

Kapcsolóüzemű tápegységek konstrukciós és biztonságtechnikai kérdései házi kivitelezés esetén

Szerkesztette: Szendi József

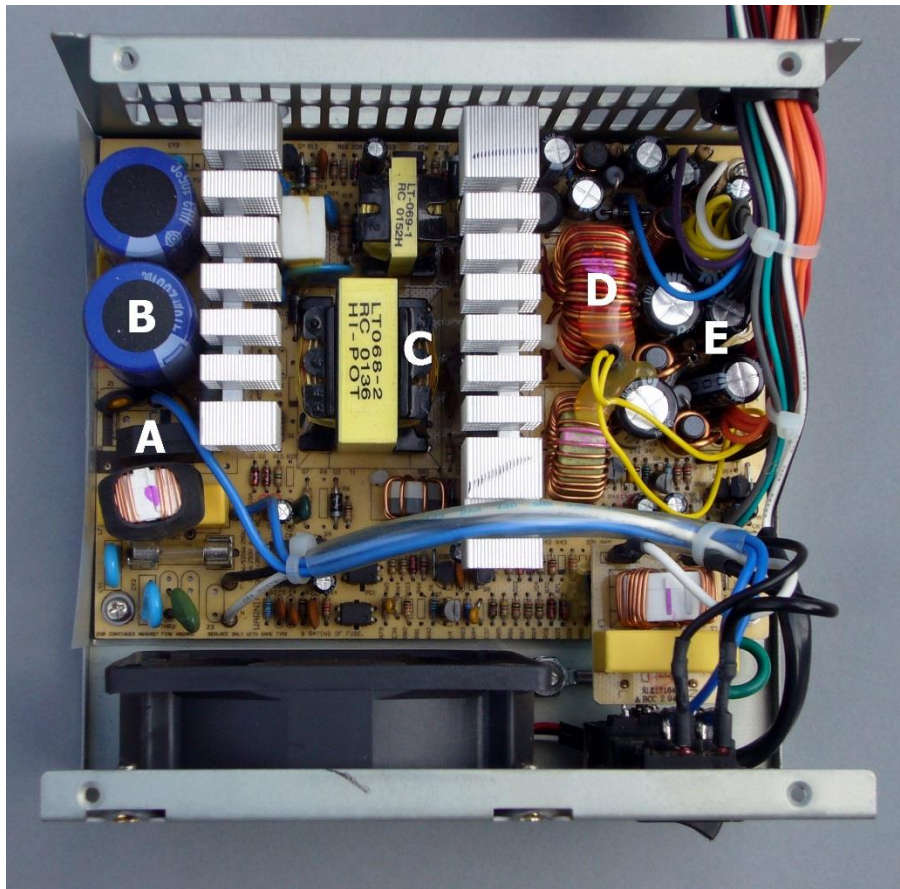
Katonai Műszaki Doktori Iskola

Absztrakt

A *Hobbielektronika.hu* portálon több kapcsolóüzemű tápegység leírása megjelent. Olvasva a hozzászólásokat, feltűnt, hogy a kezdő tápegységet építeni szándékozó olvasók jellemzően hasonló kérdéseket tesznek fel, amely nagyon sok ismétlődést eredményez a topic-ban. A kérdések jellemzően annyira az alapoktól indulnak, hogy a topic 500 oldalra duzzadt. Sajnos a kezdők a kritikákat szívra veszik, így a cikk kifejezetten az állandó ismételtetések elkerülésére íródott. A cikkben több fórumtárs gondolata is összegyűlt, engedélyükkel továbbközlésre került a megjelölt helyeken. A dokumentum nem tudományos megközelítésű írás, nyelvezete közvetlen és lényegre törő ismerve a generációs szakadékot az olvasó és a fejlesztők között. A dokumentum tartalmaz több internetes forrást is átszerkesztve a megjelölt helyeken.

Kulcsszavak: Kapcsolóüzemű tápegység, baleset megelőzés, kezdők segítése

Revíziós szám: 2015. december 23. / rev 1.3



Fed lap ábra: ATX táp belseje (forrás:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/ATX_power_supply_interior.jpg)

Tartalomjegyzék

Az alapok	3
Egy kis Wikipédia idézés: SMPS	3
Biztonságtechnika és baleset védelemi intézkedések	3
2. Felhasználandó anyagok és szerelési alapelvei	4
Mit csinálnak mások?	4
Keresi az áram a legrövidebb utat.....	6
Egy gyári nyákterv analízise	7
2. A kapcsolóüzemű tápegységek típusai.....	9
„ Alapok ”	10
Alapkapcsolások	10
Feszültségcsökkentő kapcsolat	10
Feszültségnövelő kapcsolat.....	11
Invertáló kapcsolat.....	12
CUK kapcsolat.....	13
Split-Pi kapcsolat	13
Az induktivitás méretezéséről	14
A meghajtókörről	14
A szabályozókörrel	14
További trükkök	15
Hatásfok növelése szinkronegyenirányítóval	15
Színuszjel előállítás.....	15
PFC (Power factor correction)	15
Visszatápláló áramkör	16
Az első kapcsolós tápunk. Építsünk előbb invertert!	17
Építsünk invertert NIXIE csőhöz	20
Az első hálózati kapcsolós tápunk: A Fly-Back TOP IC-vel.....	21
A következő kapcsolós tápunk: LORILACI tápja	21

Az alapok

Egy kis Wikipédia idézés: SMPS

„A kapcsolóüzemű tápegység (angolul switched-mode power supply, switching-mode power supply, SMPS) egy elektronikustápegység, amely a kívánt feszültség és áram előállításához ill. annak állandó és megkívánt értéken tartásához nagyfrekvenciájú kapcsolójelet használ a szabályozás (switching regulator) vagy vezérlés során. A bemenetet egyenirányítják és szűrik, majd tranzisztor segítségével a szabályzásnak vagy vezérlésnek megfelelő kitöltésű négyyszögjellel (PWM) egy energiatároló elemet, amely többnyire tekercs, nagyfrekvencián (50 kHz-2 MHz) kapcsolgatnak. A tekercs szolgálhat mint transzformátor vagy mint önindukcióelem. A kimenetet szükség szerint ismét szűrik.

Előnye a hagyományos váltóáramú tápegységekhez képest, hogy nagyfrekvenciás, sokkal kisebb (és így könnyebb) transzformátort tartalmazhat, egyenáram átalakítására is alkalmas, hatásfoka akár a 99%-ot is elérheti, terheléstől függetlenül állandó értéken lehet tartani a kimenet feszültségét vagy áramát, és tudja kezelni a zárlatot. Hátránya a bonyolult kivitelezés, szórt elektromágneses terenagyobb, amely a híradástechnikai elemek működését zavarhatja.”

Biztonságtechnika és baleset védelemi intézkedések

Fontos tisztázni, hogy egy hálózatról üzemelő kapcsoló üzemű tápegység építése körültekintést és szakértelmet kíván. Tisztában kell lenni a ténnyel, hogy egy egy fázisú rendszerrel is a 230 Voltos hálózati feszültség érintése életveszélyes lehet. Ennél még veszélyesebb a primer oldalon található 300 Volt nagyságrendű DC feszültség, illetve az üzemi nagyfrekvenciás áram, amely simán átlukasztja az ember bőrét. Aki nem hiszi, hogy a kapcsolós táp nem játék, kérem, tekintse meg az 1. sz. ábrát.



