

## 4. Mérés

### Tápegységek, lineáris szabályozók

2017.05.02.

A régi időkben az elektronika szó hallatán mindenki a világitásra és a villanymotorokra asszociált egyből, hiszen ebből állt valaha az elektronika. Később ez a fogalom kiterjedt a legkülönbözőbb tele- és infokommunikációs rendszerekre (rádió, televízió, korszerűbb távbeszélő hálózatok stb.), mely magába foglalta az elektronikus alkatrészekkel, valamint a kapcsolási megoldásokkal szemben feltámasztott igények rohamos növekedését is.

Napjainkban az elektronika, mint fogalom, már inkább a gyengeáramú, nagy precizitású, nagy sebességű analóg és digitális áramköröket, készülékeket foglalja magába. Mint ilyen berendezéseknek, általánosan elfogadott fontos szempont a működési stabilitás, megbízhatóság szempontjából minél jobb minőségűen kivitelezett tápellátás, mely természetesen a korszerű berendezések esetében már nem pusztán egyenirányítóból és szűrőkből áll.

Az elkövetkező mérés az előtanulmányokból ismeretes párhuzamos feszültségszabályozókat (Zener-dióda) már nem tárgyalja, azok elavultsága és kedvezőtlen villamos paraméterei (pl.: hatásfok, kimeneti dinamikus ellenállás) miatt, azok ismerete azonban az összetettebb kapcsolások megértését segíti. Lényeges azonban a manapság használatos soros feszültségszabályozók két fajtáját megemlíteni:

1. **Lineáris szabályozók:** olyan feszültség (vagy áram) szabályozó áramkörök, melyek teljes szabályozási köre és végrehajtó rendszere egyaránt analóg jelszintekkel dolgozik. Ez annyit takar röviden, hogy a szabályozási kör jellemzően nem tartalmaz a műveleti erősítőnél komplikáltabb áramköri egységet, továbbá a soros szabályozó tag tipikusan bipoláris tranzisztor (vagy MOSFET), mely disszipatív tartományban üzemel (tehát nem kapcsolóként, hanem dinamikus szabályozott ellenállásként). Igaz, hogy ez a rendszer rossz hatásfokú, de mellette szól, hogy rendkívül egyszerűek, jól kezelhetőek, megbízhatóak, majdnem korlátlanul széles tartományban alkalmazhatók és a hatásfokuktól eltekintve gyakorlatilag minden paraméterük kedvező. Mai elterjedtségük egyik fő oka ez, a másik pedig az, hogy egyszerűségéből adódóan ezt a fajta szabályozást sokkal korábban kidolgozták.

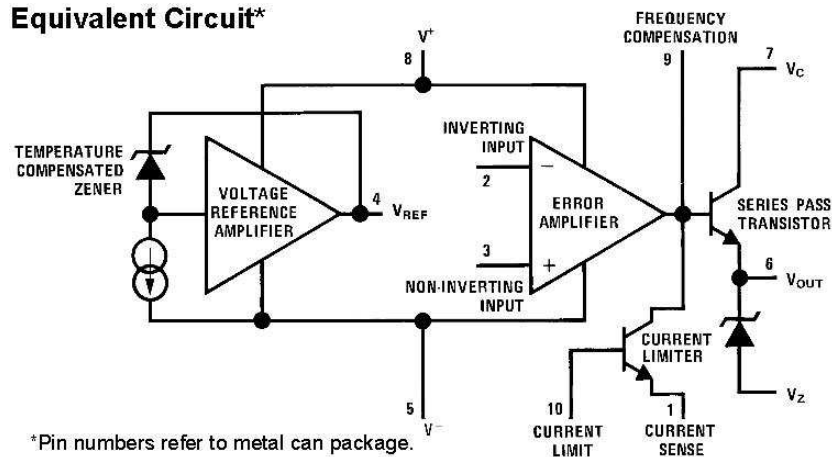
2. **Kapcsolóüzemű szabályozók:** olyan tápegységek, melyek szabályozási köre túlnyomórészt analóg áramköri elemekből épül fel, de egyre nagyobb teret hódít a mikroprocesszoros vezérlés is napjainkban; a soros áteresztő tag jellemzően MOSFET, melyet négyzögjellel vezérel a szabályozási kör (tipikusan PWM jellel), tehát kapcsoló szerepet tölt be. A MOSFET mellett szól két érv; az egyik a bipoláris tranzisztorhoz képest nagyságrendekkel kisebb vezérlőáram, valamint a rendkívül kicsi  $R_{DS(on)}$  (Drain-Source ellenállás bekapcsolt állapotban), ami manapság már néhány  $10\text{m}\Omega$  (!). A kimeneti jelalak egyenfeszültség helyett önmagában a kapcsolójel felerősített változata lenne, ezért a kapcsolóelem után szűrőket (tipikusan LC integráló tagokat) kell elhelyezni. A kapcsolóüzemű tápegységek nagy előnye, hogy nagyon jó a hatásfokuk ( $\eta > 90\%$ ), azonban a szűrők méretezése nehézkes, valamint a nagyfrekvenciás kapcsolójel miatt mind a kimenet, mind pedig a bemenet felé zajt termelnek az ilyen tápegységek. Felépítésük lényegesen összetettebb, bonyolultabb, a mai piaci igények szempontjából csak a működési frekvenciával arányosan csökkenő transzformátorméret, valamint a jó hatásfok szól.

