

Tantárgy: ANALÓG ELEKTRONIKA

Tanár: Dr. Burány Nándor

3. félév

Óraszám: 2+2

1

2.4. RÉSZ

A NEMLINEÁRIS KAPCSOLÁSOK

- A **cél**: az átviteli jelleggörbe nemlineáris részének hasznosítása.
- A feldolgozandó **témák**:
 - a vágó- és a védő kapcsolások,
 - a modulátorok és a demodulátorok,
 - az egyenirányítók,
 - a feszültségtöbbszöröző kapcsolások,
 - a nemlineáris erősítők.

2

2.4.1.a A VÁGÓ- ÁS VÉDŐ KAPCSOLÁSOK – TÚLÁRAMOK KORLÁTOZÁSA

Lehetőségek:

1. Ellenállás beiktatása a forrás és a fogyasztó közé:

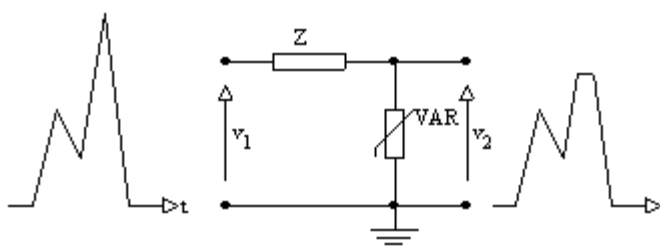
- közösleges ellenállás: állandó jelentős veszteség, gromba korlátozás,
- NTC ellenállás: induláskor nagy veszteség, melegedés után mérséklődik,
- PTC ellenállás: a névleges áramig kis veszteség.

2. Szabályozókörök alkalmazása: bonyolult megoldások, de pontos áramhatár állítható be, a veszteség általában jelentéktelen.

3

2.4.1.b A VÁGÓ- ÁS VÉDŐ KAPCSOLÁSOK – TÚLFESZÜLTSEGEK KORLÁTOZÁSA

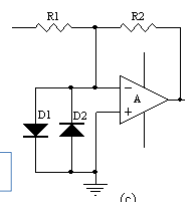
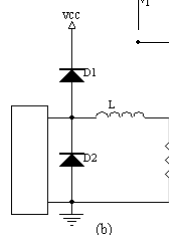
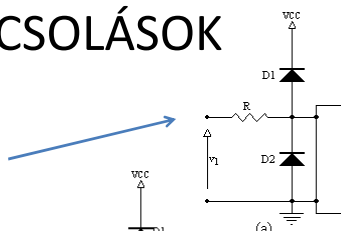
- Használható alkatrészek: varisztorok, diódák, Zener diódák, TVS diódák, túlfeszültség-levezető csövek.
- A módszer: a korlátozó alkatrészt párhuzamosan kötjük a fogyasztóval. A feszültség egy része a soros impedancián (Z) elveszik, amikor a korlátozó alkatrész el kezd vezetni.



4

2.4.1.c A VÁGÓ- ÁS VÉDŐ KAPCSOLÁSOK – DIÓDÁS VÉDŐKAPCSOLÁSOK

- A bemeneti jel korlátozása 0 és VCC közé.
- A kimeneti jel korlátozása 0 és VCC közé inductív terhelés esetén.
- A műveleti erősítő bemeneti jelének korlátozása $-V_D$ és $+V_D$ közé.

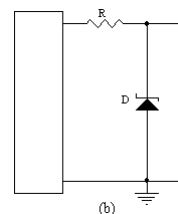
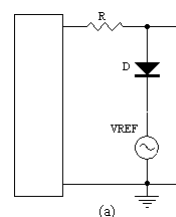


