

1. Mi a különbség a pnp és az npn tranzisztorok között? Miért nevezik e tranzisztorokat bipoláris tranzisztoroknak?

A bipoláris tranzisztorok két pn-átmenetet tartalmaznak, vagyis három elkülönült rétegből állnak. Ilyen értelemben megkülönböztethetők a pnp és az npn szerkezetű rétegztranzisztorok. Az npn típusú tranzisztorok kedvezőbbek a tulajdonságai, ezért ez a típus az elterjedtebb. (Integrált áramkörök esetén, tranzisztoros kapcsolásoknál.) A pnp típusú tranzisztorokat csak speciális áramköröknel alkalmazzák.

2. Miért nevezik a tranzisztort aktív áramkörű eszköznek?

Azért, mert képes arra, hogy a bemenete adott kistestjesítményű elektronos jelet a tápfeszültség energiájának hasznosításával nagyteljesítményű jelle erősítse.

3. Melyek a tranzisztor alappkapcsolásai?

Földelt Emitteres, Földelt Bázisú, Földelt Kollektoros.

4. Melyek a tranzisztor alaptermő üzemmódjai (az egyes pn-átmenetek előfeszültségétől függően).

- Lezárt - mindkét pn átmenet zárfeszültséget kap.
- Aktív - az egyik átmenet nyitott, a másik zárt. (normál és inverz aktív)
- Telített - mindkét pn átmenet nyitott.

5. Mi a tranzistor-hatás, és hogyan magyarázható a földelt bázisú kapcsolás alapján?

**Tranzistorhatás:** a tranzistor a bemenete adott kistestjesítményű elektronos jelet a tápfeszültség energiájának hasznosításával nagyteljesítményű jelle erősíti.

A vezérlő jellel az emitteráramot vezéreljük, és a felerősített kimeneti jelet a bázis-kollektor átmenetéről vesszük le.

6. Melyek a legfontosabb tranzisztor-paraméterek, amelyeket az adatlapok is közölnek?

- Áramerősítési tényező
- Határfrekvencia

- Kapcsolási idők
- Záráramok
- Tokozási módok, jellemzők
- Telítési feszültség, Letétési feszültség

7. Milyen függvények a tranzisztor karakterisztikái (jelleggörgek) és milyen karakterisztikákkal adnak meg az egyes alappkapcsolásokhoz?

Bemeneti illetve kimeneti karakterisztikákról beszélhetünk.

**FB-esetén** a bemeneti karakterisztika az I<sub>B</sub>-t adja meg az U<sub>BE</sub> függvényében, míg a kimeneti karakterisztika az I<sub>C</sub>-t ábrázolja az U<sub>CE</sub> függvényében.

**FB-esetén** a bemeneti karakterisztika az I<sub>B</sub>-t adja meg az U<sub>BE</sub> függvényében, míg a kimeneti karakterisztika az I<sub>C</sub>-t ábrázolja az U<sub>CE</sub> függvényében.

**EC-esetén** a tranzisztor Kollektorra közvetlenül a tápegység melegenptja. Az erősítő átmenete az Emitteren van.

8. Rajzoljon fel egy tipikus földelt bázisú alappkapcsolást, és adja meg legfontosabb erősítő-jellemzőit (áram- és feszültség-erősítés, be- és kimeneti ellenállás).

$$R_{be} = R_E \times r_e$$
$$R_{be} = -R_E$$
$$A_v = \alpha \times \frac{R_E}{R_E + R_i}$$
$$A_v = \frac{R_E \times R_i}{r_e}$$

9. Hogyan határozható meg egy földelt emitteres erősítő munkapontja szerkesztéssel?

- Kijelöljük az U<sub>CE</sub> tengelyen az U<sub>T</sub> tápfeszültség értékének megfelelő pontot.
- Az Ut egyik része az Emitter közötti tartományban esik.
- A munkapont a munkagyengesztés arra a pontjára kerül, amelyet az átlalunk kiválasztott bázisáramhoz tartozó karakterisztikával való metszéspont kijelöl.

Rc munkaellenállás, míg a másik része a tranzisztor Kollektor - Emitter közötti tartományban esik.

- A munkapont a munkagyengesztés arra a pontjára kerül, amelyet az átlalunk kiválasztott bázisáramhoz tartozó karakterisztikával való metszéspont kijelöl.

10. Mit nevezünk az erősítő kis- és nagyjelű üzemmódjának?

- Kisjelű üzemmód:** a kimeneti és a bemeneti feszültségváltozás viszonya adott kimeneti és bemeneti lerőlt ellátás esetén.
- Nagyjelű üzemmód** ezzel kapcsolatos az erősítő kimeneti jellemzői.

