

5./A. Mérés

2017.05.02

Soros disszipatív szabályozó analízise

5A/1. Elméleti áttekintés:

A manapság használatos elektronikai berendezések igénye a stabil tápfeszültség. Mivel a hálózati transzformátor kimenetén megjelenő, egyenirányításon és simításon áteső egyenfeszültség az előtanulmányok során már vizsgálásra került, jól látható volt, hogy a kimeneti feszültség értéke függött a terhelés nagyságától (ezen kívül függ a hálózati feszültség ingadozásától is). Mivel a legtöbb piaci forgalomban kapható készülékben található digitális áramkörök, mikrokontrollerek stb., ezért az ilyen rendszerek táplálásánál különösen fontos a stabil, terheléstől független kimeneti egyenfeszültség.

A komplex digitális rendszerek, például számítógépek áramfelvétele állandóan változik (pl.: CPU fogyasztása a terhelés függvényében), ezért **az egyenirányított, puffertelt DC kimenetre további feszültségszabályozót kell elhelyezni, melynek kimeneti feszültsége nem függ sem a hálózati zavaroktól, sem pedig a terhelés (hirtelen) változásától.**

Számos megoldás született ezen igény kielégítésére, ennek egy lehetséges módját láthattuk az előző mérésben LM723-as integrált áramkörrel. A gyakorlatban azonban nem mindig szükséges olyan nagy komplexitású és jól paraméterezhető áramkör, mint amelyek a 723-assal valósíthatók meg. Egyszerűbb alkalmazások esetén ismerni kell a lineáris szabályozók egy másik családját; a „háromlábú” szabályozókat.

Ide tartoznak például:

- LM317;
- LM338;
- 78xx széria (pl.: 7805, +5V stab; 7812, +12V stab. stb.);
- 79xx széria (pl.: 7909, -9V stab; 7924, -24V stab. stb.);
- TL431 (megfelelő kapcsolásban).

A felsorolt „stabkockák” jellemzően TO220 tokozásúak, azaz hűtőbordára csavarozhatóak a nagy disszipációjuk miatt. A lineáris, más néven soros disszipatív szabályozók nagy hátránya már ismert; a bemenet és a kimenet közötti feszültségkülönbséget a soros áteresztő tranzisztor elfűti, ezért rossz a hatásfokuk. Manapság az elektronikai piaci igények úgy változtak, hogy bármely elektromos berendezésnél már nem pusztán a villamos energia felvétel a szempont, hanem a hatásfok (η [görög éta]) is.

A soros szabályozók ezen hátrányát legcélszerűbb számítással reprezentálni:

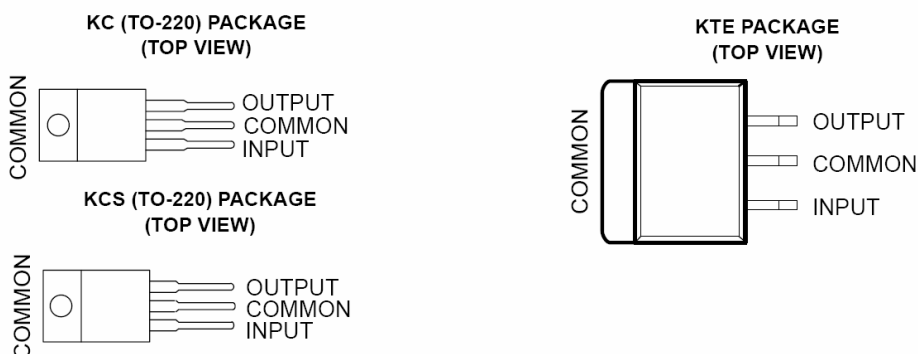
Kiindulási adatok:	Képletek:	Végeredmények:
$U_{be} = 15V$	1. Dropfeszültség:	$U_{drop} = 8V;$
$U_{ki} = 5V$	$U_{drop} = U_{be} - U_{ki}$	$P_D = 2,4W;$
$I_{ki} = 300mA$	2. Disszipáció:	$P_t = 1,5W;$
	$P_D = U_{drop} \cdot I_{ki}$	$P_{összes} = 3,9W;$
	3. Terhelés teljesítménye:	$\eta [\%] = 38\%$
	$P_t = U_{ki} \cdot I_{ki}$	
	4. Hatásfok:	
	$\eta[\%] = \frac{P_{összes} - P_D}{P_{összes}} \cdot 100\%$	

Az egyik **legelterjedtebb**, legegyszerűbb és **legolcsóbb soros feszültszabályozó**, melyet az elkövetkező mérés is taglal, a **7805-ös IC**. Különböző kapcsolási eljárásokkal változtatható értékű feszültséggenerátor, illetve áramgenerátor is készíthető belőle. Ezek egyszerűségének bemutatása, a működés korlátainak vizsgálata, hatásfok analízise a mérés célja. Fontos megjegyezni az áramköri viselkedés és a könnyed tervezés szempontjából, hogy a 7805 lényegében semmi mást nem csinál, pusztán az V_{OUT} és a COMMON (ADJUST) lába közti feszültséget stabilizálja 5V értékre!

