

Kapcsolóüzemű tápegység uA723-mal

Nagymáté Csaba villamosmérnök, nmtecsaba@gmail.com

A minden tápegységek valaha volt Jolly-Jokerének, a 723-as IC-nek egy különleges szolgáltatásával már az előzmény közleményünkben [1] megismerkedhettünk. Jelen esetben pedig ezt az univerzális tokot visszaemeljük a jelen kor elektronikai vérkeringésébe, és kapcsolóüzemű tápegységet készítünk vele. Jelentősége még ma is nagy lehet, amikor jó hatásfokú, és nagyáramú feszültségcsökkentő tápegység megoldást keresünk. Különösen arra az esetre ajánljuk, mikor jelentős a különbség a bemeneti és a kimeneti feszültségérték között.

A kapcsolóüzemű stabilizátorok előnyeit a hagyományos soros, vagy sönstszabályozókkal szemben mindenki ismeri. Ezt a tényt az ismételt magyarázkodás helyett egy számszerű példával érzékeltetjük. Feltételezzük, hogy 28 V-os bemeneti feszültségünk van, a tervezett kimenet pedig 5 V-os, 1 A-es terhelés mellett. A hagyományos soros szabályozó áteresztő tranzisztorán ez esetben 23 V esik – és a folyamatos energiaáramlás miatt – 23 W teljesítményt is disszipál. A megoldás hatásfoka így legfeljebb 18% lehet. A kapcsolóüzemű stabilizátorokra a bemenőáram szakaszos áramlása a jellemző, így az áteresztő elem csupán annak bekapcsolási ideje alatt folyik áram. Tovább javítja a helyzetet, hogy a tranzisztor maga is kapcsolóüzemű beállításban dolgozik, így mindezeket figyelembe véve, a hagyományos kapcsolástechnikával 75%-os hatásfok is elérhető. (Megjegyezzük, hogy ha a bemeneti és kimeneti feszültségértékek közötti különbség kisebb, akkor a hatásfok növekedhet.)

De nézzük a történetet konkrétan, s vizsgáljuk meg az **1. ábra** szerinti kapcsolás működését! Előljáróban: a T tranzisztor – amely egy hagyományos kapcsolót modellez – csak kétféle üzemmódban dolgozik, vagy ki van kapcsolva, vagy telítésbe van vezérelve. Ez biztosítja, hogy a teljesítménydisszipációja minimális szinten tartható. Amikor T bekapcsol, akkor D dióda záróirányú feszültséget kap, nem vezet. A tekercsben meginduló li-

neárisan növekvő áram hatására gyorsan felépül a mágneses mező. Ez az áram a terhelésen folyik, s egyben tölti C kondenzátort. A hibajel-erősítő neminvertáló bemenetén pedig a feszültség a következőképpen alakul:

$$U_+ = U_{REF} + U_{be} \frac{R1}{R2},$$

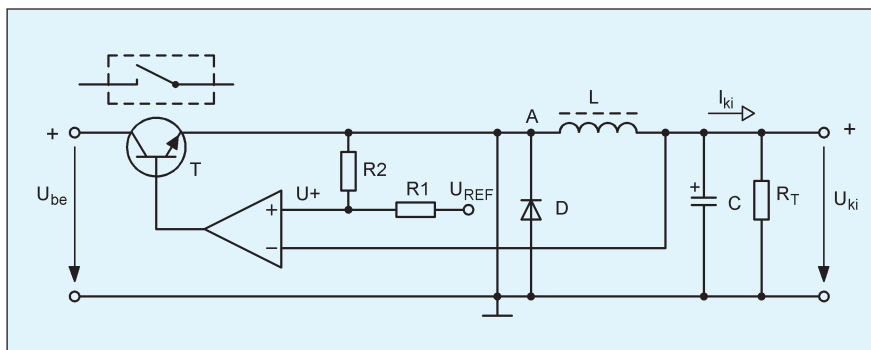
$$\text{ahol } U_{be} \frac{R1}{R2} = U_H.$$

Az összefüggésnél feltesszük, hogy $R2 \gg R1$, akkor az $U_{be} \cdot R1 / R2$ tag egy jellemző értéket ad, amit U_H hiszterézis értéknek nevezünk. Amikor az U_{ki} eléri az U_+ értékét, akkor a hibaerősítő kikapcsolja a tranziszort.

