.

Statične lastnosti testiramo pri stalni obremenitvi napajalnika. Z večanjem bremenskega toka se zelo verjetno izhodna napetost napajalnika zmanjša. To lastnost navadno vrednotimo z »izhodno upornostjo«. Predstavljamo si idealni napajalnik, za takega je izhodna napetost  $Y_0$  popolnoma neodvisna od bremenskega toka  $I_b$ . Realnemu napajalniku pa se izhodna napetost zmanjša. Zmanjšanje pripišemo fiktivnemu uporniku  $R_N$ , ki naj bi bil vezan zaporedno z idealnim napajalnikom. Zaradi tega upornika, imenovanega »notranja upornost«, je izhodna napetost  $Y$  napajalnika zdaj:

$$Y = Y_0 - R_N I_b$$

Notranjo upornost naših napajalnikov lahko izračunamo iz meritev, ki so bile opravljene v točki b).

Za linearni napajalnik velja, da se na njem električna moč, ki je podana s produktom padca napetosti na napajalniku in toka skozi napajalnik, pretvarja v toploto. Pri poskusih v točki b), še posebej pri obremenitvi z največjim tokom, se v toploto spreminja  $(12\text{ V} - 5\text{ V}) \times 1\text{ A} = 7\text{ W}$  moči, kar močno greje linearni napajalnik. Čeprav je le-ta montiran na hladilnem telesu, njegova temperatura močno naraste in bi hitro presegla tisto, ki jo polprevodniški elementi v notranjosti napajalnika še prenesejo. Zato je v tak napajalnik navadno vgrajen še termometer in logično vezje, ki napajalnik izklopi ali pa vsaj zmanjša izhodni tok pri prevelikih temperaturah napajalnika. Uporabljeni LM7805 ima tako varovalo vgrajeno, aktivira pa se pri temperaturi blizu 100 stopinj. Ne dotikaj se LM7805 takrat, ko je zelo vroč! Tako delovanje linearnega regulatorja ima še eno stransko pomanjkljivost: tratenje električne energije in potrebo po odvajanju toplote.

Stikalni napajalnik spremeni veliko vhodno napetost v manjšo izhodno s pomočjo tuljav, kondenzatorjev in stikal, na teh elementih pa se električna energija ne pretvarja v toploto. Zato se, teoretično gledano, stikalni napajalniki sploh ne grejejo. Realnost se razlikuje od teorije zaradi neidealnih elementov, ki so uporabljeni v stikalnem napajalniku, a so toplotne izgube v stikalnem napajalniku vseeno bistveno manjše kot izgube v linearnem napajalniku.

Izhodna napetost linearnega napajalnika je običajno »gladka«, brez dodanih primesi izmeničnih komponent. Izjemoma bi bil lahko linearni napajalnik zelo slab in bi njegov izhod »nihal«. Frekvenca takega nihanja je navadno precej velika, vsaj nekaj 10 kHz. Tak napajalnik bi bil slab, morda ga je mogoče ukrotiti z dodajanjem kondenzatorja s kapacitivnostjo od 100 nF do 100 uF med vhodne in izhodne sponke. A so tako slabi napajalniki redki. Običajno namerimo le šumno napetost, ki jo najlaže ovrednotimo kot efektivno napetost, a merimo le AC komponento. Za tako meritev vežemo zaporedno z volt-metrom kondenzator, ki prepreči merjenje DC izhodne napetosti napajalnika.

Izhodna napetost stikalnega napajalnika je običajno precej manj gladka, saj nastane kot posledica hitrega preklapljanja stikal v napajalniku. Na izhodu stikalnega napajalnika zato navadno opazujemo šibko izmenično komponento, njena frekvenca je odvisna enaka frekvenci preklapljanja stikala. Te AC komponente se le težko iznebimo z dodajanjem kondenzatorjev. Poleg tega se v stikalnem napajalniku hitro spreminja tok skozi tuljavo (tuljave), kar povzroči v okolici napajalnika spreminjajoče se magnetno polje te frekvence. Tako polje v okoliških vezjih zlahka inducira izmenične napetosti, ki

motijo delovanje teh vezij; pravimo, da stikalni napajalniki motijo okoliška občutljiva, predvsem analogna vezja. Težave rešujemo s Faraday-evimi kletkami; pravimo, da vezje oklapljamo.

Nenadne spremembe bremenskega toka napajalnika prav tako vplivajo na izhodno napetost napajalnika. Napajalnik običajno vsebuje povratno zanko; elektronika v napajalniku opazuje izhodno napetost napajalnika in jo po potrebi korigira zato, da izniči vpliv izhodne upornosti  $R_b$ . Je pa ta povratna zanka lahko hitra in takoj korigira napako, ali pa počasna in zato napačna napetost na izhodu nekaj časa vztraja. Še več: povratna zanka lahko spremeni napajalnik v vezje drugega ali še višjega reda, ti pa se lahko na motnje odzivajo tudi z eksponentno usihajočim nihanjem okoli prave končne vrednosti. Zaradi množice elementov in s tem povezanih časovnih konstant in nelinearnosti vezja je tako iznihavanje lahko tudi čudnih oblik. Pri stikalnih napajalnikih imamo vedno opravka z relativno veliko časovno konstanto zaradi vgrajene tuljave in kondenzatorjev, zato je pričakovati več iznihavanja pri stikalnih napajalnikih. To smo preverjali pri vaji v točki f). Ugotovitve bi lahko strnili v nov fiktivni element, imenovan izhodna impedanca, kjer bi  $R_N$  nadomestili z  $Z_N$ . Žal taka poenostavitev le slabo modelira dogajanje v stikalnih napajalnikih.