A 7805-ös stabilizátor néhány paramétere:

- $U_{ref} = 5V;$
- $I_{kimax} = 1,5A$ (belső áramhatárolással);
- $U_{bemax} = 25V;$
- $U_{bemín} = 7V;$
- U_{be} felől érkező hullámosság elnyomása 62-78dB (120Hz-en);
- $I_{bias} = 4,2 - 8mA$. (Néha quiescent current-ként is hivatkoznak rá, I_Q , vagy I_0)

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection
- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

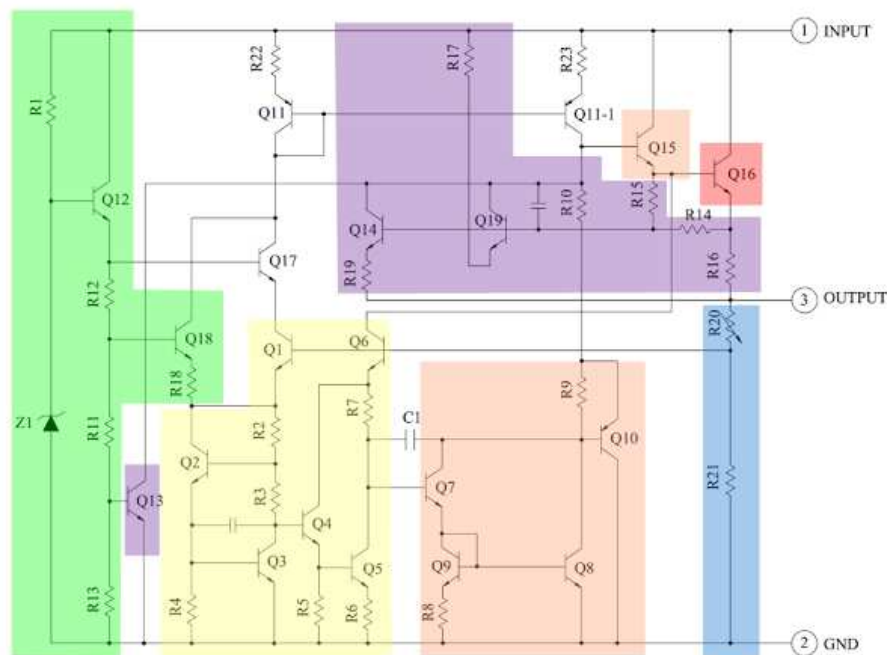


1. ábra: A 7805 lábkiosztása (Texas Instruments katalógus)

5A/2. 7805 felépítése és működése:

forrás: Ken Shirriff's blog 2014

A következő ábrán színekkel jelölésre kerültek a főbb funkcionális blokkok a 7805 szabályozón. A 7805-ös szíve egy nagy méretű tranzisztor, ami áteresztő fokozatként teremt kapcsolatot a bemenet és kimenet között, ezzel szabályozva a kimeneti feszültséget (Q16, pirossal jelölve). Ez a tranzisztor a félvezető szelet körülbelül felét foglalja el, amire azért van szükség, hogy az akár másfél amper áramot is elbírja. Különböző terhelhetőségű kiviteleknel ezen tranzisztor mérete is eltér.



2. ábra: 7805 belső felépítése

A bandgap referencia (citromsárga) az, ami stabil feszültségért felel. A kimeneti feszültség R20 és R21 ellenállások általi leosztottját fogadja a Q1 és Q6-os tranzisztor, nagy illetve alacsony feszültség esetén hibajelét küld a Q7-nek. A bandgap fő funkciója, hogy szolgáltatson egy stabil és pontos feszültségértéket még a chip nagy mértékű hőmérsékletváltozása esetén is.

A bandgap referencia hibajelét a narancssárgával jelölt erősítő erősíti. A felerősített jel a kimeneti tranzisztort vezérli Q15-ön. Ez zárja a negatív visszacsatolási hurkot, ami a kimeneti feszültséget szabályozza.

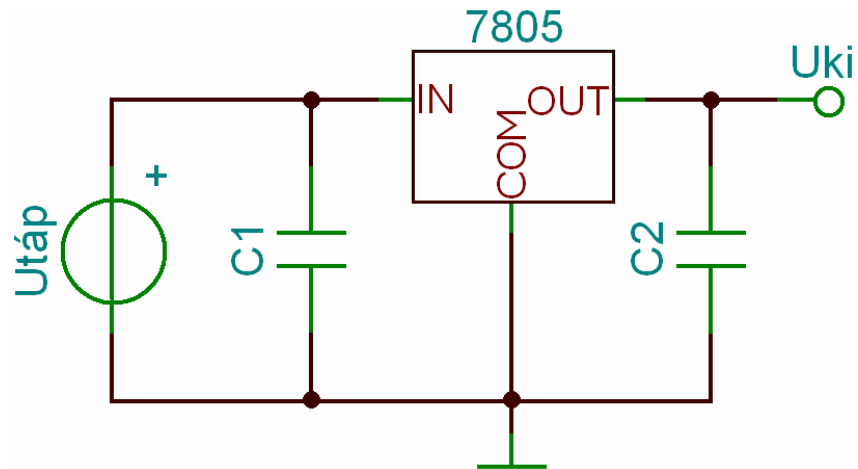
A zölddel jelölt indítóáramkör szolgáltat elegendő indítóáramot a bandgap körnek, így az nem reked meg egy kikapcsolt állapotban.

A lilával jelölt áramkör szolgáltat védelmet túlhevülés esetére (Q13), túlzott bemeneti feszültségre (Q19), és túlzott kimenő feszültségre (Q14). Hiba esetén ezek a körök csökkentik a kimeneti áramot, és szükség esetén kikapcsolják a szabályzót, hogy ne érje károsodás.

A kékkel jelölt feszültségosztó a kimeneti láb feszültségét a bandgap referencia számára. Érdekesség a kivitelezésben, hogy a 78XX családba tartozó különböző chipek különböző feszültséget állíthatnak elő, (például 7812-es 12V-ot, 7824-es 24V-ot). Különböző szabályzók esetén az R20 „potenciométer” változtatható kontaktusának („csúszkájának”) a helyzetét kell megváltoztatni, ezáltal annak értéke változik, ezzel a szabályzó kimeneti feszültsége is.

5A/3. Mérési feladatok:

I. Alapkapcsolás:



3. ábra: 7805 alapkapcsolás

Méréshez szükséges adatok:

$U_{be} = 7-25V$;

Áramkorlát $\approx 200mA$;

$C_1 = 100nF$;

$C_2 = 100nF$;

$R_t = 470\Omega$ potenciométer.