11. Hogyan értelmezhetők az erősítő bemeneti és kimeneti kivezethetősége?

- Bemeneti kivezethetőség:** az a max. Bemeneti vezérlőjel, aminek toztaltan felerősített jelet biztosít a kimeneten.
- Kimeneti kivezethetőség:** az erősítő kimenetén mérhető azon max jel amplitúdóját, ami még éppen nem torzított.

12. Ismertesse a földelt emitteres erősítő legfontosabb munkapont beállító kapcsolásait. Hogyan optimalizálható a kimeneti kivezethetőség?

**Bázisárammal való MP beállítás**

R<sub>a</sub> értékét jó közelítéssel U<sub>T</sub> / I<sub>B</sub> összefüggés alapján határozzuk meg, ahol I<sub>B</sub> a választott munkaponti áram. (Előnyei: egyszerű beállítás, jellejel, megváltoz a fokozat bemeneti ellenállása. Hátránya: hőmérséklet függés.)

**Bázisfeszültséggel való MP beállítás**

Az U<sub>BE</sub>-t úgy kell megválasztani, hogy mindenképpen elején legyen az EB átmenet nyitófeszültsége. Si tranzisztorok esetében ez 0,6...0,7V között van. Megkönyíti a beállítást, ha a bázisáramot egyik elemét változtatható ellenállás formájában választjuk meg és ezen ellenállás segítségével keressük meg az optimális munkapontot.

**Emitter**

Az Emitter és a A C<sub>BE</sub> váltakozó egyenárami

**ellenállással és bázisárammal való MP beállítás**

"0" köz beiktatunk egy R<sub>BE</sub>-t, áramú vezérléssel rövidre zárja ezt az R<sub>BE</sub>-t, így a áramú paramétereket az R<sub>BE</sub> nem befolyásolja. Az MP beállításnál számolni kell vele.

13. Rajzoljon fel egy tipikus földelt emitteres alappkapcsolást, és adja meg legfontosabb erősítő-jellemzőit!

$$R_{be} = R_E \times r_e$$
$$R_{be} = R_E \times R_i \times r_e'$$
$$r_e' = (1 + \beta) \times r_e$$
$$R_{be} = R_E$$

$$A_v = \beta \times \frac{R_E}{R_E + R_i}$$
$$A_{v_{max}} = -\beta \times R_E \times r_{e_{CE}}$$
$$A_{v_{min}} = -\beta \times R_E \times R_i \times r_{e_{CE}}$$

14. Rajzoljon fel egy tipikus földelt kollektoros alappkapcsolást, és adja meg legfontosabb erősítő-jellemzőit!

$$A_v = \frac{R_E}{R_E + r_e}$$
$$R_{be} = r_e$$
$$R_{be} = (1 + \beta) \times R_E \times R_i \times R_E$$

15. Értelmezje a három alappkapcsolást, melyiknek mi az előnye és főbb alkalmazási lehetősége?

A Földelt- emitteres erősítő bemeneti kivezethetősége a bázisárammal való vezérlés következtében kisebb, mint a Földelt- bázisú erősítő kivezethetősége. A Földelt- emitteres erősítő teljesítményerősítése a nagy értékű "U" és "I"-erősítés következtében sokszorosa a Földelt- bázisú erősítő teljesítményerősítésének. Ugyancsak előnyösebb a Földelt- emitteres fokozat a viszonylag nagy R<sub>BE</sub> szempontjából meg a R<sub>BE</sub> mindeztől ugyanaz. A Földelt- emitteres erősítő fázisfordított, míg a Földelt- bázisú és kollektoros nem fordít fázist. A Földelt- bázisú erősítő leggyakrabban nagyfrekvenciás erősítőként alkalmazzák. A Földelt- kollektoros erősítő elválasztó, illesztő fokozatként építik be. Pl.: műszerek bemenetere, vegerősítő, teljesítményerősítő kimeneti fokozata.

16. Ismertesse a földelt emitteres kapcsolás vizsgálataira alkalmas P helyettesítő képet!

Sok esetben a tranzisztoros nagyfrekvenciás viselkedésének leírására alkalmasnak.

17. Hogyan határozható meg a szinuszos üzemmódban működtetett tranzisztor erősítésének határfrekvenciája? Melyik alappkapcsolás a legelőnyösebb a határfrekvencia szempontjából és miért?