1. sz. ábra. Nagyfeszültség által átütött lábikó...[Forrás: Google]

Ennek értelmében az alábbi feltételeket az építés előtt biztosítani:

1. Jó földelés a műhelyben.
2. Megfelelő megvilágítás az élesztés helyén (300-500 LUX).
3. Megfelelő szerelési magasság: asztalon indítunk és nem a földön fekve.

4. Leválasztó transzformátor. Ezzel ne szórakozz, vegyél egyet!
5. Alap szerszámozottság.
6. A működés elvi alapjainak tanulmányozása.
7. Száraz környezet.
8. Másképpen: Nem okoskodunk és nem baromkodunk, mert más is úgy csinálta korábban vagy a youtube-on!

2. Felhasználható anyagok és szerelési alapelvei

Fontos, hogy tápegységet nem szabad sérült, ázott repedt anyagokból építeni. Tönkre is mehet ugyan - de ez a kisebb gond - alapvetően meg kell érteni: megráz és megölhet!

Nem használunk szigetelő szalagot és nem minősített szigetelő anyagokat! Nem magyarázzuk meg, hogy nem kell tisztázási távolság és működik táp így is. Nem használunk sima papírt szigetelés gyanánt! De a legfontosabb, ha valaki szól, hogy olyan hiba van, ami életveszélyes lehet, akkor nem pofázunk vissza, hanem kijavítjuk a hibát!

Ha nem hiszed, hogy ez fontos akkor nézd meg újra az 1. sz. ábrát!

Működhet ugyan a táp száraz időben, de párában összeéghet, és a rosszabb hogy balesetet okozhat olyan személy sérülését okozva, akire nem is gondolunk: gyerek, szomszéd...

A nyák anyagának FR4 1.5 mm vastag megfelel. Ez kellően merev, üvegszálas, nem fok szétesni, libegni a tápegységünk. A nyák tervezése során a mechanikus méretek meghatározása az első.

1. Hol fogjuk felcsavarozni a doboz oldalához?
2. Mi fogja meg a hűtőbordát? Ugye nem a tranzisztor?
3. Elbírja-e a trafót?
4. Milyen csatlakozóval kötjük a vezetékeket?
5. Megvan-e a tisztázási távolság a primer és a szekunder között?
6. A trafóhoz szakszerű szigetelést találtunk-e?
7. A kondenzátorok alkalmasak-e nagyfrekvenciára?
8. A hő termelő alkatrészek kapnak-e hűtést?
9. Belefér-e a dobozba
10. Egyáltalán mekkora áram és feszültség elérése a cél?

Sajnos teljes részletében a kérdéseket csak nagyon hosszan lehetne tárgyalni így a legfontosabbakat emelném ki.

A vezetékek sorkapocsba érdemes kötni, ugyanis ez oldható kötés. A primer oldalon a hálózati zavarvédelemről gondoskodni kell. Már az elején szeretném tisztázni, hogy a kapcsolós nyákoknak a stílusa nem véletlenül olyan amilyen gyári konstrukciónál. Érdemes a szimmetriára és a rendezettségre törekedni, de nem minden áron. A nagyfrekvencia ugyanis érdekes állapotot tud szülni.

A transzformátorokat csak és kizárólag minősített anyagokból szabad építeni. Csévetest és vasmag kapható többek között a RET-nél. <http://www.ret.hu/Page.aspx>

Mit csinálnak mások?

Érdemes eltanulni a gyári konstruktőröktől pár alap fogást. Az 2. sz. ábrán érdemes megnézni rögtön a primer és a szekunder oldal között látható 7 mm távolságot. Ebből semmilyen körülmények között nem szabad engedni, még akkor sem, ha gyári konstrukciók között is van olyan ahol ez a távolság kisebb.

Mielőtt úgy ítélnénk meg, hogy mindenben ideális, amit látunk megjegyezném, hogy mechanikai szempontból több kritikus pontja is van ennek a konstrukciónak. Az ellenállás ferdén beszerelve leesés esetén hozzáérhet a házhoz. A hűtőbordát a tranzisztor fogja. Nincs sorkapocs a nyákon. Ellenben a hálózati zavarcsűrő tokja védett még a csavarhúzóknak ellen is.



2. sz. ábra. Fojtó tekercsek

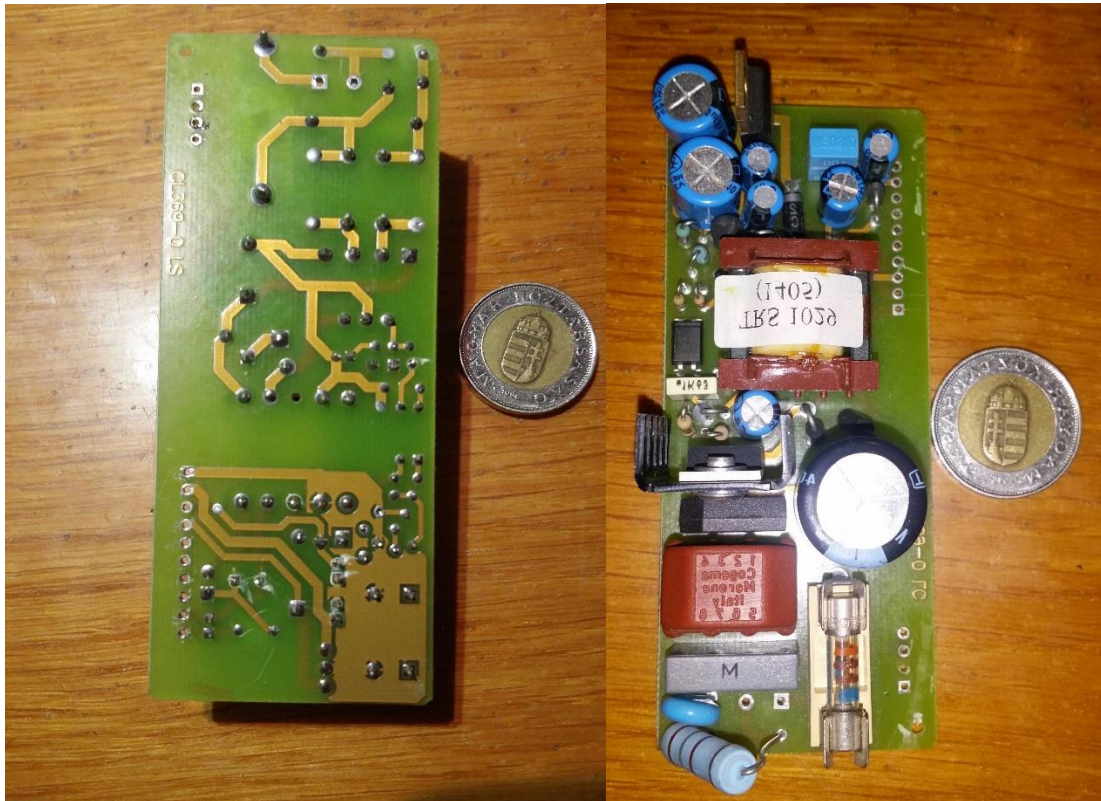
Nem ideális az a zavarcsűrő tekercs, amelynek nincs műanyag váza. A toroidra polimer ház nélkül feltekert fojtók szekunder oldalra valók, primer oldalon, ha a vezeték elmozdul az idő során, primer oldali zárlatot okozhat. A 2. és 3. sz. ábrákon primer oldali hálózat szűrők elemeit láthatjuk.