Mérési utasítások:

1. Valósítsa meg a szabályozó alapkapcsolását a 3. ábra alapján!

2. Mérje meg a kapcsolás üresjárási kimeneti feszültségét ($U_{be} = 10V$)!

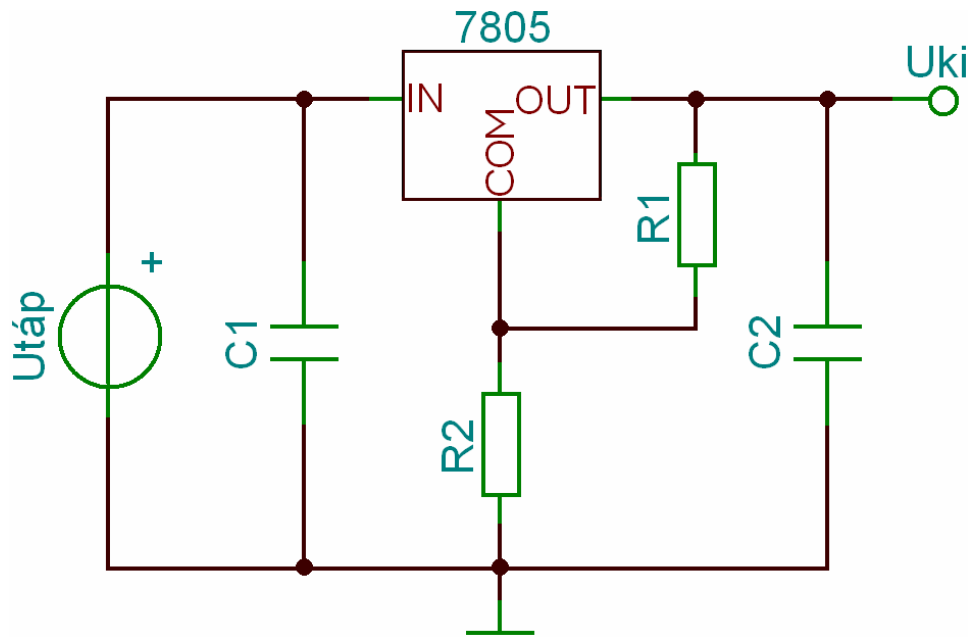
3. Mérje meg a stabkocka I_{bias} áramát! Állítsa a bemeneti feszültséget 7-25V-ig voltonként, és jegyezze ezen áramérték változását!

4. Mérje meg a minimális dropfeszültség értékét ($U_{szaturációs} = U_{bemin} - U_{ki}$)! A mérést a kimeneti feszültség 1%-os esésénél értelmezze!

5. Csatlakoztassa R_t -t a kimenetre ($U_{be} = 10V$). Mérje a kimeneti feszültség- és áramértékeket. Vegye fel a kapcsolás $\Delta I_{ki} - \Delta U_{ki}$ karakterisztikáját (körülbelül 10mA léptékekben)! Határozza meg a szabályozó kimeneti dinamikus ellenállását! R_t esetleges melegedésére is legyen tekintettel!

6. Ábrázolja a rendszer hatásfokát I_{ki} (vagy P_t ; $U_{be} = 10V$), valamint U_{be} függvényében is ($U_{be} = 7-25V$, R_t értéke pl. 100 Ω)!

II. Eltolt munkapontú feszültségstabilizátor:



4. ábra: eltolt munkapontú feszültségstabilizátor

$$V_{out} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{bias} \cdot R_2$$

Bizonyos szabályzóknál I_{bias} értéke nagyon kicsi (pl.: LM317), így ezen esetekben az $I_{bias} \cdot R_2$ tényező elhanyagolható.

Méréshez szükséges adatok:

$U_{be} = 7-25V$;

Áramkorlát $\approx 200mA$;

$C_1 = 100nF$;

$C_2 = 100nF$;

$R_1 = 470\Omega$;

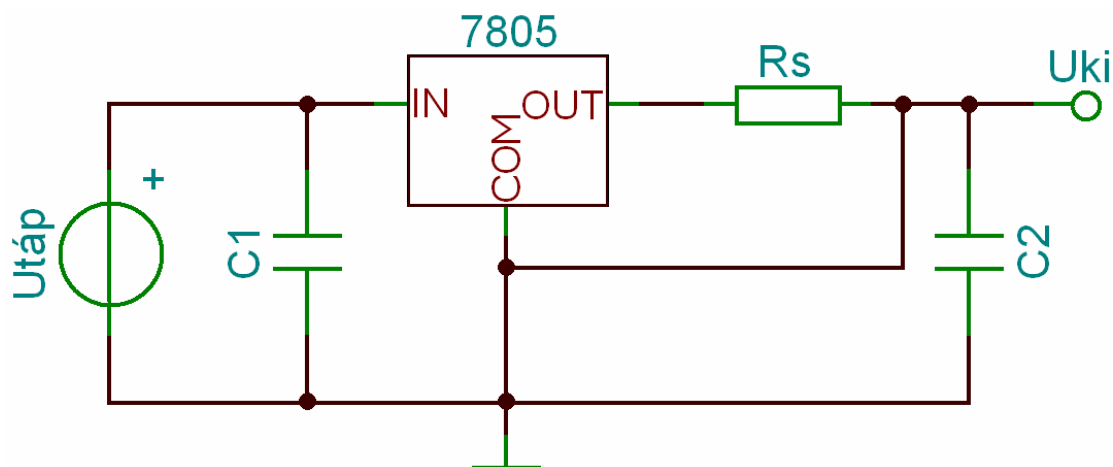
$R_2 = 1k\Omega$;

$Z_D = BZX5V1$.

Mérési utasítások:

1. Valósítsa meg a kapcsolást a 4. ábra alapján!
2. Mérje meg a kapcsolás üresjárási kimeneti feszültségét!
3. Mérje meg a kapcsolás kimeneti feszültségét R_1 és R_2 felcserélése esetén is!
4. R_2 ellenállást cserélje ki Z_D diódára, majd ismétlje meg a feszültségmérést! Mérje meg a dióda feszültségét is! (Ügyeljen a Zener-dióda előjelhelyes bekötésére!)

