

SMPS Labortápegység II.

Előszó

Ez a tápegység körülbelül hat év labortáp-tervezési tapasztalatai és legalább ugyan ennyi évi fórumozás, sok-sok hobbista több ezer fórumhozzászólásának figyelembe vétele alapján született. Mondhatni ez az én keresztem. :-) Noha mindmáig eme hét év alatt csupán két labortápegységet publikáltam ráadásul a legutóbbit is kb hat évvel ezelőtt, viszont egyrészt az elkészült PIC-es panelmérő modulok és egy máig folyamatban lévő labortáp-vezérlőmodul tervezése rengeteg tapasztalatot adott, mindemellett pedig a háttérben számos ötletet kidolgoztam fejben, papíron, szimulátorban vagy a valóságban is megépítettem. Eme ötletek közt vannak olyanok melyek a hobbisták körében közkedvelt kapcsolások jobbá tételére irányulnak de van számos olyan áramköri megoldás a fejemben (és van ami megépítve is) melyekhez hasonlóakkal se magyar, sem pedig más fórumokon, szakmai portálokon vagy kiadványokban sem találkoztam. Pedig eme 6-7 év alatt nagyon sok labortápegységet tanulmányoztam, a hobbielektronika fórumain pedig a több ezer sőt több tízezer hozzászólás alapján tudom hogy a hobbistáknak milyen elvárásaik vannak a labortápegységekkel szemben mikor újra szeretnének egyet építeni. Gyakorlatilag a labortápos topik rendszeres követése mellett egyhuzamban újraolvastam az egész topikot és kijegyzeteltem hogy milyen igényeket támasztanak az emberek a leendő labortápjukkal kapcsolatban, és milyen szempontok fontosak és mik kevésbé fontosak a számukra. Azt kell ugyanis tudni, hogy az a labortápegység melyről ez a cikk szól, kifejezetten a hobbistáknak született! Nem magamnak, nem megrendelésre készítettem, hanem nektek! Az első publikált tápegységem csupán az Urbán-féle (pontosabban ekként megismert, valójában egy német szaklapban publikálták először azt a konstrukciót) táp átrajzolása volt egy olyan nyákra mely nekem tetszett. A második, az előszabályozós pedig egyrészt ismét magamnak, másrészt pedig a 2008-as Országos Elektronika Konstruktív Versenyre készült. És utána melleleg publikáltam hogy más is megépíthesse és használhassa. De az sem a hobbistáknak készült első, másod de még harmad sorban sem. Ez a tápegység viszont igyekszik a lehető legjobban megfelelni a hobbisták elvárásainak, persze mindazon a minőségi szempontok után melyek nélkül én nem adok ki munkát a kezeim közül. Lehetne ugyanis némileg egyszerűbb ez a készülék, de ahhoz én már nem adnám a nevemet mert az egyszerűsítés és/vagy a költségcsökkentés nagyobb csorbát ejtene a precizitáson mint amekkora hasznot hozna az a párszáz Forint.

Az elmúlt hét év alatt nagyon sok víz lefolyt a Dunán, rengeteget fejlődtem szakmailag, tanultam és még több gyakorlatot szereztem az elektronikában, ráadásul a műszerezettségem is javult. Többek közt azért is tartott egy labortáp fejlesztése nagyon sokáig vagy el sem készült soha, mert időközben új és mélyebb elektronikai ismeretekre tettem szert, onnantól pedig mindaz a konstrukció amit addig jónak véltem, kidobhattam a kukába és kezdhettem előlről. Legjobb példa erre az „SMPS Labortápegység III.” néven jó darabig futott keresztem, melyben bonyolult tárolós-digitális kapus logika felelt olyan egyszerű dolgokért mint a kimenet le és felkapcsolása. Jó ideig hanyagoltam azt a labortápot is, míg közben megtanultam mikrovezérlőt programozni és onnantól úgy ahogy van az egész digitális rész a panelmérőjével együtt gyakorlatilag okafogyottá vált mert a fél panel kiváltható egyetlen PIC-kel... De ezen kívül is többször volt hogy egy sok hónapos vagy akár több éves elgondolást elvettem mert egyszer csak jött egy sokkal jobb ötlet.

A 2008-as versenyre készült előszabályozós labortápom az én akkori elektronikai tudásomat tulajdonképpen maximálisan lefedte sőt,

több tekintetben felülmúlta azt. Nem véletlen segített benne nagyon sokat Skori barátom, ráadásul az előszabályozó úgy ahogy van az ő saját ötlete volt. Jelen tápegységnél már jóval könnyebb dolgom volt hisz nagyon sok elméletet és gyakorlati tapasztalatot szereztem az évek alatt, de a fejlesztéskor néhány igen szivatos hibának a megoldásában Skori segített. Mi több a fejlesztés során folyamatosan konzultáltam vele, hátha egy adott feladat megoldására jobb vagy egyszerűbb ötlete van. Igyekeztem ezáltal is minél kiforrottabb és jobb labortápegységet tervezni a hobbisták számára. Ha már őt megemlítettem akkor nem hagyhatom ki Tóth Gábor barátomat sem, akivel e tápegység

fejlesztése alatt ismerkedtem meg, mint kiderült ő is hasonló tápon dolgozott. Mikor teljesen az idegeimre ment a tápegység az érthetetlen hibajelenségeivel, akkor felajánlotta hogy segít benne. A tápegység elkészülte nagyban az ő segítségével is múltott.

Az előző kapcsolóüzemű labortápegységnél nekem nagyon fontos volt hogy minimális vezetékvezetések legyenek csak a műszerdobozon belül. Egyszerűen azért, mert én személy szerint utálok a vezetékeket. A fórumhozzászólások alapján azonban rájöttem hogy csekély számú rokonlelken kívül gyakorlatilag nagyjából csak engem zavar a vezeték.

Annál a tápegységnél a huzalozás csökkentésének az volt az ára, hogy cserébe a kezelőszervek és a kijelző előlapon elfoglalt pozíciói kötöttek lettek. A hobbisták viszont szeretik e tekintetben a nagyobb szabadságot és inkább oda tennék a kijelzőt, a potmétereket, csatlakozókat stb ahová kedvük tartja. Jelen tápegységnél ez már így is működik, minden kezelőszervet huzalozni kell. Így mindenki oda szerelheti az előlapon a dolgokat ahová csak szeretné. A tapasztalatok alapján a hobbisták jelentős körében nagyon fontos tényező hogy a labortáp áramköri lapja egyszerű legyen, azaz lehetőleg egyoldalas és ne legyen rajta SMD alkatrész meg IC-láb közti átvezetés. Nos sajnos ezeket eme tápegység esetén nem tudtam maradéktalanul teljesíteni. És nem csupán azért mert az SMD alkatrészek egyszerűen kisebbek mint a furatszerelt társaik, hanem még inkább azért mert az SMD alkatrészeket a nyák egyik (alsó) oldalára tudom tenni míg a huzallábas, nagy fizikai mérettel bíróak (fóliakondenzátorok, teljesítmény-ellenállások, induktivitások stb.) a panel másik (felső) oldalára kerülhetnek és így egy nagy területet elfoglaló alkatrész alá rengeteg SMD áramköri rész elfér. Ha nem lennének SMD-k akkor ez az áramkör jóval nagyobb, legalább a duplája lenne! Viszont az SMD-ből direkt a lehető legnagyobb méretűeket választottam: SOIC tokos integrált áramkörök és 1206-os ellenállások illetve kondenzátorok vannak a panelon. A mai modern elektronikai berendezésekben és itt most nem is a legminiatürizáltabbakra (pl mobiltelefonok) gondolok, ezek a tokozások óriásiak! Egy mezei, ám jó hegyes pákával és egy közepes minőségű de kellően vékony forrasztóónnal illetve egy műszerész-csipesz segítségével nagyító nélkül is rendkívül egyszerűen forraszthatóak. Aki ezektől a méretektől fél az vegye le az LCD tévéje hátlapját és nézzen rá a TQFP kockákra és a nem 1206-os hanem 0201-es(!!!) ellenállásokra. Én rövid Samsungos besegítő pályafutásom alatt ilyeneket forrasztottam. Na ezekhez már valóban speciális folyasztószerke és hőlégfúvó kell (vagy nagyon leleményes forrasztástechnika). A SOIC és a 1206 viszont tényleg a lehető legnagyobb felületszerelt alkatrészek, javaslom mindenkinek aki még nem tette hogy barátkozzanak meg velük! Egyébként sokkal jobb, könnyebbé teszi a szerelést mert nem kell fúrni a nyákot és nem kell lábakat hajtogatni. Az élesztés vagy méricskélés is könnyebb mert nem kell a panelt forgatgatni hiszen minden, a vezetősávok és az alkatrészek is ott vannak előttünk. A szemem nekem is rossz sajnos, de kitalálták már a szemüveget. Szóval nem kell félni az SMD-től.

Mint mondtam a hobbielektronika ide vágó topikjait rendszeresen követem, és engem tulajdonképpen két dolog zavar. Az egyik hogy az idézőjeleket most már évek óta arra használják többen is hogy ha nem biztosak valaminek a megnevezésében vagy csupán nem biztosak abban amit leírnak akkor inkább idézőjelbe teszik mert így könnyebben védhetőnek érzik a mondanivalójuk azon részét, mert azt sugallja mintha azt valakitől idéznék, mintha azok nem az ő szavaik lennének.

Pedig dehogyisnem! Üzenem, hogy az idézőjel egész egyszerűen azt a célt szolgálja hogy idézzünk valakit, semmi több! A másik dolog pedig és ez már kapcsolódik a témához, hogy nagyon sokszor sajnos egy áramkör, egy labortáp áramkör megépítése abszolút szakmaiatlan. Gyakorlatilag ilyen volumenű vélemények jelennek meg hogy „én a haverommal megépítettem és azóta azt használjuk, teljesen jó a cucc”. A helyzet az hogy sokan vannak akiknek ennyi elég is. Én ilyenkor mindig hiányolom a szakmaiságot hogy mégis azért pontosan miért is gondolja valaki hogy jó egy labortáp. Azért mert tekergeti a potit és állítódik a feszültség? És ilyenkor persze mindig megkapom hogy hát ez nem a NASA hanem hobbisták vagyunk és nekünk elég ennyi. Valóban nem a NASA de azért azt lássuk be hogy gyakorlatilag Magyarország egyik, ha nem a legnagyobb elektronikai fórumán vagyunk. Nem hiszem hogy van nagyobb szakmai közösség amely a labortápegységekkel kapcsolatosan összejött. És nem is NASA-szintű mérési eredményeket várok el természetesen, de azért némi szabályozási viselkedéssel kapcsolatos dologgal illene alátámasztani az állításainkat, pláne egy laboratóriumi tápegység esetén. Egy Knight-rider futófénynél elég az az információ hogy „megépítettem és tök jól megy”, de egy labortápegység nem éppen ez a kategória. Hogy ezen megpróbáljak változtatni és talán a hobbielektronika néha számomra fájóan elvesző szakmaiságát némiképp növekedésre készíteni, igyekszem eme cikkben a lehetőségeimhez mérten magasabbra tenni a léceket és rendkívül részletes mérési eredményekkel szolgálni. Hátha később más is így tesz. Emellett az áramkör működését is igyekszem nagyon-nagyon részletesen, alkatrész-szinten ismertetni. Ennek az az oka hogy 99%-ban nincs időm és/vagy kedvem ahhoz hogy az utánépítőknek segítsék mert megépítették a tápot de valamiért nem működik nekik. Ebben sok éves tapasztalatom van, régebben mindenkinek válaszoltam az ilyen e-mailjeire. De az évek tapasztalatai, negatív tapasztalatai alapján ettől egy életre elment a kedvem, nincs már erre nekem energiám. Erről nagyon sokat tudnék mesélni de nem ide tartozik. Inkább tényleg nagyon részletes leírást adok hogyha elakad valaki akkor azt elolvasva megértse az áramkör működését és önmaga megtalálja a hibát. Nekem a távgyógyászkodásból bőven elég volt már...