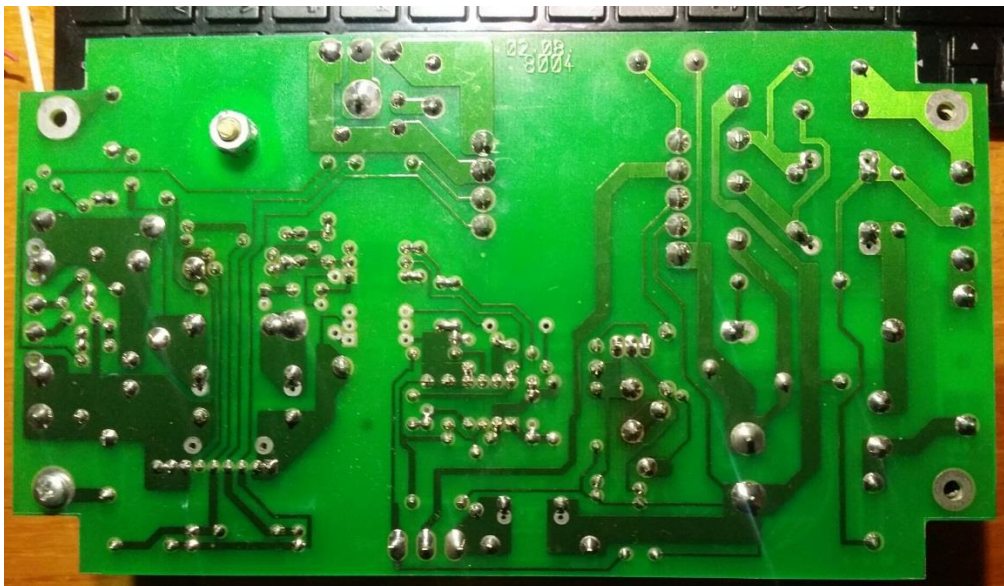
3. sz. ábra. Jó konstrukciójú fojtó kisebb áramokra

Érdemes a tápot a rossz esetekre is felkészíteni: például egyszerűen leejtjük. Belátható, ha a biztosíték tartó nem polimer ház, és a primer fojtó nem merevített egy esésnél simán összeérhetnek. Minden alkalommal mérlegeljük azt is, hogy télen párás időben is bírni fogja-e a kiképzést a holmi, ami napos időben tökéletesen üzemel!

Már a 4. sz. ábra ábra rövid inspekciója alapján is láthatjuk, hogy ennél akár jobbat (tartósabbat) lehet építeni házilag is. A 5. sz. ábrán is a tisztázási távolság a legszembetűnőbb. (középen nincs fólia). Egyértelműen el lehet választani a primer és a szekunder oldalt. Jól látható, hogy a nyák 4 csavarral rögzíthető is. Saját konstrukciónál a panel négy sarkának befűrészelését kerülnék el...



4. sz. ábra. Gyári tápegység általános elrendezése és arányai. [Fényképezte: „Patkány”]



5. sz. ábra. Gyári fólia rajzolata táp [Fényképezte: „Patkány”]

Érdeemes szétszedni néhány régi PC tápot. Érdeemes szétverni néhány gyári trafót ismerkedni a konstukcióval. Trafókat régi monitorból is szerezhetünk kisebb tápokhoz.

Keresi az áram a legrövidebb utat...

...közben feszültséget indukál, teret szór, zavar másokat, a hálózatot, illetve a belső működést. Ennek megfelelően bár azt hisszük 50 Hz van a primer oldalon, hajlamosak vagyunk elfelejteni, hogy azt 20-200 kHz nagyságrendű terheléssel sűjtjük ki. Tehát már a primer oldalon nagyfrekvenciás szempontból optimált nyákokat érdemes tervezni.

A hálózati feszültséget a zavarszűrő után egyenirányításra kerül a hálózati feszültség, amelyet a puffer simít. A puffer, ha több kondenzátorból készül már rengeteg hiba forrása lehet. Mint jeleztem a kondenzátort nagyfrekvenciás, árammal sűjtjük ki, és a terheléshez közelebbi kapja a legnagyobb igénybevétel. Ez ellen jól lehet védekezni olyan konstrukcióval, amely a két vagy több kondenzátort azonos mértékben terheli.

Szeretném jelezni, hogy az áram ismeri a fizikát. Amikor arról vitázunk, hogy egy nyák csík túl hosszú-e érdemes megbecsülni, hogy a fém házban képes-e zavaró mértékben zavar jelet indukálni az adott szakasz? Ideális esetben a táp fém házba kerül, és nem szórja meg a hálózatot felharmonikussal.

Tipikus hiba, hogy az elkók áramai el tudnak kószálni azokra a pontokra, amelyekre nem szeretnénk. Ennek értelmében érdemes a nyák kritikus helyeit megszakítani. Ezzel elérjük, hogy az áram csak a neki szánt irányba tudjon folyni.

A fizikai alapelvek használata a legfontosabb. Ha nyákokat tervezünk, a párhuzamosan kötött alkatrészek egyenletes terhelésére – a szakaszok azonos méreten tartásával- figyelni kell.

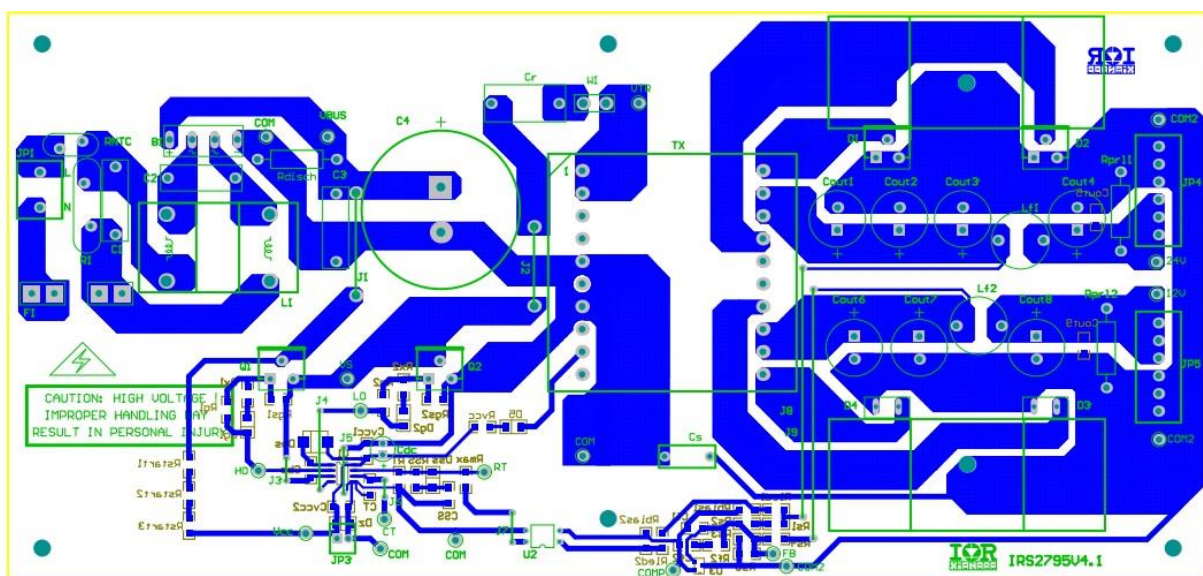
Egy gyári nyákterv analízise

Érdekes gyári IC adatlapokat böngészni. Megjegyezném, hogy működőképes a kapcsolás, de a NYÁK nincs a végleteleg optimálva.