III. Áramgenerátor:



5. ábra: Áramgenerátor

Méréshez szükséges adatok:

$$U_{be} = 20V;$$

$$I_{bmax} \approx 200mA;$$

$$C_1 = 100nF;$$

$$C_2 = 100nF;$$

$$R_s = 33\Omega, \text{ majd } 100\Omega;$$

$$R_t = 470\Omega \text{ potenciométer.}$$

$$R_{tmax} = \frac{U_{be} - U_{szaturációs}}{I_{generátor}}$$

Mérési utasítások:

1. Valósítson meg egy áramgenerátort az 5. ábra alapján!

2. Számítással határozza meg I_{ki} értékét, majd méréssel igazolja mindkét ellenállás-érték esetében. Ehhez árammérővel zárja rövidre a kimenetet.

3. Csatlakoztassa R_t potenciométert a kimenetre, majd mérje meg R_{tmax} értékét, szintén mindkét esetben.

4. Számítással igazolja a kapott R_{tmax} ellenállásértékeket.

5A/2. Ellenőrző kérdések:

1. Ismertesse a 7805 belsejének főbb funkcionális blokkjait!
2. Rajzolja le a 7805-tel megvalósítható változtatható kimeneti feszültségű generátor kapcsolását!
3. Adja meg a kimeneti feszültség képletét feszültséggenerátor módban!
4. Rajzolja le a 7805-tel megvalósítható áramgenerátor kapcsolási rajzát!
5. Adja meg az áramgenerátoros üzemmód kimeneti áramának képletét!
6. Hogyan számolható / mérhető a veszteségi teljesítmény és a hatásfok?

5./B. Mérés:

Kapcsolóüzemű stabilizátor mérése

Mihalik Gáspár - Szabó Tamás

Mészáros András

2017.05.02.

1. Bevezetés

Az elektronikus áramkörök működtetéséhez 5-10% pontossággal előállított egyenfeszültség kell, ami a külső körülmények megváltozása ellenére is csak kis mértékben ingadozik. További követelmény, hogy a hálózati bűgófeszültség mértéke csupán néhány mV lehet.

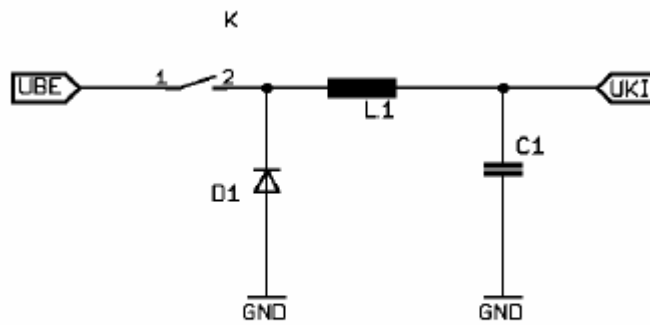
A lineáris szabályozású stabilizátorok vesztesége jelentős. Ennek oka, hogy az éppen nem szükséges feszültség az áteresztő tranzisztoron esik, melynek a terhelő árammal vett szorzata nagy (nagy disszipációs teljesítmény). Ezzel a környezetet melegíti, ami további problémákat és gazdaságtalan működést jelent. Mindezekből az is következik, hogy a kimeneti és a bemeneti feszültségek különbségét növelve, a lineáris stabilizátorok hatásfoka romlik, ugyanis az áteresztő tranzisztoron eső feszültség ekkor nő, így tehát a disszipált teljesítmény is nő.

A disszipálódó teljesítmény gyakorlatilag úgy csökkenthető, ha az áteresztő tranzisztor kapcsolóüzemben működik. Ekkor a teljesítmény szorzat áram-, vagy annak feszültség komponense kis értékű (elméletben zérus). Ehhez egy jól kitalált vezérlési eljárás szükséges, ami a kapcsolót működteti. Ezeket az áramköröket kapcsolóüzemű stabilizátoroknak/tápegységeknek (angolul **DC-DC converter**-eknek, vagy Switching Mode Power Supply-nak) nevezik. Lényegük, hogy két DC rendszer között teremtenek kapcsolatot.

A bementi és a kimeneti feszültség vagy áram aránya folyamatosan szabályozható, értéke lehet kisebb vagy nagyobb, mint 1 (!). Ezek a kapcsolások alapvetően négy elemből állnak: K teljesítménykapcsolóból, L energiatároló tekercsből, C simítókapacitárból és D visszafutó (szupresszor) diódából.

Az alapvető áramkörök több szempont szerint is csoportosíthatók: a kimeneti és a bemeneti feszültség aránya, az átalakítás módja, az energiaáramlás irányai szerint. Ebben a leírásban csak az egyirányú, kimeneti feszültségtáplálású, közvetlen átalakítók szerepelnek.

2.1. Feszültségcsökkentő átalakító



1. ábra. Feszültségcsökkentő kapcsolás

A **step-down** vagy buck átalakító kapcsolási rajza látható az 1. ábrán. Amíg a kapcsoló zárt, addig $U_L = U_{be}$ ¹. Ha a kapcsoló kinyit, akkor a tekercs árama megtartja eredeti irányát, és U_L addig csökken, amíg a dióda vezet. Az események időtartományban való leírásához a következő összefüggés szolgáltatja a kiindulást:

$$U_L = L \frac{dI_L}{dt} \quad (1)$$

A t_{be} bekapcsolási idő alatt a tekercsen $U_L = U_{be} - U_{ki}$ feszültség van, t_{ki} kikapcsolási idő alatt pedig $U_L = -U_{ki}$ feszültség jelenik meg². Az előző egyenletből az áramváltozás:

$$\Delta I_L = \frac{1}{L}(U_{be} - U_{ki})t_{be} = \frac{1}{L}U_{ki}t_{ki} \quad (2)$$