Voltak néhányan akik ezen felháborodtak sőt, volt olyan akitől szó szerint azt kaptam hogy „ez mégis milyen terméktámogatás már?”. A válaszom az hogy a kérdés értelmetlen, de ha mindenképp válaszolnom kell rá akkor azt mondom hogy semmilyen. Ha veszel egy mobiltelefont akkor arra utána néhány hónapig letölthetsz frissebb szoftvereket, na az a terméktámogatás. Az én áramköröim amiket felteszek a weboldalamra és a hobbielektronikára, a többi hobbista cikkeihez hasonlóan nem termékek! Ne várja el senki hogy majd én vagy az adott áramkör megálmodója ingyen, saját szabadidejéből és energiájából áldozva, garantáltan segíteni fog ha elakad az ember vagy kérdése van. Én minden áramkörömet amelyeket publikálok, saját magamnak tervezem és készítem el. Megtehetném azt hogy megálmodom, megtervezem, megépítem majd pedig felteszem a polcra és boldogan használom életem végéig. De én inkább létrehoztam a weboldalamat ahová fényképekkel, leírásokkal, dokumentációkkal, alkatrészlistákkal megtámogatva ingyen(!) felteszem egész egyszerűen azért hogy mások is megépíthessék és örömeiket leljék bennük. De engedtessek meg hogy itt befejezzem, mert a rengeteg e-mailre nincs egyszerűen energiám válaszolgatni. Régen volt, de mint említettem nagyon sok negatív tapasztalatom volt amitől elegendem lett belőle, úgyhogy soha többet. Volt aki erre azt mondta hogy „akkor meg minek teszem fel a netre ha utána nem segítetek?”. Nos megfordult már a fejemben hogy lekapcsolom az oldalamat úgy ahogy van és a hobbielektronikáról is törölöm a cikkeimet. Viszont igencsak többen vannak azok akik így is örülnek a cikkeimnek, pár primitívebb megnyilvánulás miatt pedig nem fogom a többséget kárhozhozni. Mert hála Istennek azért az egészséges hozzáállású hobbistákból nagyságrendekkel több van. Nagyon jó fényképeken viszontlátni és személyes találkozásokkal hallani hogy mennyire örülnek a készüléknek amelyet én terveztem és ők mennyire szerették azt utánépíteni, az utánépítésből és a cikkeimből pedig mennyi mindent tanultak. Ezért megéri az egészet csinálni.

Az áramkörrel

A labortápegység a kimenetén 0V-tól 50V-ig képes a feszültség és 0A-tól 10A-ig az áram folyamatos, fokozatmentes szabályozására. (Ez a maximum amit az áramkör tud, de természetesen ennél kisebb feszültségű és/vagy áramú labortápegységként is használható.) Kapcsolóüzemű áramkörrel rendelkezik, melynek köszönhetően jelentősen jobb hatásfokkal bír mint egy hasonló teljesítményű tisztán disszipatív tápegység. Mivel a kapcsolóüzem működési elvéből és felépítéséből adódóan nem, vagy csak nagyon nehezen tenné lehetővé a kimeneti jellemzők (feszültség és áram) precíz szabályozását de még inkább az abba való gyors beavatkozást, ezért az áramkör két szabályozó fokozattal rendelkezik. Ebből az első a kapcsolóüzemű előszabályozó rész, a második pedig a disszipatív, analóg főszabályozó áramkör. E két részegység házasításának eredményeképp egy jó hatásfokú, nagy teljesítményű tápegységet kapunk amely a jó hatásfoka miatt kevésbé melegszik, az analóg főszabályozónak köszönhetően pedig gyorsan be tud avatkozni a jelbe, precíz szabályozást és alacsony kimeneti zajt eredményezve.

A megtervezéskor figyelembe vett szempontok:

1. A labortápegység a maximális 50V-ot és 10A-t folyamatos üzemben, passzív hűtéssel, tartósan tudja tartani.
2. Az áramkör könnyen beszerezhető alkatrészekből épüljön fel.
3. Az áramkör legyen a lehető legstabilabb. A mért és szabályozott feszültség és áram értékek minél kevésbé függjenek a hőmérséklet és a terhelés változásától illetve az idő múlásától.
4. A labortápegység jó hatásfokkal rendelkezzen.
5. A kimeneti zaj minél alacsonyabb legyen.
6. A készülék védve legyen a külső, nem üzemszerű használat okozta behatásoktól.
7. Az áramkör könnyen utánépíthető legyen.
8. A labortápegységgel magyar kisvállalkozásokat támogassak.
9. Az utánépítőknek nagy szabadságuk legyen az építéskor a kezelőszervek és a panelmérő tekintetében.

Tekercsek:

Sokan félnek a kapcsolóüzemű áramköröktől, leginkább azért mert relatíve bonyolultak és mindig van bennük trafó vagy tekercs amit saját kezűleg kell megtekercselni, ahhoz pedig huzalt és gyűrűt vagy magot kell beszerezni, esetleg induktivitást mérni vagy az áramkör élesztése komolyabb oszcilloszkópos vizsgálatokat igényel. Ebben a tápegységben is van induktivitás, de az viszonylag könnyen elkészíthető. Aki azonban mégsem akar ezzel pepecselni az készen, boltban megvásárolhatja mint bármelyik másik alkatrészt. Itt most a 100uH/10A-es fojtótekercsre gondolok. Ezt házilag is el lehet készíteni de ha valaki nem akar ezzel nyűglódni akkor elég borsos árért ugyan de pl a HESore-ban készen is megvásárolhatja. A nyomtatott áramkört direkt pont ehhez az induktivtáshoz terveztem.

A labortáp elődjében ([LINK](#)) volt még egy induktivitás a pozitív kimeneten mely közös módosú szűrőként működött. A gyakorlatban azonban sajnos szinte alig észrevehető mértékben csökkentette csak a kimeneti zajt, cserébe viszont a hobbisták számára nehezítő körülmény volt mert gyűrűt kell hozzá vadászni és meg kell tekerni. Ezért úgy döntöttem hogy az SMPS Labortápegység II-ből inkább kihagyom ezt az alkatrészt. A közös módosú szűrő koporsójában az verte be az utolsó szeget, hogy induktív terhelés esetén hajlamos volt begerjedni tőle az áramkör.

Beszerezhetőség:

Igyekeztem kommersz, könnyen beszerezhető és olcsó alkatrészeket használni a tápban és nem kevés munka árán ez végül sikerült is. Az áramkör minden alkatrésze szinte bármelyik elektronikai alkatrész-boltban (itt most leginkább a Lomex-re és a HESore-ra gondolok) megvásárolható. A labortápegység fejlesztése során volt egy olyan állapota az áramkörnek ahol a műveleti erősítők egy speciális és nehezen beszerezhető, ultra alacsony offszetű típusok voltak, de végül ezeket sikerült kipaterolni az áramkörből. (A nyákterven azonban meghagytam annak lehetőségét hogy ehhez hasonló precízebb, egytápfesztes OPA-k is beültethetők legyenek.)

Feszültség-vezérelt szabályozás:

A szabályozás feszültségvezérelt lett. Erre azért volt szükség mert a labortáp elődjével ellentétben itt már vezetékvezve vannak a feszültség és áram-állító potméterek. Ez viszont nem csupán csatlakozókat kíván a nyáklapra hanem az áramkörnek is ehhez bizonyos tekintetben alkalmazkodnia kell. Gondolok itt arra hogy ha az állító potméterek vezetékkel vannak a panelhoz kapcsolódva, akkor azok a vezeték bármilyen zajt összeszedhetnek az éterből, ráadásul nekem mint tervezőnek nincs rálátásom arra hogy majd az utánépítők milyen hosszú vezetékkel kötik be a potmétereket és ezen vezeték mik mellett futnak majd. Viszont így hogy feszültségvezérelt lett a szabályozás, a potmétereken csak a DC szint a hasznos jelösszetevő, minden más ami ráül az pedig jellegéből adódóan ugyebár váltakozóáramú, ez pedig az egyenáramú alapjelről rendkívül egyszerűen leszűrhető. A feszültségvezéreltté tétel más haszonnal is járt, lehetővé tette a későbbiekben megtervezendő digitális vezérlőmodul beépítését. Ez jelen cikk írásakor még a jövő zenéje. Szintén a feszültség-vezéreltté tétel hozománya, hogy az állító potméterek értéke gyakorlatilag szinte bármekkora lehet. Így nem feltétlen kell az utánépítőnek potmétert vásárolnia, mert lehet hogy már van neki otthon olyan amit beépítene, de más értékű mint amit én az alkatrészlistára írtam. Mivel huzalozva van a nyákra a potméter és nem beültetve ezért az is mindegy hogy műanyag vagy fémházas, vagy hogy egyfordulatú vagy helikális potenciométert használ az utánépítő. Mi több, az áramkör fel van készítve finom és durva szabályozó potméterek kezelésére is, de nem kötelező finomhangoló potmétert is bekötni ha az illető nem szeretné. Ha viszont igen, akkor még azt is megoldottam hogy a finomhangoló potenciométer (mely akár más értékű is lehet mint a durva állító) osztásaránya egyetlen mezei kis ellenállás cseréjével változtatható legyen. A feszültségvezérelt alapjel-előállításhoz tartozik még továbbá, hogy az analóg szabályozó korábbi („Urbános”) konstrukciójának egy hibája volt hogyha a potméter megszakadt vagy néha nem érintkezett rendesen akkor a kimenő feszültség elszállt amerre kedve tartotta. Itt ilyen probléma már nincs, ha a potméter vagy a DC BE/KI kapcsoló kontakthibás, megszakad vagy akár üzem közben lehúzzuk a nyákról, akkor automatikusan a legbiztonságosabb üzemmódba lép a labortáp, azaz lekapcsolja a saját kimenetét, ezzel megvédve az esetleg épp a kimenetére kapcsolt készüléket.

Hűtés:

Az áramkörben az összes melegedő teljesítmény-félvezető alkatrész a nyák a műszerdoboz hátulja felé eső oldalán, egymás mellett sorakozik azért, hogy mind egy közös hűtőbordára legyen felszerelhető. A gyakorlatban úgy terveztem és építettem meg az áramkört (bár ehhez nem kötelező ragaszkodni) hogy az összes TO-220-as alkatrész egy kb fél centi vastag alumínium lapra van felcsavarozva, és a hátlapra szerelt hűtőbordára ez a közbelső alumínium idom fekszik fel. Ez számos előnnyel jár. Egyrészt egyben tartja az összes teljesítmény-alkatrészt így könnyebben kezelhető mert egyszerre lehet cserélni az egészet. Másrészt ami nagyon fontos hogy a tesztek idejére amíg még nincs rajta a végleges nagy borda addig is némileg képes hűteni. Ez azért nagyon jó mert néhány másodpercig le tudja hűteni a tranzistorokat önmagában is és teszteléskor ez pont elegendő. Harmadrészt sokkal könnyebb ha csak 2db csavart kell a hűtőborda lamellái közt becsavarni mint ha mindegyik alkatrészhez egyet-egyét. Ráadásul így a hűtőbordára szerelendő alkatrészek távolságát nem kell hozzáigazítani a hűtőborda lamelláihoz.

Tokozások:

Az összes hűtőbordára szerelendő teljesítmény-alkatrész TO-220-as tokozású. A hobbisták köreiben elterjedt kapcsolások egy részében ezzel szemben TO-3 tokozású tranzistorok vannak, melyet azzal magyaráznak hogy utóbbi sokkal nagyobb és fém az egész, ezért jobban bírja a terhelést és jobban elvezeti a bordára a hőt. Ennek a megcáfolása úgy vélem megér egy külön bekezdést. Először is elárulom hogy a TO-3 tokozást látva én is ezt gondoltam sokáig, egészen addig a napig míg meg nem néztem egy TO-3-as tok adatlapját. Ugyanis bármennyire is furcsának tűnhet, még a TO-220 tokozásnak is kisebb a termikus ellenállása:

Látható tehát hogy egy sokkal kisebb fizikai méretű és kisebb hűtőfelülettel rendelkező mezei TO-220 tokos IRL-540 hővezető képessége is 26%-al jobb mint a 2N3055-nek. Belinkeltem még egy TO-247

tokozású BD249 tranzisztort is, melynek még kisebb természetesen a hővezetési ellenállása. Direkt egy bipoláris tranzisztor adatlapját választottam harmadiknak, de FET-ek közt találkozhatunk $0,5-0,45^{\circ}\text{C/W}$, sőt ha nagyon vadászunk akkor $0,3-0,25^{\circ}\text{C/W}$ körüli termikus ellenállású TO-247 tokos példányokkal is.

De ami szerintem sokkal fontosabb hogy a TO-3 eléggé szerencsétlen formájú. Ez a tokozás nem épp a mai kor vívmánya, nem véletlen hogy nem nagyon találkozunk velük a mai modern elektronikai készülékekben. Az hogy a hűtőfelület és a kivezetések ugyan arra néznek, drasztikusan megköti az ember kezét tervezéskor és építéskor. Gyakorlatilag muszáj egy valamifajta L-alakú bordára csavarozni. A hőnek így hosszú utat kell megtennie míg az L-idom egyik szárából a másikra terjed át, ahol aztán átadhatja a hőt az L-idom másik szárán lévő bordáknak, amik végül átadják a levegőnek. A TO-220 és TO-247 vagy hasonló tokok egy egyszerű fésű keresztmetszetű hűtőborda sík felületére rögzíthetőek, és ott a bordázat közvetlen a tranzisztor mögött van. A hőnek sokkal kisebb utat kell megtennie, így tehát a teljes hűtési konstrukció sokkal hatékonyabb.