Íme az eset:

<http://www.irf.com/technical-info/refdesigns/irac27951-220w.pdf>

Érdekes, hogy a gyári nyák is arányaiban szellős, ami azt az érzetet kelti, hogy nincs kidolgozva eléggé. Feltételezhetjük, hogy a gyáriak nem adnak ki olyan tervet, ami nem működik. Ennél a pontnál hivatkozom az elfogadható mértékű maradó hiba fogalmára. Építhető a lentinél sokkal jobban optimált nyák, de ha minden kezdő illet tudna tervezni nem íródott volna meg ez a cikk.



6. sz. ábra. IR2795 gyári nyákterv [Gyári adatlapból]

Észrevételek az IR2795 gyári nyákhöz:

- Egy primer elkő található a nyákon, de az jó nagy. Ezzel megelőzték a párhuzamos kondenzátor kisütésének problémáját.
- Egy oldalas nyák. Két oldalas jobban optimálható lenne.
- Tisztázási távolság van!
- Figyeljük meg a szimmetriát a primer oldali fojtó körül. (C2 és a graetz környéke)
- Figyeljük meg, hogy párhuzamos vezetékkel szinte művonalként van megtáplálva az elkő.
- A gyáriak nem ijedtek meg az átkötés alkalmazásától. Mi se tegyük.
- Y1 kondit nem felejtették ki. Y1 kondit nem cseréljük ki gyengébb minőségűre!
- Szekunder oldalon a hűtőborda csavarral van rögzítve.
- Szekunder oldalon is művonal szerű a bekötés. Itt van véleményeltérés arról, hogy a 3 párhuzamos kondiból az első kapja a nagy terhelést.
- Van gyári felfogatási pont
- Több vezetékkel állnak ki szekunder oldalon, a nagy szekunder áramok miatt.

Javaslat: Nem kell feltalálni az újat. Itt van készen, csak be kell szerkeszteni Sprintbe és van egy 250 Wattos táp tervünk. Magyarul a gyári applikációkat érdemes keresni TOP IC tekintetében is, ugyanis az hamar eredményre vezet.

Ellenőrző kérdések:

- Ismertesse a legfontosabb balesetvédelmi szabályokat kapcsolóüzemű táp építéskor.
- Ismertesse a kommunikációs szabályokat a HE fórumán.
- Mire való a tisztázási távolság?
- Ismertesse a legfontosabb mechanikai paramétereket a nyáktervezés során!
- Miért rögzíti hűtőbordát?
- Miért rögzíti a NYÁK-ot?
- Miért alkalmaz sorkapcsot?
- Mire való a gyári adatlap?

2. A kapcsolóüzemű tápegységek típusai

Érdeemes a működés elve szerint csoportosítani őket. A besorolás szubjektív, nem tudományos és részletes osztályozás. A lenti felsorolás arra való, hogy a kezdő el tudja dönteni egy táptól a lényeges paramétereit.

Szubjektív csoportosítások:

DC-DC

Ennél a típusnál egyenfeszültségből állítunk elő egyenfeszültséget. Ilyen például egy Nixie óra akkumulátoros üzeme. Ilyenre példa az alábbi kapcsolás, amely 12 voltból 140 Volt feszültséget állít elő.

AC-DC

Ilyen például egy laptop tápegység. A 230 voltos hálózati feszültséget egyen irányítva megközelítőleg 310 Voltos DC feszültséget nyerünk, amelyet a táp feldolgoz. Magyarul ez is DC-DC táp de van előtte egyenirányító és zavarűző is.

DC-AC

Erre példa egy UPS rendszer. Hatásfoka gyengébb, hiszen akkumulátorból készítünk váltakozó feszültséget, majd abból a PC táp egyenfeszültséget, de a rendszer kompatibilitása miatt ez terjedt el.

Galvanikusan leválasztott, galvanikusan nem leválasztott

Egy olyan inverter, amely nem választja el bemenetét a kimenetétől galvanikusan lehet nagyon jó hatásfokú, és lényegesen egyszerűbb felépítésű lehet mint egy leválasztott. Ha 12 voltos akkumulátorról egy 18 voltos nyák fűrőt akarunk üzemeltetni, nem szükséges a galvanikus elválasztás. Egy laptop tápegységnél a hálózati feszültség jelenléte veszélyes lenne a felhasználóra, ezért indokolt az elválasztás. Az elválasztás minősége szabványban rögzített, és nem kompromisszumok tárgya. A szekunder és primer oldal között több kV nagyságrendű feszültséggel kell ellenőrizni az átütési szilárdságot. **Ennél a pontnál a kezdők sokat szoktak okoskodni.** Javaslom az 1. sz. ábra ismételt megtekintését.

Bemeneti feszültséget növeli vagy csökkenti

Angol temrinológiában step-up vagy step-down típusú. Alapvetően invertereknél alkalmazott osztályozás. A belső működést terjedelem hiányában nem részletezem, de a TL497 adatlapja sok mindent elárul:

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl497a.pdf>

Egy kis wiki.ham.hu idézés oka, hogy mások is megfogalmazták a tápok felsorolását és az ábrák kiválóak a dokumentumban.

Idézem:

„Alapok

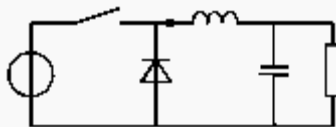
A hagyományos 50 Hz-es transzformátorral dolgozó tápegységek mellett egyre nagyobb teret hódítanak a kapcsolóüzemű tápegységek. Jellemzői:

- 50 Hz helyett tipikusan 20 kHz és 100 kHz közötti frekvenciatartományban szaggatják az áramot.
- a gyors szaggatás miatt a hagyományos 50 Hz-es transzformátorhoz képest sokkal kisebb induktivitás elegendő.
- a szaggatás következtében egyenáramú forrásról is üzemeltethető a tápegység.
- a szaggatás jellegének módosításával a kimenetre jutó töltés mennyisége szabályozható
- a lineáris tápegységekkel ellentétben a szabályozás itt nem egy főáramkörbe tett soros változtatható ellenállásként viselkedő alkatrészrel valósul meg, ezáltal nincs melegedő alkatrész, jó lesz a hatásfoka.
- egy komoly hátrányuk, hogy nagyfrekvenciás elektromos zajt termelnek, amely megfelelő mértékű elnyomásáról szűrők beépítésével kell gondoskodni.

Alapkapcsolások

Feszültségcsökkentő kapcsolás

Angolul buck converter illetve step-down converter a neve.