Ebből a kimeneti feszültség (ideális esetben; valós veszteségek és szórt elemektől mentesen):

$$U_{ki} = \frac{t_{be}}{t_{be} + t_{ki}}U_{be} = \frac{t_{be}}{T}U_{be} = pU_{be} \quad (3)$$

A p a kitöltési tényező. A kapcsolás abban az esetben működik így, ha $I_{ki} > I_{ki \min}$. Ezért fontos ennek meghatározása:

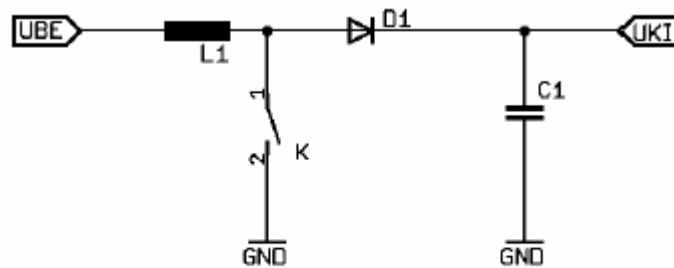
$$I_{ki \min} = \frac{1}{2}\Delta I_L = \frac{T}{2L}U_{ki} \left(1 - \frac{U_{ki}}{U_{be}}\right) \quad (4)$$

Abban az esetben, ha az előző feltétel nem teljesül, a kapcsolás nem folytonos üzemben működik. Ilyenkor az előzőekben leírt összefüggések nem, vagy csak némi módosítással igazak. Ennek az állapotnak az a legfőbb tulajdonsága, hogy a tekercs árama nulláig csökken, és bizonyos ideig ott is marad, majd onnan növekedni kezd, ellentétben a folyamatos üzemmél, ahol a tekercs árama egy bizonyos nullánál nagyobb érték körül ingadozik anélkül, hogy a nullát bármikor elérné.

¹ U_L a dióda katódján mérhető feszültség.

² Tehát a t_{be} a kapcsolótranszisztor bekapcsolt állapotának, t_{ki} pedig kikapcsolt állapotának ideje.

2.2. Feszültségnövelő kapcsolás



2. ábra. Feszültségnövelő kapcsolás

A **step-up** vagy boost átalakító kapcsolási rajza látható a 2. ábrán. Amíg a kapcsoló nyitott állásban van, $U_{ki} = U_{be} - U_D$. Ha a kapcsoló zár, a tekercsben energia halmozódik fel, ami a kapcsoló újbóli nyitásakor a kimenetre jut, ezzel növelve a bemeneti feszültséget:

$$U_{ki} = U_{be} + U_L - U_D.$$

Az előző pontban leírt összefüggések itt a következő módon számolhatók:

$$U_{ki} = \frac{T}{t_{ki}} U_{be} \quad (5)$$

$$I_{ki \text{ min}} = (U_{ki} - U_{be}) \frac{U_{be}^2 T}{U_{ki}^2 2L} \quad (6)$$

2.3. A kapcsolójel előállítása

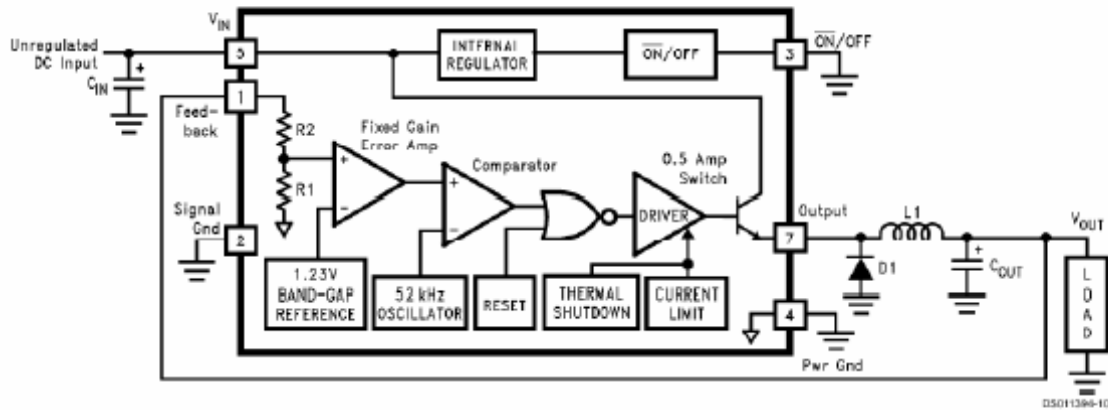
A kapcsolóüzemű áramköröknél alapvetően fontos a kapcsolótranszisztorok vezérlése. **A kapcsolójelnek olyannak kell lennie, hogy a bemeneti feszültségtől (Unregulated DC input) függetlenül a kimeneti jelnek állandó értéken kell maradnia.** Egy ilyen kapcsolás két blokból épül fel (ld. 3. ábra): a kimeneti feszültséget és a referenciafeszültséget összehasonlító áramkörből - más néven **hibajel-erősítóből**, és az erősített hibajelet egy nagy frekvenciás fűrészzel **összehasonlító** erősítóből (Komparátor).

A kimeneti jelet visszacsatolva (Feedback), az egy műveleti erősítőre jut, amelynek másik bemenetére a referenciafeszültséget vezetik. A különbségi jelet felerősítve viszik tovább a második blokkra, amelynek másik bemenetén a fűrészgenerátor (Oscillátor) található. **Ennek frekvenciája jellemzően $n * 10$ kHz, de kaphatók néhány MHz-en működő típusok is³.** A két blokk csatlakozására kötnek még egy aluláteresztő szűrőt. Ezzel csökkenthető a kimeneten jelentkező hirtelen változások keltette nem kívánt vezérlőjel ingadozások.

Ezzel a megoldással gyakorlatilag egy PI típusú szabályozóerősítő valósítható meg. A második blokk - a komparátor - kimenetén a tranzisztort vezérlő jel változó kitöltési tényezőjű négyszögjel (PWM), amely addig van magas szinten, amíg a hibaerősítő által létrehozott hibafeszültség értéke nagyobb, mint a fűrészgenerátor pillanatnyi feszültsége. Ha a hibajel értéke alacsonyabb a fűrészgenerátor értékénél, a kapcsolójel is alacsony állapotú.