**A kapcsolóüzemű tápegységeket ez a mérés nem taglalja.**

## 4.1. Elméleti áttekintés, fontosabb jellemzők:

Az elkövetkező mérés során egy széles körben, feszültség- és áramgenerátorként, lineáris és kapcsolóüzemű tápegységként egyaránt használható, külsőleg bővíthető integrált áramkör kerül megismertetésre, melynek típusa **LM723** (vagy  $\mu A723$ ; bővítésekkel elérhető  $U_{ki} = -100V \dots +250V$  ;  $I_{ki} = 0 - 10A$ ).

Az IC egyszerűsített blokkvázlata az alábbi ábrán látható:



1. ábra: Az LM723 egyszerűsített belső felépítése (Texas Instruments katalógus)

### Connection Diagram

Note: Pin 5 connected to case.

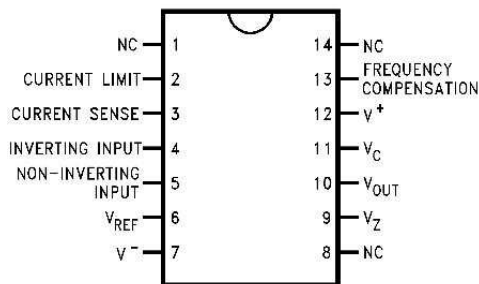


Figure 1. Top View  
Dual-In-Line Package  
See Package J0014A or NFF0014A

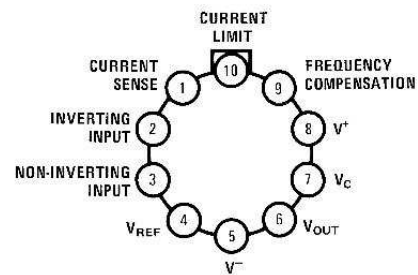
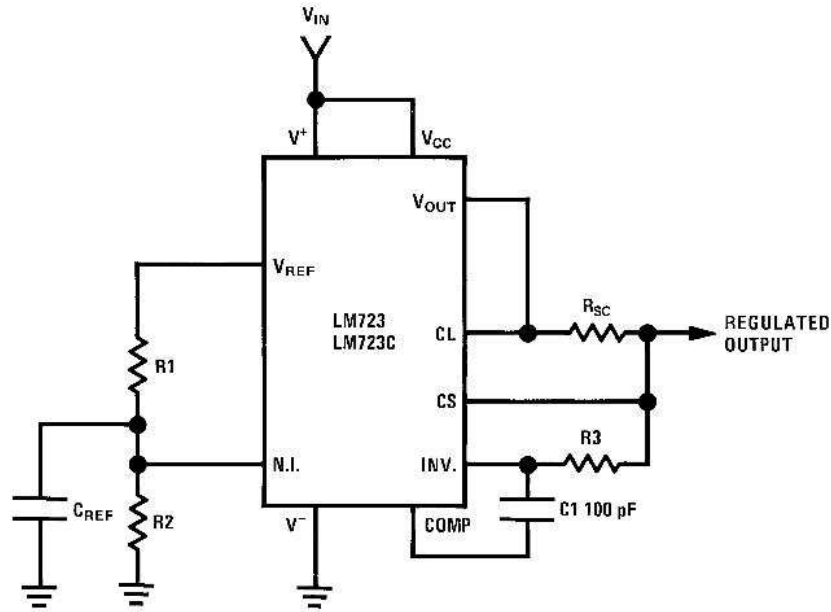