http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/TND335-D.PDF

5

2.4.1.d A VÁGÓ- ÁS VÉDŐ KAPCSOLÁSOK – DIÓDÁS VÁGÓKAPCSOLÁSOK - ALAPELV

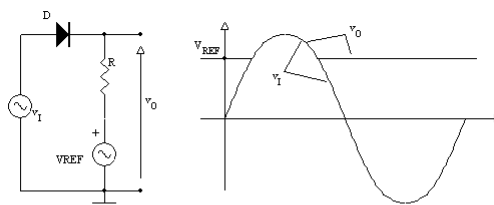
- A kimeneti jel nem haladhatja meg a $V_{REF} + V_D$ értéket, mert áram indul meg és a felesleges feszültség elveszik az ellenálláson.
- A dióda és a feszültségforrás helyett használható Zener dióda, de ilyenkor a feszültség $-V_D$ alatti része is levágódik. Ha erre nincs szükség, egy közönséges diódát sorba kell kötni a Zener diódával.



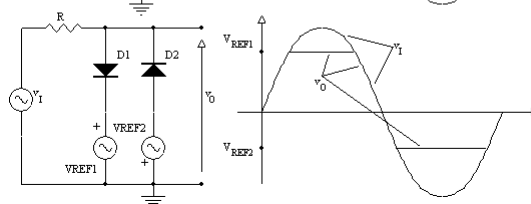
6

2.4.1.E A VÁGÓ- ÁS VÉDŐ KAPCSOLÁSOK – DIÓDÁS VÁGÓKAPCSOLÁSOK – KÜLÖNBÖZŐ JELFORMÁLÁSOK

- A bemeneti jel V_{REF} alatti részének levágása.



- A jel vágása mindkét oldalról.



7

2.4.2. A MODULÁTOROK ÉS A DEMULÁTOROK

- Moduláció: a jel spektrumának eltolása RF tartományba.
- Demoduláció: a jel spektrumának visszahozása az alaptartományba.
- A modulációt és a demodulációt szorzó (keverő) áramkörökkel végezzük.
- Három alapelv:
 - nemlineáris jelleggörbájű szorzók,
 - kapcsolóüzemű szorzók,
 - paraméter változáson alapuló szorzók.

8

2.4.2.a A MODULÁTOROK ÉS A DEMODULÁTOROK – NEMLINEÁRIS JELLEGGÖRBÉJŰ SZORZÓK – ALAPELVEK

- Négyzetes jelleggörbe esetén, ha a bemenetre a moduláló jel ($v_m(t)$) és a vivőjel ($v_o(t)$) összegét vezetjük, a következő kimenetet kapjuk:

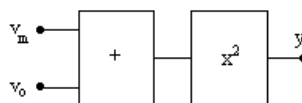
$$y(t) = v_m^2(t) + 2v_m(t)v_o(t) + v_o^2(t).$$
- Az első és a harmadik tag feleslegesek, de szűréssel könnyen eltávolíthatók.
- A középső tag spektruma a moduláló jel spektrumával egyezik meg, de el van tolva a vivőjel frekvenciájának környékére.
- A JFET és a MOSFET átviteli jelleggörbéje nagyjából négyzetes.
- A bipoláris tranzisztor jelleggörbéje exponenciális, de használható négyzetes közelítés.

<http://web.mit.edu/6.02/www/s2012/handouts/14.pdf>

9

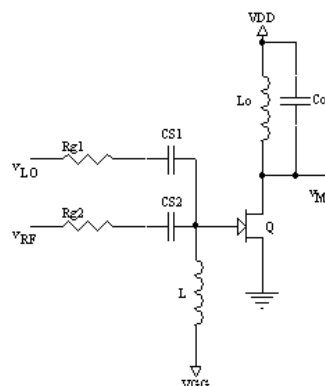
2.4.2.b A MODULÁTOROK ÉS A DEMODULÁTOROK – NEMLINEÁRIS JELLEGGÖRBÉJŰ SZORZÓK – KIVITELEZÉS

- Elvi megoldás:



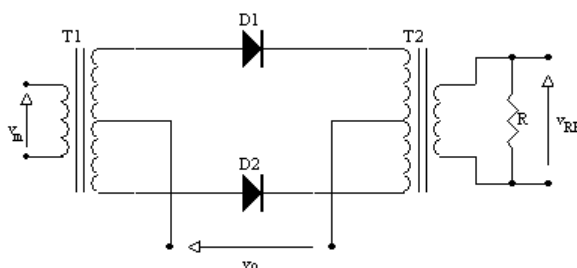
- Tényleges kivitelezés JFET-tel:

- a bemeneti jelek ellenállásokon keresztül összegződnek,
- a kimeneti jel szűrését az $L_o C_o$ rezgőkör végzi.



