

Igyekeztem figyelembe venni a tervező ajánlásait, illetve Proli007 magyarázatait, de ezzel együtt is lehetnek tévedések a leírtakban. A számítások elviek, a tényleges alkatrészek értékszórásai miatt a valóságban lehetnek eltérések.

Példaképpen állítsuk be az alábbi értékek eléréséhez szükséges alkatrészértékeket (**FONTOS, ezek az értékek szándékosan eltérnek a kapcsolási rajzon lévő határoktól!**).

$$U_{KI_{max}} = 40 V \text{ és } I_{KI_{max}} = 2 A$$

1. Mekkora legyen a trafó feszültsége és terhelhetősége?

Alapesetben egy kívánt kimeneti feszültségmaximumhoz határozzuk meg a szükséges szekunderfeszültséget. Itt említem meg, hogy az elektronika saját működése 24V-ról történik, ezért ettől kisebb feszültséget ne válasszunk. Mivel a trafók nem egyformák, különböző feszültségeseket produkálnak, ezért elkerülhetetlenül szükség van egy kis saccolásra.

A bemeneti feszültség (U_{C1}) értéke nagyobb a kimeneti feszültség (U_{KI}) maximumánál, mert az áteresztőfokozaton is esik feszültség, és a stabilitás miatt is szükséges egy kis tartalék. Javaslatom szerint ezt kb. 5V-al érdemes kalkulálni, ami már elég tartalékot jelent, de még nem okoz indokolatlan hőtöbbletet.

$$U_{C1} = U_{KI} + 5 V = 40 V + 5 V = 45 V.$$

A váltakozó feszültségből esik kb. $2 \cdot 0,7 V$ az egyenirányító hídon, majd ennek $\sqrt{2}$ -szeresére töltődik fel a pufferkondi (C_1).

$$U_{C1} = (U_{AC} - (2 \cdot 0,7 V)) \cdot \sqrt{2} \text{ ebből}$$

$$U_{AC} = \frac{U_{C1}}{\sqrt{2}} + 2 \cdot 0,7 V = \frac{45 V}{\sqrt{2}} + 2 \cdot 0,7 V \approx 33,3 V$$

Van egy kis huncutság/bizonytalanság, mert a trafókat elég vegyes módon méretezik. Általában igyekeznek azt elérni, hogy névleges terhelés mellett, a névleges hálózati feszültséget feltételezve essen vissza a szekunder feszültség a kívánt értékre. Ebből az következik, hogy üresjáratban magasabb a szekunder. Azért fontos ezt tudni, mert ha üresjáratban mérünk egy trafót, akkor a

szekunderfeszültség még biztosan esni fog terhelés hatására, de ennek pontos mértéke csak próbával tudható meg.

A trafó szekunder tekercsének terhelhetősége minimum a kívánt kimeneti áram maximumával legyen egyenlő.

Ha több tápegységet is készítünk, akkor azok mindegyikének külön szekunder tekercsre van szüksége, mert csak így lehet majd azok kimeneteit szabadon egymáshoz kapcsolni.

Akkor van megfelelő trafónk, ha az U_{C1} feszültség, I_{max} árammal történő terhelés esetén sem esik a számított érték (itt most 45 V) alá.

A fenti gondolatmenet alapján, könnyedén megfordíthatjuk a dolgot, és egy adott trafóhoz is jó közelítéssel meghatározhatjuk az elérhető kimeneti határértékeket.