Figure 2. Top View  
Metal Can Package  
See Package LME0010C

2. ábra: Az LM723 bekötése (Texas Instruments katalógus)

Az 1. ábrán jól láthatók a szabályozó legfontosabb részegységei:

- **Referencia feszültségforrás:** Értéke tipikusan  $U_{ref} = 7,15V$ .
- **Hibajel erősítő:** ennek nem-invertáló bemenetére szokás kötni a kívánt  $U_{ki}$  feszültséget (referenciát), míg az invertáló bemenetére a tényleges  $U_{ki}$  feszültséget (visszacsatolás – mereven, vagy feszültségosztón keresztül).
- **Áramhatároló tranzisztor:** ha  $I_{ki}$  értéke meghaladja az általunk előre definiált értéket, akkor ez a tranzisztor szívja el az áteresztő tranzisztor bázisáramát, ilyen módon korlátozva a kimenő áramot.
- **Soros áteresztő tranzisztor:** rajta esik az  $U_{be}-U_{ki}$  differenciafeszültség, maga a végrehajtó eszköz. Ezen jön létre a differenciafeszültség és a terhelőáram függvényében a disszipáció.



3. ábra: A 723-as IC tipikus kisfeszültségű alapkapcsolása (Texas Instruments katalógus)

A **3. ábra** jól szemlélteti a 723-as táp IC talán legegyszerűbb bekötési módját, melynek szabályozott kimeneti feszültsége  $U_{ref}$ -nél kisebb. A kapcsolás működése a következő:

1.  $U_{ref}$  értéke 7,15V, mely  $R_1$  és  $R_2$  ellenállásosztó osztási arányával kapott feszültségként jelenik meg a hibajel erősítő nem-invertáló bemenetén; ez lesz a kívánt kimeneti feszültség.  $C_{REF}$  kondenzátor zavarűzítő-stabilizáló szerepet tölt be. Ebben az elrendezésben természetesen  $U_{ki}$  értéke nem haladhatja meg  $U_{ref}$  értékét.

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

2.  $V_+$  és  $V_{CC}$  lábak közösítésre kerülnek (nagy áramok/feszültségek, illetve hirtelen változó terhelés esetén érdemes különválasztani, azaz a szabályozó és a végrehajtó egységek külön tápon legyenek).

3. CL (Current Limit) és CS (Current Sense) lábak közé kerül az  $R_{SC}$  ellenállás, amivel a maximális kivehető áram, azaz az áramkorlát értéke állítható be.

$$I_{limit} = \frac{V_{sense}}{R_{SC}}$$

Ahol  $V_{sense} = 0,65V$  (Texas Instruments katalógus adat).

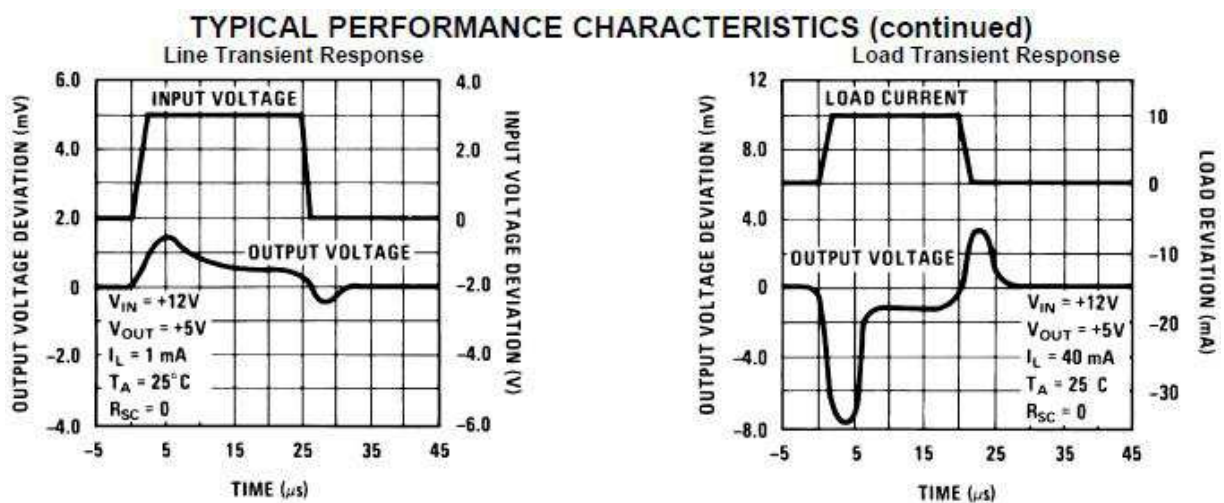
4.  $R_3$  ellenállás célja a hőmérsékleti drift csökkentése.