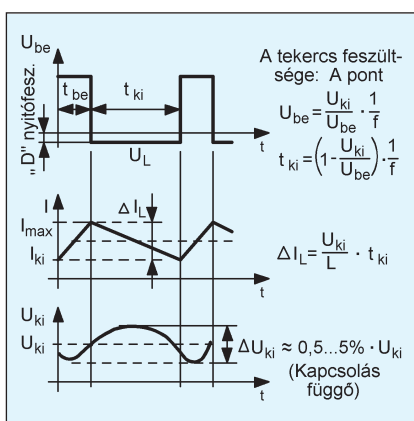
A kapcsoló nyitásakor az áram az L-ben csökkenni kezd, bár az az előző állapot fenntartására törekszik. Így most a terhelésen folyó áramot a tekercsben tárolt energia hozza létre, az áramkör pedig a D diódán keresztül záródik (ekkor nyitófeszültséget kap). Eközben persze a tekercsben a feszültség polaritása is

megfordul. Amikor a tekercs árama a terhelőáram értéke alá csökken, akkor C elkezd kisülni, és U_{ki} értéke csökken. Ahogy ez a csökkenés egy kevéssel az U_{REF} szint alá megy, a hibaerősítő bekapcsolja a tranziszort, és az előző folyamat ismétlődik. A kapcsolás kimeneti feszültsége tehát egy, az U_{REF} által meghatározott DC szint körül hullámzik, brummos. Ez a brummfeszültség a kimeneti kondenzátor „viselkedéséhez” köthető, mivel az a kimenőáram váltakozó komponensnek javarészt átengedi. Mivel ez az áram háromszög alakú, az integráló hatása miatt ez a brummfeszültség parabola alakú. Az előzőekben vázolt főbb feszültség- és áramalakokat a **2. ábrán** foglaljuk össze.

Láttuk, hogy a kapcsolás működését alapvetően egy kapcsoló megfontolt működtetése határozza meg. A kapcsoló vezérlése pedig kétféle lehet: vagy egy külső generátorról vezéreljük, vagy pedig pozitív visszacsatolás alkalmazásával az alapkapcsolást önrezgővé tesszük. Mindkét megoldás használatos, az utóbbi viszonyla-



1. ábra



2. ábra

tában pedig még azt is megemlítjük, hogy a kimeneti jel hullámosságának nemcsak az alakja, de a frekvenciája is terhelésfüggő.

Kapcsolóüzemű tápegység uA723-mal

Az IC tömbvázatát megtekintve [1] megállapíthatjuk, hogy – noha a tokot alapvetően soros lineáris szabályozóként javasolják alkalmazni – minden olyan funkcionális elemet tartalmaz, amely az 1. ábra szerinti kialakításra alkalmas. A kapcsolásunkat egy konkrét tervezési példán keresztül mutatjuk be, melyhez segítséget a [2] adott. Ez egy kézirat-jellegű, 1968-as kiadású Fairchild-dokumentum, amiben az adatlapokénál jobban részletezett alkalmazási példák mellett egyszerűsített áramköri analízis szintjén megismerhetjük az IC egyes fokozatainak működését is. (VE6AQO webes felületéről tölthető le. Nekünk ilyen címen jött be: www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=723+VE6AQO) Elvi rajzunk pedig a 3. ábra szerinti. A tervezéshez használt fogalmak értelmezése:

U_{be} = a szabályozatlan bemeneti feszültség (+15 V),

U_{ki} = a szabályozott kimeneti feszültség (+5 V),

I_{ki} = a tápegység kimeneti árama (1 A),

I_{max} = a maximális tekercsáram (ennél fogva a maximális, nem tranzienst tranzisztor és dióda árama is; 1,1 A),

f = a kapcsolási frekvencia (20 kHz),

ΔU_{ki} = a kimeneti hullámosság csúcstól-csúcsig vett értéke. (50 mV),

U_H = a hibaerősítő hiszterézise.

A meghatározások utáni zárójelbe pedig a tervezési kiindulási adatainkat írtuk.