Védelem:

A labortápegységnek a magas hatásfok és kellő méretű hűtés miatt nem szükséges hogy saját hővédelme legyen, ezért nem is terveztem bele az áramkörbe. A nem üzemszerű külső behatásoktól azonban nagymértékben védve van. Attól ha a kimenetre külső feszültséget kapcsolunk ami nagyobb mint a labortáp által beállított, már a labortáp elődje sem jött zavarba. Jelen tápegységet viszont már a kimenetre akár fordított polaritással rákapcsolt feszültség sem teszi tönkre. Ez akkor fordulhat elő hogyha például akkumulátort, akár egy autó akkumulátorát szeretnénk tölteni a labortápról és véletlen fordítva kapcsoljuk rá a labortápra. A főszabályozó minden esetben ameddig csak képes rá, bármilyen áron igyekszik a kimeneti feszültséget azon az értéken tartani amit beállítottunk. Ha egy autóakksit kötünk rá fordítva, akkor is! Ez viszont kiegyenlítő áramokat szülne amitől a tápegység vagy a rá kapcsolt áramkör tönkre mehetne. Viszont van egy védelem a labortápban, ami ilyen esetben azonnal automatikusan lezárja az áteresztő FET-et és így megvédi a labortápot és a külső áramkört/akkumulátort is. Az üzemszerűtlen állapot megszűnésekor (a fordított polaritás levételekor) a táp ismét azonnal működik.

Itt fontos megjegyezni, hogy az SMPS Labortápegység II fordított polaritás-elleni védelme úgy van méretezve, hogy a táp kimenetén legfeljebb 50V ellentétes polaritású feszültséget tud elviselni! Ez például akkor lehet fontos ha a tápegységből két példányt építünk, majd a kimeneteiket sorba kötjük és az így kapott két vezeték (mely így már maximum 100V lehet) rövidre zárjuk. Ezt a labortáp el tudja viselni, erre van méretezve. Azonban ha három vagy több labortápot kötünk sorba és ezek kimeneti feszültségeinek összege nagyobb mint 100V, azt már nem tudja tolerálni az áramkör! Persze ez is megoldható lett volna de ezzel még bonyolultabb lenne az áramkör és úgy mérlegeltem hogy ez egy egészséges kompromisszum.

Panelmérő:

A labortáp áramköre az elődjével ellentétben már nem tartalmaz beépített panelmérőt. Ennek leginkább az az oka hogy az elmúlt években fejlesztettem pár PIC-es panelmérő modult. Ez a labortápegység fel van készítve ezen műszerek sőt, ezen műszerek későbbiekben kifejlesztendő utódaik közvetlen fogadására. Gyakorlatilag egy 5 és egy 3 pólusú csatlakozó van a labortáp nyákján, melyek ugyan azon láb kiosztással megvannak a panelmérőimen is. Egyszerűen csak össze kell őket kötni és máris működik a panelmérő. Még csak külön trafó vagy szekunder-tekercs sem kell a panelmérő táplálására mert a labortáp előállítja a panelmérő számára szükséges tápfeszültségeket.

A 8. kritérium, a magyar kisvállalkozások támogatása:

Igyekeztem az áramkört úgy megtervezni és a jelen cikket úgy megírni az egyéb kritériumokon felül, hogy azzal én közvetve magyar kisvállalkozásokat támogassak. Azért, hogy a magyar hobbisták pénze lehetőleg továbbra is magyar kezekben maradjon és ne kerüljön ki az országból. Így ha csekély mértékben is, de lehetőségeimhez mérten a magyar munkahelyeket hozom előnyösebb helyzetbe a külföldivel szemben. Az pedig nekünk csak jó ha több a munkalehetőség a saját hazánkban. Ezt akár nevezhetjük szebb jövőnek is. És mégis hogy a bánatban teszem ezt meg? Úgy, hogy a labortápegységet célzottan egy olyan műszerdobozba terveztem amit Fóton egy kis maszek bácsi

(Merl Mátyás) készít, vagy például a toroid trafót is egy maszeknél (Kléh György) tekertetem és ezt meg is említem jelen cikkben, sőt javasolom hogy más is nála tekertessen. A labortápegységhez nem csak egy Excel táblázatot mellékeltem alkatrészlistaként hanem egy kosár fájlt is amit egy magyar tulajdonú elektronikai alkatrész-webáruházban (HEStore.hu) lehet beimportálni. Az áramkör nyomtatott áramköri lapját pedig szintén egy magyar tulajdonú céggel gyártatom. És hála Istennek elmondhatom hogy a szándékaim megvalósultak, például Kléh Györgynél azóta a 600VA-es magok hiánycikkek, valamiért mindenki 60V/10A+8V/300mA-es toroidokat tekertet nála mostanában.

Működés

Tápellátás:

A labortápegység működtetéséhez szükség van egy segédtáp-feszültségre, melyet a CS1-es csatlakozón juttatunk a panelra. Ez lehet AC és DC feszültség is. GR1 egyenirányít, C10 ezt pufferolja, C11 szűri. IC1 (7805) stabil 5V-ot állít elő amit C12 megint szűr. Erről az 5V-os tápfeszültségről működnek a műveleti erősítők, a referenciaforrások, LED-ek és a panelmérő is. A panelmérőnek és pár apróbb dolognak szüksége van -5V-ra is, ezt IC2 állítja számukra elő a pozitív 5V-ból. Az ICL7660 (IC2) kimondottan erre a célra van kitalálva. Egy rém egyszerű áramkör, C13 elkót feltölti 5V-ra majd leválasztja onnan és rákapcsolja a kimenetére fordítva. Ezt csinálja folyamatosan. Ennek egy hátránya van, hogy ez a -5V nem nagyon terhelhető, de a labortápnak és a panelmérőnek nincsenek is ilyen igényei. Az előállított tápfeszültségeket a panelmérő a CS9-es csatlakozón kaphatja meg. Ennek láb kiosztása megegyezik a PIC-es panelmérőimben használt tápcsatlakozóéval. A labortápegységben három különböző földpotenciál van. Ezek: AGND, DGND és SGND. Az AGND az analóg föld, ez teríti be a nyák felső oldalát teliföldként is.

Egyébként ennek a huzalozás megkönnyítése mellett árnyékoló, zavarszűrő funkciója is van. A DGND-re (digitális föld) a labortápegységnek csupán az üzemmód-jelző LED-eknél van szüksége, viszont a panelmérőnek annál inkább. Az SGND a főszabályozó áramfigyelő söntjének (RS5-RS6-RS7) kimenet felé eső pontja. Erre azért van szükség hogy a sönt után lévő vezetékszakaszok parazita jellemzői (ellenállás, induktivitás, hőfokfüggés) az áramszabályozásba és árammérésbe ne szóljanak bele. Az áramkörben van egy SMD jumper, mely gyakorlatilag három kis rézfelület a nyákon egymás mellett. A középsőt az egyik vagy a másik szélsővel, egy ónpacni által összefolytatva kiválaszthatjuk hogy a műveleti erősítők negatív táplába AGND-t vagy -5V-ot kapjon-e. Így tehát a műveleti erősítők működhetnek +-5V-ról és szimpla +5V-al is. Ezt azért oldottam meg így mert mint korábban említettem a labortápegységnek a fejlesztés folyamán volt egy olyan állapota ahol speciális ultra alacsony offszetű műveleti erősítők (AD8572) dolgoztak benne, ezek azonban egy tápfeszről jártak. Végül sikerült megválni tőlük és kiváltani őket egy sokkal kommerszebb típusra (TLC2272), de úgy döntöttem hogy a végleges nyákterven meghagyom a lehetőségét annak hogy ezt az OPA-t is használni lehessen.

Előszabályozó:

Az előszabályozó feladata az egyenirányított és pufferelt tápfeszültség szabályozása a kimenetén, a fő szabályozó fokozaton maradó feszültségnek megfelelően. Az előszabályozó mindig úgy szabályoz, hogy az áteresztő FET (T15) drain-source lábain mindig kb. 1V maradékfeszültség legyen. Így az áteresztő fokozat disszipációja legrosszabb esetben is maximum 10W. Az előszabályozó Skori kapcsolóüzemű tápjának átalakított változata.

A transzformátor 55V-os (55-60V) szekunderfeszültsége a CS2 sorkapcson érkezik a panelra, ahol D10, D11 és D12 diódákból álló graetz-híd egyenirányítja. Itt schottky diódák lettek alkalmazva az alacsonyabb nyitófeszültségük okán. D10 helytakarékosság miatt egy kettős dióda. C16, C17, C18 és C19 a zavarszűrést szolgálják. C20 és C21 kondenzátorok pufferelik az egyenirányított feszültséget. Előbbi 10000uF értékű elektrolit, utóbbi pedig 4,7uF-os MKS fóliakondenzátor. Utóbbira a

nagyfrekvenciás tranziensek miatt van szükség, mivel a puffer elkő impedanciája a nagyobb frekvenciákon nem elég kicsi, ugyanis felépítéséből adódóan némi induktivitása van. Ez a kondenzátor a nyomtatott áramkörü lapon a lehető legközelebb van T11 kapcsoló fethez, hogy a FET átkapcsolásakor keletkező tranzienszt a lehető legkisebb induktivitású nyák-fólia hurokra korlátozza. A vezetékvezés túl nagy parazita induktivitásai fokoznák az áramkör zavarsugárzását és közvetve a hatásfokot csökkentenék, mert a keletkező tranziensek (az az energia ami a parazita induktivitásokban tárolódik) nagyrészt hővé alakulnának az áramkörben.

R11, R12, R13, R14, R15, T10, D13, D14, C22 és C23 alkatrészek az NE555 (IC3) tápfeszültségét állítják elő. C25 kondenzátornak némileg hasonló feladata van, mint C21-nek; a panelon a lehető legközelebb van ültetve IC3-hoz, hogy a T11 gate-kapacitásának gyors feltöltése miatt az IC3-nak szükséges hirtelen nagy áramfelvételt biztosítsa, illetve a keletkező tranzienseket csökkentse.

A szabályzás a T11 fetet meghajtó jel kitöltési tényezőjének (és frekvenciájának) változtatásával valósul meg; T11 nyitott állapotában áram folyik RS1, RS2, RS3, RS4 és L1 alkatrészekeken keresztül, ami feltölti C29 és C30 pufferkondenzátorokat. Ha a feszültség akkorára növekszik, hogy T15 áteresztő fet D-S lábai közt elér a kb. 1V-ot, akkor T13 tranzisztor elkezd kinyitni, a kollektorárama pedig feltölti a C24 kondenzátort, ekkor az NE555 kimenete átbillen és a fetet kikapcsolja. Ugyanez történik ha az áram akkorára növekszik, hogy az RS1, RS2, RS3, RS4 ellenállásokon eső feszültség kinyitja T12-t. Az NE555 kimenetének átbillenésekor T11 lezár, a kimenő feszültség és az áram csökkenni kezd. Ekkor L1 tekercsben eddig felhalmozódott mágneses energia D19 diódán keresztül C29-C30 kondenzátorokba töltődik. Ha T12 és T13 is zárva van, akkor C24 kondenzátor elkezd kisülni az R24-en keresztül. Ez az időállandó határozza meg, hogy a T11 minimálisan mennyi ideig maradjon lezárva. C24 kisülése után a T11 újból bekapcsol, a kimeneti feszültségtől és áramtól függő időtartamra (amíg a szükséges feszültséget vagy áramot el nem érjük).

Nagyobb értékű kimenő áram esetén RS1, RS2, RS3, RS4 sönt ellenállásokon jelentős teljesítmény disszipálódna. Ennek a teljesítménynek a csökkentése céljából R20 segítségével előfeszítjük D20 diódát és így annak nyitófeszültsége hozzáadódik a söntön eső feszültséghez, ezért T12 nyitáshoz már kisebb feszültségnek kell esnie a sönt ellenállásokon. R16, R17, R18 és R19 ellenállások a T12 és T13 tranzisztorok kollektoráramát korlátozzák. A disszipáció miatt állnak négy darabból. D15, D16, D17 diódák megakadályozzák, hogy C24 az NE555 (IC3) tápfeszültsége fölé töltődjön és károsítsa az IC-t.

A kapcsolófet gate-ellenállásának (R25) az a feladata hogy lerontsa a fet gate-kapacitásából és a parazita induktivitásokból álló rezgőkör jóságát. Gyakorlatilag szándékosan megnöveljük vele a fet átkapcsolási idejét, ezzel nő a disszipáció és kismértékben csökken a labortápegység hatásfoka. Viszont cserébe csökken a nagyfrekvenciás zavarsugárzása és kisebb lesz a kimeneten a zaj. A gate-ellenállás értékének növelésével-csökkentésével rendkívül egyszerűen változtathatunk a labortápegység kimenő zaj/hatásfok arányán! D18 schottky dióda a kapcsoló FET drainjéről a gate-re visszajutó lengéseit korlátozza, illetve az ellen védi az NE555 kimenetét, hogy a FET belső kapacitásain keresztül visszajutó impulzusok (illetve lengések) ne tudják a negatív feszültségre húzni az NE555-ös IC kimenetét.