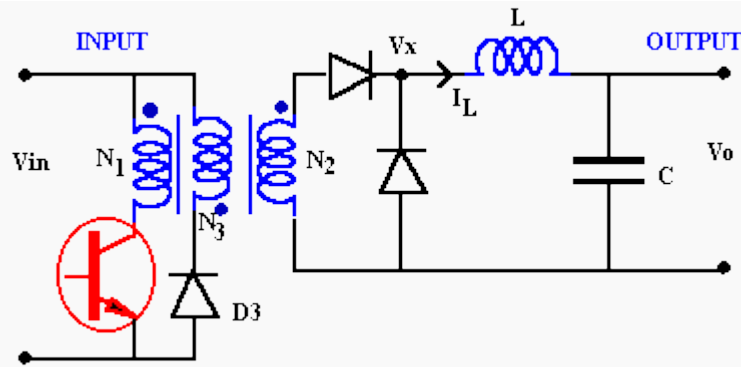
Feszültségcsökkentő alapkapcsolás,

Angolul 'buck converter' vagy 'step-down converter'

Működési elve dióhéjban

- amikor a kapcsolóelemet bekapcsoljuk, az áramerősség $dI = U_{be} - U_{ki}L \cdot t_{bekapcs}$ mértékben növekszik.
- amikor a kapcsolóelemet kikapcsoljuk, az áramerősség $dI = U_{ki}L \cdot t_{kikapcs}$ mértékben csökken.

Ha négyszögjeles vezérlésben gondolkozunk, a kitöltési tényező $k = t_{bekapcs} / (t_{bekapcs} + t_{kikapcs})$



Nyitóüzemű kapcsolóüzemű tápegység. Azaz transzformált tápfeszültségű feszültségcsökkentő alkapcsolás. Angolul forward converter.

Érdekességképp megemlítendő, hogy ha az így létrejövő áramhullámosság kisebb, mint a terhelőáram, akkor a tekercsben folyamatos folyik az áram. Ekkor elmondható, hogy $U_{ki} = U_{be} \cdot \text{kapcsolójel_kitöltési_tényezője}$. Azaz például ha 12 volt a bemenőfeszültség és 1/3 ideig van bekapcsolva a kapcsoló, 2/3 ideig kikapcsolva, akkor (a dióda nyitófeszültségét és ohmos veszteségeket nem számolva) 4 V lesz a kimenőfeszültség függetlenül a terhelőáram mértékétől.

Ha a tekercsben az áramhullámosság meghaladja a terhelőáramot és a tekercsben ezáltal a folyamatos áramfolyás megszakad, akkor elmondható, hogy minél kisebb a terhelőáram, annál jobban fogja közelíteni a kimenőfeszültség a bemenőfeszültség értékét. Ez ellen kétféle megoldással lehet védekezni:

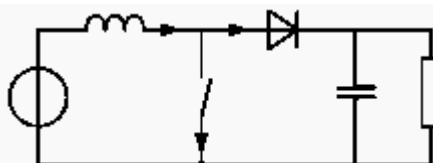
1. szabályozó elektronikával a kitöltési tényezőt csökkenteni,
2. vagy egy beépített terhelőellenállással biztosítani a minimális terhelőáramot.

Ha a tekercsben a folyamatos áramfolyás fennáll, akkor $U_{ki} = U_{be} \cdot k$

A jobb oldalon látható **nyitóüzemű tápegység** valójában egy feszültségcsökkentő alkapcsolásra vezethető vissza, ám a kapcsolóelem által megszaggatott áram először $N2/N1$ arányban transzformálásra kerül. Mivel a tekercsben is gerjed mágneses tér, amely a kapcsolóelem megszakításakor a kapcsolóelemen nagyfeszültséget gerjesztene, ennek visszavezetésére szolgál a 3. tekercs a diódával, továbbá a kapcsolóelemet is célszerű megvédeni RC körrel a túlfeszültség ellen.

Feszültségnövelő kapcsolás

Angolul boost converter illetve step-up converter a neve.



Feszültségnövelő alkapcsolás

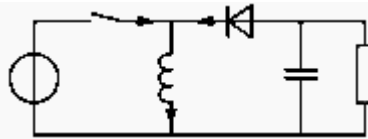
Működési elve dióhéjban

- amikor a kapcsolóelemet bekapcsoljuk, az áramerősség $dI = U_{be}L \cdot t_{bekapcs}$ mértékben növekszik.
- amikor a kapcsolóelemet kikapcsoljuk, az áramerősség $dI = U_{ki} - U_{be}L \cdot t_{kikapcs}$ mértékben csökken.

Ha a tekercsben a folyamatos áramfolyás fennáll, akkor $U_{ki} = U_{be} \cdot (1 + 11 - k)$

Invertáló kapcsolás

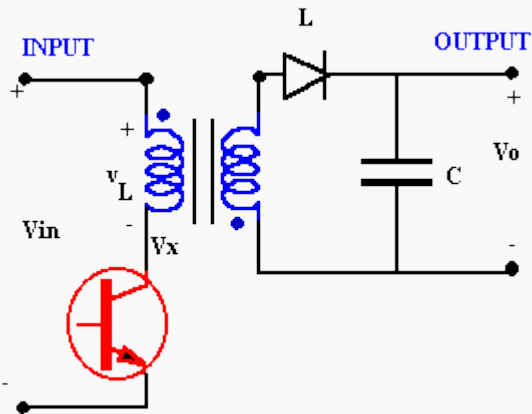
Angolul buck-boost converter a neve.



Invertáló alkapcsolás

Működési elve dióhéjban

- amikor a kapcsolóelemet bekapcsoljuk, az áramerősség $dI = U_{be}L \cdot t_{bekapcs}$ mértékben növekszik.
- amikor a kapcsolóelemet kikapcsoljuk, az áramerősség $dI = U_{ki}L \cdot t_{kikapcs}$ mértékben csökken.



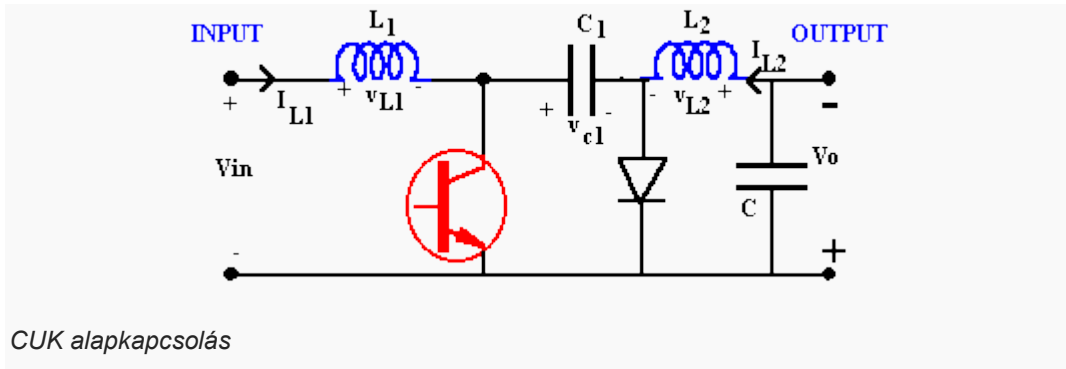
Záróüzemű kapcsolóüzemű tápegység, amely valójában egy galvanikusan elválasztott invertáló alkapcsolás. Angolul flyback converter

A kimenőfeszültség negatív lesz. Itt is elmondható, hogy amíg a tekercsben a folyamatos áramfolyás fennáll, addig a kimenőfeszültség a kitöltési tényezőtől függ csak, a terhelőáramtól az ohmos veszteségeket leszámítva nem. Ekkor $U_{ki} = -U_{be}1 - k$

A záróüzemű tápegység valójában egy galvanikusan elválasztott invertáló alkapcsolás. A működési elvéből következik, hogy ebben az esetben az átvivendő energiát a transzformátornak kell tárolnia mágneses energia formájában, ezáltal nagyobb méretű a záróüzemű tápegység transzformátora, mint ami a nyitóüzemű tápegységhez lenne szükséges.