2.4.2.c A MODULÁTOROK ÉS A DEMODULÁTOROK – KAPCSOLÓÜZEMŰ SZORZÓK

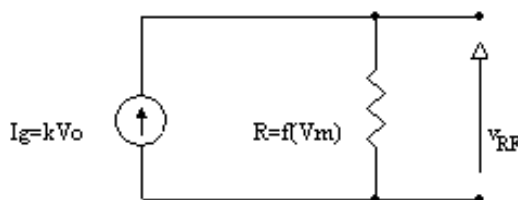
- Magas frekvencián szaggatjuk a jelet – négyszögjellel szorozzuk – a négyszögjel alapharmónikusa egy szinuszjel.
- Szimmetrikus kapcsolás: a négyszögjel nem terjed sem a kimenet sem a bemenet felé, de nyitogatja a diódákat.
- A v_m jel szaggatva jut el a kimenetre.



11

2.4.2.d A MODULÁTOROK ÉS A DEMODULÁTOROK – PARAMÉTER-VÁLTOZTATÁSON ALAPULÓ SZORZÓK - ALAPELVEK

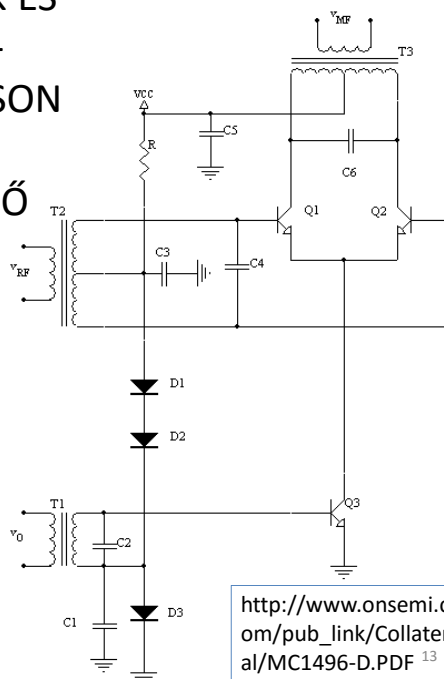
- Az egyik jel (pl. a vivőjel) az áramgenerátor áramát befolyásolja.
- A másik jel (pl. a moduláló jel) a terhelő ellenállás értékét módosítja.



12

2.4.2.e A MODULÁTOROK ÉS A DEMODULÁTOROK – PARAMÉTER-VÁLTOZTATÁSON ALAPULÓ SZORZÓK – A KIEGYENLÍTETT KEVERŐ

- A v_o jel módosítja a Q3 tranzisztorral megépített áramgenerátor áramát.
- A Q1 és Q2 tranzisztorokkal megépített differenciálerősítő erősítése lineáris függvénye az áramgenerátor áramának.
- A differenciál bemenetre hozott v_{RF} jel a v_o jel ütemében jobban vagy kevésbé erősödik.
- A kimeneten a két jel szorzatát kapjuk (v_{MF}).