C31 és C32-C33 kondenzátorok zajszűrést hivatottak végezni. C31 fóliakondenzátor pontosan ugyan azért van a C29-C30 elkőkre kötve amiért a C21 a C20-ra (ezt fentebb már kifejtettem). C32 és C33 úgynevezett Y-kondenzátorok. Az Y-kondenzátorok olyan speciális kapacitások amik dielektrikumokból eredően (általában kreámia) nagyon nagy átütési szilárdságúak, meghibásodás esetén nem mennek zárlatba (hanem szakadásba), illetve elméletileg nem okozhatnak tüzet. Az SMPS Labortápegység II-ben használt C32-C33 Y-kondik az előszabályozó kimeneti pontjait hidegítik a készülék háza és így a hálózati védőföld felé. A kapcsolási rajzon a közös pontjukra kapcsolódó H1 pont az áramkör jobb alsó távtartója, ez a másik három tárvatróval ellentétben galvanikusan kapcsolatban áll a labortápegység áramkörével. Az Y-kondenzátorok és a készülékház galvanikus kapcsolatának biztosítása érdekében mindenképp fém távtartókat használjunk!

Alapjel-előállítás:

A főszabályozó feszültségvezérelt kialakítású. Erre azért van szükség, mert a feszültség és áram- állító potméterek hosszú vezetékkel vannak a labortápegység áramköri lapjához csatlakoztatva és ezen vezetékek tulajdonképpen antennaként működve mindenféle zavarjelet összeszednek az éterből ami a szabályozó körbe belevezetve zajt és gerjedést okozhatna. Viszont feszültségvezérelt szabályozó kör esetén a potenciométereken a DC szint a hasznos jelösszetevő (alapjel). Minden zavarjel amit a vezetékek összeszednek jellegükből adódóan váltakozóáramúak. Ezek pedig a konstans egyenfeszültségről nagyon egyszerűen leszűrhetők.

A feszültség és áram alapjelek két szinte teljesen azonos áramköri rész segítségével vannak előállítva. A legfontosabb különbség azonban, hogy a két alapjel-előállító áramkör nem ugyan arra a potenciálra dolgozik rá. Látható a kapcsolási rajzon, hogy a feszültség-alapjel az AGND-hez, az áram-alapjel viszont az SGND-hez viszonyítva képest értendő. Ugyanis a feszültség-szabályozásnak a készülék kimeneti pontjait kell figyelnie, az áram-szabályozásnak ellenben közvetlen az árammérő söntöt. A kettő közt csupán pár centi vezetősáv van a nyáklapon majd a sorkapocs után még néhány centiméternyi vezeték. Ezeknek az ellenállása ugyan rendkívül kicsi, de a sönt értékéhez sajnos hozzá mérhető. Ráadásul ezeknek is van hőfokfüggésük de ami még fontosabb hogy hosszuk miatt nem kevés parazita induktivitást képviselnek ami az áramszabályozásnak nem tenne jót (gerjedékenység). A sönt után lévő vezeték szakaszok káros mellékhatásainak kiejtése megoldható lett volna egy kivonó kapcsolásban működő műveleti erősítővel is, de azzal még több félvezető lenne a szabályozó körben. A labortáp-tervezési és építési tapasztalataim szerint minél több félvezető (mondjuk OPA) van a szabályozásban, annál nagyobb az esélye a gerjedésnek. Ezért oldottam meg inkább így, hogy az áram-alapjel a söntre dolgozik rá.

VR1 és VR2 speciális, változtatható feszültségű zener diódák. A kapcsolási rajzon látható bekötés esetén stabil, hőkompenzált 2,5V referenciazfeszültségeket állítanak elő. Az utánuk lévő R29, P1, R30 és R39, P2, R40 tagokból álló osztók a potméterekkel maximálisan beállítható feszültséget és áramot határozzák meg. Az osztók alsó és felső tagjai nagyjából 18,5V-51,2V és 1,95A-10,75A közti tartományban teszik lehetővé a határolások beállítását. CS6 és CS7 csatlakozókra kapcsolódnak a feszültség és áram-állító potméterek. Azért négy pólusúak a csatlakozók mert 1-1 durva és 1-1 finomállító potit tud a labortápegység kezelni. A durva és a finom-állító potméterek szélső végei a csatlakozók két szélső pontjára jönnek, a két belső ér egyikére a durva állító poti középső lába jön, a másikra pedig a finom-állító potira. R32-R33 és R42-R43 ellenállások a finom és durva-állító potméterek osztásarányát határozzák meg. Mivel ugyanis a potenciométerek egyszerű feszültségosztók, ezért értékük is nagyjából bármekkora lehet (csak az a lényeg hogy ne terheljék be túlzottan a referenciát), az osztásarányt pedig (hogy a finomállító a durva-állító hányad részét fogja át) ezen ellenállásokkal tudjuk beállítani. A kapcsolási rajzon szereplő értékekkel a a feszültség-finomállító potméter kb 16-od részét állítja a teljes tartománynak, azaz 50V-os U_{kimax} esetén kb 3,1V-ot. Az áram finomállító pedig kb 510mA-t fog át 10A-es I_{kimax} esetén. Ha azt szeretnénk hogy a finomhangoló potmétereknek nagyobb legyen az átfogása, akkor az R32-t és az R42-t kell növelnünk. A potméterek vezetékai által összeszedett zajokat az R34-C35 és R44-C37 nagy időállandójú integráló tagok leszűrik, az utánuk következő műveleti erősítők pedig egyszerű impedancia illesztést végeznek. Kimeneteikre R35 és R45 lehúzóellenállások akkor kellenek ha egy tápfeszről járó OPA-t (pl a labortáp fejlesztése során egy nem végleges verzióban használt AD8572-t) használunk, mert noha elvileg ezeknek a bemenete és a kimenete is „real-to-real”, a valóságban viszont azt tapasztaltam hogy kell egy minimális negatív áramot odafolyatni hogy az OPA-k kimenete teljesen le tudjon menni nullára. A végleges kapcsolási rajzon szereplő TCL2272 vagy más hasonló, +-5V-ról járó OPA esetén ezt a két ellenállást (R35 és R45) nem kell beültetni! A feszültség-alapjel előállító részénél az integrátor elé van kötve egy teljesítmény-fet is T14 személyében. Ez a tranzisztor valósítja meg a labortápegység kimenetének elektronikus lekapcsolását. Azért nem elég itt normál kisjelű fetet használni mert azoknak túl nagy az R_{dsON}-juk és nem tudnák kellő mértékben lehúzni az OPA bemenetét. A CS5 csatlakozóra jön az elektronikus DC BE/KI kapcsoló, mely bontó állásában tiltja a táp kimenetét mert ilyenkor R37 felhúzza a T14 gate-jét. A kapcsoló záró állapotában T14 lezár. Ez azért van így megoldva hogy ha a kapcsoló bármi oknál fogva esetleg kontakthibás lenne, megszakadna vagy akár a kapcsolót eltávolítjuk akkor a labortápegység automatikusan lekapcsolja a kimenetét. R31 és R41 hasonló okból vannak a potméterekre kötve. Ha a potméterek kontakthibásak, megszakadnak vagy eltávolítjuk az áramkörből őket, akkor szintén azonnal lekapcsol a kimenet.

Fő szabályozó:

A főszabályozó feladata a labortápegység kimenetén a kívánt feszültség és áram pontos szabályozása. A főszabályozó úgynevezett lebegőföldes kialakítású. Ez azt jelenti hogy a közös földpont (AGND) nem a kimeneti negatív hanem a kimeneti pozitív pont. A segéd tápfeszültség ehhez a potenciálhoz adódik hozzá.

A szabályozást T15 végzi. Disszipatív tápegységeknél itt több párhuzamosan kötött tranzisztor szokott lenni az áram elosztása végett, hogy kisebb teljesítmény essen a tranzisztorokon. Ebben a labortápegységben viszont az előszabályozás miatt elegendő egyetlen tranzisztor is mert a legrosszabb esetben (10A kimenő áramnál) is csupán kb 10W-ot kell neki eldisszipálnia. Előszabályozás nélkül ez akár kb 550W is lehetne! Tranziens-jelleggel, például a terhelés rákapcsolásának pillanatában azonban könnyen előfordulhat hogy rövid ideig jóval nagyobb terhelés éri a tranzisztort. A labortápegység úgy lett méretezve hogy bármi történjen is, a T15 pozícióban lévő IRL540 mindig a „maximum safe operating area” nevezetű görbéjén belül maradjon. A tervezérlésű tranzisztorok (FET-ek) maradékfeszültsége kisebb mint a bipolárisaké, ezért lett T15 fet. R70 a T15 szivárgó áramát nyeli el. R27 is közvetve a szivárgóáramot csökkenti, ha ugyanis a kimeneti feszültség mondjuk 50V, majd lejjebb tekerjük vagy lekapcsoljuk miközben a kimeneten nincs terhelés, akkor C29-C30 elkókon megmaradna az előzőleg beállított magasabb feszültség és csupán az elkók saját szivárgóárama sütné őket ki nagyon lassan. A főszabályozó viszont leszabályoz amennyire szeretnénk, a feszültség-különbség pedig megmaradna az áteresztő-feten. A nagyobb maradékfeszültség pedig nagyobb szivárgóáramot jelentene, melynek végeredménye az lenne hogy nem lehetne a kimeneti feszültséget terhelés nélkül teljesen 0V-ra levinni. Az IC5A végzi az áramszabályozást, IC5B pedig a feszültség-szabályozást. R54-R55 az áram-alapjelet osztják le hogy a söntön megjelenő feszültséggel azonos tartományú legyen. E leosztás korábban, az IC4A bemenetén vagy az áram-állító potméterek előtt is történhetne, de így hogy a lehető legvégső pontban történik a leosztás, javul a jel/zaj viszony és az IC4A offszete kevésbé jelent problémát. Az áteresztő fetet (T15) az OPA-k D28-R61 és D29-R62 alkotta analóg VAGY kapcsolattal tudják vezérelni. A korábban említett fordított polaritás-védelmet T16 valósítja meg. Üzemszerű állapotban T16 le van zárva mert D30 záróirányba van előfeszítve és R66-R67-R68-R69 lehúzzák T16 bázisát. Ha azonban a labortápegység kimenetére fordított polaritással kapcsolunk külső feszültséget (kondenzátor, akkumulátor, másik tápegység stb...) akkor D30 alacsony nyitófeszültségű schottky dióda kinyit és áramot folytat R65-ön keresztül T16 bázisába aminek hatására kinyit, az áteresztő FET gate-jét lesöntöli és ezzel lezárja. A feszültség-szabályozás ettől függetlenül még működne és igyekezne fenntartani a kimeneti feszültséget amit beállítottunk, de T16 által képviselt védelem ezt felülírja. D25 nagy áramú dióda a C29-C30 elkókat védi a fordított polaritás ellen, hogy ha esetleg tranziens jelleggel mégis elmennének kicsit negatívba. Hiszen idő kell míg D30 és T16 kinyit, majd T15 gate-kapacitása kisül. Az üzemszerű állapot visszatérésekor (a fordított polaritású külső feszültség elvételekor) T16 ismét lezár és a szabályozás tovább működik. Így sem a labortápegység, sem pedig a külsőleg csatlakoztatott feszültségforrás nem megy tönkre. Az üzemmód-jelző LED-ek CS8 csatlakozóra kapcsolódnak, ellenpárhuzamosan bekötve. Az üzemmód-figyelést IC6B végzi, kimenetén feszültség-generátoros módban +5V, áramgenerátorosban pedig -5V van. Ha az SMD jumpert úgy állítottuk be hogy az OPA-k egytápfeszről működjenek, akkor áramgenerátoros módban -5V helyett 0V lesz az IC6B kimenetén. Ez jön a LED-ek egyik lábára, a másikra pedig az R73-R72 közös pontja. Ha +5V-ra van állítva az SMD jumper akkor e két ellenállás féltápfeszültséget hoz létre és így működhet a két ellenpárhuzamosan kapcsolt üzemmód-jelző LED. Ha viszont +5V-ra van állítva a jumper és erről működnek az OPA-k akkor R73-at nem kell beforrasztani! Ez esetben ugyanis nincs szükség a féltápfeszre, ilyenkor R72 egymagában csupán a LED-ek áramát korlátozza. Így használhatunk külön egy LED-et az áramgenerátoros üzem és egyet a feszgenerátoros üzem kijelzésére is. IC6A feladata kettős. Legfontosabb hogy kivonó kapcsolásban működik, ugyanis a sönt (RS5-RS6-RS7) feszültségéből levonja a sönt után lévő vezeték szakaszokon mérhető parazita jelet. Korábban, az áram-alapjel előállításánál írtam hogy erre miért van szükség. Akkor az ok a szabályozás esetén való kiejtés volt, IC6A viszont a panelmérő számára vonja ki a vezeték szakaszokon eső feszültséget hogy e parazita elemek ne csak a szabályozásba hanem a mérésbe se szólhassanak bele. Mellesleg ha már ott van IC6A akkor beállítottam neki 9-szeres erősítést is (1+R78/R79) mert a PIC-es panelmérőimet mindig 0,1Ω-os sönthöz építem meg. RS5-RS6-RS7 pedig a kapcsolási rajzon 3db, de a valóságban 3*3db 0,1Ω-os teljesítmény-ellenállásból épül fel. Így az egyébként nagy (összesen 9W-

os) ellenállástesten kisebb feszültség esik, így kisebb rajta a disszipáció, nem melegszik annyira és ezért nem mászik el. IC6A csak azért erősít hogy a panelmérőimet ne kelljen átméreteznem ehhez a sönthöz. Nagyon fontos az IC6A-nál hogy az azonos értékű ellenállások, azaz az R76-R79 és az R77-R78 párosok azonos értékűek legyenek! Nem baj ha nem pont 15k-sok a 15k-sok és nem pont 120k-sok a 120k-sok, de egymáshoz a két 15k-s és a két 120k-s minél közelebb kell hogy legyen, különben súlyozott kivonó áramkör lesz belőlük.