A Földelt- bázisú erősítő kapcsolások elsősorban nagyfrekvenciás célokra alkalmazzák.

18. Mit nevezünk a tranzisztor kapcsoló üzemmódjának, és mi jellemzi ezt az üzemmódot?

Mi szinuszosan vezérelt erősítőként a tranzisztor a normál aktív tartományban működik addig a kapcsoló üzemi működésnél a lezárt állapotból a telítési tartományba illetve telítési tartományból a lezárt állapotba átváltva működhetik őket.

19. Milyen záráramok (maradékáramok) mérhetők a különféle tranzisztor-kapcsolások esetén?

Maradék vagy záráramoknak nevezzük általánosságban a lezárt üzemmódban lévő tranzisztoron átfolyó áramfajtaikat. I<sub>B</sub> = 0 jelleggörbéhez tartozó I<sub>CE0</sub> felel meg az Emitter-kollektor maradékáramának. I<sub>CE0</sub> mérhető akkor, ha I<sub>B</sub> = 0 és I<sub>CE</sub> adódik akkor, ha I<sub>C</sub> = 0. A Kollektor- emitter és A Kollektor- bázis maradékáramok közül (I<sub>B</sub> + I<sub>C</sub>) - szeres összefüggés van. I<sub>CE0</sub> = (I<sub>B</sub> + I<sub>C</sub>) I<sub>CE0</sub>

20. Milyen mérhetők a tranzisztor-esetén?

**zárfeszültségek**

**különböző kapcsolások**

21. Mely paraméterek

**tranzisztor-**

**hőmérsékletfüggések, és hogyan csökkenthető az erősítő-jellemzők (munkapont) hőmérséklet-instabilitása?**

- Áramerősítési tényező
- Határfrekvencia
- Kapcsolási idők
- Dinamikus ellenállás
- Záráramok
- Telítési feszültség, Letétési feszültség, Nyitófeszültség

A tranzisztor két pn-átmenet kölcsönhatásának működő eszköze. Olyan áramkör előállítására kell törekedni, amelyben mindkét váltózat a lehető legkisebb mértékben befolyásolja a munkapontot.

22. Hogyan értelmezhetők a tranzisztorok hőellenállása?

A tranzisztor-kristály hővezetési és kristály és a tranzisztorhoz, további a tranzisztorhoz és a környezet közötti hőellenállás szája meg. Minél kisebb a hőellenállás, annál nagyobb disszipált teljesítmény engedhető meg.

23. Mi okozza a tranzisztorok áramerősítési tényezőjének és határfrekvenciájának a munkaponti áramtól való függését (vált-függését)?

A nagymértékű munkaponti áram megváltozása a bázisáramot és a töltéshordozó-áramot egy nagy mértékben, hogy túlkompenzálja a bázis szabad töltéshordozót, a kollektor-bázis átmenet előlódási és a bázisáramot kiszorítja. Ha megno a bázis szélessége, megno a töltéshordozóknak a bázison való áthaladási ideje, ami végső soron a határfrekvencia lecsökkenését eredményezi.

**Ellenőrző kérdések az 5. fejezethez**

**1. Ismertesse az erősítő felosztását és csoportosításait!**

Erősítő felosztása alapján lehet - diszkrét áramkör elemekből álló erősítők - integrált áramkörös erősítők

Erősítő kis- és nagyjelű lehet - bipoláris npn vagy pnp tranzisztor

- térvázeltű tranzisztor (JFET vagy MOSFET, illetve ezek n- vagy p-csatornás változatai)

Erősítő felosztásával kapcsolatos fokozatok száma szerint lehet - egyfokozatú erősítő

- egy-egy fokozat lehet - földelt bázisú, - földelt emitteres - földelt kollektoros

Erősítő térvázeltű tranzisztoros megfelelő - erők térvázeltű tranzisztoros megfelelő

- nemlineáris erősítők - lineáris erősítők

- exponenciális erősítő - logaritmusos erősítő - szelektív erősítő

- RC-csatolt erősítő - integrált áramkörös műveleti erősítő

- kapcsoló üzemmódban működő erősítő - impulzuserősítő

- lineáris erősítők - szinuszosan vezérelt erősítő

- A-osztályú - AB-osztályú - B-osztályú - C-osztályú árambeállítás esetén

Csatolási mód szerint lehet - DC- vagy közvetlen csatolt erősítő - AC- csatolt erősítő

RC-csatolt erősítő - transformátoros csatolási erősítő

Katalógusparaméter alapján lehet - kis, közepes és nagyteljesítményű (teljesítmény-) erősítők

- egyenfeszültség, kisfrekvenciás, nagyfrekvenciás és mikrohullámú erősítők

- kis-, közepes és nagy bemeneti feszültségű erősítők

- áram-, feszültség-, vagy teljesítményerősítés optimalizált erősítők, stb.