2.4.3. AZ EGYENIRÁNYÍTÓK - ALAPOK

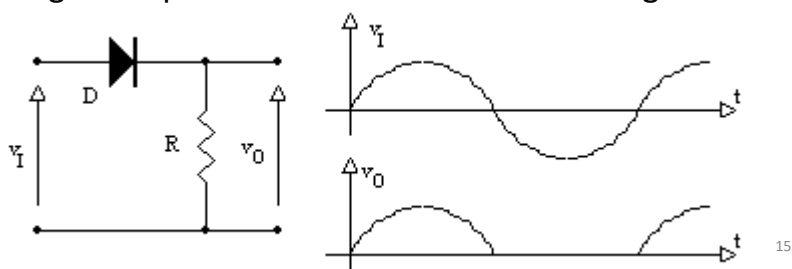
- Az egyenirányítók a váltakozó áramokat és váltakozó feszültségeket egyirányúvá alakítják.
- Félhullámú és teljes hullámú megoldások vannak.
- Általában diódákkal végezzük az egyenirányítást.
- Tirisztorok alkalmazásával szabályozható a kimeneti feszültség értéke.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Rectifier>

14

2.4.3.a AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A FÉLHULLÁMÚ KAPCSOLÁS – OHM-OS TERHELÉS

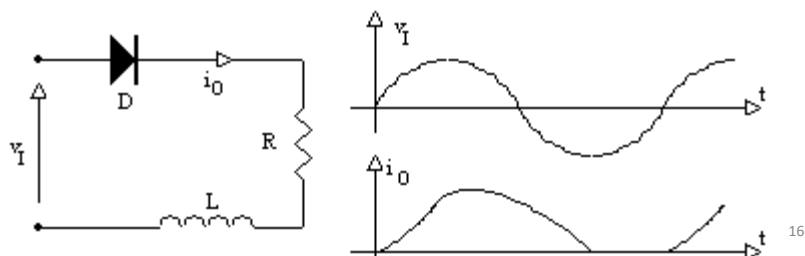
- A bemeneti feszültség pozitív félperiódusában folyik csak áram.
- Ez idő alatt a kimeneti feszültség megközelítőleg megegyezik a bemeneti feszültséggel (egy dióda-nyitófeszültséggel kisebb).
- A negatív félperiódusban a kimeneti feszültség nulla.



15

2.4.3.b AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A FÉLHULLÁMÚ KAPCSOLÁS – RL TERHELÉS

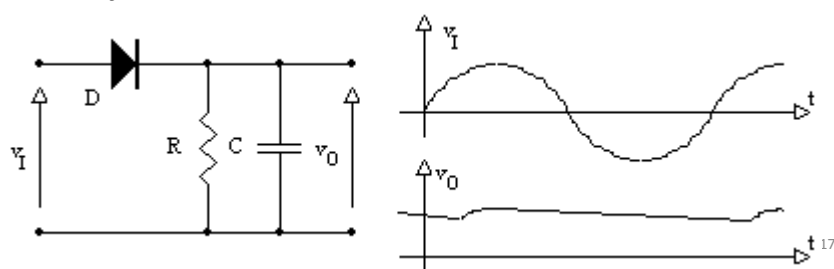
- A pozitív félperiódus kezdetén az áram felfutása lassúbb.
- Az áram egy ideig folyik még a nullaátmenet után is.



16

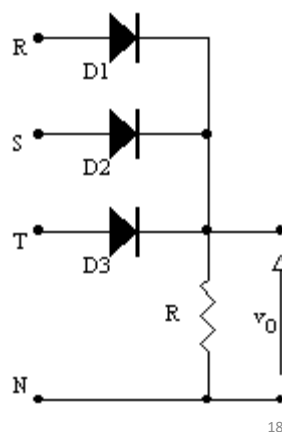
2.4.3.c AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A FÉLHULLÁMÚ KAPCSOLÁS – RC TERHELÉS

- Kondenzátorral szűrik (simítják) a kimeneti feszültséget.
- A kondenzátor kapacitásának növelésével a feszültség hullámossága csökken de a bemeneti áram mindjobban torzul.