2. Z_3 jelű dióda áramának beállítása R_2 értékének meghatározásával.

A tervező 10-15mA tartományt javasol zéner áramnak, ezért legyen a indulási érték $I_{Z3} = 12,5 \text{ mA}$, amivel számolva

$$R_2 = \frac{U_{C1} - U_{Z3}}{I_{Z3}} = \frac{45 \text{ V} - 24 \text{ V}}{12,5 \text{ mA}} = 1,68 \text{ k}\Omega \rightarrow 1,8 \text{ k}\Omega.$$

(Vegyük észre, hogy az áramot mA -ben írtam be ezért az eredmény $\text{k}\Omega$ lett.) A szabványos értékkel visszaszámolhatunk milyen tényleges zéneráram várható

$$I_{Z3} = \frac{U_{C1} - U_{Z3}}{R_2} = \frac{45 \text{ V} - 24 \text{ V}}{1,8 \text{ k}\Omega} \approx 11,67 \text{ mA},$$

ami a kívánt tartományon belül van. (A tényleges zéner áram az IC áramfelvétellel kisebb!)

3. A referencia feszültség értékét nem kell módosítani, de számításának módja a következő.

$IC1/1$ műveleti erősítő akkor van nyugalomban, ha a két bemenetén egyforma a feszültség. Ebből következik, hogy

$$U_{Z1} = U_{R8} = 6,8 \text{ V} \text{ és } I_{R8} = \frac{U_{R8}}{R_8} = \frac{6,8 \text{ V}}{22 \text{ k}\Omega} = 0,309 \text{ mA}.$$

Ugyanez az áram folyik R_6 ellenálláson is ($I_{R8} = I_{R6}$), ezért azon

$$U_{R6} = I_{R6} \cdot R_6 = 0,309 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega = 3,09 \text{ V}.$$

A referenciafeszültség azonos a műveleti erősítő kimeneti feszültségével, ami az R_6 és R_8 ellenállások feszültségeinek összegével egyenlő.

$$U_{ref} = U_{\langle 1 \rangle \text{ láb}} = U_{R_6} + U_{R_8} = 3,09 \text{ V} + 6,8 \text{ V} = 9,89 \text{ V}.$$

A zéner áramát (I_{Z1}), R_1 ellenállás állítja be, nagysága az azon folyó árammal azonos.

$$I_{Z1} = I_{R1} = \frac{U_{R_6} + 5,1}{R_1} = \frac{3,09 \text{ V} + 5,1 \text{ V}}{2,2 \text{ k}\Omega} = 3,723 \text{ mA}.$$

Ismét hangsúlyozom, ezt a részt nem kell módosítani, csak a referenciafeszültség ismerete miatt írtam le.

4.

Kimeneti feszültség-maximum beállítása.

$IC1/4$ műveleti erősítő is akkor van nyugalomban, ha a két bemenetén egyforma a feszültség. A 12-es lábon maximum a referencia feszültség jelenhet meg, ami akkor áll elő ha P_4 rövidzár és P_2 maxra van tekerve. De nekünk egy olyan állapotot célszerű elérni, ahol a trimmer középállásában ($P_4 = 2,5 \text{ k}\Omega$) érjük el a maximális kimeneti feszültséget, tehát a referenciának csak egy leosztott részével számolunk. Így a 12-es láb max. feszültsége:

$$U_{\langle 12 \rangle \text{ láb}} = \frac{U_{ref} \cdot P_2}{P_4 + P_2} = \frac{9,89 \text{ V} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{2,5 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} = 7,912 \text{ V}.$$

Azt kell elérnünk, hogy R_3 és R_9 osztásaránya olyan legyen, ami a maximális kimeneti feszültséget feltételezve, a 13-as lábra is éppen ekkora feszültséget juttat ($U_{\langle 12 \rangle \text{ láb}} = U_{\langle 13 \rangle \text{ láb}} = U_{R_9}$).

Az osztón folyó áram:

$$I_{R_9} = \frac{U_{R_9}}{R_9} = \frac{7,912 \text{ V}}{47 \text{ k}\Omega} = 0,168 \text{ mA}.$$

Ugyanekkora áram folyik R_3 ellenálláson is, tehát

$$R_3 = \frac{U_{KI\text{max}} - U_{R_9}}{I_{R_3} (= I_{R_9})} = \frac{40 \text{ V} - 7,912 \text{ V}}{0,168 \text{ mA}} = 191 \text{ k}\Omega \rightarrow 180 \text{ k}\Omega.$$

A választott szabványos értékkel visszaszámolhatunk, hogy a trimmer két végállásában milyen kimeneti feszültségmaximumok között tudunk szabályozni.