**2. Milyen áramköröket nevezünk analóg áramköröknek, és milyen különbségek ezek a digitális áramköröktől?**

Az analóg megjelölés arra utal, hogy a kérdéses áramkör kimeneti jele hasonló módon követi a bemeneti jel változásait. Az analóg áramkörök esetén az elektronos jelek mind az amplitúdója, mind pedig a frekvencia, mind pedig a fázisa hozható információ, míg a digitális áramköröknel a jelek időzítése a meghatározó.

**3. Milyen áramköröket nevezünk lineáris áramköröknek?**

Lineárisnak nevezünk azt az áramkör elemet vagy hálózatot, amely kimenetén mérhető jelenség egyenes arányban áll a bemeneti jel nagyságával.

**4. Melyek a lineáris erősítő üzemi jellemzői?**

Az erősítő bemeneti (bázis), illetve kimeneti (terhelő) hálózata kétféle lehet attól függően, hogy hol helyezkednek el a köztöltési (földelt) pontok. - Aszimmetrikus; Szimmetrikus.

Az „üzemi” jelző azt jelenti, hogy az erősítő minden esetben adott lezárások között dolgozik, vagyis az erősítő be- illetve kimeneti kapcsoláira mindenkori csatlakozó valamilyen hálózat.

Az üzemi bemeneti impedancia (Z<sub>B</sub>) az erősítő bemeneti kapacitási reprezentáló impedancia, ami ugyanakkora teljesítményt vesz fel a vezérlő generátorból, mint az erősítő. Z<sub>B</sub> =  $\frac{U_{BE}}{I_{B0}}$

Az üzemi kimeneti impedancia (Z<sub>A</sub>) az erősítő kimeneti kapacitási reprezentáló, aktív vezérlő generátor belső ellenállása. Z<sub>A</sub> =  $-\frac{U_{CE}}{I_{C0}}$

Az üzemi feszültség-erősítés (A<sub>v</sub>) az egységnyi bemeneti feszültségváltozáshoz tartozó kimeneti feszültségváltozás. A<sub>v</sub> =  $\frac{U_{CE}}{U_{BE}}$

A feszültség-erősítést gyakran dB-ben adják meg, ami a feszültség-erősítés 10-es alapú logaritmusról arányos. A<sub>v</sub><sup>dB</sup> = 20log|A<sub>v</sub>|

**Ellenőrző kérdések a 4. Fejezethez:**

**4.1 - 4.2 fejezet**

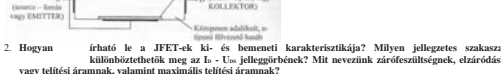
**1. Milyen az elvi felépítése, szerkezete, és fizikai működése az ún. zárfeszítés, vagy JFET- nek? Hogyan nevezik a FET- ek közvetett elektrodáit, és milyen a P<sub>0</sub>, illetve N-csatornás FET rajzjele?**

A tranzisztor alapját egy közepesen és egyenesen alakított, vékony n-típusú félvezető hasáb alkotja, amelynek két végén fémes csatlakozás található. A J-FET fizikai működését vizsgálva rögzítjük az U<sub>GS</sub> feszültséget, legyen U<sub>GS</sub> = 0V. Ha nem kapcsolunk a "S" és "D" közti feszültséget, akkor a J-FET gate-jének határ felülése körül az ún. kontaktus potenciál hatására adott vastagságú kiürített, azaz térfeszítésű alakul ki. Ha U<sub>GS</sub>-t növeljük U<sub>GS0</sub>-ra, akkor I<sub>D</sub> indul meg a "S" és "D" között, hiszen a csatorna teljesen nyitott és az ellenállása kicsi. Az U<sub>GS</sub> kismértékű növelésével az I<sub>D</sub> lineárisan változik. Az U<sub>GS</sub> további növelésével az áramtőltéshordozók, tehát az I<sub>D</sub> áram, omos feszültséget okoz a csatornában. Mivel ez a feszültségváltozás pozitív irányú, ezért drain áramján csökken a fokozott meredekséggel növeli a kiürített réteg vastagságát. Az U<sub>GS</sub> függvényében lineárisan változó I<sub>D</sub> áram meredeksége az U<sub>GS</sub> feszültség növekedésével egyre inkább csökken, hiszen az áramvezető csatorna is egyre inkább szűkül. Az U<sub>GS</sub> további növelése során először egy olyan határt, amikor a csatorna átfolyó I<sub>D</sub> áram gyakorlatilag már nem nő számottevően tovább, mert az áramvezető csatornában a kiürített réteg vastagsága csaknem elért a fél csatornaátlóságot. Ezen esetben, amikor U<sub>GS</sub> = 0 a csatorna U<sub>GS</sub> = 0! feszültség értékénél ériük le, U<sub>GS</sub> a zárfeszültség nagyságával arányos. A csatorna két kiürített rétegének vastagsága éppen összead, tehát a csatorna elzáródik.