³ A laborban mért áramkör működési frekvenciája 52kHz.

Block Diagram



R1 = 1k
 3.3V, R2 = 1.7k
 5V, R2 = 3.1k
 12V, R2 = 8.84k
 15V, R2 = 11.3k
 For Adj. Version
 R1 = Open, R2 = 0Ω
Note: Pin numbers are for the 6-pin DIP package.

3. ábra. Az LM2574 blokkdiagramja

2.4. Visszahatás a tápláló áramkörre

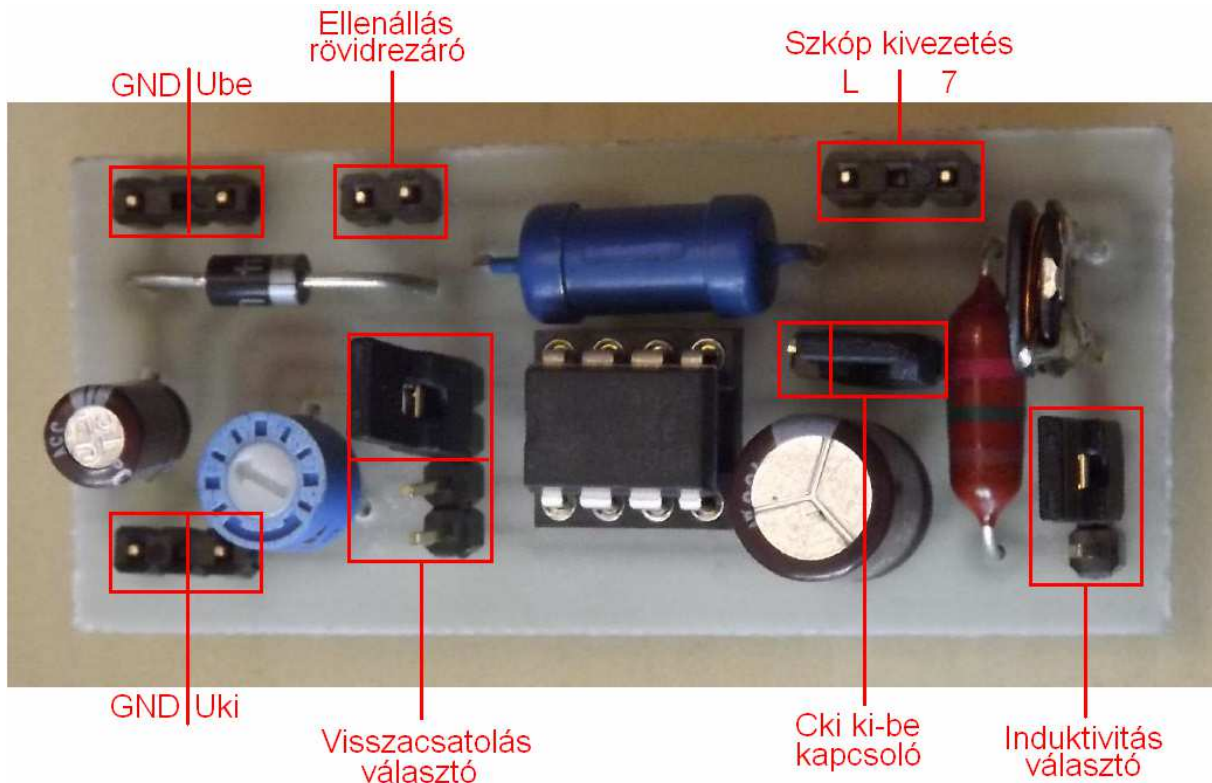
A kapcsolóüzemű áramkörök nagy hátránya, hogy a nagy frekvenciás kapcsolgatások miatt nem lineáris módon terhelik a tápláló áramkört, így arra jelentős mértékben visszahatnak. Ezt a visszahatást a λ (Power Factor) értékkel jellemzik. Ennek értéke ideális esetben egységnyi, de jellemzően ennél kisebb. A bemeneti jelalakot tekintve ez azt jelenti, hogy a bejövő áram nem szinuszos lesz, hanem torzul, felharmonikusok (a kapcsolójelből, illetve a bemeneti egyenirányító kondenzátorának töltéséből) jelennek meg benne. A teljesítménytényező lényegében a szinuszoság mértéke. (A power factor - teljesítménytényező elnevezés a szinuszos hálózatoknál tanult, a valós és meddő teljesítmény hányadosát kifejező fogalomból ered, annak egy általánosítása.) Főleg nagyobb teljesítményeknél fontos a teljesítmény-tényező korrekciója (PFC - Power Factor Correction). **Ennek két módja lehetséges: a passzív és az aktív PFC.** A passzív PFC egy megfelelően tervezett szűrő, ami a zavaró jelek táphálózatra való visszajutását akadályozza. Ezzel a megoldással 70% feletti PF érhető el.

A másik megoldás az aktív PFC használata. Ez tulajdonképpen az egyenirányító és a bemeneti pufferkondenzátor közé kapcsolt boost DC-DC átalakító, amely speciális vezérlést kap, figyelembe véve a bemeneti feszültség- és áram értékeket, ill. a kimeneti - szabályozott feszültséget. Ezzel a megoldással 98-99%-os PF is elérhető. Tekintve, hogy alkatrészigénye jelentős, a gyártók szívesen spórolják ki gyártmányaikból. Ez a tendencia azért veszélyes, mert különösen a régebbi táphálózatok null-vezetőinek méretezésekor ezt nem vették - nem vehették figyelembe. **A nagy mennyiségű felharmonikus miatt a nullvezetőn folyó áram túllépheti a kisebb ráhagyással tervezett vezeték áramterhelhetőségét, ami súlyos következményekkel járhat.**

3. Mérési feladatok:

3.1. Az mérendő áramkör:

Mivel A kapcsolóüzemű tápegységek visszacsatolása különösen érzékeny (gyakorlatilag mindenre), ezért ez a tápegység előre megépítésre került. A 4. ábra szerinti mérőáramkörön minden, az elkövetkező mérési pontokhoz szükséges funkciók megtalálhatók, így mindössze a panelra lesz szükség, melyet csupán egy terhelőellenállással kell kiegészíteni.