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

5.  $C_1$  kondenzátor tranziens jelenségek hatásait csillapítja.

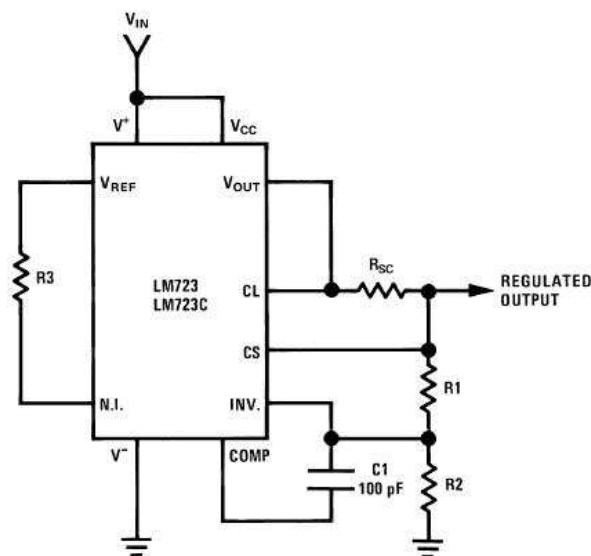
További hasznos információk az LM723 adatlapjáról (Texas Instruments katalógus):

- Külső bővítés nélkül  $I_{k\max} = 60$  vagy  $150\text{mA}$  (tokozástól függően).
- $U_{b\max}$  ( $-V$  és  $+V$  között) folyamatos üzem mellett  $40V$ .
- A hibajel erősítő bemeneteire kapcsolható maximális feszültség differenciafeszültség értéke  $8,5V$ .
- $V_{ref}$  lábon kivehető maximális áram értéke  $15\text{mA}$ .
- $U_{be}$  felől érkező hullámosság elnyomása (ripple rejection)  $50\text{Hz}-10\text{kHz}$  tartományban:  $74 - 86\text{dB}$  ( $C_{ref}$  értékétől függően).
- $U_{be}$  értéke  $9,5V - 40V$ .
- $U_{ki}$  értéke  $2V - 37V$  (kapcsolástechnikától függően).



4. ábra: A 723-as IC reakciója a hálózat és a kimenet felől érkező lökések estén ( $C_{ki}=0$ ). (Texas Instruments katalógus)

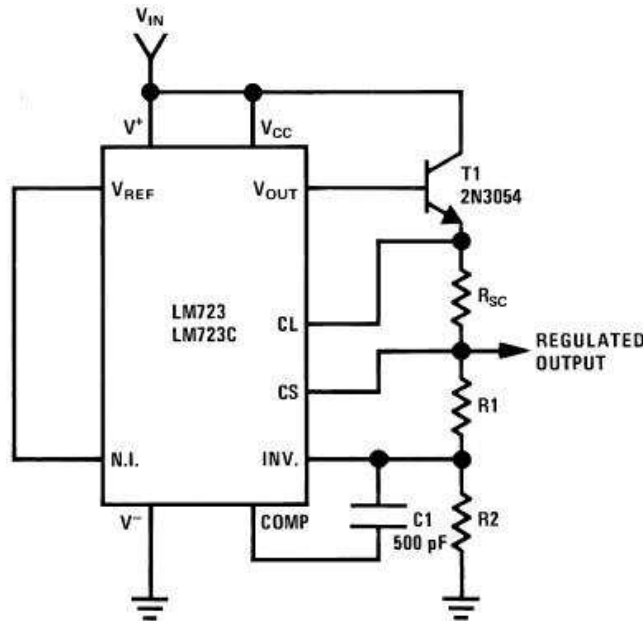
A **4. ábra** és az előtte felsorolt adatok olyan információkat hordoznak magukban, melyeket nem pusztán a 723-mal való munka során kell ismerni, hanem tudni kell, hogy minden tápegységet jellemeznek hasonló információk és váltakozó áramú jelenségek!