**2. Hogyan írható le a JFET-ek ki- és bemeneti karakterisztikája? Milyen jellegzetes szakaszai különböztethetők meg az I<sub>D</sub> - U<sub>GS</sub> jelleggörbéknek? Mit nevezünk zárfeszítésnek, elzáródási, vagy telítési áramnak, valamint maximális telítési áramnak?**

Az U<sub>GS</sub> zárfeszítés növelése egyre kisebb I<sub>D</sub> áramértékű kerül a J-FET az elzáródási tartományba. Végül az U<sub>GS</sub> = 0 feszültségen amely J-FET zárfeszítés. Az U<sub>GS</sub> = 0 feszültségre tartozó elzáródási áramnak I<sub>D0</sub> kss jele



Az U<sub>GS</sub> zárfeszítés növelése egyre kisebb I<sub>D</sub> áramértékű kerül a J-FET az elzáródási tartományba. Végül az U<sub>GS</sub> = 0 feszültségen amely J-FET zárfeszítés. Az U<sub>GS</sub> = 0 feszültségre tartozó elzáródási áramnak I<sub>D0</sub> kss jele



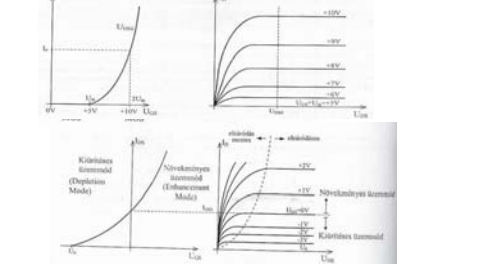
Az U<sub>GS</sub> zárfeszítés növelése egyre kisebb I<sub>D</sub> áramértékű kerül a J-FET az elzáródási tartományba. Végül az U<sub>GS</sub> = 0 feszültségen amely J-FET zárfeszítés. Az U<sub>GS</sub> = 0 feszültségre tartozó elzáródási áramnak I<sub>D0</sub> kss jele



**3. Milyen összefüggések határozzák meg az I<sub>D0</sub> telítési drain-áram nagyságát az U<sub>GS</sub> gate-source vezérlő feszültségek függvényében?**

$$I_{D0} = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)^2$$

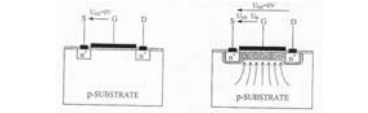
**4. Milyen szigetelt elektrodás FET (az MOS-, MIS-, vagy IG-FET) fajták különböztethetők meg felépítésük és karakterisztikájuk alapján? Milyen rajzjelekkel ábrázoljuk ezeket térvázeltű tranzisztor fajtákat?**



**5. Milyen fizikai elvek alapján épül fel és működik a kiürítés (depletion), "n"-csatornás MOSFET? Mikor következik be a teljes elzáródási állapota? Hogyan jönnek létre az elzáródásos üzemen kialakuló I<sub>D0</sub> jel telítési áramok?**

**6. fejezet**

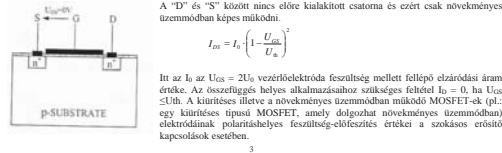
A félvezető erősítő eszköz alapját egy gyengén adaleköt p-típusú kristály képezi. A kristály két oldalán egy-egy erősen adaleköt (n-) félvezető tartományt hoznak létre a "jó áramvezetés céljából" és ehhez kapcsolódnak a drain és source elektródák fém csatlakozói. A "D" és a "S" között hozzá létre a közepes adalekötési vékony n-típusú csatornát.