Ha $P_4 = 0 \text{ k}\Omega \rightarrow U_{(12)\text{láb}} = U_{ref} = 9,89 \text{ V}$ amiből

$$U_{ki} = U_{(13)\text{láb}} \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_9}\right) = 9,89 \cdot \left(1 + \frac{180}{47}\right) = 47,77 \text{ V, illetve}$$

ha $P_4 = 5 \text{ k}\Omega \rightarrow U_{(12)\text{láb}} = \frac{U_{ref} \cdot P_2}{P_4 + P_2} = \frac{9,89 \text{ V} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{5 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} = 6,593 \text{ V}$ amiből

$$U_{ki} = U_{(13)\text{láb}} \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_9}\right) = 6,593 \cdot \left(1 + \frac{180}{47}\right) = 31,84 \text{ V.}$$

Tehát ha $R_3 = 180 \text{ k}\Omega$, akkor a kimeneti feszültség maximumát a fenti határok között tudnánk beállítani ($31,84 \text{ V} < U_{ki} < 47,77 \text{ V}$), de a felső értéknek határt szab a bementi feszültség.

5. Kimeneti áram-maximum beállítása.

IC1/3 műveleti erősítő „egyensúlyát” keressük, csak most fordítva közelítünk. A 9-es láb a GND-n van, ezért a 10-es láb is itt akar lenni, amit akkor érünk el, ha R_{10} és P_3 közép feszültségeinek összege éppen a referenciával egyenlő. R_{10} és P_3 közép árama azonos P_1 potméteren folyó árammal, illetve P_1 potméteren eső feszültség azonos a söntön eső feszültséggel. Ez a rajzon lévő 3db párhuzamos $0,68\Omega$ estén, $I_{KI\max} = 2 \text{ A}$ -t feltételezve:

$$U_{P1} = U_{(10)\text{láb}} = U_{sönt} = -I_{KI\max} \cdot \frac{R_X}{3} = -2 \text{ A} \cdot \frac{0,68 \Omega}{3} = -0,453 \text{ V.}$$

(Azért mínusz, mert a GND-hez képest negatív.)

$$I_{P1} = \frac{U_{P1}}{P_1} = \frac{0,453 \text{ V}}{10} = 0,0453 \text{ mA}$$

R_{10} és P_3 közép ellenállásokon is ez az áram folyik, ezért

$$R_{10} + P_3 \text{ közép} = \frac{U_{ref}}{I_{P1}} = \frac{9,89 \text{ V}}{0,0453 \text{ mA}} = 218,32 \text{ k}\Omega.$$

Itt egy pillanatra álljunk meg, és vegyük észre milyen kicsi részt tenne ki P_3 eredeti értéke a számított értékből ($5 \text{ k}\Omega$). Ha így maradna, akkor bármilyen pontos ellenállást is találnánk mellé, nagyon kicsi tartományon belül tudnánk csak szabályozni vele, ami tekintve a sönt várható értékszórását, aligha lenne elegendő. Ezért javaslom P_3 értékét $50 \text{ k}\Omega$ -ra módosítani („B módosítás” a rajzon).