A 3. ábra rajzát „mélyebben” megnézve láthatjuk, hogy a szinte a tankönyvszerű feszültségcsökkentő (buck, vagy step-down konverter) realizálódott. Az IC belső tranzistora egy külső PNP Darlingtont párt vezérel, mely utóbbi az elektronikai kapcsoló, de a három tranzisztor együtt nagy hurokerősítést is biztosít, mivel annak kimenetéről pozitív visszacsatolást valósítunk meg a hibaerősítő bemenetére (R2). Az előzőekből következik, hogy a hibaerősítő itt hiszterézises komparátor beállítású, s a kapcsolásunk önregző üzemű. Első lépésként határozzuk meg a szükséges induktivitás értékét, melyet a következő összefüggés ad meg:

$$L = \frac{(U_{be} - U_{ki})t_{be}}{2(I_{max} - I_{ki})}; H,$$

ahol t_{be} :

$$t_{be} = \frac{U_{ki}}{fU_{be}}.$$

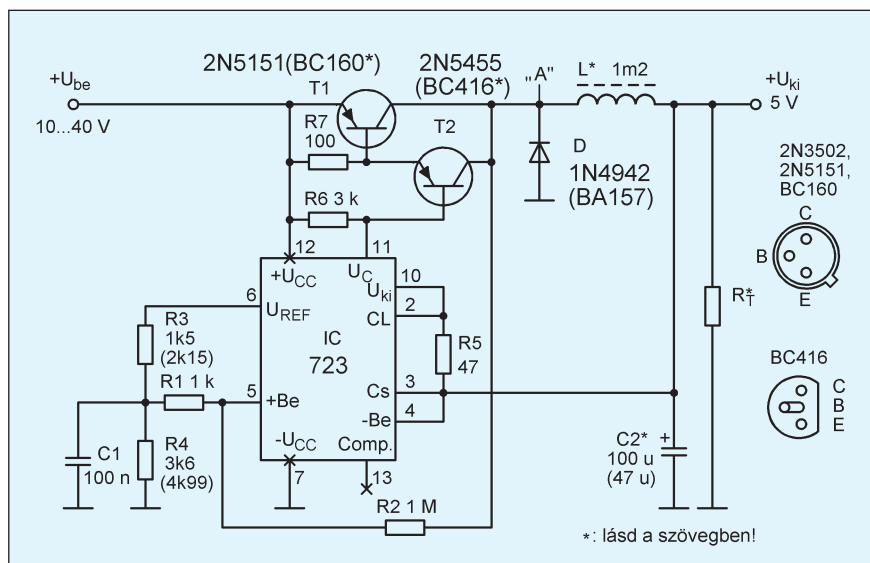
A kiinduló adatokat a fenti összefüggésekbe behelyettesítve kapjuk: $L = 825 \mu H \cong 1 \text{ mH}$.

A hibaerősítő hiszterézisének helyes megválasztásával egyrészt a működési frekvencia kismértékű változtatása (trimmerelés) lehetséges, másrészt a pozitív visszacsatolás megnöveli az átkapcsolás biztonságát (határozottságát). Ökölszabályként elmondhatjuk, hogy a hiszterézis értékének 10...20 mV-tal kevesebbnek kell lennie, mint a megengedett (azaz előre meghatározott) ΔU_{ki} érték. Mintafeladatunk esetében $\Delta U_{ki} = 50 \text{ mV}$, így U_H -ra 30 mV-ot választunk. Az előzőek ismeretében $U_H = U_{be} \cdot R1/R2$, amennyiben $R2 \gg R1$, így válasszunk R1-nek 1 kohmot! Az összefüggést R2-re rendezve, majd behelyettesítve írhatjuk, hogy $R2 = 15 \text{ V} \cdot 10^3 / 30 \cdot 10^{-3} = 500 \text{ kohm}$. A kimeneti kondenzátor meghatározása a következő összefüggés alapján történhet:

$$C_{min} = \frac{(U_{be} - U_{ki})U_{ki}}{8Lf^2 \cdot U_{be}(\Delta U_{ki} - U_H)}.$$

A számításokat elvégezve $C2 = 52 \mu F$ értéket kapjuk. A megvalósítás során természetesen a szabványos sorból elérhető 47 μF -ot választjuk.

A kapcsolást tovább „bogarászva” elmondhatjuk, hogy az áramlimiter helyekre (a DIL-tok 2. és 3. lábai közé) kötött 47 ohmos ellenállás a T2 bázisáramát kb. 15 mA-re korlátozza. Ez azt jelenti, hogy a 723-as remekül felépített,



3. ábra

*: lásd a szövegben!