5. ábra:  $7 - 37V$  tartományban állítható tápegység (Texas Instruments adatlap).

Az 5. *ábra* olyan megoldást mutat, mely esetén  $U_{ref}$ -nél nagyobb kimeneti feszültségű tápegységet kapunk. Ebben az esetben  $U_{ref}$  értékét közvetlen kell kapcsolni a hibajel erősítő nem-invertáló bemenetére ( $R_3$  szerepe a hőmérsékleti drift csökkentése, képlete már ismertetett), ám ezúttal a kimeneti feszültséget kell leosztani  $R_1$  és  $R_2$  segítségével:

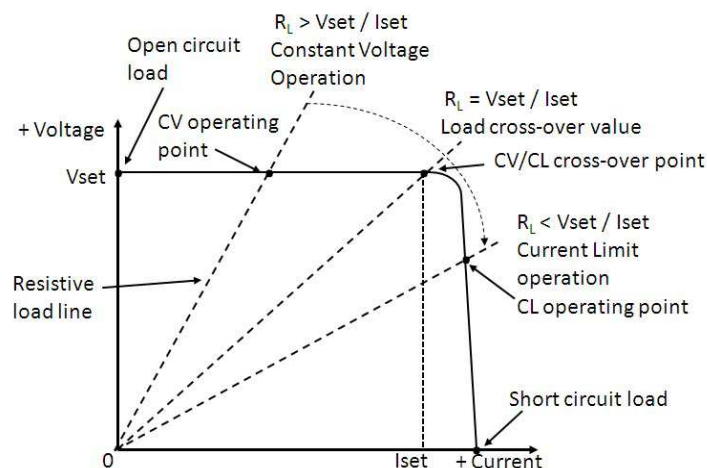
$$V_{out} = V_{ref} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$



6. *ábra*: Külső, NPN tranzisztoros bővítés (Texas Instruments adatlap).

A 6. ábrán szemléltetett külső bővítő tranzisztoros kapcsolást abban az esetben kell alkalmazni, ha a  $V_{out}$  kimenet által szolgáltatható maximális  $I_{ki}$  áram nem elegendő a táplálendő áramkör ellátására. Ilyenkor a külső tranzisztor a belsővel Darlington kapcsolásban van.

Fontos azonban ebben az esetben ügyelni arra, hogy a teljesítménytranzisztorok áramerősítési tényezője (bétája) kis értékű (6-20), ezért néha nem elég pusztán egy külső tranzisztor, hanem kettőt kell Darlington-kapcsolásba kötni (vagyis összesen három tranzisztort), különben a hibajel erősítő nem biztos, hogy rá fog tudni dolgozni a soros áteresztő tranzisztor bázisára!



7. *ábra*: Az áramkorlátozott feszültséggenerátorokra jellemző karakterisztika (terhelési görbe)

## 4.2. Mérési utasítások:

Állítsunk be a labortápegységen kb. 100mA áramkorlátot, és ezt a mérés során ne módosítsuk! A 723-as  $V_+$  és  $V_C$  lábai legyenek közösítve (nagyáramú alkalmazás esetén szokás külön táplálni a szabályozó kört).  $C_{ref}$ -re, valamint a kompenzáló kapacitásra nem lesz szükség (mivel a bemeneti feszültséget előzetesen egy labortáp már stabilizálja), ellenben a kimeneten mindig legyen 100nF kapacitás az esetleges gerjedések elkerülése érdekében.

**4.2.1** Mérjük meg az IC által szolgáltatott referencia-feszültség pontos értékét, majd vessük össze a katalógus adattal ( $U_{táp}=15V$ )!

**4.2.2** Valósítsunk meg egy LM723-al felépített kis kimeneti feszültségű alapkapcsolást a **3. (és 6.) ábra** alapján úgy, hogy a külső tranzisztoros bővítést alkalmazzunk, ezzel tehermentesítve a szabályozó belső áteresztő tranzisztorát!