A menetszám áttétel záróüzemű tápegységeknél csak azt határozza meg, hogy a kapcsolóelem zárásakor a diódán mekkora záróirányú feszültségterhelés jelenik meg illetve a kapcsolóelem nyitásakor a primer tápfeszültséghez hozzáadódva mekkora feszültségterhelés éri a kapcsolóelemet.

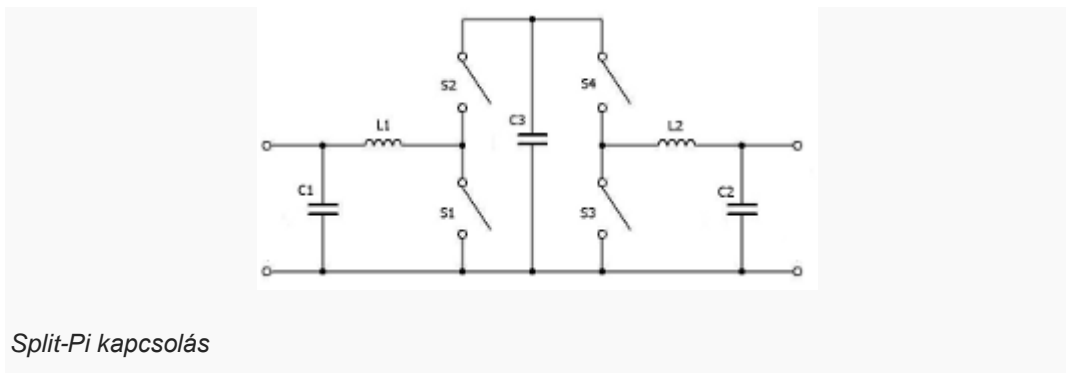
CUK kapcsolás



CUK alapkapsolás

A kapcsolóüzemű tápegységek egy érdekes változata a CUK kapcsolás, amely az L_1 tekercsben tárolt energiát a C_1 kondenzátoron keresztül juttatja át. A kapcsolóelem nyitásakor az energia feszültségnövekedés formájában a kondenzátorra jut, amely túoldalán a töltések a diódán, mint párhuzamos egyenirányító elemen keresztül a föld felé távoznak. A kapcsolóelem zárásakor a kondenzátor bal oldalán leeső feszültség a jobb oldalról is töltést von el, amely a simítótekercsen és a kimeneti szűrőkondenzátor által simítva negatív egyenfeszültséget eredményez.

Split-Pi kapcsolás



Split-Pi kapcsolás

Az ábrán látható elrendezés egy olyan megoldás, amely mindkét feléről nézve **feszültségnövelő alapkapsolással** indít, majd **feszültségcsökkentő alapkapsolással** folytat.

A kapcsolás feladatát, azaz hogy a bal oldalról táplál energiát a jobb oldalra, vagy fordítva, azt kizárólag a kapcsolóelemek vezérlése dönti el. A kapcsolás legnagyobb feszültségű eleme a C_3 kondenzátor.

Az induktivitás méretezéséről

Minél nagyobb az induktivitás, annál kisebb az áramhullámosság ugyanazzal a kapcsolójellel. A nagy induktivitás kivitelezése ellen azonban több tényező szól:

- a vasmagra ha több menetet tekercselünk, akkor kisebb áram hatására fog telítésbe menni, így nagyobb vasmag kell.
- a sokmenetes tekercsben a rézvesztés is jelentősebb lesz.
- nagy induktivitás következménye a nagy és nehéz tekercs.

Ha pedig túl kicsi az induktivitás, akkor nagy lesz az áramhullámosság. Ez két dolgot von maga után:

- nagyobb kondenzátor kell, hogy ugyanakkora maradjon a kimenőfeszültség hullámossága,
- ha nem szabályozott tápegységről (vagy közös szabályozóval rendelkező több kimenetes tápegységről) beszélünk, akkor a minimum áramterhelést nagyobbra kell venni, hogy a kimenőfeszültség a fogyasztó levételekor ne szaladjon meg.

A meghajtókörrel

A fenti ábrákon bemutatott kapcsolások kivétel nélkül egyetlen kapcsolóelemet tartalmaznak.

- Transzformátor alkalmazása esetén lehet ellenütemű meghajtást is készíteni.
- Ellenütemű nyitóüzemű tápegység esetén a 3., diódával a tekercs energiáját visszatápláló védelmi áramkör tulajdonképp az ellenüteműt megvalósító félvezetővel (esetleg már a tokozáson belül) antiparallel kötött diódával valósul meg. A szekunder kört is ellenüteműre kell ekkor átalakítani, amely csapolt tekercs és még egy diódás részt jelent. A fojtó tekercs már közös.
- A transzformátorban csapolt tekercs helyett sima tekercs is jó primer oldalon, ha vagy dupla (földhöz képest pozitív és negatív) tápfeszültség áll rendelkezésre, vagy pedig a tekercsrel soros kondenzátorunk van, amelyet így hol feltöltünk, hol kisütünk.

A szabályozókörrel

PWM szabályozást célszerű alkalmazni. Transzformátoros, galvanikusan elválasztott megoldásnál többféle szabályozási módszer szokásos:

1. záróüzemű tápegység esetén primer oldalon a vezérlőkör, amely egy a trafóra tekert segédtekercs feszültségét mérve érzékeli a szekunder oldal feszültségét.
2. primer oldalon önregző tápegység, amely megtáplálva a szekunder oldalt, a szekunder oldalon található vezérlőelektronika segédtranszformátoron vagy

optocsatolón keresztül átveszi a tápegység teljesítményfélvezetőinek vezérlését.

3. primer oldalon marad a vezérlőkör, szekunder oldal feszültsége vagy szaggatott jellel vezérelt induktív csatolással vagy optocsatolós leválasztással kerül visszajelzésre.
4. Többkimenetű nyitóüzemű tápegységeknél (pl. PC táp) a transzformátor menetszám áttétele van jól kiszámolva és csak az egyik feszültségre (tipikusan +5V-ra) van a szabályozás megvalósítva. A csapalások diódás egyenirányítása után a fojtó tekercsek vasmagja közös.

További trükkök

Hatásfok növelése szinkronegyenirányítóval

Az egyenirányítást klasszikus szilíciumdióda helyett célszerű [schottky diódával](#) megvalósítani. Oka igen egyszerű: amíg a klasszikus szilícium diódának nagyobb áramon a nyitófeszültsége 0,7 volt, addig a schottky diódának mindössz 0,38 V. Ezáltal a diódán folyó áram hatására kevesebb energia alakul itt hővé, több energia jut a kimenetre.