A szabályozó OPA-k (IC5A, IC5B) visszacsatolásában lévő kondenzátorok (C39, C41) a szabályozókör gerjedékenységét gátolják. R48-C38 és R56-C40 R-C tagok illetve C42 és C43 kondenzátorok hasonló célt szolgálnak, a tápegység tranziens viselkedését befolyásolják. C44, C45 és C46 a kimeneti zajt szűrik. D26 és D27 diódák a feszültség-szabályozó IC5B műveleti erősítő bemenetét védik a tranziensekkor megjelenő, az OPA tápjánál nagyobb feszültségtől ami az OPA esetleges reteszeldését okozhatná. A feszültség-szabályozásnál R52, R53 és P4, illetőleg az áram-szabályozó résznél R59, R60 és P3 alkatrészek a szabályozókörök offszet-hibáját kompenzálják ki. A két helitrimmer (P3 és P4) segítségével a nulla kimeneti feszültség és a nulla kimeneti áram állítható be hogy tényleg nullák legyenek.

Az áramkör megépítése

A megépítést nyilván a nyáklap elkészítésével kezdjük (NYÁKTERV) . Az SMPS Labortápegység II áramköri lapja 135*61mm méretű, ekkora nyáklapra lesz szükségünk. A nyák elkészítésére itt nem térek ki, mindenki olyan technológiával teszi amilyen közel áll hozzá. Aki azonban nem szeretne a nyáklap elkészítésével foglalkozni az tölem vásárolhat gyári furatgalvanizált és kontúrmart nyáklapot melynek mindkét oldalán van forrasztásgátló lakk és a beültetést nagymértékben megkönnyítő pozíciószita. Több évnyi távgyógyászkodási gyakorlatom alapján mondom, hogy amikor valaki utánépíti az áramköreimet és az nem működik neki, akkor azt 80-90%-ban az okozza hogy a nyákon szakadás vagy zárlat van, vagy esetleg valamelyik alkatrészt rossz polaritással ültetett be, netán egészen más alkatrész került a helyére. A gyári nyáklap a szakadások és zárlatok esélyét nagymértékben leredukálja, a pozíciószita pedig segít hogy tényleg oda forrasszuk az alkatrészeket ahová kell és azt amit kell. A pozíciószitán direkt jelöltem az összes dióda és elkó polaritását is és az IC-k 1-es lábát. Szóval a gyári nyáklappal sokkal kisebb az esély rá hogy hiba kerül az áramkörbe, amik ráadásul az első bekapcsoláskor más alkatrészeket is magukkal ránthatnak és tönkre tehetnek.

Az alkatrészeket egységcsomagban sajnos tölem nem lehet megvásárolni mint például a PIC-es panelmérő II műszeremnél, mert az SMPS Labortápegység II alkatrészköltsége olyan magas hogy nem éri meg nekem betárazni belőle. A labortápban csupán a puffer elkó ára már majdnem ott van mint az említett panelmérő komplett alkatrészköltsége, és akkor még hol van a többi! Viszont a beszerzést megkönnyítendő készítettem egy, a HESore-ban importálható kosarat mely tartalmazza az összes szükséges alkatrészt és így nem kell egyenként összeszedgetni őket mindenkinek. A labortápegység gyártatott NyÁK-lapja és a TO-220 tokok és a hűtőborda közt lévő közbenső alumínium idom az alábbi linken lévő úrlapon keresztül rendelhető meg:

Alkatrészijegyzék : Kizárólag a nyákba ültetendő alkatrészeket tartalmazza egyenként felsorolva, pozíciószám alapján rendezve.

Bevásárlólista : Tartalmazza az összes nyákba ültetendő alkatrészt és az áramkör működéséhez elengedhetetlen alkatrészeket (potméterek, LED-ek és DC BE/KI kapcsoló) tételenkénti darabszám szerinti felsorolásban. Nem tartalmazza a műszerdobozt, a transzformátort, illetve a kapcsoló, panelmérő, potméterek stb. bekötéséhez szükséges vezetékeket, a hálózati csatlakozót, csavarokat, hűtőbordát, stb.

Egyéb alkatrészek : A bevásárlólistán szereplő tételeken kívül a labortáp megépítéséhez szükséges minden egyéb ami a dobozolóshoz és a végszereléshez szükséges (műszerdoboz, trafó, csavarok, csatlakozók stb.).

HESore kosár : Tartalmazza az összes nyákba ültetendő alkatrészt és az áramkör működéséhez elengedhetetlen alkatrészeket (potméterek, LED-ek és DC BE/KI kapcsoló). Nem tartalmazza a műszerdobozt, a transzformátort, illetve a kapcsoló, panelmérő, potméterek stb. bekötéséhez

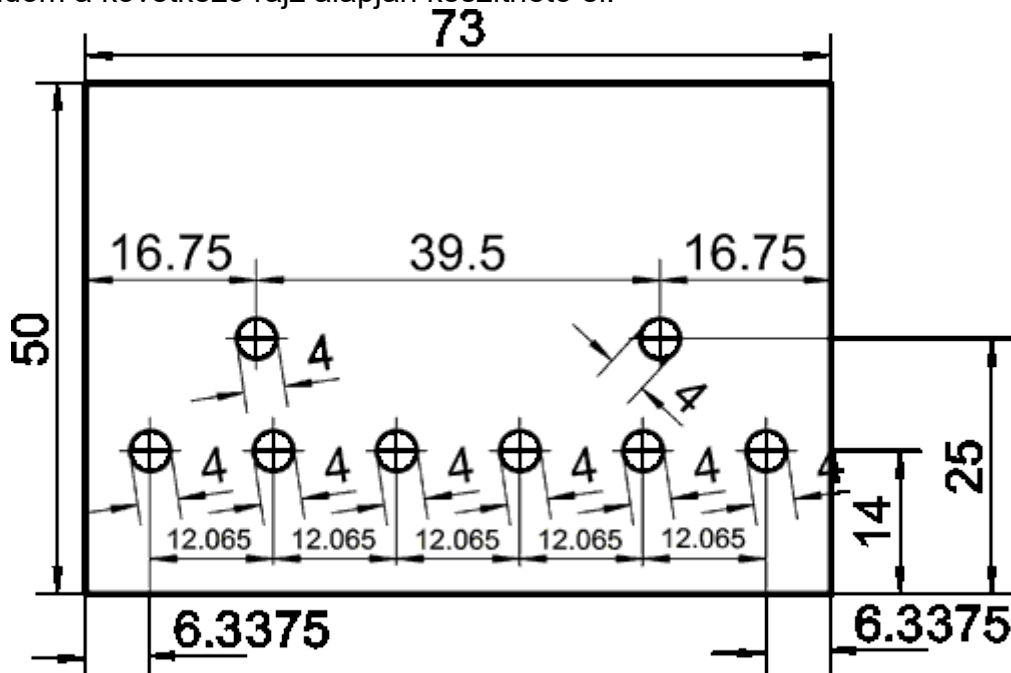
szükséges vezetékeket, a hálózati csatlakozót, csavarokat, hűtőbordát, stb. A kosár fájl a HESore webáruházában (www.hestore.hu) tudjuk importálni és így nem kell mindenkinek egyenként összeszedgetni az alkatrészeket. Én már megtettem.

A nyáklap beültetését az SMD alkatrészekkel kezdjük! A gyári nyákon a pozíciószita számos okból a pozíciószámokat tartalmazza. Hogy ne kelljen az alkatrészjegyzékről mindig kibogarászni az értékeket, ezért készítettem egy [SMD beültetési segédletet](#). Nagyon figyeljünk oda a diódák polaritására és hogy minden pozícióba azt az alkatrészt ültessük be amit kell! Ha ezzel megvagyunk akkor állítsuk élére a nyáklapot és a VIA-kon (a két oldal közti kapcsolatot biztosító pontok) dugjunk át 1-1 alkatrészlelát vagy vékony vezetéket és forrasszuk azt be a panel mindkét oldalán. Ha gyári nyáklapunk van akkor ezt hagyjuk ki mert az furatgalvanizált és ezért erre nincs szükség. Fordítsuk meg a panelt és ültessük be a huzallásos alkatrészeket magasságilag a legkisebbtől a legnagyobbig haladva! Először tehát a sőtellenállások jönnek mert azok a legalacsonyabbak. A főszabályozó három söntje (RS5, RS6, RS7) 3-3db ellenállásból épül fel, ezek egymás fölé vannak forrasztva mert sajnos csak így férnek el a panelon. (Ennek a bekezdésnek a bal oldalán van is egy kép róluk.) A söntök után jöhetnek a TO-92 tokok, a csatlakozók és a kisebb elkók. A kimeneti sorkapcsok beültetése előtt készítsünk két vékonyabb szigetelt vezetékdarabból 1-1 hurkot és ültessük őket a sorkapcsok mögötti VIA-kba. Ezek a hurkok biztosítják a négyvezetékes kimenet meglétét az élesztés során. Később ha már véglegesen benne lesz a dobozában az áramkör és a négyvezetékes kimenet el van huzalozva a kimeneti csatlakozókra akkor majd ezeket a hurkokat át kell vágni. A csatlakozókat követően jöhetnek a helitrimmereket, az olvadó biztosító foglalat (ez a helyes megnevezése, nem pedig a „biztosíték”) és el is érkezünk a legnagyobb alkatrészekhez; jöhetnek a fóliakondenzátorok, a puffer elkók és az induktivitások. L1 fojtótekercest saját magunk is megtekerhetjük. Ehhez egy olyan vasmagra lesz szükségünk amelyre rá tudunk tekerni a táp névleges maximális kimenő áramát elbíró vezetéket akkora menetszámmal hogy az kb 100uH legyen, és hogyha a névleges maximális áramot átfolyatjuk rajta akkor se menjen telítésbe a vasmag. Ha azonban nem szeretnénk ezzel bíbelődni akkor boltban, például a HESore-ban készen is megvásárolhatjuk ezt a fojtótekercest! Azzal már semmit sem kell tekergetni vagy méricksélni, egyszerűen csak be kell forrasztani a panelba! Az SMPS Labortápegység II nyáklapját direkt ehhez a HESore-ban is kapható induktivitáshoz terveztem. Sőt igazából kettőhöz mert a nyák a 100uH/10A-os és a 100uH/5A-os gyűrűk fogadására is fel van készítve hogyha kisebb áramú tápegységet szeretne valaki akkor a kisebb és olcsóbb 5A-os gyűrűt is be tudja ültetni. Viszont én azt tanácsolom hogyha valaki megteheti mert van induktivitásmérője és oszcilloszkópja, no meg kellő elektronikai ismerete hogy hogyan kell az induktivitást és a telítést kiszámolni, akkor inkább maga tekerje meg az L1 fojtótekercest. Egyrészt mert olcsóbban megússza, másrészt ez a HESore-os 100uH/10A-os tekercs vezetéke elég vékonyka sajnos. Nincs vele gond mert elbírja azt amit ráírtak csak eléggé melegszik. Köztes megoldásként az is járható mondjuk hogy megvesszük a kész induktivitást boltban, de letekerjük róla a vezetéket és vastagabból úratekerjük. Előtte persze a menetszámot megszámloljuk. :-). Az itt a bekezdés elején lévő fényképen a HESore-os 100uH/10A-es induktivitás szerepel. A képen is megszámlolhatjuk, 30 menet van rajta. Mivel a fojtótekercs elég nagy és nehéz, ráadásul a rajta impulzusszerűen csordogáló áram miatt a menetei mogoznak egy kicsit (ettől van egyébként a tápegységnek a jellegzetes zizegő hangja), javaslom hogy az L1 beültetésekor rakjunk alá egy mondjuk 2x2cm-es 2-3mm vastag gumidarabot. Vagy az is jó ha ragasztópisztollyal odatapasztjuk a nyáklaphoz, az még rögzíti is. **Szerk.: A RET-nél is kapható 100uH-s fojtó ami ráadásul kisebb, nagyobb áramot bír és kisebb az ellenállása is, ráadásul harmadannyiba kerül mint a HESore-os! A cikk írásának napján a HESore-ban kapható 2160Ft, a RET-es pedig csak 710Ft!**