4. ábra: Mérendő áramkör

Az „Ellenállás rövidrezáró” jumper segítségével kiiktathatjuk az R_M mérőellenállást.

A „Szkóp kivezetés” mérési pontokon a bal oldali, L-el jelölt mérőpont a 6. ábra szerinti induktivitás és mérőellenállás találkozási pontja (CH2), a jobb oldali pedig az IC 7-es lába (6. ábrán CH1).

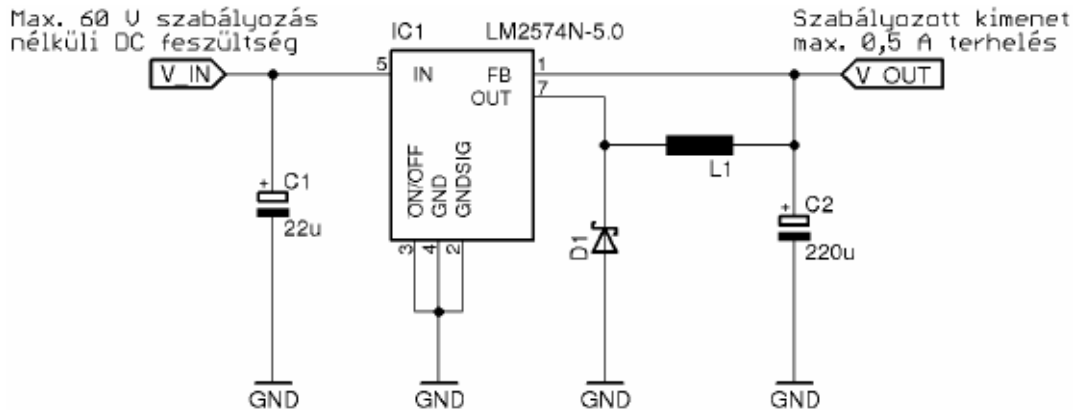
Az „Induktivitás választó” két induktivitásérték közötti választást tesz lehetővé. A kép szerint egy 100uH értékű, átjumperelés esetén egy 1.45mH értékű induktivitás kerül beiktatásra a step-down fokozatban. Az LM2574 adatlapján 330uH ajánlott, ehhez a 100uH jóval közelebb esik, melynek látható jelei lesznek az ide vonatkozó mérési pontokban.

A „ C_{ki} ki-be kapcsoló” lehetővé teszi a szűrőfokozat kondenzátorának leválasztását. A kép szerint a kimeneti kapacitás aktív, átjumpereléssel lehet elhagyni a kimenetről.

A „Visszacsatolás választó” a kimeneti feszültség visszacsatolásának módjai közti megválasztást teszi lehetővé. A kép szerint a jumper mellett található 1k Ω potenciométeren keresztül kerül leosztásra, egyúttal állíthatóvá a kimeneti feszültség, átjumperelés esetén a visszacsatolás „merek” lesz, azaz a kimenet közvetlen kapcsolódik a szabályozó FEEDBACK lábára; ekkor a kimeneti feszültség fixen 5V.

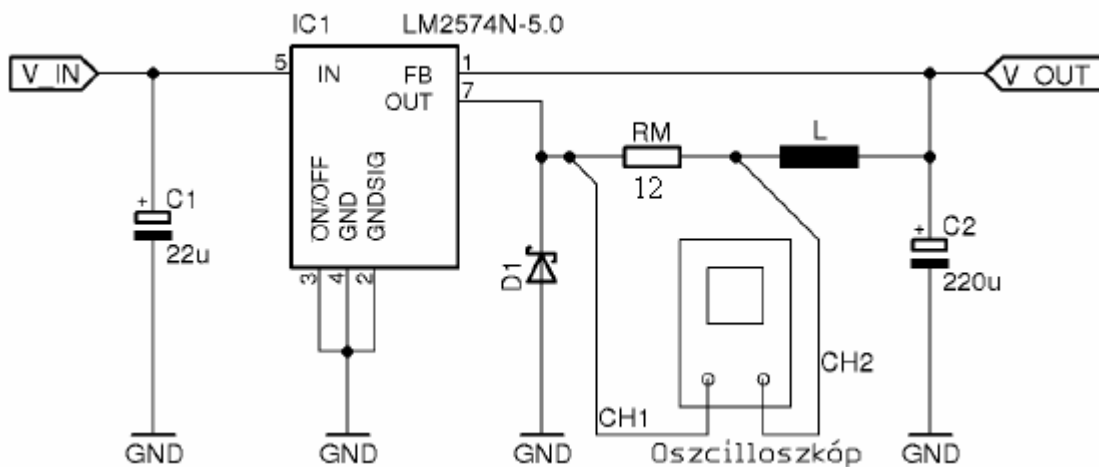
3.2. Feszültség jelalakok vizsgálata

A panelon szereplő ellenállást zárja rövidre. A visszacsatolás legyen merev. A terhelést válassza 50Ω értékűre, és kapcsolja az áramkör kimenetére! Állítsa be a bemeneti feszültséget 12V-ra, és mérje meg oszcilloszkóppal az áramkör 7-es lábán, majd az áramkör kimenetén a jelet pufferkondenzátorral, valamint anélkül is! A jegyzőkönyvben dokumentálja ezeket, és magyarázza meg a látottakat!