Amennyiben kisfeszültségű (3,3 V vagy az alatt) tápegységet készítünk, célszerű még a schottky diódán eső feszültséget is megspórolni. Ezt nem olyan bonyolult megtenni: ha feltételezzük, hogy a tápegységben az induktivitás minden esetben folytonos vezetés állapotában lesz, akkor a kapcsolóelem lezárásával egyidejűleg a diódával párhuzamosan kötött kapcsolóelemet lehet lehet nyitni.

[MOSFET](#)-ből pedig kapható 0,01 ohm alatti csatornaellenállással rendelkező típus, amely azt jelenti, hogy 10 amperes áram esetén is töredéke a MOSFET-en eső feszültség a schottky dióda nyitófeszültségéhez képest.

Színuszjel előállítás

Feszültségcsökkentő áramkör hídkapcsolássá módosításával lehet olyan áramkört készíteni, amely a színuszjel mindkét irányát képes előállítani. Ennek egy bonyolultabb típusa a 3 félhidat és 3 induktivitást tartalmazó kapcsolás, amely segítségével megfelelő vezérlés esetén háromfázisú forgóteret lehet létrehozni például háromfázisú aszinkron motor számára.

PFC (Power factor correction)

A hálózati feszültség közvetlen diódás egyenirányítása, majd pufferkondenzátorba vezetése azt eredményezi, hogy csak a feszültség csúcsa körül fog folyni intenzív áram, azaz a terhelőáram nem szinuszos, felharmonikusokkal erősen terhelt.

Ennek kivédésére szokásos megoldás a passzív PFC, amely egy nagy induktivitású soros fojtót és a hálózat felől egy szűrőkondenzátort jelent. Ezáltal a nagyfrekvenciás

harmonikusok ki lesznek szűrve, a hálózat felől nézve szinuszosabb terhelés látszódik.

Aktív PFC pedig egy olyan, a szükséges tápfeszültségeket előállító kapcsolóüzemű tápegységünk elé épített másik kapcsolóüzemű tápegység, amely

- feszültségnövelő kapcsolat*
- a szabályozókörenek nem az a feladata, hogy fix kimenőfeszültséget gyártson, a kimenetére tett kondenzátor 230V-os hálózat esetén 350 ... 400 V közötti feszültségek között ingadozik.*
- a szabályozókörenek a valós feladata az egyenirányított, de nem szűrt szinuszos bemenőfeszültséggel arányos áramterhelés felvétele és azzal a kimeneti kondenzátor töltése.*
- a második tápegység fogja a 350 ... 400 V között változó kondenzátorból a szükséges feszültségeket előállítani.*

Visszatápláló áramkör

Az előző pontban ismertetett PFC módosított változata.

- 1. Az első tápegység feladata, hogy a generátor névleges impedanciájánál nem kisebb impedanciával terhelve minél több energiát pumpáljon a közbenső kondenzátorba.*
- 2. A második tápegység feladata a közbenső, feltöltött kondenzátorból az akkumulátor töltőáramának vagy a hálózati szinuszos feszültségnek megfelelő, azzal szinkronban előállított feszültség kibocsátása, visszatáplálása.”*

Idézés vége.

Építkezés

Az első kapcsolós tápunk. Építsünk előbb invertert!

Aki szeretne kapcsolós dolgokkal kísérletezni ne hálózati feszültséggel kezdje. Adok is egy kapcsolást, amellyel sok tapasztalat szerezhető. Ez egy DC-DC inverter. Olyan, mint a beteg ló esete. Kapcsolós is, nagy áramok is tudnak folyni, ráadásul nem ráz meg a nagy csodálkozás közben, amikor esetleg füstöl.

Alkalmas kapcsolásból olyat szerettem volna linkelni, amely elsőre működik. A TL497 könnyen beszerezhető, a kapcsolás semmi olyat nem tartalmaz, ami a vidéki alkatrészes boltokban nem kaphatóak.

Kedves kezdő barátaim! Aki érdemben nem érti, hogy ez a kapcsolás mire való, nem felkészült hálózati tápegység építésére! A fórumban hasonló kérdések szoktak jönni: Nem lehet kapni BYV79-et a boltban... Erre a problémára az ügynevezett kiváltás a megfelelő eljárás. Ehhez le kell tölteni a BYV79-es dióda adatlapját az internetről. Meg kell tudni állapítani mi ez az alkatrész:

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17525/PHILIPS/BYV79.html>

Rájövünk, hogy bár egy kicsi angol még kell az életünkbe, de alapvetően ez az eszköz egy TO220 tokozású nagy sebességű egyenirányító dióda. Lényeges paraméterei, hogy 100 voltos és 14 Amperes névlegesen. Ehhez hasonlót kell kutatni a boltban. Azonos elmélet alapján a BUZ10 kiváltható például IRF530-al. Kiemelném, hogy a hasonló kérdések zibbasztóak a fórumon.

A tekercset elméletileg méretezni és ellenőrizni kellene, de ha nincs olyan multiméter, amellyel az induktivitás ellenőrizhető, akkor is tudunk DC-DC invertert építeni, csak annak nem lesz olyan jó a hatásfoka. Egy számítógép táp szekunder oldalán található fojtóra tekerve 15 menet vezetékkel inverterünk működni fog.

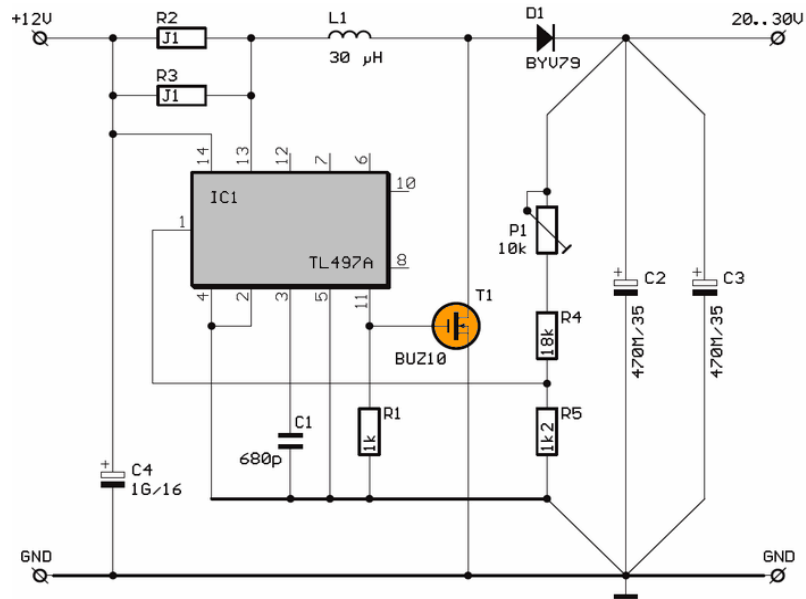
Megjegyzem, hogy Ebay-en kapható olcsón induktivitás mérő, így ha mérni szeretnénk a probléma megoldható:



6. sz. ábra. Induktivitás mérő kit Ebay-ről

Ez az a pont, amit érdemes oszcilloszkóppal vizsgálni. A jelek mérésével a C4 kondenzátoron, az R1 ellenállásokon, a tekercs után érdemben beleszokhatunk abba, hogy milyen jelekre kell számítani egy kapcsolós tápban. Aki oszcilloszkópot nem ér el, komoly nehézségekre számíthat egy beüzemelés során, ugyanis nem tudja ellenőrizni sem az üresjáratit sem a terheléses jelalakokat. Nem kell venni oszcilloszkópot. Olyan embert kell keresni akinek van és tud is vele mérni!