### **A méréshez szükséges adatok:**

$$U_{táp}=24V$$

$$T_1=BD139$$

$$P_1=10k\Omega$$

$$P_2=470\Omega \text{ (terhelés)}$$

$$R_1=3k\Omega$$

$$R_2=510\Omega \text{ vagy } 330\Omega$$

$$R_3=0\Omega \text{ (rövidzár)}$$

$$R_{SC}=15\Omega \text{ vagy } 4,7\Omega$$

$$C_{ki}=100nF$$

*Megj.: BD139 lábkiosztása szemből, balról-jobbra haladva: E C B.*

### **Mérési feladatok:**

1. Mérjük meg a hibajel-erősítő bemeneteire jutó feszültségértékeket  $R_2=510\Omega$  és  $330\Omega$  mellett egyaránt (számítással igazoljuk)!
2.  $R_{SC}$  mindkét értéke esetén zárjuk rövidre a kimenetet, majd a zárlati áramból határozzuk meg az áramhatároló tranzisztor  $U_{BE}$  értékét!
3.  $R_2=330\Omega$  alkalmazásával cseréljük ki  $R_1$ -et  $P_1=10k\Omega$  potenciométerre, és határozzuk meg azt a minimális kimeneti feszültséget, mely mellett még stabil a szabályozási kör!
4. Potenciométer további használata mellett állítsuk a kimeneti feszültséget 5V értékűre ( $R_2$  értéke tetszőleges)! Ekkor mérjük meg a potenciométer értékét (számításokkal történő feszültségérték igazolásához)! A kimenetre tegyük rá  $P_2$  potenciométert változtatható értékű terhelés gyanánt, majd vegyük fel a feszültségszabályozó terhelési görbéjét; ezt mindkét  $R_{SC}$ -vel tegyük meg!
5.  $U_{ki}=5V$  és  $R_t=250\Omega$  mellett változtassuk a tápfeszültséget 15-30V értékek között (pl. voltonként), majd jegyezzük a kimeneti feszültség változásának mértékét ( $\Delta U_{be}-\Delta U_{ki}$ )!

**4.2.3** A **6. ábra** szerint valósítsuk meg az  $U_{ref}$ -nél nagyobb kimeneti feszültség leadására képes elrendezést, melyben szintén alkalmazzuk a  $T_1$  külső tranzisztort!

**A méréshez szükséges adatok:**

$U_{táp}=32V$   
 $T_1=BD139$   
 $P_1=10k\Omega$   
 $P_2=470\Omega$  (terhelés)  
 $R_1=330\Omega$   
 $R_2=510\Omega$   
 $R_{SC}=15\Omega$  vagy  $56\Omega$   
 $C_{ki}=100nF$

**Mérési feladatok:**

1. A megadott  $R_1$  és  $R_2$  ellenállás értékek mellett mérjük meg a kimeneti feszültséget, majd felcserélésük után is!
2.  $R_1$  ellenállást cseréljük ki  $P_1=10k\Omega$  potencióméterre, majd határozzuk meg a maximális kimeneti feszültségértéket, mely esetén még stabil a szabályozási kör (Szükség esetén alkalmazzunk előterhelést)!
3.  $U_{ki}=10V$  mellett változtassuk a terhelésként szolgáló  $P_2$  potenciómétert és vegyük fel a tápegység jelleggörbáját mindkét  $R_{SC}$  mellett!
4.  $U_{ki}=12V$  és  $R_t=450\Omega$  mellett változtassuk a tápfeszültséget  $15-34V$  értékek között (pl. voltonként), majd jegyezzük a kimeneti feszültség változásának mértékét ( $\Delta U_{be}-\Delta U_{ki}$ )!

### **4.3 Ellenőrző kérdések**

1. Ismertesse a soros lineáris feszültségszabályozók előnyeit és hátrányait a kapcsolóüzemű tápegységekkel szemben!
2. Rajzolja fel egy lineáris feszültségszabályozó blokkvázlatát!
3. Ismertesse a belső részegységek feladatát!
4. Mi az elve a referenciánál kisebb kimeneti feszültség előállításának?
5. Mi az elve a referenciánál nagyobb kimeneti feszültség előállításának?
6. Mi az elve a kimeneti áramkorlát megvalósításának?
7. Mi az elve a nagyobb kimeneti áram megvalósításának?