Amennyiben  $0V < U_{GS} \leq U_{GS0}$ , ahol  $U_{GS0}$  az  $U_{GS}$  feszültség egy magadot felső, pozitív értékű határa, akkor  $I_D$  növekményes tartományban működik. A két tartomány határán ahol  $U_{GS} = 0$  az elzáródásos áram értékét  $I_{D0} = I_{DSS}$  áramnak definiáljuk. Tehát  $U_{GS} = -1V$ ,  $U_{D0} = -3V$ , akkor az elzáródás  $U_{DSS0} = -(-3) + (-1) = 2V$  értéknél következik be.  $U_{DSS0} = -U_{D0} + U_{GS}$ , ugyanis  $U_{GS} < 0$ .

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)^2$$

**6. Hogyan jöhet létre, és valósul meg a kiűrtés MOSFET-ek "növekményes" üzemmódja? Minden kiűrtés MOSFET képes "növekményes" üzemmódban működni? Milyen összefüggés határozza meg az  $I_{D0}$  telítési drain-áramok nagyságát az  $U_{GS}$  gate-source vezérlő feszültség függvényében? A növekményes üzemmódban is működőképes "n"-csatornás MOSFET-ek esetében létrejön az  $I_{D0}$  jeli áramnál nagyobb értékű  $I_{D0}$  jeli telítési drain áram?**



A "D" és "S" között nincs előre kialakított csatorna és ezért csak növekményes üzemmódban képes működni.

$$I_D = I_{D0} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)^2$$

Itt az  $I_{D0}$  az  $U_{GS} = 2U_{GS0}$  vezérlőelektróda feszültség mellett fellépő elzáródási áram értéke. Az összefüggés helyes alkalmazásához szükséges feltétel  $I_{D0} = 0$ , ha  $U_{GS} \leq U_{GS0}$ . A kiűrtés illetve a növekményes üzemmódban működő MOSFET-ek (pl. egy kiűrtéses típusú MOSFET, amely dolgozat növekményes üzemmódban) elektródáinak polaritásihelyes feszültség-clofeszítés értékei a szokásos erősítő kapcsolások esetében.

**6. fejezet**

**2. Hogyan valósul meg a jelerősítés folyamata a FET-es erősítő áramkörben? Hogyan definiáljuk és határozzuk meg a "meredekség", a feszültség- és áramerősítés, a ki- és bemeneti ellenállás fogalmait és értékeit a különböző kijelöl, váltakozóáramú FET-es erősítő alappkapcsolásokban?**

A téverősítési tranzisztoros erősítő fokozatok esetében az erősítő teljes működési tartományát a torzítások elkerülése végett célszerű mindig  $I_{D0}$  csatornaáram elzáródásos tartományában kijelölni. Sajnos ez az árral jár, hogy hasonló elvi kapcsolási és azonos tápfeszültség esetén az erősítőfokozat kivezérlelhetősége kisebb lesz, mint a bipoláris Tranzistoroknál.

$$r_{in} = \frac{U_{GS}}{I_{D0}} = R_G$$
$$A_v = -\frac{g_m \cdot R_D \cdot R_L}{r_{in} + R_D + R_L}$$
$$r_{in} = \frac{U_{GS}}{I_{D0}} = r_{in} \times R_G \approx R_G$$
$$A_v = \frac{I_{D0}}{I_{D0}} = -g_m \cdot (R_D \times R_L)$$

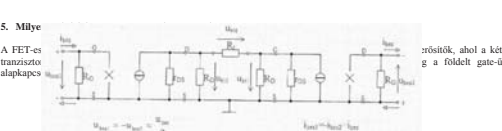
**3. Milyen jellegzetességekkel bírnak a JFET-ekkel, illetve a különböző MOSFET-ekkel megvalósított differenciálerősítő alappkapcsolatokat?**

A téverősítési tranzisztoros differenciális erősítő a szimmetrikus erősítőket családjaiba tartoznak. A JFET-kel megvalósított kapcsolásnál is, minnél jobb a közös módosú jellemzős, valamint a megfelelően nagy értékű Rbe megvalósítása szempontjából elnyomás a nagytérű közös Rss emitter ellenállás alkalmazása, ezért egy áramgenerátor helyezkedik a közös Source körbe.

$$D_s = \frac{\Delta A_v}{A_v} = (1 + g_m \cdot 2R_{ss}) \cdot \frac{R_D}{2R_D + R_s}$$

**4. Milyen kijelöl, váltakozóáramú, kis- és nagyfrekvenciás helyettesítő képi léteznek a különböző FET-es erősítő alappkapcsolásoknak? Milyen paramétereket alkalmazunk általában a FET-ek helyettesítő képeiben? Milyen másodlagos hatások jelentkeznek a FET-es erősítőknél a nagyfrekvenciás alkalmazások során?**

Tehát a kimenetek esetében is a két erősítő fokozat kimeneti ellenállása is párhuzamosan kapcsolódik hiszen a JFET "Drain"-pontjai azonos feszültségűek.