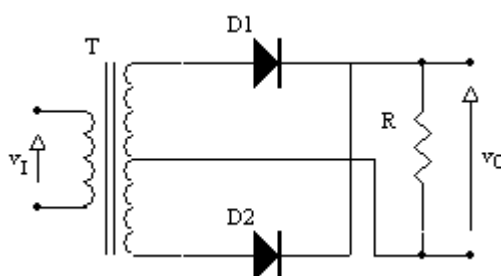
2.4.3.c AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A FÉLHULLÁMÚ KAPCSOLÁS – HÁROMFÁZISÚ BEMENET

- Főleg nagyobb teljesítményeknél alkalmazzák.
- A kimenet sohasem esik a bemeneti szinuszfeszültségek csúcsértékének a fele alá.
- Kondenzátorral tovább csökkenthető a hullámozás a kimeneten.



2.4.3.d AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A TELJESHULLÁMÚ KAPCSOLÁSOK – KÖZÉPMEGCSAPOLÁSÚ TRANSZFORMÁTORRAL

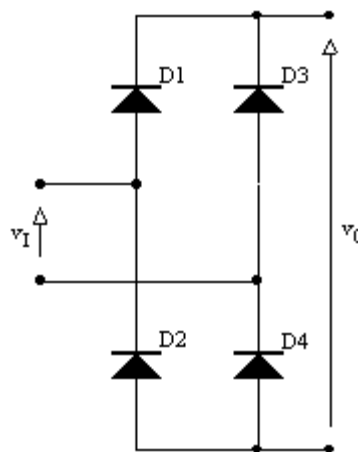
- A két szekundérfeszültségből a diódák felváltva mindig a pozitívat vezetik a terhelésre.
- Itt is alkalmazható RL terhelés és RC terhelés.



19

2.4.3.e AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A TELJESHULLÁMÚ KAPCSOLÁSOK – A DIÓDAHÍD

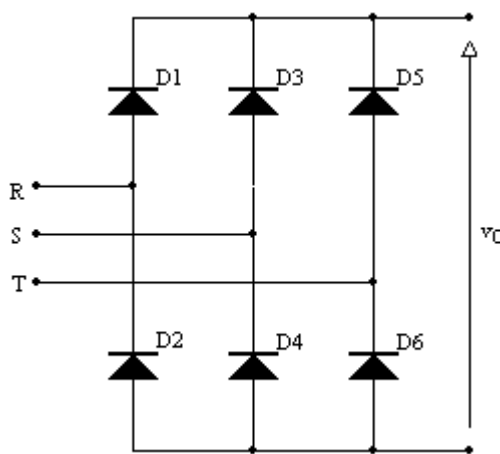
- Nincs szükség transzformátorra.
- Ma a készülékek többségét így táplálják.
- Átlósan elhelyezkedő diódapárok vezetnek.
- A forrást nem terheljük egyenárammal.
- Alkalmazhatunk RL és RC terhelést.



20

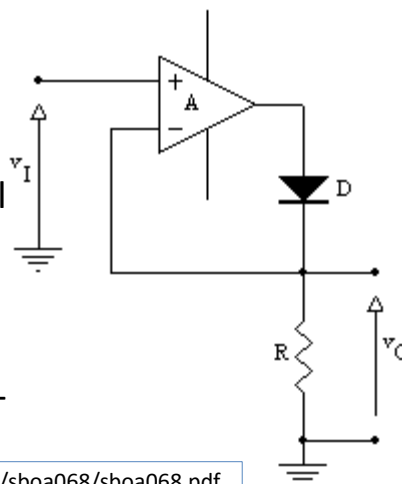
2.4.3.f AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A TELJESHULLÁMÚ KAPCSOLÁSOK – A HÁROMFÁZISÚ HÍD

- Nagyobb teljesítményre alkalmas.
- Külön szűrés nélkül is kicsi a kimeneti hullámszín.
- A bemenetet nem terheljük egyenárammal.



2.4.3.g AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A PRECÍZ EGYENIRÁNYÍTÓK – FÉLHULLÁMÚ KAPCSOLÁS

- Kis jeleknél nagy hibát okoz a diódán jelentkező feszültségesés az eddig tárgyalt egyenirányítóknál.
- A negatív visszacsatolásnak köszönhetően a pozitív félperiódusban a kimeneti jel pontosan megegyezik a bemeneti jellel.
- Negatív félperiódus esetén a műveleti erősítő kimenete negatív telítésbe vezérlődik – nem jut feszültség a kimenetre.