Ezzel az értékkel számolva:

$$R_{10} = 218,32 - P_{3közép} = 218,32 \text{ k}\Omega - 25 \text{ k}\Omega = 193,32 \text{ k}\Omega \rightarrow 200 \text{ k}\Omega$$

Számoljuk vissza milyen határértékekre számíthatunk a trimmer két végállásában. Ehhez meghatározzuk $R_{10} + P_3$ áramát, majd ebből P_1 -en eső feszültséget, ami azonos a söntön esővel.

$$\text{Maximum: Ha } P_3 = 0 \text{ k}\Omega \rightarrow I = \frac{U_{ref}}{R_{10}} = \frac{9,89 \text{ V}}{200 \text{ k}\Omega} = 0,049 \text{ mA},$$

$$U_{P1} = U_{sönt} = I \cdot P_1 = 0,049 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega = 0,49 \text{ V},$$

$$I_{sönt} = I_{ki} = \frac{U_{sönt}}{R_x} = \frac{0,49 \text{ V}}{\frac{0,68}{3} \Omega} = 2,16 \text{ A},$$

$$\text{Minimum: Ha } P_3 = 50 \text{ k}\Omega \rightarrow I = \frac{U_{ref}}{R_{10}+P_3} = \frac{9,89 \text{ V}}{200 \text{ k}\Omega+50 \text{ k}\Omega} = 0,039 \text{ mA},$$

$$U_{P1} = U_{sönt} = I \cdot P_1 = 0,039 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega = 0,39 \text{ V},$$

$$I_{sönt} = I_{ki} = \frac{U_{sönt}}{R_x} = \frac{0,39 \text{ V}}{\frac{0,68}{3} \Omega} = 1,72 \text{ A}$$

Tehát ha $R_{10} = 200 \text{ k}\Omega$, akkor a kimeneti áram maximumát várhatóan a fenti határok között tudjuk beállítani ($1,72 \text{ A} < I_{ki} < 2,16 \text{ A}$).

6. Az R_x ellenálláson folyó áram csökkentése.

Nem tartozik szorosan a témához, de mivel a labortáp kimeneti áramának méréséhez kézenfekvő R_x ellenállást használni söntként, ezért az azon folyó „parazita” áramot alacsony szinten akarjuk tartani. Természetesen a parazita jelző csak a mérés szempontjából van, mert ez az áram hibaként jelentkezik (nulla helyett ezt az értékét mutatja a kijelzőnk, mikor valójában nincs terhelés a kimeneten.)

3 GND pontot lehet áthelyezni, a kimeneti paraméterek stabilitásának megőrzésével (narancs kéz mutatja). Ezek a Z_3 anódja, a LED katódja és R_{17} ellenállás. Ha ezeket a sönt elé tesszük, akkor közel 95%-al csökken az R_x -en folyó „alap” áram. Ami marad a referencia és a szabályzó részek árama, ami összesen alig több mint 1 mA . Ez minimális hiba a korábbi $10 \div 20 \text{ mA}$ -hez képest.

2012. szeptember 23.



Változások:

2026.02.22

Kiegészítettem a régi leírást az újabb verzióhoz.

- Egy lényeges intellem, mert idő közben szélsőséges igények is megjelentek a határértékeket illetően. Ez egy tisztán áteresztős tápegység, ezért a kimeneti feszültség és áram maximumának szorzata ne legyen több 100 W-nál. Már ezt a hőmennyiséget is csak nagyon jó hűtéssel lehet kezelni.
- A számítás nem változott, ez azonos a korábbival.
- Kicseréltem a kapcsolást
- A rajzon lévő mérőegységek 200 mV-os alapkijelzők. A mérési osztók értékeit ehhez számoltam ki.

Fontos!! A mérőegységeknek független táplálásra van szükségük, ezek sem egymással, sem a labortáp feszültségeivel nem lehetnek kapcsolatban (külön szekunderek).

- A 6-os pont már része a kapcsolásnak, csak azért hagytam a szövegben mert leírja az okokat.
- Proli javaslata hibás működés esetén a végfok külön tesztelésére.