**5. Milye**

A FET-es tranzistor alappkapcs

**6. fejezet**

**5. Sorolja fel a negatív visszacsatolás alapelveit!**

soros feszültség-visszacsatolás -soros áram-visszacsatolás -párhuzamos feszültség-visszacsatolás -párhuzamos áram-visszacsatolás

**6. Milyen irányba (nővekvő vagy csökkenő) változnak az erősítő-paraméterek (áram- és feszültségerősítés, be- és kimeneti impedancia) a négyféle negatív visszacsatolt erősítőnél a visszacsatolatlans esetekhez képest?**

**soros feszültség-visszacsatolás**

Mivel a visszacsatolt jel feszültség, minden olyan jellemzőre hatástalan lesz e visszacsatolás, amelyben a bemeneti jel áram.

Ezért változatlan az áramerősítés:  $A_v = \frac{U_{out}}{I_{in}} = \frac{U_{out}}{I_{in}}$

**Feszültségerősítés csökken:**  $A_v = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{U_{out}}{1 + A_v B_v}$

**Bemeneti impedanciát a soros feszültség-visszacsatolás megnöveli:**  $Z_{in}' = \frac{U_{in}}{I_{in}} = \frac{U_{in}}{I_{in}} + \frac{U_{in}}{I_{in}} = Z_{in}(1 + H)$

**Kimeneti impedancia csökken:**  $Z_{out}' = \frac{U_{out}}{I_{out}} = \frac{U_{out}}{1 + A_v B_v}$

ahol  $Z_{in}$  a visszacsatolatlans erősítő kimeneti impedanciája és  $A_{in}$  az átjárási feszültségerősítés.