Ha idáig eljutottunk, akkor már csak a teljesítmény-félvezetők maradtak hátra. A konstrukciót úgy alkottam meg, hogy az SMPS Labortápegység II áramköri lapja a pl Lomexben is kapható M21 nevezetű alumínium műszerdobozba (igazából e műszerdoboz-család bármelyik 150mm széles példányába) illeszkedjen. Ez a doboz 150mm széles és ugyan ilyen magas, emellett 200mm mély. A labortáp áramköre e doboz hátuljához, az oldalt lévő gyári furatokhoz illeszkedik. A teljesítmény-félvezetők így majdnem a hátlaphoz érnek hogyha beültetjük őket a panelba. A hűtésüket úgy találtam ki hogy a hat darab TO-220 tokos alkatrész nem közvetlen kapcsolódik a műszerdobozon kívülre szerelt hűtőbordára, hanem van köztük egy kb fél centiméter vastag alumínium lap. A tokokat ehhez az idomhoz kell csavarozni süllyesztett fejű M3-as csavarokkal. Azért kell süllyesztett fejűeknek lennie a csavaroknak, mert a fél centi vastag idom külső, hűtőborda felé eső oldalán nagyobb átmérőjű csigafúróval süllyesztéseket ejtünk és így a csavarok fejei a lap hátsó síkjából nem fognak kiállni. Ezen csavarokkal rögzítsük a teljesítmény-alkatrészeket, természetesen hővezető paszta, csillám és

szigetelő gyűrűk használatával. A vastag alumínium idomon a TO-220 tokok felett kell még két furatot készíteni, mert ezen furatokon keresztül szorítjuk össze két csavarral az idomot a hűtőbordával. Így máris világossá válik hogy miért kellett besüllyeszteni a csavarokat. A közbenső vastag idom hátulját természetesen teljes egészében kenjük be hővezető pasztával! Eme technológia előnye hogy csak e két csavarnak kell a hűtőborda lamelláihoz igazodnia, nem pedig az összes teljesítmény-alkatrésznek. Az egész sokkal érthetőbb talán az alábbi képeken:

Az alumínium idom a következő rajz alapján készíthető el:



Az egymástól 12,065mm-re lévő furatok hátulról süllyesztettek!

Ez az alumínium idom tőlem megvásárolható teljesen készen azaz méretre vágva lyukasztva és süllyesztve. Nem házilag, kézzel van elkészítve hanem profi hidraulikus lyukasztógéppel! Megrendeléshez a fentebb linkelt űrlapot töltsük ki! Ha azonban valaki saját maga készítené el ezt az idomot de nem talál otthon ilyen fél centi vastag alumínium anyagot, akkor javaslom például a [Metalloglobus](#)-t ahol kapható pont fél centi vastag és pont 5 centi széles alu lapos rúd, bár 6 méteres számban. :-)

Még nem tartunk a dobozolásnál de fontos még itt, az alu idomra csavarozott teljesítmény-alkatrész blokk nyákba való beforrasztása előtt megjegyezni egy dolgot: Ha a TO-220-as alkatrészek lábait beforrasztjuk akkor utána azt már nem tudjuk mozgatni. Azonban a dobozoláskor majd a hátlapra szerelt hűtőborda két furatához kell igazítani az alu idomot, rajta a TO-220 tokokkal! Tehát ha már megvan a műszerdobozunk és a hűtőbordánk, a borda pedig a helyén van és ki is van fúrva rajta az alu idom rögzítését szolgáló két furat akkor előbb a két csavarral rögzítsük jó erősen az alu idomot (a rajtuk lévő alkatrészekkel) a bordához és csak utána forrasztjuk be a TO-220-ak lábait! A másik megoldás hogy ha még nincs meg a műszerdoboz és/vagy a hűtőborda, akkor is beforraszthatjuk a teljesítmény-félvezető blokkot csak akkor ne csípjük le a lábait! Hiszen ha lecsípjük és utána a hűtőbordára csavarozáskor kijebb kell majd húzni őket akkor nem lesz már mihez forrasztani! Így van egyébként még egy előnye a dolgoknak, hogy az esetleges mérések során a túllógó alkatrész-lábakra gyönyörűen rá tudjuk csíptetni a szkópszinórt. :-)

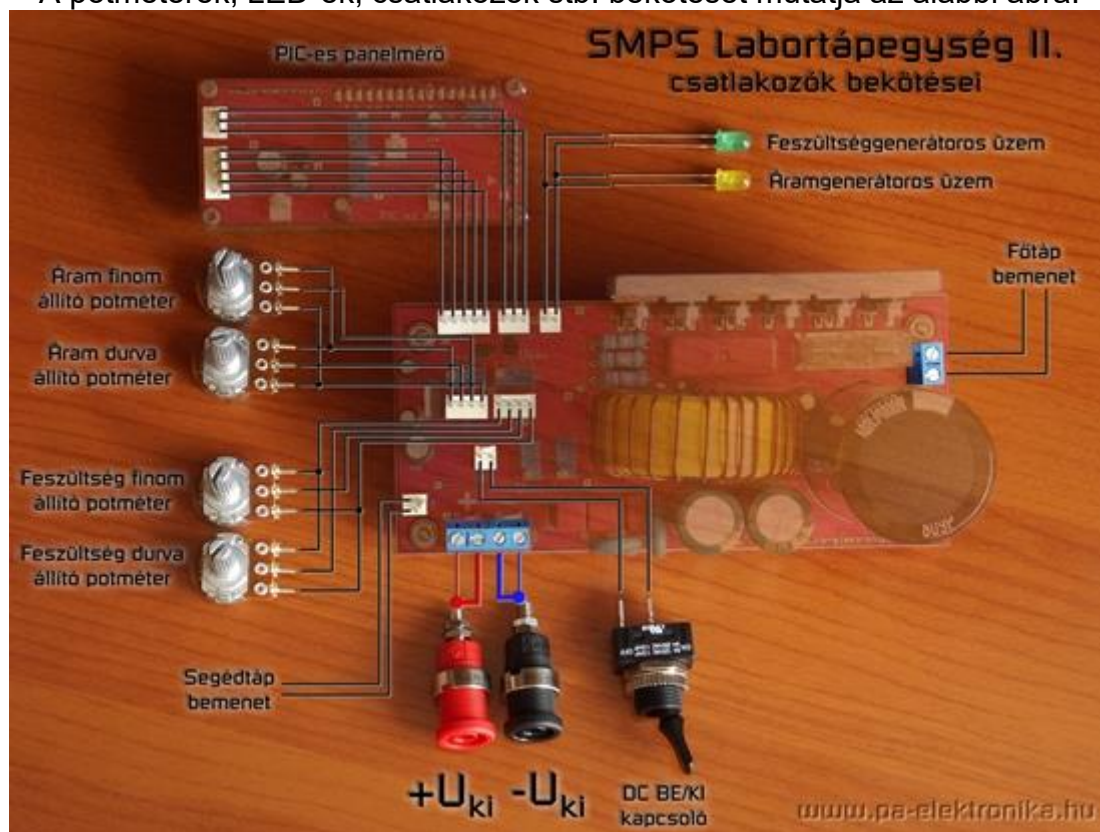
A teljesítmény-félvezető blokkal már minden alkatrész a helyére került a nyáklapon. Azonban még van egy nagyon fontos feladatunk a panelnál! A gyári panelon látható hogy a vastag (nagyáramú) vezetősávokat nem fedi forrasztásgátló lakk. Ezeket a fóliaszakaszokat ugyanis meg kell vastagítani mert olyan nagy áram folyik rajtuk (10A) hogy elpárologna a réz a nyákról! Bő ónnal forrasztjuk végig az összes megvastagított vezetősávot, majd ónharisnyát fektessünk rájuk szépen. Az ónharisnya helyett sodrott rézvezeték is használhatunk (én is így tettem), ha lecsupaszítjuk róla a szigetelést. Ez nagyon fontos momentuma az építésnek, semmi esetre se hagyjuk ki! Legvégül; ez már nem kötelező de én le szoktam mosni a paneljaimról a forrasztóónból ráolvadt gyantát. E célra

nekem az aromás higító vált be a legjobban. Egy használaton kívüli fogkefét merítsünk bele az aromás higítóba majd keféljük vele át a panel alsó (SMD) oldalát alaposan! Aztán öblítsük le csapvízzel, majd én ilyenkor egy kis Ultra derm-et szoktam rátenni és a fogkefével ismét átdörzsölgetni majd leöblíteni vízzel. Az eredmény egy sokkal esztétikusabb panel lesz és a gyanta okozta átmeneti ellenállás is megszűnik. Bekapcsolás előtt viszont mindenképp hagyjuk megszáradni a panelt! Az áramkör 10-15 perc múltán már száraznak tűnik ránézésre, de az alkatrészek alatt még lehet némi nedvesség aminek az elpárolgásához több idő kell. Hogyha nem hagyjuk rendesen kiszáradni a panelt akkor a nagyméretű alkatrészek alatt megmaradó folyadék átvezethet és ez problémákat okozhat. Az SMPS Labortápegység II prototípusainak nyákjairól készült [EZ](#), [EZ](#) és [EZ](#) a kép. Ezeket a kondik alatt megmaradó víz okozta. Ha gyári nyákot használunk akkor az azon lévő forrasztásgátló lakk miatt ilyen problémánk nem lehet. De persze azért úgy a legegészségesebb, ha hagyjuk rendesen megszáradni a panelt.

Dobozolás

Ha az áramkör elkészült, akkor jöhet a többi dobozolóval kapcsolatos művelet. Kössük be az állító potenciométereket, a LED-eket, a hálózati és a DC BE/KI kapcsolót illetve ha szeretnénk akkor az igényeinknek megfelelő panelmérőt. Ha a PIC-es panelmérőim egyikét választjuk, akkor azoknak 400V-os és 40A-os méréshatárúaknak kell lennie és 0,1Ohm-os sönthöz kell megépítve lennie. Ha 40V-nál kisebb maximális feszültségen és/vagy 4A-nál kisebb maximális kimenő áramon használjuk az SMPS Labortápegység II-t akkor kisebb méréshatárok is megfelelnek természetesen. A PIC-es panelmérőt egyszerűen csak a labortápegység nyákján található 5 és 3 pólusú csatlakozókhoz (CS9, CS10) kapcsoljuk, ezen csatlakozók lábkiosztása pontosan ugyan az mint a panelmérőimen lévő párjuké.

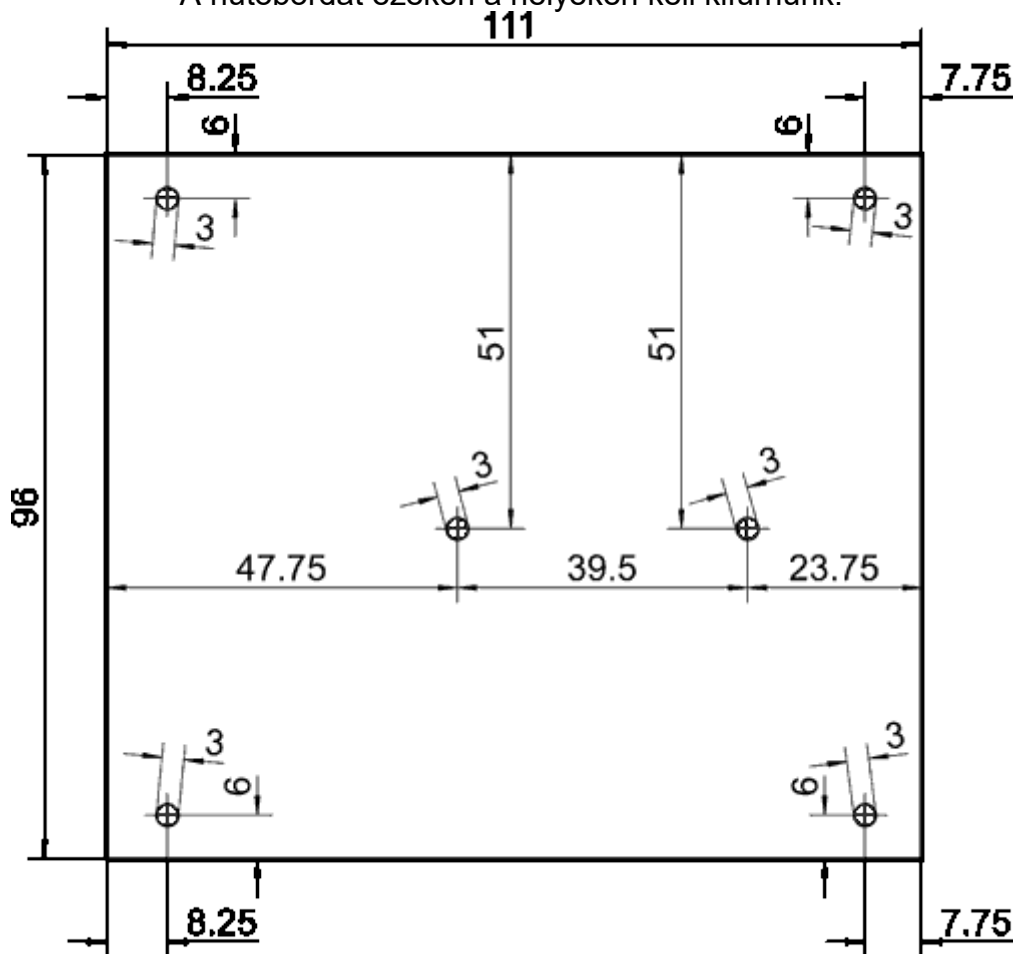
A potméterek, LED-ek, csatlakozók stb. bekötését mutatja az alábbi ábra:



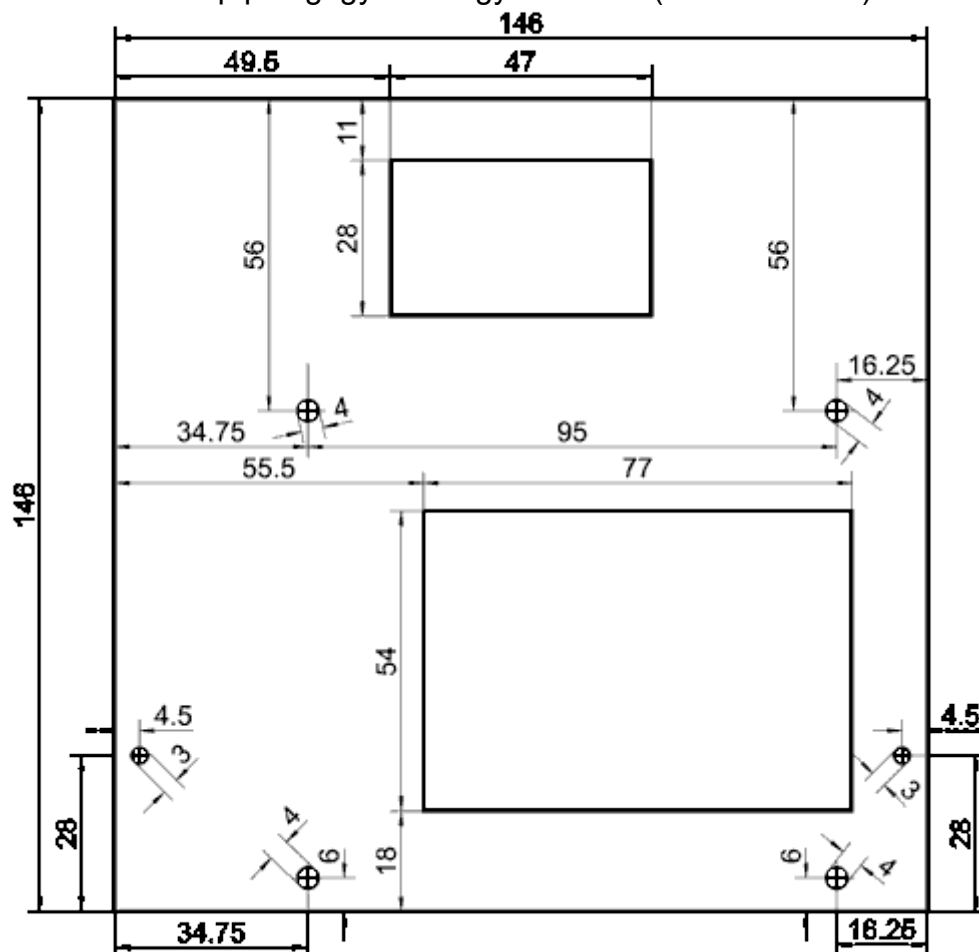
Kimondottan az SMPS Labortápegység II panelmérőjének én a PIC-es panelmérő II áramköröm egy szoftveresen és némileg hardveresen is átalakított, felturbózott változatát használom. A fényképeken is ez a panelmérő látható. Ez röviden abban különbözik a sima PIC-es panelmérő II-től hogy 100V-ig és 10A-ig mér, így az SMPS labortápegység II teljes kimenőáram-tartományát átfogja mA felbontással. Emellett nem két hanem már három kijelzőmódja van, a feszültség-áram-teljesítmény-ellenállás illetve a vonalkijelzések mellett egy fogyasztásmérő képernyőt kapott ahol 100MWh-ig képes a táp kimenetén leadott fogyasztást mérni 1mWh felbontással, maximum 100 napig (a fogyasztásmérés megkezdése óta eltelt időt is méri). Ez tulajdonképpen a PIC-es panelmérő III elődjének tekintendő, csak a panelmérő II nyákjára van megépítve. Erről majd később fogok írni egy cikket.

A dobozolásához szükséges mechanikai munkákat megkönnyítendő készítettem pár rajzot:

A hűtőbordát ezeken a helyeken kell kifúrunk:



A hátlap pedig így kell hogy kinézzen (belülről nézve):

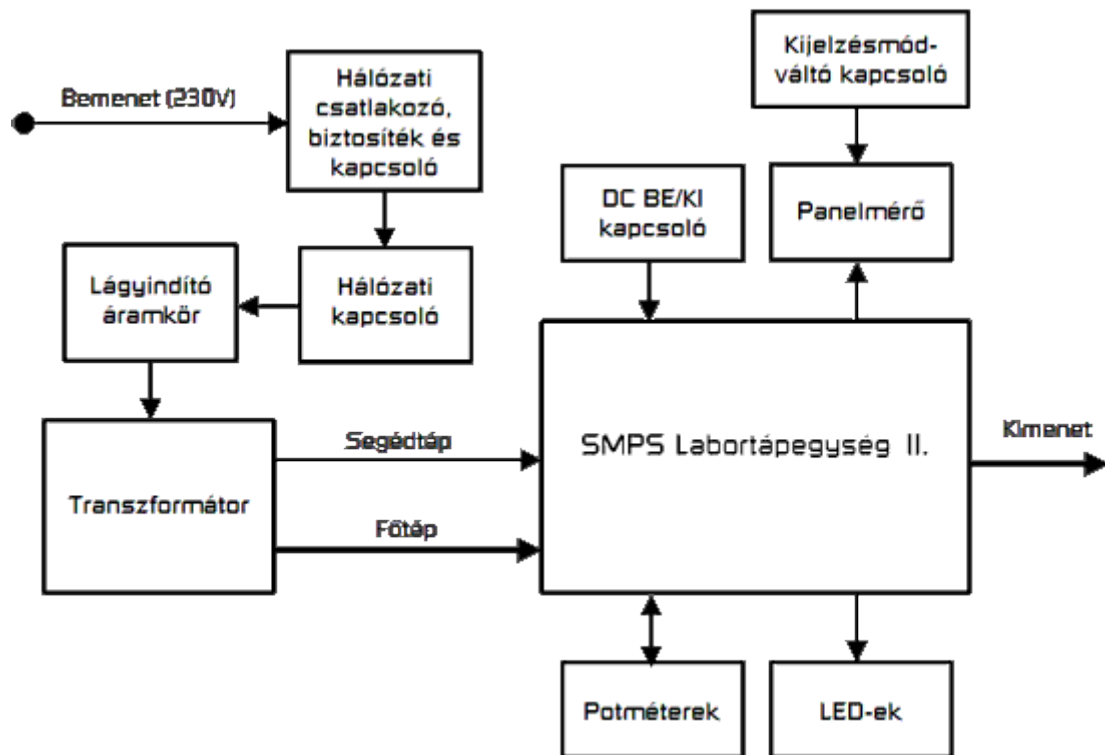


A fenti két kép 600DPI-s, ezzel a felbontással kinyomtatható méretarányosak lesznek!

A tápegység előlapját úgy készítettem, hogy A4-es matricára kinyomtattam az előlap feliratait, majd erre úgynevezett üvegfóliát ragasztottam (mindkettő beszerezhető bármelyik írószertboltban). Utóbbira azért van szükség, hogy a tapicskolástól ne zsírosodjon és ne ázzon el az előlap. Miután az üvegfólia rákerült a matricára, lehúztam a matrica hátulját és szépen ráragasztottam az előlapra. Érdeemes a matricát nagyobbra hagyni minden oldalán 1-2 centivel, majd a felragasztás után a túllógó részeket az előlap hátoldalán visszahajtani és hogy biztos ne engedjen el; pillanatragasztóval az előlaphoz ragasztani. A panelmérő előlaphoz rögzítését úgy oldottam meg hogy két előlapja van a tápegységnek melyek össze vannak fogva. A hátulsó 2mm, az elülső pedig 1mm vastag lemez. A két előlap kivágásai teljesen megegyeznek annyi különbséggel, hogy a hátulsó lemezen van a kijelző körül 4db 3mm-es furat amik sülyesztettek. A panelmérőt az előlaphoz ezen négy furatba helyezett sülyesztett csavarok rögzítik. Azonban hogy ez a négy csavar ne látszódjon kívülről, van még a külső előlap mely eltakarja a csavarokat. Lehetett volna azt is hogy egyszerűen a vastagabbik előlapra ragasztom rá az előlapi matricát, de akkor ha a panelmérőhöz esetleg később hozzá szeretnék férni akkor az az előlap tönkretételével (a matrica lehúzásával) járna. Az előlapot természetesen másmilyen elrendezéssel is elkészíthetjük mint amilyennel én tettem, ha viszont megfelel az amit én használtam akkor ahhoz itt van alább pár rajz segítségképp. A rajzokra nincsenek méretek írva, egyszerűen csak nyomtassuk ki őket, tegyük rá az előlapra és pontozóval jelöljük meg a furatok közepeit:

[Hátulsó előlap](#)
[Elülső előlap](#)
[Előlapi matrica](#)

Az SMPS Labortápegység II áramköre mivel nem közvetlen a 230V-os hálózatról működik, ezért szükség van egy transzformátorra. Akinek van hozzá affinitása az tehet elé egy rezonáns kapcsolóüzemű tápot is, ez ügyben javaslom [Skori barátom weboldalát](#) felkeresni! A labortápot én egy 50Hz-es toroid transzformátorról táplálom. Ezt meg kell külön tekinteni mert biztos hogy nincs kereskedelmi forgalomban pontosan olyan ami a labortápunkhoz kell. A transzformátornak a maximális 50V és 10A eléréséhez 500-600VA-esnek kell lennie egy 55-60V-os nagyáramú tekerccsel és kell hogy legyen rajta még egy 8V-os (7-8V) szekunder-tekercs is a segédtápnak, ennek mindössze 200-300mA terhelhetőségűnek kell csak lennie. A transzformátort Kléh Györgynél tekertettem, az ő telefonszáma: 061/291-57-46.



A készülék blokkvázlata

A hálózati 50Hz-es transzformátor főleg ha toroid, akkor bekapcsoláskor óriási áramlökést kaphat ami az összes létező kismegszakítót leverné amikor áram alá helyezzük a labortápot. Ráadásul a főtáp elején lévő 10000uF-os elkó erre még rátesz pár lapáttal. Ezért mindenképpen használjunk valamilyen

lányindító áramkört! Az interneten számos ilyen kapcsolást találhatunk, én Skori kapcsolását építettem meg a labortáphoz. Erről bővebben [ITT](#) lehet olvasni.

Élesztés

Az SMPS Labortápegység II áramkörében négy helitrimmer található, az élesztés gyakorlatilag ezek behangolásából áll. De még mielőtt áram alá helyeznénk a labortápot leírok még néhány sort hogy minél nagyobb legyen az esélye hogy az utánépített SMPS Labortápegység II első bekapcsolásra működik: Nagyon sokféle oka lehet annak hogyha esetleg első bekapcsolásra nem indul el a tápegység. Hosszú évek távgyógyászkodási tapasztalatai alapján ennek nagy vonalakban ezek lehetnek az okai:

- A nyáklapon szakadás, vagy az egymáshoz közel futó vezetősávok közt zárlat van.
- Nincs minden alkatrész beforrasztva.
- Egy (vagy több) alkatrésznek nincs beforrasztva minden lába/kivezetése.
- Ahol sok SMD ellenállás/kondenzátor van egymás mellett össze-vissza, ott előfordulhat hogy egy ellenállást vagy kondenzátort két, nem is összetartozó (két különböző alkatrészhez tartozó) PAD-hez forraszt az utánépítő. Ritka, de elő szokott fordulni.
- A forrasztáskor ónhíd (zárlat) keletkezett két egymáshoz közel eső alkatrészláb közt.
- Rossz értékű vagy típusú alkatrész van beforrasztva a panelba.
- Fordított polaritással van beforrasztva egy dióda, elkő vagy akár IC.
- Az utánépítő rossz csatlakozókra kapcsolja rá a dolgokat (pl a betápot és a kimenetet felcseréli stb.).
- A kedves utánépítő "áttervezte" a nyáktervet, persze akellő SMPS és egyéb nyáktervezési ismeretek teljes hiányával.