A T1, T2, T3, T4, T5 egy végfokozatot alkot. Ennek feszültségerősítését az R22 és R12 határozza meg. $A_u = 1 + (R_{12}/R_{22}) = 1 + (3,3k/1,5k) = 3,2$. Ha a kimeneti feszültség 30 V, akkor a T1 emitterében $30V/3,2 = 9,37$ V feszültség van. A T1 bázisa, ennél 600 mV-al magasabb. Tehát az OPA 14-es kimeneti lábán nincs szükség nagyobb feszültségre, mint $9,37$ V + $0,6$ V = $9,97$ V. A végfokozat teszteléséhez, ha kivesszük a tokból az LM324-et, akkor az IC 14-es lábáról 0-10V-al közvetlenül vezérelhetjük a végfokozatot.

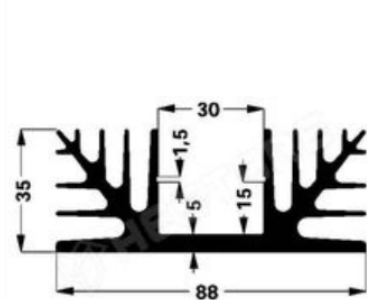
Ha pl. 5V-ot adunk erre a pontra, akkor $5-0,6) \times 3,2 = 14$ V körüli értékre számítunk a kimeneten.

- A hűtéssel kapcsolatban elvégeztem a HobbyElektronikán elérhető cikk szerinti számítást. **A hűtést érdemes túlméretezni, de a számítás segít abban mihez képest essünk túlzásba.**
 - A környezeti hőmérséklet: $T_A = 40$ °C (a dobozon belüli saccolt hőmérséklet)
 - 2N3055 lapka maximális hőmérséklete (katalógus adat): $T_J = 200$ °C (ez lesz a T_{MAX}).

- 2N3055 lapka és tokozás közti átmeneti hőellenállása (katalógus adat): $R_{JC} = 1,52 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
- A tranzisztor max feszültsége: $U_{CE} = U_{k_{\max}} + \text{kb. } 5 \text{ V ráhagyás} = 40 + 5 = 45 \text{ V}$
- 1 tranzisztorra eső áram: $I_C = I_{k_{\max}} / 3 + 30\% \text{ biztonsági tartalék}$ mert nem lesz azonos a megoszlás $= 2/3 \times 1,3 = 0,87 \text{ A}$
- 1 tranzisztor max. teljesítménye: $P_{TOT} = U_{CE} \times I_C = 45 \times 0,87 = 39,15 \text{ W}$
- 1 tranzisztor és a környezet közötti hőellenállás: $R_{HA} = (T_{\max} - T_A) / P_{TOT} - R_{JC} = (200 - 40) / 39,15 - 1,52 = 2,57 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
- Tehát olyan bordát kell választani, aminek ettől kisebb a hőellenállása, és ebből kell minden tranzisztorhoz. Általában közös bordára kerülnek a tranzisztorok ezért méretében (hosszában) kell 3-szorozni (és itt tudni kell, hogy ez egy durva és téves saccolás, mert a félvezetők egymást is melegítik, de hűtik is, mégis ki kell valamiből indulni). Például egy ilyen bordatípusból 120 mm hosszúság (37,5 x 3 felfelé kerekítve) már elegendőnek tekinthető, ha egyenletesen osztjuk el rajta a 3 tranzisztort. **A bordák hőelvonó képessége jelentősen fokozható, ha légáramlást hozunk létre, például ventilátorral.**

SK0837,5AL

Hűtőborda (TO-220, 2.5K/W)



Anyag: alumínium
 Kikészítés: nyers
 Főbb méretek: 88 x 35 x 37,5 mm
 Termikus tényező: 2,5 K/W
 Illeszkedés: TO-220, TO-66, TO-3

RoHS	igen
Gyártó	FISCHER

► Bővített forgalmazói/gyártói információk (EU 2023/988 rendelet)

Külön kérésre, a huzalozott változathoz rajzoltam egy lehetséges hűtési megoldást, ami érzékelteti nagyjából milyen méret és intenzitás ígéri az elvárt hatékonyságot. Ezt ötletadónak teszem csak ide, mert számos egyéb megoldást is elképzelhető, akár ettől sokkal jobbak is.