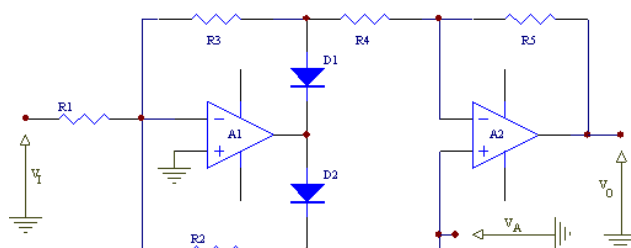


<http://www.ti.com/lit/an/sboa068/sboa068.pdf>

2.4.3.h AZ EGYENIRÁNYÍTÓK – A PRECÍZ EGYENIRÁNYÍTÓK – TELJESHULLÁMÚ KAPCSOLÁS

- Pozitív bemenet esetén a jel kétszer invertálódik:
$$v_O = v_I \left(-\frac{R_3}{R_1} \right) \left(-\frac{R_5}{R_4} \right)$$
- Ha minden ellenállásérték azonos: $v_O = v_I$.
- Negatív bemenet esetén az egyenletek:

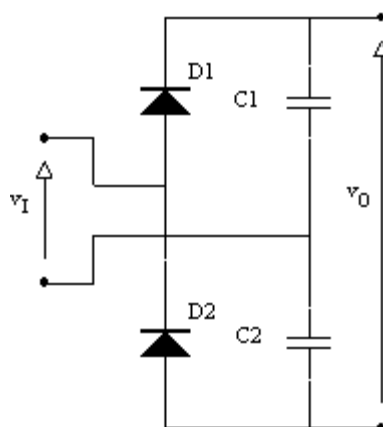
$$-\frac{v_I}{R_1} = \frac{v_A}{R_2} + \frac{v_A}{R_3 + R_4}, \quad v_O = v_A \left(1 + \frac{R_5}{R_3 + R_4} \right)$$
- Ha minden ellenállásérték azonos: $v_O = -v_I$.



23

2.4.4.a FESZÜLTSGTÖBBSZÖRÖZŐ KAPCSOLÁSOK – A FESZÜLTSGKÉTSZEREZŐ

- A transzformátoros feszültségnövelés univerzális megoldás, de költséges – helyette lehet diódás kapcsolásokat alkalmazni.
- A pozitív félperiódusban a felső kondenzátor töltődik, a negatívban az alsó.
- A kimeneti egyenfeszültség megközelítőleg a bemeneti váltófeszültség csúcsértékének a kétszeresével lesz egyenlő.

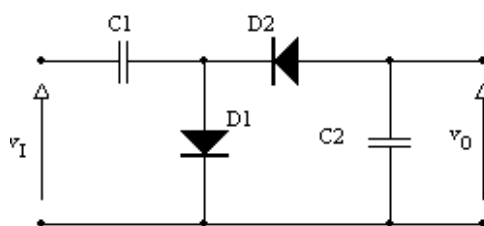


<http://www.vishay.com/docs/88842/anusingr.pdf>

24

2.4.4.b FESZÜLTÉGTÖBBSZÖRÖZŐ KAPCSOLÁSOK – AZ INVERTÁLÓ KÉTSZEREZŐ

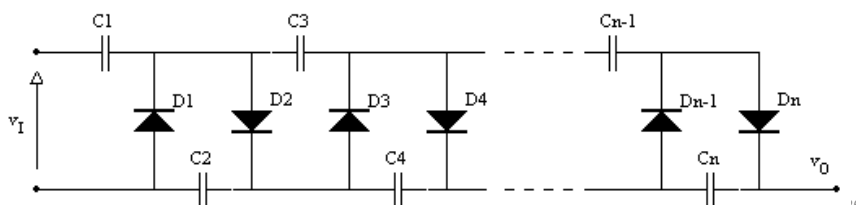
- A pozitív félperiódusban C1 a bemeneti váltófeszültség csúcsértékére töltődik.
- A negatív félperiódusban a bemeneti feszültség összeadódik a C1 kondenzátor feszültségével: C2 a kétszeres értékre töltődik.
- A kimenet a közös földponthoz képest negatív.