5. ábra: Mérési összeállítás

3.3. A tekercs áramának vizsgálata



6. ábra: A tekercs áramának mérése

Módosítsa a kapcsolást az 6. ábrán látható módon úgy, hogy a korábban rövidrezárt ellenállást most iktassa be a körbe, majd az „oszcilloszkóp kivezetések” között mérjen!

A terhelést hagyja változatlanul! Az oszcilloszkópot diff.⁴ módban használja! A mért jelalakból, és a mérőellenállás értéke alapján számolja ki az áram nagyságát, majd a jelalakot és a számítás eredményét rögzítse a jegyzőkönyvben! A mért jelalak maximális és minimális értékéből, ill. az ellenállás értékéből számítással határozza meg az áram maximális és minimális értékét. Mivel az ellenállás lineáris elem, az áram jelalakja megegyezik a feszültség jelalakjával. A mérést végezze el mindkét induktivitás esetében!

⁴ Differenciálós, különbségképző üzemmód: a két csatorna összegzése (ADD); CH2 invertálásával!

A bemeneti feszültséget kezdje el növelni, és nézze meg a tekercs áram jelalakjának változását! Ezt is rögzítse a jegyzőkönyvben - így szám szerint ebben a pontban három jelalakot rögzít ($d > 0,5$; $d = 0,5$; $d < 0,5$ - ahol d a kitöltési tényező)!

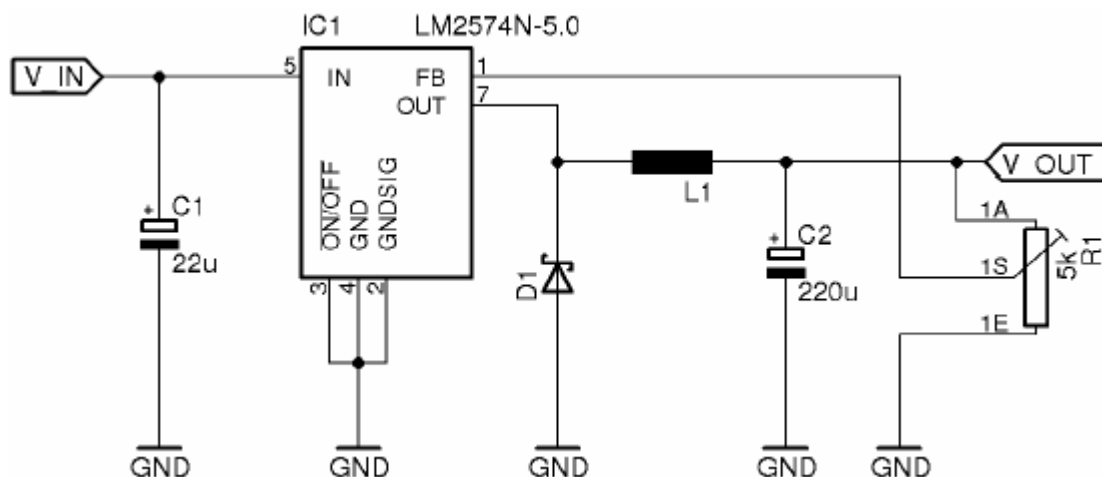
3.4. Kitöltési tényező

Az áramméréshez használt mérőellenállást távolítsa el a kapcsolásból, azaz zárja ismét rövidre! Az oszcilloszkópot kösse ismét az IC 7-es lábára (4. ábrán a bal szkóp kivezetés)! Állítsa be a bemeneti feszültséget 8, 10, 15, 20, 25 és 30V-ra, és jegyezze le a kitöltési tényezőket! Az eredményeket grafikusán is ábrázolja (U_{be} -d diagram)!

3.5. Hatásfok mérése

A bemenet és a kimenet áramait és feszültségeit is mérnie kell ennél a feladatnál. Ennek megfelelően kösse be a műszereket! A bemeneti feszültséget 7V-ra állítsa, és jegyezze le a bemeneti és kimeneti teljesítmények számításához szükséges adatokat! Növelje meg a bemeneti feszültséget 10, 15, 20, 25 és 30V-ra és jegyezze le az adatokat! A teljesítményekből kiszámolható a hatásfok, amit ábrázoljon grafikusán a bemeneti feszültség függvényében!

3.6. Változtatható feszültségű stabilizátor



7. ábra: Változtatható kimeneti feszültségű stabilizátor

A fix feszültségű stabilizátor átalakítható változtatható feszültségűvé. Ehhez csak egy potenciométerre van szükség, amit megfelelően kell csatlakoztatni az áramkörhöz. Lényege, hogy a kimeneti feszültséget leosztva vezeti a visszacsatolási pontra. Mivel az áramkör úgy szabályoz, hogy a visszacsatolt feszültség 5V legyen, az osztásarány változtatásával tetszőlegesen növelhető a kimeneti feszültség.

Alakítsa át a kapcsolást az 1k Ω -os potenciométer segítségével változtatható feszültségűre a 7. ábra szerint (a 4. ábra szerint kösse át a visszacsatolás választót)! Terhelésként 100 Ω -os ellenállást állítson be a kimenetére. 15V-os bemeneti feszültség mellett állítson be 8, 10 és 14V-os kimeneti feszültséget, miközben a 7-es ponton mérje folyamatosan a jelalakot. A mérést mindkét induktivitással, valamint kimeneti pufferrel és anélkül is végezze el. Az eredményeket jegyezze le a jegyzőkönyvbe!

4. Ellenőrző kérdések

1. Ismertesse a kapcsolóüzemű tápegységek alapelvét!
2. Ismertesse a kapcsoló üzemű tápegységek legfőbb hátrányát!
3. Ismertesse a kapcsoló üzemű tápegységek előnyeit a lineárisokkal szemben!
4. Foglalja össze a PFC szerepét a gyakorlatban!
5. Hasonlítsa össze az aktív és a passzív PFC-ket!
6. Rajzoljon fel egy feszültségnövelő és egy feszültségcsökkentő alapkapcsolást!
7. Milyen módokon lehet visszacsatolni a kimeneti feszültséget?