**soros áram-visszacsatolás**

**Áramerősítés megegyező a visszacsatolatlansnál:**  $A_v' = A_v$

**Feszültségerősítés csökken:**  $A_v' = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{U_{out}}{1 + A_v B_v}$

**Bemeneti impedancia megnö:**  $Z_{in}' = Z_{in}(1 + A_v B_v)$

**Kimeneti impedanciát megnöveli:**  $Z_{out}' = Z_{out}(1 + A_v B_v)$

**párhuzamos feszültség-visszacsatolás**

**Áramerősítés csökken:**  $A_v' = \frac{U_{out}}{I_{in}} = \frac{U_{out}}{1 + H}$

**Feszültségerősítés nem változik:**  $A_v' = A_v$

**Bemeneti impedancia csökken:**  $Z_{in}' = \frac{U_{in}}{I_{in}} = \frac{U_{in}}{1 + A_v B_v}$

**Kimeneti impedancia nő:**  $Z_{out}' = Z_{out}(1 + A_v B_v)$

**párhuzamos áram-visszacsatolás**

**Áramerősítés csökken:**  $A_v' = \frac{U_{out}}{I_{in}} = \frac{U_{out}}{1 + A_v B_v}$

**Feszültségerősítés nem változik:**  $A_v' = A_v$

**Bemeneti impedancia csökken:**  $Z_{in}' = \frac{U_{in}}{I_{in}} = \frac{U_{in}}{1 + A_v B_v}$

**Kimeneti impedancia nő:**  $Z_{out}' = Z_{out}(1 + A_v B_v)$

**6. fejezet**

**2/4**

**6. fejezet**

**3/4**

**6. fejezet**

**4/4**

**6. fejezet**

**5/4**

**6. fejezet**

**6/4**

**6. fejezet**

**7/4**

**6. fejezet**

**8/4**

**6. fejezet**

**9/4**

**6. fejezet**

**10/4**

**6. fejezet**

**11/4**

**6. fejezet**

**12/4**

**6. fejezet**

**13/4**

**6. fejezet**

**14/4**

**6. fejezet**

**15/4**

**6. fejezet**

**16/4**

**6. fejezet**

**17/4**

**6. fejezet**

**18/4**

**6. fejezet**

**19/4**

**6. fejezet**

**20/4**

**6. fejezet**

**21/4**

**6. fejezet**

**22/4**

**6. fejezet**

**23/4**

**6. fejezet**

**24/4**

**6. fejezet**

**25/4**

**6. fejezet**

**26/4**

**6. fejezet**

**27/4**

**6. fejezet**

**28/4**

**6. fejezet**

**29/4**

**6. fejezet**

**30/4**

**6. fejezet**

**31/4**

**6. fejezet**

**32/4**

**6. fejezet**

**33/4**

**6. fejezet**

**34/4**

**6. fejezet**

**35/4**

**6. fejezet**

**36/4**

**6. fejezet**

**37/4**

**6. fejezet**

**38/4**

**6. fejezet**

**39/4**

**6. fejezet**

**40/4**

**6. fejezet**

**41/4**

**6. fejezet**

**42/4**

**6. fejezet**

**43/4**

**6. fejezet**

**44/4**

**6. fejezet**

**45/4**

**6. fejezet**

**46/4**

**6. fejezet**

**47/4**

**6. fejezet**

**48/4**

**6. fejezet**

**49/4**

**6. fejezet**

**50/4**

**6. fejezet**

**51/4**

**6. fejezet**

**52/4**

**6. fejezet**

**53/4**

**6. fejezet**

**54/4**

**6. fejezet**

**55/4**

**6. fejezet**

**56/4**

**6. fejezet**

**57/4**

**6. fejezet**

**58/4**

**6. fejezet**

**59/4**

**6. fejezet**

**60/4**

**6. fejezet**

**61/4**

**6. fejezet**

**62/4**

**6. fejezet**

**63/4**

**6. fejezet**

**64/4**

**6. fejezet**

**65/4**

**6. fejezet**

**66/4**

**6. fejezet**

**67/4**

**6. fejezet**

**68/4**

**6. fejezet**

**69/4**

**6. fejezet**

**70/4**

**6. fejezet**

**71/4**

**6. fejezet**

**72/4**

**6. fejezet**

**73/4**

**6. fejezet**

**74/4**

**6. fejezet**

**75/4**

**6. fejezet**

**76/4**

**6. fejezet**

**77/4**

**6. fejezet**

**78/4**

**6. fejezet**

**79/4**

**6. fejezet**

**80/4**

**6. fejezet**

**81/4**

**6. fejezet**

**82/4**

**6. fejezet**

**83/4**

**6. fejezet**

**84/4**

**6. fejezet**

**85/4**

**6. fejezet**

**86/4**

**6. fejezet**

**87/4**

**6. fejezet**

**88/4**

**6. fejezet**

**89/4**

**6. fejezet**

**90/4**

**6. fejezet**

**91/4**

**6. fejezet**

**92/4**

**6. fejezet**

**93/4**

**6. fejezet**

**94/4**

**6. fejezet**

**95/4**

**6. fejezet**

**96/4**

**6. fejezet**

**97/4**

**6. fejezet**

**98/4**

**6. fejezet**

**99/4**

**6. fejezet**

**100/4**

**6. fejezet**

**101/4**

**6. fejezet**

**102/4**

**6. fejezet**

**103/4**

**6. fejezet**

**104/4**

**6. fejezet**

**105/4**

**6. fejezet**

**106/4**

**6. fejezet**

**107/4**

**6. fejezet**

**108/4**

**6. fejezet**

**109/4**

**6. fejezet**

**110/4**

**6. fejezet**

**111/4**

**6. fejezet**

**112/4**

**6. fejezet**

**113/4**

**6. fejezet**

**114/4**

**6. fejezet**

**115/4**

**6. fejezet**

**116/4**

**6. fejezet**

**117/4**

**6. fejezet**

**118/4**

**6. fejezet**

**119/4**

**6. fejezet**

**120/4**

**6. fejezet**

**121/4**

**6. fejezet**

**122/4**

**6. fejezet**

**123/4**

**6. fejezet**

**124/4**

**6. fejezet**

**125/4**

**6. fejezet**

**126/4**

**6. fejezet**

**127/4**

**6. fejezet**

**128/4**

**6. fejezet**

**129/4**

**6. fejezet**

**130/4**

**6. fejezet**

**131/4**

**6. fejezet**

**132/4**

**6. fejezet**

**133/4**

**6. fejezet**

**134/4**

**6. fejezet**

**135/4**

**6. fejezet**

**136/4**

**6. fejezet**

**137/4**

**6. fejezet**

**138/4**

**6. fejezet**

**139/4**

**6. fejezet**

**140/4**

**6. fejezet**

**141/4**

**6. fejezet**

**142/4**

**6. fejezet**

**143/4**

**6. fejezet**

**144/4**

**6. fejezet**

**145/4**

**6. fejezet**

**146/4**

**6. fejezet**

**147/4**