25

2.4.4.c FESZÜLTÉGTÖBBSZÖRÖZŐ KAPCSOLÁSOK – NAGY FESZÜLTÉGEK ELŐÁLLÍTÁSA

- A bemeneti váltófeszültség több periódusán keresztül az első kondenzátor a bemeneti csúcsérték egyszerűsére, a többiek a kétszeresére töltődnek.
- A fokozatok számának a növelésével elvileg tetszőleges feszültség állítható elő.
- A kimeneti áram rohamosan csökken a fokozatok számának függvényében.



16

2.4.5. NEMLINEÁRIS ERŐSÍTŐK - ALAPOK

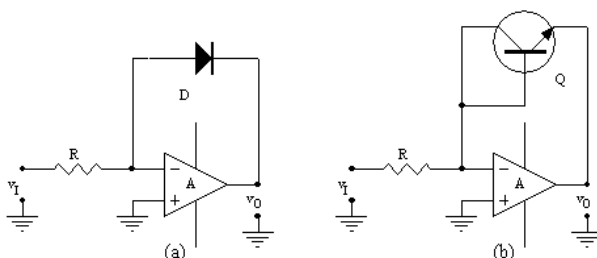
- A jelek egyszerű növelésénél lineáris erősítő a megfelelő.
- Különleges jelfeldolgozásokhoz meghatározott nemlinearitású kapcsolás szükséges.
- A leggyakrabban alkalmazott nemlineáris erősítők logaritmussfüggvényt vagy exponenciális függvényt valósítanak meg.
- Ezek segítségével lehetséges a jelek szorzása, hatványozása, gyökvonás...

27

2.4.5.a NEMLINEÁRIS ERŐSÍTŐK – LOGARITMIKUS ERŐSÍTŐ

- A kimenet és a bemenet közötti összefüggés:

$$v_O = -V_T \ln \frac{v_I}{RI_S}$$
- A dióda illetve a tranzisztor feszültség-áram jelleggörbéjének köszönhető ez a viselkedés.
- A tranzisztor viselkedése jobb.

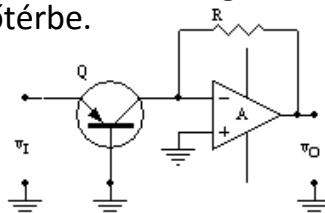


<http://www.analog.com/media/en/training-seminars/tutorials/MT-077.pdf>

28

2.4.5.b NEMLINEÁRIS ERŐSÍTŐK – EXPONENCIÁLIS ERŐSÍTŐ

- A bemeneti és a visszacsatoló alkatrész cseréjével kapjuk az exponenciális jelleggörbét.
- Lehetne itt is diódát alkalmazni, de a tranzisztor pontosabb eredményeket ad.
- Ezek a kapcsolások rendkívüli mértékben hőmérsékletfüggők.
- Az integrált megoldásoknál lehetséges automatikus kompenzáció.
- A nemlineáris jelfeldolgozásoknál ma a digitális megoldásokat helyezik előtérbe.