Ahhoz hogy ezeket (az utolsó kivételével) elkerüljük, nagyon fontos hogy amint elkészültünk a labortáp paneljének beültetésével, ne kapcsoljuk rá azonnal és önfeledten a fő és a segéd tápot! Mert ha hiba van az áramkörben akkor nagy rá az esély hogy a tápfesz rákapcsolásától még több hiba lesz benne (elfüstölnek alkatrészek). Néha könnyű ilyenkor megtalálni a megboldogult alkatrészeket mert látható hogy elszenesedett vagy láttuk hogy belőle szállt ki füst. Azonban ez nem mindig van így, például egy tranzistoron vagy egy diódán nem feltétlen fog látszódni hogy ő romlott el. Ilyenkor a hibás alkatrészek felkutatása nehézkes lehet, főleg kellő hozzá nem értés esetén. Ezért azt javaslom hogy a betáp ráadása előtt nagyon alaposan nézzük át az áramkört! Figyeljük meg hogy minden alkatrész be van-e ültetve és olyan értékű-e mint amilyennek kell lennie és a polaritása is jó (már ha van neki polaritása). Ellenőrizzük a forrasztásokat, hogy minden alkatrész minden lába be van-e forrasztva rendesen, nincs-e esetleg ónhíd két egymáshoz közel lévő alkatrészláb (pl IC lábai) közt. Az alkatrészek a beforrasztás után nagy felületet eltakarnak a huzalozásból de ami látszik azokat is vizsgáljuk meg nincs-e szakadás vagy zárlat a panelon! Ha nem látszik egyértelműen akkor nyugodtan vegyük elő a multimétert és sípoltassuk ki a kérdéses vezetékszakaszokat! Az építés fejezetben már leírtam hogy erősen javaslom a panel aromás higítóval való lemosását. Ezt itt is megjegyzem hogy nagyon fontos, mert azon felül hogy sokkal szebb lesz tőle a panel eltűnik a gyanta ami átmeneti ellenállást képezhet a vezetősávok közt. Ráadásul néha előfordul hogy a forrasztáskor a forrasztóónból a panelra ráolvadó gyantába nagyon kicsi, szemmel nem is látható kis óndarabok kerülnek. Ez okozhat és nálam is többször okozott már szintiszta zárlatot két egymás mellett lévő alkatrész közt. Szabad szemmel megnézve egyáltalán nem látszik ilyenkor hogy ott zárlat van, de a gyanta lemosásával (vagy a két alkatrészláb közti gyanta kikaparásával) megszűnik a zárlat.

Ismét megjegyzem hogy a tőlem vásárolható gyári nyáklap a zárlatok és szakadások esélyét nagyban csökkenti, a forrasztásgátló lakknak köszönhetően a forrasztási hibák is kisebb eséllyel lesznek jelen és a pozíciószita miatt sokkal átláthatóbb a panel, sokkal könnyebb a jó alkatrészeket a jó pozícióba és a jó polaritással beültetni.

Ha átnéztük a panelt akkor nézzük át ismét! Majd megint! Ha úgy találtuk hogy minden szuper, akkor jöhet a feszültség alá helyezés.

Itt nagyon fontos megjegyezni egy dolgot: A kapcsolási rajzon látható hogy C20 kondenzátor 100V-os, rajta a trafó szekunder-feszültségétől és a terheléstől függően akár 70-85V is lehet. Mivel a labortápegység maximális kimeneti feszültsége 50V, a fő szabályozó fetjén pedig az

előszabályozásnak köszönhetően maximum 1V lehet, így a C29-C30 elkókon elméletileg maximum 51V fordulhat elő. C29 és C30 ezért lettek csak 63V-osak és nem 100V-osak. Igen ám, de abban az esetben ha netán az áramkörben lévő valamilyen hiba miatt az előszabályozó nem működik és a kapcsoló FET (T11) folyamatosan ki van nyitva, akkor a C20-on lévő feszültség megjelenik a C29-C30-C31-en is ami így nagyobb is lehet mint 63V! Ez a kondenzátorok károsodásához vezethet! A gyakorlat azt mutatja azonban hogy ezek a kondenzátorok gyakorlatilag a névleges feszültség-tűrésüknél akár jóval nagyobb feszültséget is elviselnek, ha áram nincs kivéve belőlük. Főleg rövid időre. A kondenzátorok megvédése céljából én azt javaslom hogy első bekapcsoláskor az áramkört ne a végleges trafójáról hanem külső labortápról járassuk úgy hogy maximum 60V-ot kapcsolunk a főtápbemenetére (CS2). Így ha az előszabályozás nem is működik, akkor sem lesz semminek baja. Az előszabályozó működéséről nagyon könnyen és gyorsan megbizonyosodhatunk; tekerjük le a feszültséget valamilyen értékre (a lényeg hogy ne a maximum 50V közelében legyen) és mérjük rá a C29-C30-C31 kondenzátorokra! Kb 1V-al kell többet mérnünk mint a labortáp kimeneti feszültsége. Ha ezt mérjük akkor az előszabályozó működik! Ha nincs labortápunk amelyről megtáplálhatjuk az élesztés során az SMPS Labortápegység II.-t, akkor a végleges trafójáról is bekapcsolhatjuk mert mint írtam rövid időre el tudnak nagyobb feszültséget is viselni. Annyit kell csak tennünk hogy az áram alá helyezés előtt letekerjük a feszültség-állító potmétert teljesen és egy digimultit kapcsolunk a C29-re. Ez után bekötjük a főtápot (CS2), bekapcsoljuk a trafót és nézzük hogy kb 1V van-e a C29-en vagy több. Ha kb 1V akkor örülünk ha több akkor viszont a labortáp nem működik és ha nagyobb a feszültség a C29-en mint 60V akkor azonnal áramtalanítsuk a labortápot! Megjegyzem egyébként hogy ahányszor én eddig megépítettem ezt a labortápot a fejlesztések során (ez kb 10-15 különböző példány), az előszabályozó része mindig első bekapcsolásra működött, hiba mindig az áramkör egyéb részeiben volt.

Az SMPS Labortápegység II áramkörében négy helitrimmer található, az élesztés gyakorlatilag ezek behangolásából áll. P4-el azt állíthatjuk be hogy a feszültség-állító potenciométerek teljesen letekert állásában és/vagy a DC BE/KI kapcsoló lekapcsolt állásában tényleg 0V legyen a labortápegység kimenetén. Ehhez egyszerűen tekerjük minimumra a feszültség-állító potmétereket majd P4-et addig csavarjuk míg 0mV lesz a kimeneten. P3-al ugyan ezt végezhetjük el csak az áramnál; tekerjük le minimumra az áramot állító potmétereket majd zárjuk rövidre a labortáp kimenetét és ekkor P3-at addig csavarjuk míg 0mA lesz a kimenő áram.

A P1 helitrimmerrel a potméterekkel maximálisan elérhető kimeneti feszültséget állíthatjuk be. Tekerjük a feszültség-állító potmétert (vagy ha finomhangolót is használtunk akkor potmétereket) a legnagyobb állásába, majd ekkor a P1 helitrimmert csavarjuk úgy hogy a kívánt maximális feszültség legyen a labortápegység kimenetén. Ezt kb 20V és 50V közt tudjuk beállítani. Ha ezzel megvagyunk akkor hasonlóképp állíthatjuk be a P2-es trimmerrel a maximális kimenő áramot. Itt most az áram-állító potmétereket kell maximumra tekerni és hogy áram is folyjon ezért le kell terhelnünk a labortápot (például rövidzárral). Ekkor P2-es trimmerrel a maximális kimenő áram állítható be kb 2A és 10A közt.

Érkezett pár visszajelzés hogy a tápegységből nem folyik ki 10A csak kevesebb. Illetve egy rövid ideig leadja a 10A-t de elkezd csökkenni aztán kialszik mind a két üzemmód-jelző LED. Utánanéztam a dolognak és sajnos ez egy méretezési hiba miatt van. A hibajelenséget az előszabályozó okozza, ő korlátozza le az áramot és ezért nem tud a főszabályozó működni rendesen. Nálam ez azért nem jelentkezett a fejlesztés során mert az alkatrészek szórása miatt nem feltétlen jön elő minden példánynál a hiba, ezek szerint nekem szerencsém volt. Illetve 10A-rel nem is nagyon terheltem a fejlesztés során folyamatosan, inkább csak bő 9A-rel. Már csak azért is mert 10A-nél kiakadt a panelmérő a végkitérés miatt. A hiba megoldása nagyon egyszerű, az előszabályozónál lévő RS1, RS2, RS3 és RS4 söntökre oda kell forrasztanunk egy ötödik 0,1Ohm/2W-os ellenállást. A kész áramkörnél ez kényelmesen a panel alján oldható meg, de aki most építi csak meg a labortápot az a főszabályozó egymás felett lévő söntjeihez hasonlóan a panel felső oldalára is teheti. Célszerű az RS1 fölé forrasztani mert az van legtávolabb a fojtótekerics közepétől, a gyűrű alatt ezért itt van a legnagyobb hely.

Észrevételek, visszajelzések

- **A panelmérő kis jelnél nem lineáris ha a labortápról van táplálva.**

Erre páran felhívták a figyelmemet és utánajártam a dolognak, sajnos valóban így van. Ha a PIC-es panelmérő II-t az öt pólusú csatlakozón keresztül tápláljuk meg az SMPSII-ről akkor az áram-mérés sajnos az alsó mérési tartományban (nulla közelében) pontatlan lesz. A hiba okára egyelőre nem volt időm rájönni és jó darabig nem is tudok ezzel foglalkozni. Annyira mindenesetre sikerült rájönnöm hogy hogyan lehet kiküszöbölni ezt a hibát: ne az öt pólusú csatin tápláljuk a panelmérőt hanem egy külön szekunder-tekercsről (vagy külön trafóról) közvetlen adjunk neki váltakozófeszültséget!

- **A táp néha bekapcsolás után 0V-al és világító áramgenerátor-leddel indul.**

Sajnos ez igaz. Nálam is 20 bekapcsolásból kb egyszer úgy kapcsol be hogy 0V van a kimeneten és világít az áramgenerátoros üzemet jelző LED. Próbáltam rájönni hogy mi okozza ezt, mi az ami reteszlődik de az a baj hogy a digimulti mérőcsúcsának odaérintésére a hiba azonnal megszűnik (már ha egyáltalán nagy nehezen sikerül előidézni a hibát!) így gyakorlatilag ez a hiba kimérhetetlen. Ha lesz időm ezzel is foglalkozom majd még. Viszont a hiba nagyon könnyen orvosolható ha egy pillanatra leterheljük a táp kimenetét, akkor azonnal észhez tér! A leggyorsabban ez egy egyszerű rövidzárral is kivitelezhető. Azaz ha esetleg így indulna az SMPSII akkor zárjuk rövidre a kimenetét egy pillanatra és már jó is!

- **Szupresszor dióda a kimenetre?**

Páran kérdezték hogy miért nincs a labortáp kimenetén valami jó izmos dióda ami megvédené a tápot az induktív visszarúgásoktól. Ilyen dióda beiktatásának ötlete már a tápegység tervezése során is felmerült bennem, azonban szándékosan hagytam ki. Egész egyszerűen azért, mert az ilyen diódákat a gyári labortápokban is közvetlen az előlapi banánhüvelyek mögé szokták forrasztani, magára a banánhüvelyekre. Nagyon helyesen! Viszont ez a produktum, az SMPS Labortápegység II az a nyák és az abba ültetett alkatrészek összessége, vagyis ez a dióda egyszerűen nem hozzá tartozik. Ha valaki ilyen diódát szeretne tenni a tápja kimenetére nyugodtan tegye meg! Bár az SMPSII tapasztalataim alapján ilyen dióda nélkül is szerencsére elég jól viseli az induktív terhelésből eredő rúgásokat, ennek ellenére természetesen egy ilyen dióda sosem árt! Én egy 60V körüli letörési-feszültségű bidirekcionális tranziens szupresszor diódát javaslok. Bidirekcionálisból viszont sajnos 60V körüli példányt nem biztos hogy kapunk, ez esetben kössünk sorba két darab szintén 60V körüli unidirekcionálisat. Ha csak egyetlen unidirekcionálisat használunk akkor az SMPSII táp fordított polaritás-védelméről le kell mondanunk! (Hiszen abban a pillanatban amikor fordítva kötünk rá egy akkumulátort a labortápra, a dióda tönkre fog menni.) Ezek a speciális diódák kimondottan ilyen célra lettek kitalálva hogy az ilyen visszarúgásokat felfogják. Nagyon szívós kis jószágok!