A két szemekkel érdemes megnézni, hogy a kapacitások elvi kötése is egy csomópontnak van jelölve. Ez nem véletlen. A konstruktőr kerüli a földhurkot és figyel az áram haladási irányára. Ilyen invertert használni lehet nyák fúró meghajtására, akkumulátor töltő építésekor és LED-ek meghajtásánál, tehát elég gyakori holmi.



7. sz. ábra. TL497 inverter kapcsolása (forrás: Google)

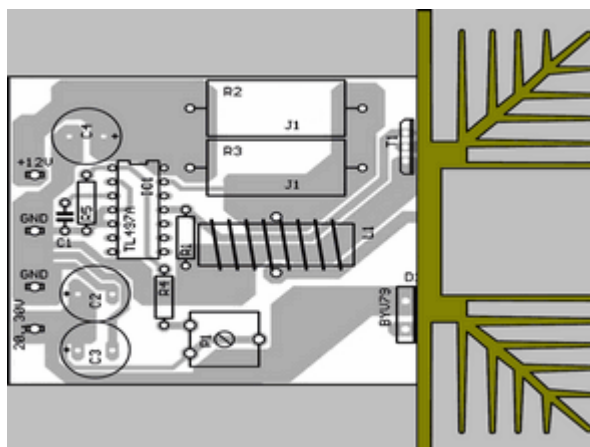
Ha az alkatrészeink összejötték, akkor érdemes csinálni egy nyákot. Erre alkalmas program a Sprint LAYOUT 6.0. Egyik nagy előnye, hogy a minta.jpg behúzható a háttér alá és úgy tudunk Gerber fájlokat készíteni, hogy effektíve tervezni nem kell a nyákot, csak másolni.

Sokszor kiszámoltam, hogy ha minden anyagot és időt egybe veszek, a nyákot csináltatni érdemes. Erre alkalmas helyszín a BME ETT labor. Elköltöztek a V1 épület alagsorába. Így dolgoznak:

https://www.youtube.com/watch?v=DcJ_a7K7vUM

A folyamat így működik:

1. Kitalálsz mit szeretnél gyártatni.
2. Megtervezed vagy bemásolod Sprintbe vagy hasonló programba.
3. Készítesz GERBER fileokat, és DRILL filet.
4. Kijelölöd mekkora legyen a nyák egy nem használt rétegen.
5. Elküldöd ajánlat kérésre. Itt kérj 15 napos átfutást, egy oldalas kialakítást és LÖT stop nélküli kivitt.
6. Ez a verzió még mindig nagyon jó minőségű óozott kifűrt nyákot eredményez olcsón.
7. Általában megvan hamarabb. Pár nap szokott lenni.
8. Érte mész, fizetsz és örülsz, vagy utalsz és postázzák.



8. sz. ábra. TL497 inverter beültetése (forrás: google)

Érdeemes megnézni, van-e konstrukciós gyengeség a nyákon. Látszik, hogy a borda és a nyák nincsen mechanikusan rögzítve. Saját példányomnál is zavart a dolog ugyanis letörök a tranzisztor lába. A korábbiak ismétlésekén érdemes csavarozható verziót keresni és a nyák méretét értelemszerűen megnövelni.

Ellenőrző kérdések:

- Milyen módon találja meg egy alkatrész kiváltóját?
- Mi az a Sprint Layout?
- Mi az a GERBER file?
- Mi az a DRILL file?
- Mondjon egy helyet, ahol tud gyári minőségű nyákot csináltatni!
- Ismertesse a házi NYÁK készítés módjait!
- Mire alkalmazható a DC-DC inverter?
- Elolvasta-e a TL-497 adatlapját?

Itt van ☺:

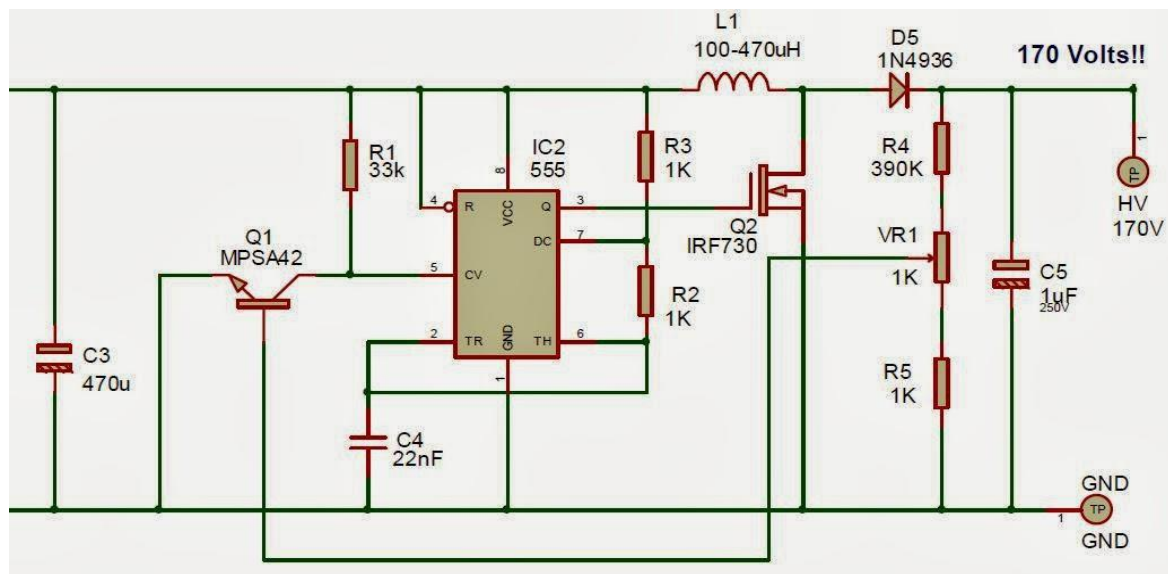
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl497a.pdf>

Építsünk invertert NIXIE csőhöz

Ha már tudunk építeni DC DC invertert akkor megpróbálkozhatunk magasabb feszültség elérésével is. Erre alkalmas példa a NIXIE óra tápegysége, amely stabil 170 Volt feszültséget képes generálni. Felhívnom a figyelmet hogy Google a barátunk. Tud segíteni abban, hogy hasonló konstrukcióból vagy tizedt össze hasonlítsunk.

Én ezt választottam:

<http://timewitharduino.blogspot.hu/2013/10/high-voltage-power-sources-for-tubes.html>



9. sz. ábra. 555-ös IC-vel felépített inverter Nixie órához

Érdeemes elkacérkodni a gondolattal, hogy képesek vagyunk-e nyákot tervezni egy ilyen kapcsoláshoz. Ha nem, akkor nem állunk készen arra, hogy hálózati tápegység nyákot tervezzünk.

Mit érdemes mérni? Első körben a kapcsolat megépítése után érdemes terhelés nélkül és terheléssel is tesztelni:

1. Bemenő feszültség és kimenő feszültség
2. Stabilitás a terhelés függvényében
3. Kapcsolási frekvencia
4. Jelalak az induktivitáson
5. Hatásfok

Az első hálózati kapcsolós tápunk: A Fly-Back TOP IC-vel

A következő kapcsolós tápunk: LORILACI tápja