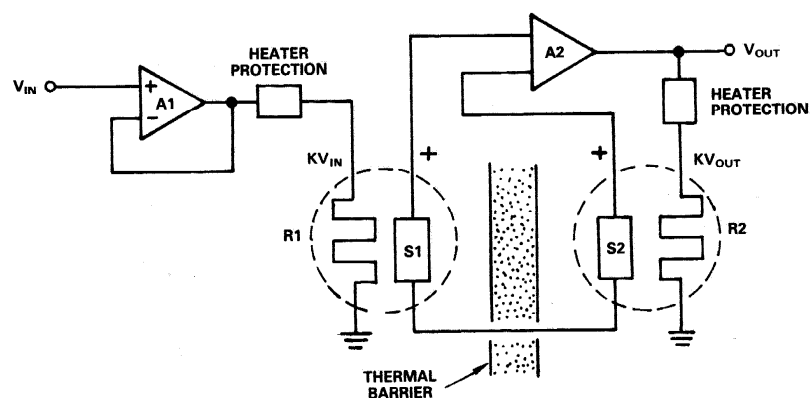


29

PERIÓDIKUS JEL VALÓDI EFFEKTÍV ÉRTÉKÉNEK MEGHATÁROZÁSA

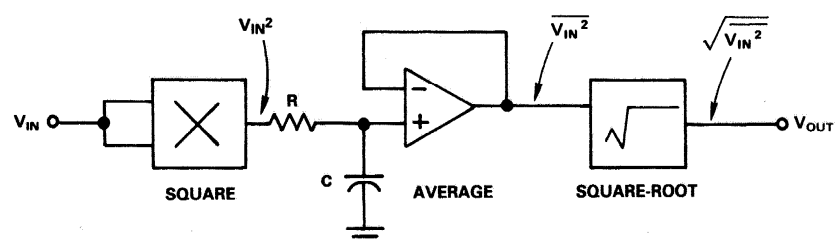
$$E_{\text{rms}} = \sqrt{\text{AVG.}(V^2)}$$

TERMIKUS RMS-DC ÁTALAKÍTÓ

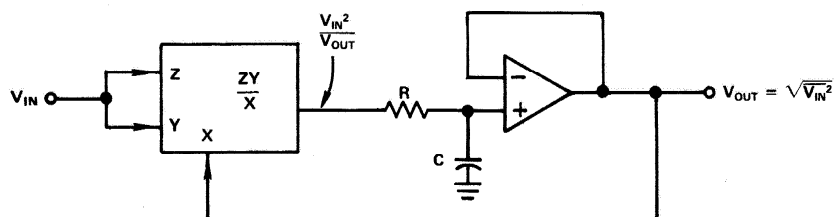


http://www.linear.com/parametric/RMS-DC_Conversion

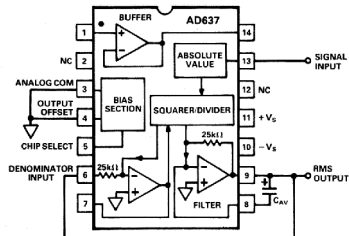
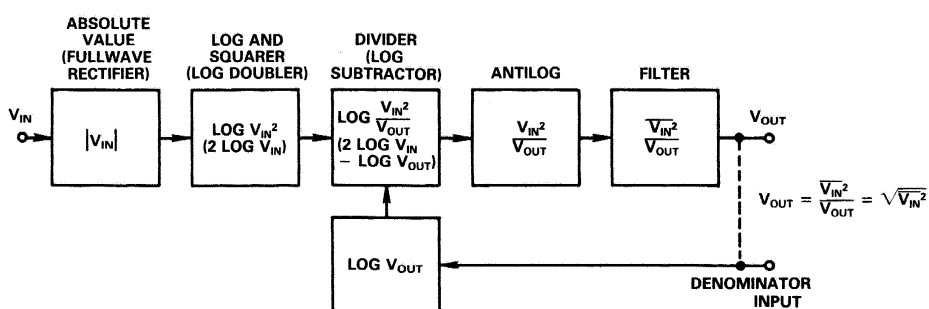
AZ EFFEKTÍV ÉRTÉK EXPLICIT SZÁMÍTÁSA



AZ EFFEKTÍV ÉRTÉK IMPLICIT SZÁMÍTÁSA



INTEGRÁLT RMS-DC ÁTALAKÍTÓ AD637 (ANALOG DEVICES)



Vége a 2.4. résznek

(A NEMLINEÁRIS KAPCSOLÁSOK)

35